Dissertation

Interdisziplinäre Kooperation bei der Erstellung virtueller geschichtswissenschaftlicher 3D-Rekonstruktionen

zur Erlangung des akademischen Grades Dr. phil.

an der

Technischen Universität Dresden
Fakultät für Erziehungswissenschaften
Professur für Bildungstechnologie

eingereicht von

Sander Münster

betreut durch
Prof. Dr. Thomas Köhler, Technische Universität Dresden
Prof. Dr. Stephan Hoppe, Ludwig-Maximilians-Universität München

Dresden 2014

Abstract

3D reconstruction technologies have gained importance as tools for the research and visualization of no longer extant historic objects during the last decade. Within such reconstruction processes, visual media assumes several important roles: as the most important sources especially for a reconstruction of no longer extant objects, as a tool for communication and cooperation within the production process, as well as for a communication and visualization of results. While there are many discourses about theoretical issues of depiction as sources and as visualization outcomes of such projects, there is no systematic research about the importance of depiction during a 3D reconstruction process and based on empirical findings. Moreover, from a methodological perspective, it would be necessary to understand which role visual media plays during the production process and how it is affected by disciplinary boundaries and challenges specific to historic topics. Research includes an analysis of published work and case studies investigating reconstruction projects. This study uses methods taken from social sciences to gain a grounded view of how production processes would take place in practice and which functions and roles images would play within them. For the investigation of these topics, a content analysis of 452 conference proceedings and journal articles related to 3D reconstruction modeling in the field of humanities and cultural heritage has been completed. Most of the projects described in those publications dealt with data acquisition and model building for existing objects. Only a small number of projects focused on structures that no longer or never existed physically. Especially that type of project seems to be interesting for a study of the importance of pictures as sources and as tools for interdisciplinary cooperation during the production process. In the course of the examination the author applied a qualitative content analysis for a sample of 26 previously published project reports to depict strategies and types and three case studies of 3D reconstruction projects to evaluate evolutionary processes during such projects. The research showed that reconstructions of no longer existing historic structures are most commonly used for presentation or research purposes of large buildings or city models. Additionally, they are often realized by interdisciplinary workgroups faced with several phenomena related to cooperation during the reconstruction process and developing certain strategies for enhancing such collaboration.

Anmerkungen

Mit Blick auf eine in Deutschland aktuelle Debatte (Stand: 2013) zur Einhaltung formaler Regeln bei der Einbeziehung fremden Gedankenguts in eine wissenschaftliche Arbeit möchte der Verfasser darauf hinweisen, dass ein weit fortgeschrittener Arbeitsstand dieser Arbeit einer automatischen Plagiatsprüfung unterzogen wurde.[1]

Einleitend herzlichst danken möchte ich Prof. Dr. Thomas Köhler für die Betreuung dieser Forschungsarbeit und das in mich gesetzte Vertrauen, ebenso wie für die umfassende und überaus wohlwollende Unterstützung dieser Arbeit, seine stete Ansprechbarkeit sowie zahllose wertvolle Hinweise und Anregungen. Prof. Dr. Stephan Hoppe danke ich herzlichst für die Bereitschaft zur Ko-Betreuung und sein großes Interesse und Engagement um diese Arbeit, ebenso wie für viele wichtige Impulse.

Eine Vielzahl weiterer Personen hat mit Ihren wertvollen Vorarbeiten, Berichten, Hinweisen, Anmerkungen und Korrekturen das Entstehen dieser Arbeit wesentlich unterstützt. Ihnen gilt mein größter Dank.

Diese Arbeit wäre ohne die unermüdliche und umfassende Unterstützung sowie Hilfe durch meine Familie und insbesondere meine Frau Dora keinesfalls möglich gewesen.

Ihr widme ich diese Arbeit.

[1] Ein Protokoll dieser Prüfung ist beim Autor einsehbar.

Inhalt

1 Ausgangslage und Zielsetzung 14

1.1 Einleitung 14

1.2 Ziele der Arbeit 16

1.3 Zentrale Forschungsfragen 17

1.4 Forschungsstrategie und -methodik 17

1.5 Aufbau der Arbeit 23

2 Begriffe 25

2.1 Der Kooperationsbegriff 25

2.2 Begriffe der interdisziplinären Zusammenarbeit 26

2.2.1 Wissenschaftliche Disziplinen 26

2.2.2 Interdisziplinarität 28

2.3 Begriffe der Geschichtswissenschaften 30

2.3.1 Geschichtswissenschaften 30

2.3.2 Digital Humanities 31

2.3.3 Quellen 33

2.3.4 Rekonstruktion und Digitalisierung 33

2.3.5 Geschichtswissenschaftliche und populäre Inhalte 34

2.4 Der Modellbegriff 34

2.5 Begriffe der Computergrafik 37

2.5.1 3D-Visualisierung und Computer Generated Images 37

2.5.2 Erstellungsparadigmen: CAD versus VR 39

2.6 Zusammenfassung 40

3 Theoretischer Rahmen 41

3.1 Kommunikationstheorien 43

3.1.1 Kommunikationsdimensionen und -modelle 44

3.1.2 Interdisziplinäre Kommunikation ... 47
3.1.3 Zusammenfassung ... 50
3.2 Wissenstheorien ... 51
3.2.1 Wissensbegriff und -dimensionen ... 51
3.2.2 Wissen im Kontext von Wissenschaft ... 54
3.2.3 Visuelle Medien als Wissensmedien ... 56
3.2.4 Wissens- und Informationstransfer in Netzwerken ... 69
3.2.5 Wissensmodelle im Arbeitsprozess ... 72
3.2.6 Wissensmanagement ... 75
3.2.7 Arbeitsbezogene Lernprozesse ... 78
3.2.8 Zusammenfassung ... 81
3.3 Theoretische Ansätze zu Merkmalen arbeitsbezogener Kooperation ... 85
3.3.1 Projekte und Projektmanagement ... 85
3.3.2 Organisationsstrukturen ... 90
3.3.3 Formen einer Kooperation ... 92
3.3.4 Qualität ... 94
3.3.5 Entscheidungsprozesse ... 98
3.3.6 Zusammenfassung ... 101
3.4 Theoretische Zugänge zu Arbeitsprozessen ... 102
3.4.1 Allgemeine Arbeitsprozessmodelle ... 102
3.4.2 Der Visualisierungsprozess aus Sicht der Informatik ... 106
3.4.3 Der Designprozess ... 110
3.4.4 Arbeitsprozesse der Geschichtswissenschaften ... 112
3.4.5 Erstellungsprozesse für Lehrmedien ... 113
3.4.6 Zusammenfassung ... 115
3.5 Zusammenfassung des Kapitels ... 116

3.5.1 Wissen und Kommunikation als zentrale Elemente 116
3.5.2 Die Betrachtung von Projektabläufen 117
3.5.3 Scientific Communities als Betrachtungsgegenstand 117
4 Bibliometrische Analyse 119
4.1 Zielsetzung 119
4.2 Methodik 121
4.3 Ergebnisse 126
4.3.1 Inhalte 126
4.3.2 Autoren 131
4.3.3 Multiplikatoren 141
4.3.4 Trends und Diskurse 151
4.4 Zusammenfassung 155
4.5 Anknüpfungspunkte für die Forschungsmethodik 158
5 Qualitative Literaturanalyse 160
5.1 Zielsetzung 160
5.1.1 Anknüpfungspunkte 160
5.1.2 Untersuchungsbasis 160
5.2 Untersuchungsmethodik 161
5.3 Ergebnisse 163
5.3.1 Rekonstruktionsprojekte 163
5.3.2 3D-Modellerstellung 164
5.3.3 Verwendungskontexte 166
5.3.4 Ergebnisqualitäten 168
5.3.5 Kooperation 170
5.4 Zusammenfassung 172
6 Fallstudien 174

6.1 Zielsetzung ... 174
6.2 Methodik ... 176
6.2.1 Untersuchungsmethodik: Fallstudien ... 176
6.2.2 Untersuchungsfälle und Material ... 177
6.2.3 Datenerhebung ... 181
6.2.4 Datenauswertung ... 185
6.3 Befunde: Projektphasen ... 199
6.3.1 Empirische Befunde: Projektphasen und Zäsuren ... 199
6.3.2 Empirische Befunde: Allgemeines Ablaufmodell ... 201
6.4 Der Produktionsprozess als Phänomen ... 213
6.4.1 Einleitung ... 213
6.4.2 Bedingungen ... 213
6.4.3 Kontext ... 215
6.4.4 Phänomen ... 232
6.4.5 Strategien ... 239
6.4.6 Konsequenzen ... 280
6.5 Zusammenfassung ... 284
6.5.1 Projektprozesse in 3D-Rekonstruktionen ... 285
6.5.2 Modell des 3D-Rekonstruktionsprozesses ... 289
6.5.3 Der Modellerstellungsprozess ... 290
6.5.4 Wissensphänomene und wissensbezogene Strategien ... 298
6.5.5 Organisationaler Rahmen der 3D-Rekonstruktionsprojekte ... 305
7 Zusammenführung der Untersuchungsergebnisse ... 312
7.1 Beantwortung der Forschungsfragen ... 312
7.1.1 Identifikation von Einsatzszenarien und einer *Scientific Community* ... 312
7.1.2 Kategorien und Abläufe interpretativer Rekonstruktionsprojekte ... 313

7.1.3 Entwicklung eines Prozessmodells und Darstellung von Phänomenen 314
7.2 Weiterführende Ableitungen 315
7.2.1 3D-Rekonstruktion als *Praxisfeld* 315
7.2.2 3D-Rekonstruktionen als interdisziplinäre Kooperationsvorhaben 318
7.2.3 Wissenstransfer 319
7.2.4 Diskursfähigkeit und Nachhaltigkeit von Rekonstruktionsergebnissen 322
7.2.5 Digitalisierung vs. interpretative Rekonstruktion 323
7.3 Disziplinäre Phänomene 324
7.3.1 Der Vergleich zu den historischen Wissenschaften 324
7.3.2 Vergleich zu Entwurfsprozessen in Ingenieurswissenschaften und Design 325
7.3.3 Vorgehensmodelle in der Softwareentwicklung 325
7.4 Thesen 327
8 Grenzen der empirischen Untersuchung und Ausblick 329
8.1 Grenzen der empirischen Untersuchung 329
8.2 Ausblick 331
9 Literatur 333
10 Anhang 365
10.1 Interviewleitfaden 365
10.2 Untersuchungsbasis der Publikationsanalysen 367

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 – Aufbau der Arbeit ... 23
Abbildung 2 – Formen von disziplinärer Zusammenarbeit ... 28
Abbildung 3 – Vorbedingungen eines *Common Ground* ... 48
Abbildung 4 – Faktoren der Tiefenwahrnehmung nach Solso/Schumann ... 58
Abbildung 5 – Qualitäten der Veranschaulichung historischer Objekte ... 66
Abbildung 6 – Einflussfaktoren der Wissenskooperation ... 76
Abbildung 7 – Planungsgrößen des Projektmanagements ... 88
Abbildung 8 – Modell des „adaptive motivated behaviour" ... 100
Abbildung 9 – Projektlebenszyklus ... 104
Abbildung 10 – Generisches Visualisierungsprozessmodell ... 107
Abbildung 11 – Schritte der Modellerstellung ... 108
Abbildung 12 – „Klassisches" Prozessmodell des Designs ... 111
Abbildung 13 – „Neueres" Analyse-Synthese-Evaluations-Modell des Designs ... 111
Abbildung 14 – Hermeneutisches Modell der Geschichtswissenschaft ... 113
Abbildung 15 – Generisches Modell des mediengestützten Lernens ... 114
Abbildung 16 – Prozessmodell des Systematischen Instruktions-Designs ... 114
Abbildung 17 – Thematische Schwerpunkte der Konferenzbeiträge (n = 339) ... 126
Abbildung 18 – Klassifikation der Projektdarstellungen (Alle Publikationen, n = 175) ... 127
Abbildung 19 – Verwendete Techniken zur Datenerfassung ... 128
Abbildung 20 – Rekonstruierten Objekttypen ... 130
Abbildung 21 – Entstehungszeitpunkt der rekonstruierten Objekte ... 131
Abbildung 22 – Herkunftsorte der rekonstruierten Objekte (TOP 8) ... 131
Abbildung 23 – Nationale Herkunft der Autoren (n = 1555, TOP 8) ... 132
Abbildung 24 – Disziplinäre Herkunft der Autoren (n = 1283) ... 134
Abbildung 25 – Verteilungskurven zur Publikationshäufigkeit ... 135
Abbildung 26 – Anzahl beteiligter Fachdisziplinen ... 137
Abbildung 27 – Disziplinäre Herkunft der Publikationsautoren ... 138
Abbildung 28 – Interdisziplinäre Autorschaft ... 140
Abbildung 29 – Anteile multinationaler Autorenkooperationen ... 141
Abbildung 30 – Kooperative Autorschaften: Personen ... 145
Abbildung 31 – Kooperative Autorschaften: Institutionen ... 149
Abbildung 32 – Ablaufmodell induktiver qualitativer Inhaltsanalyse ... 163
Abbildung 33 – Zeitstrahl: Projektinhalte und dargestellte Zeiten ... 164
Abbildung 34 – Klassifikationsschema: Quellen, Modellierung, Visualisierung ... 172
Abbildung 35 – Ablaufschema der *Grounded Theory* ... 187
Abbildung 36 – *Paradigmatisches Modell* ... 189
Abbildung 37 – Projektabläufe und Projektbeteiligte P2 & P4 (schematisch) ... 199
Abbildung 38 – Projektabläufe und Projektbeteiligte P1 & P3 (schematisch) ... 200
Abbildung 39 – Allgemeines Projektablaufschema ... 201

Abbildung 40 – Quellenaufbereitung 235
Abbildung 41 – Beispiele dualer Projektionen von Modell und Quelle im Projekt P1 259
Abbildung 42 – Arbeitstreffen des Projektes P1 269
Abbildung 43 – Vorgehensschema der *Konstruktionsarbeit* 287
Abbildung 44 – Rekonstruktionsmodi: Interpretation und Korrektur 288
Abbildung 45 – *Paradigmatisches Modell* des Produktionsprozesses 289
Abbildung 46 – Konkurrierende Einflussfaktoren bei 3D-Rekonstruktionen 291
Abbildung 47 – Verteilungskurve: Projektbeteiligungen pro Institution 316
Abbildung 48 – Korrelationen Publikationen-Projektbeteiligungen 318

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 – Untersuchungsphasen ... 22
Tabelle 2 – Klassifikation von Feldern und Disziplinen nach OECD ... 27
Tabelle 3 – CAD und VR-Qualitäten ... 39
Tabelle 4 – Interdisziplinäre Schnittstellen ... 50
Tabelle 5 – Abgrenzung von Wissen gegenüber Daten und Information ... 51
Tabelle 6 – Gestalttheorie: Theorieausprägungen ... 60
Tabelle 7 – Bereiche der Semiotik ... 61
Tabelle 8 – Visuelle Repräsentationsarten nach Gooding ... 62
Tabelle 9 – Dimensionen von Bildqualität ... 63
Tabelle 10 – Qualitäten von visuellen Medien ... 64
Tabelle 11 – Bildfunktionen ... 64
Tabelle 12 – Kernprozesse des Wissensmanagements ... 75
Tabelle 13 – Wissensdimensionen dieser Untersuchung ... 81
Tabelle 14 – Organisationsstrukturen der Projektarbeit ... 90
Tabelle 15 – Phasenmodell zu Identifikation und Transfer von *Best Practice* ... 97
Tabelle 16 – Merkmale von Arbeitsprozessen nach dem *Arc of Work* ... 103
Tabelle 17 – Phasen interdisziplinärer Forschung ... 104
Tabelle 18 – Untersuchungssample ... 124
Tabelle 19 – Maßzahlen: Autoren ... 146
Tabelle 20 – Maßzahlen: Institutionen ... 148
Tabelle 21 – Maßzahlen: Institutionen (3D-Rekonstruktionsprojekte, TOP 8) ... 150
Tabelle 22 – Kategorienschema: 3D-Modellerstellung ... 164
Tabelle 23 – Kategorienschema: Verwendungskontexte ... 166
Tabelle 24 – Kategorienschema: Ergebnisqualitäten ... 168
Tabelle 25– Kategorienschema: Kooperation ... 170
Tabelle 26 – Material: Projekt P1 ... 178
Tabelle 27 – Material: Projekt P2 ... 179
Tabelle 28 – Material: Projekt P3 ... 179
Tabelle 29 – Material: Projekt P4 ... 180
Tabelle 30 – Aufzeichnungsschema der Mitschriften ... 184
Tabelle 31 – Schritte der *Grounded Theory – Offenes Kodieren* ... 188
Tabelle 32 – Schritte der *Grounded Theory – Axiales Kodieren* ... 189
Tabelle 33 – Schritte der *Grounded Theory* – Selektives Kodieren ... 190
Tabelle 34 – Qualitätskriterien eines *Grounded-Theory*-Forschungsprozesses ... 191
Tabelle 35 – Kriterien einer empirischen Verankerung ... 191
Tabelle 36 – Kategorienschema anhand der qualitativen Literaturanalyse ... 194
Tabelle 37 – Arbeitsschema: *Paradigmatisches Modell* ... 194
Tabelle 38 – Kodierschema: Phänomene und Handlungsempfehlungen ... 197
Tabelle 39 – Ursachen für Korrekturbedarfe ... 206

Tabelle 40 – Rekonstruktionsinhalte der Praxisprojekte 215
Tabelle 41 – Kontrollinstitutionen in den beobachteten Projekten 253
Tabelle 42 – Kommunikationsformate der untersuchten Projekte 267
Tabelle 43 – Qualitäten von Zeichnungen und Skizzen in den Projekten 278
Tabelle 44 – Qualitäten der Modelldarstellung in den Praxisprojekten 282
Tabelle 45 – Projekt- und Publikationsbeteiligungen von Institutionen (TOP 16) 317

Abkürzungsverzeichnis

2D	Zweidimensional
3D	Dreidimensional
4D	Vierdimensional
Abb.	Abbildung
Abs.	Absatz
Abschn.	Abschnitt
Anm. S. M.	Anmerkung des Verfassers
bspw.	beispielsweise
bzgl.	bezüglich
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
CAD	Computer Aided Design
CGI	Computer Generated Images
CMC	Computer Mediated Communication
d. h.	das heißt
ebd.	ebenda
etc.	et cetera
f./ff.	folgende Seite/folgende Seiten
ggf.	gegebenenfalls
Hrsg.	Herausgeber
ICT	Information and Communication Technologies
Kap.	Kapitel
o. g.	oben genannter
S.	Seite
u. Ä.	und Ähnliches
u. a.	unter anderem
usw.	und so weiter
vgl.	vergleiche
z. B.	zum Beispiel
zit. n.	zitiert nach
z. T.	zum Teil
[…]	Wortauslassungen bei direkten Zitaten
[Ergänzung]	Wortergänzungen bzw. Umschreibungen in direkten Zitaten, um den Text leserlich zu gestalten. Dabei sind Ersetzungen von Eigennamen sowie Wortumstellungen nicht weiter gekennzeichnet, bei Erläuterungen sowie Ergänzungen zum Textverständnis sind diese mit „Anm. S. M.“, bei Umschreibungen mit „Umschreibung S. M.“ gekennzeichnet.

1 Ausgangslage und Zielsetzung

1.1 Einleitung

Forschungsgegenstand

Bis zum Jahr 2000 wurde die computerunterstützte 3D-Rekonstruktion von historischen Objekten primär als virtueller Ersatz für physische Modelle (Novitski 1998) und Zeichnungen (Sanders 2012, S. 43) gesehen. Erst mit dem neuen Jahrtausend erfolgte eine breitere und differenzierte Nutzung als Präsentationsmedium (Greengrass und Hughes 2008) sowie für wissenschaftliche (Favro 2006) und edukative (El Darwich 2005) Zwecke, wobei die Hauptaufgabe bis zum heutigen Tag in der visuellen Darstellung historischer Sachverhalte liegt (Münster, Köhler et al., Im Druck).

Die Techniken und Methoden der virtuellen 3D-Rekonstruktion sind den Gestaltungs- und Ingenieurwissenschaften sowie der Architektur entlehnt und dienen dort dem computergestützten Entwurf sowie der Konstruktion. Trotz Parallelen zwischen dem dortigen Entwurf und einer geschichtswissenschaftlichen Rekonstruktion im Sinne einer Transformation von Ideen zu digitalen Modellen (Koob 2004) bestehen einige wesentliche Unterschiede. Anders als die Ingenieurwissenschaften existiert in den Geschichtswissenschaften tendenziell wenig Erfahrung mit digitaler Modell- und Bildgenese (Favro 2006). Im Umkehrschluss stellen Quellen als Repräsentanten des historischen Objekts eine unvollständige, subjektive und einem zeitlichen und kulturellen Bias unterworfene Datenbasis dar (Opgenoorth 1997), die für eine 3D-Modellierung zunächst erschlossen werden muss.

Während technische Abläufe ebenso wie methodische und wissenschaftstheoretische Aspekte in der Fachliteratur häufig und umfassend thematisiert werden (Beacham, Denard et al. 2006; Arnold und Geser 2008; Bentkowska-Kafel, Denard et al. 2012), fand die Frage nach sozialen Aspekten und sozialer Interaktion im Kontext geschichtswissenschaftlicher digitaler 3D-Rekonstruktion bisher kaum Beachtung.[2] Dabei kommen bei der digitalen Modellerstellung sowie -abbildung hochkomplexe Softwareprogramme zum Einsatz, die hinsichtlich ihrer Bedienung hohe Anforderungen an einen Bearbeiter stellen.[3] Daher findet die Bearbeitung von Rekonstruktionsprojekten in den allermeisten Fällen durch

[2] Die Geschichtswissenschaften als Inhaltsgeber umfassen im gewählten Kontext nicht nur die klassischen historischen Fachdisziplinen aus dem Bereich der Geisteswissenschaften, sondern beispielsweise auch die Archäologie als kulturwissenschaftlichen Zugang. Siehe hierzu auch: Abschn. 2.3.

[3] Ähnlich führt Niccolucci aus: „It is certainly the case that the creation and editing of 3D models are complex operations. They entail a close collaboration between archaeologists and technical specialists", Zitiert nach: NICCOLUCCI, F.: Setting Standards for 3D Visualization of Cultural Heritage in Europe and Beyond, in: BENTKOWSKA-KAFEL, A., DENARD, H. & BAKER, D. (Hrsg.): Paradata and Transparency in Virtual Heritage, Burlington 2012, S. 23-36, S. 28.

interdisziplinäre Arbeitsteams statt. Auch über diese Erstellungsprozesse hinaus nehmen eine Vielzahl von Disziplinen Einfluss auf den methodischen und technologischen Diskurs zum Untersuchungsgebiet (Münster 2011a). Entsprechend beinhaltet eine Betrachtung von Aspekten der Zusammenarbeit im Kontext von digitalen 3D-Rekonstruktionsvorhaben als thematischer Fokus dieser Arbeit eine ganze Reihe möglicher Perspektiven und Skalierungen.

Motivation

Ausgangspunkt und Motivation dieser Untersuchung entstanden vor dem Hintergrund einer Tätigkeit des Autors als 3D-Visualisierer für wissenschaftliche Sachverhalte. Wie der Autor dabei erfahren konnte, bedingt eine Erstellung virtueller Modelle häufig eine enge Zusammenarbeit zwischen den Beteiligten. Es zeigte sich, dass die Qualität der Kooperation die Qualität des Projektergebnisses und die Effizienz und Budget- beziehungsweise Termintreue der Projektbearbeitung wesentlich beeinflusst. Obwohl die im Zuge dieser Tätigkeit bearbeiteten Projekte hinsichtlich ihrer Anforderungen und Thematiken stark differierten und die inhaltsgebenden Wissenschaftler sehr unterschiedliche Ansprüche und Erfahrungshorizonte einbrachten, bildete sich in der täglichen Arbeit eine Reihe wiederkehrender, bewährter Arbeitsroutinen und Vorgehensweisen aus, während andere als unpraktisch verworfen wurden.

Dieser latente und subjektive Praxisbefund bildete den Ausgangspunkt der vorliegenden wissenschaftlichen Untersuchung. Wie sich bei Gesprächen mit den Beteiligten eines umfangreichen Gemeinschaftsprojektes von Medieninformatikern und Kunsthistorikern zeigte, besitzt eine Untersuchung von 3D-Rekonstruktionsprozessen in den Geschichtswissenschaften auch jenseits des geschilderten persönlichen Erfahrungshorizontes Relevanz. So wurde im Gespräch darauf verwiesen, dass sich sowohl Kollaborationstechniken als auch konkrete Prozessabläufe des Projektes erst innerhalb der Bearbeitung herausgebildet haben, worin die befragten Personen im Übrigen einen Hauptgrund für den deutlich über der ursprünglichen Prognose liegenden Realisierungsaufwand sahen. Ebenso veränderten sich die Vorstellungen hinsichtlich der methodischen Leistungsfähigkeit und zeitlichen Verortung von 3D-Rekonstruktionen – diese entwickelten sich von einem Hilfsmittel für die Darstellung von Forschungsergebnissen zum Forschungswerkzeug.

Obwohl das Projekt zum Zeitpunkt der Gespräche bereits seit mehreren Jahren lief und sich feste Schnittstellen als auch Routinen etabliert hatten, herrschte zumindest von Seiten des befragten Kunsthistorikers eine gewisse Unzufriedenheit über die Projektabläufe und die Teamkommunikation. So wurde beispielsweise das fehlende historische Problemverständnis der ausführenden Informatikstudenten thematisiert. Auch wenn die Objektivität dieser Aussage diffus bleibt, stellt der immense Datenbedarf von 3D-Visualisierung vor dem Hintergrund der Unvollständigkeit historischer Überlieferungen ein offensichtliches Problem dar. Anders als bei einer Fotografie, die Gegebenheiten mehr oder minder abbildet,

(re-)konstruieren 3D-Techniken eine vollständig künstliche Welt. Das erfordert eine genaue Definition aller Parameter und somit eine Vielzahl von Einzelentscheidungen. Nicht zuletzt weichen unter diesem Gesichtspunkt Kompetenzfelder und die Verteilung der Aufgaben zwischen den Beteiligten auf. So wurden von den ausführenden Modelleuren aus praktischen Gründen Modellentwürfe erstellt, in welchen eine Vielzahl von geschichtswissenschaftlich relevanten Entscheidungen bereits getroffen war. Diese Entwürfe wurden dann durch die beteiligten Kunsthistoriker beurteilt und anschließend Überarbeitungsbedarfe festgelegt. Besondere Schwierigkeiten bereiteten zu Beginn des Forschungsvorhabens die Ermittlung repräsentativer und untersuchungswerter Projektkonstellationen und die Fragen nach einer fachwissenschaftlichen Einbindung sowie methodischen Impulsen von 3D-Rekonstruktionsvorhaben. Anhand der zu Beginn des Untersuchungsvorhabens geführten Gespräche mit Projektbeteiligten erschienen derartige Projekte zunächst als isolierte Vorhaben ohne eigenen fachwissenschaftlichen Diskurs. Erst im Zuge des Arbeitsprozesses zeigte sich, dass sich insbesondere in den Bereichen der Archäologie und des *Cultural Heritage* zwar eine Reihe gut vernetzter Akteure, Institutionen und Podien mit derartigen Themen beschäftigen, jedoch bisher noch keine Übersicht über eine Forschungslandschaft existierte. Ausgehend von den beschriebenen eigenen Schwierigkeiten des Autors, eine Übersicht zum Forschungsgebiet zu erlangen, sollen durch die Arbeit daher nicht zuletzt relevante Akteure, Konstellationen und Diskurse offengelegt werden.

1.2 Ziele der Arbeit

Ziel der Arbeit ist die Untersuchung von interdisziplinärer Kooperation als Zusammenarbeit mit gemeinsamem Ziel, gegenseitiger Abstimmung, planvollem Vorgehen sowie erwarteten Vorteilen für alle Akteure (nach Hagenhoff 2004, S. 21 f.) im Kontext geschichtswissenschaftlicher 3D-Rekonstruktionsvorhaben und mittels sozialwissenschaftlicher Methoden. Dabei zielt die Untersuchung auf unterschiedliche Skalierungen von Kooperation ab – angefangen bei einer *Scientific Community* als Gesamtheit der Akteure eines wissenschaftlichen Spezialgebietes (näher ausgeführt in Abschn. 2.2.2) über Kooperationsstrukturen und -organisation bei 3D-Rekonstruktionsvorhaben bis hin zu einer Betrachtung von Kooperationsphänomenen und -strategien innerhalb von Arbeits- und Erstellungsprozessen. Ziele stellen dabei dar:

- Identifikation von Interdisziplinarität und Kooperationsstrukturen innerhalb einer *Scientific Community,*
- Typisierung von Arten und Einordnung von 3D-Rekonstruktionsvorhaben im Kontext virtueller 3D-Modellerstellung in den Geschichtswissenschaften,
- Abgrenzung von Phasen und zeitlichen Arbeitsabläufen innerhalb von 3D-Rekonstruktionsvorhaben,
- Identifikation von Phänomenen und Einflussfaktoren von 3D-Rekonstruktionsvorhaben,
- Identifikation von bewährten Vorgehensweisen in der Projektpraxis.

1.3 Zentrale Forschungsfragen

Ausgehend von dem Ziel, die Zusammenarbeit beziehungsweise Kooperation im Kontext geschichtswissenschaftlicher 3D-Rekonstruktionsvorhaben zu untersuchen, verdichten sich die Fragen an eine spezifisch historisch-wissenschaftliche 3D-Rekonstruktion zu den im Folgenden beschriebenen Problemfeldern.

Das vordergründige Untersuchungsinteresse gilt der Einordnung und Abgrenzung des Forschungsfeldes. Dies umfasst Fragen nach Akteuren, Themen, einer wissenschaftlichen *Community* sowie aktuellen Diskursen ebenso wie die Abgrenzung und Skizzierung von Einflüssen anderer mit der Gestaltung von virtuellen 3D-Objekten beschäftigter Disziplinen, beispielsweise aus dem Bereich der Architektur, des Designs oder der Natur- und Ingenieurwissenschaften.

Ein zweiter Aspekt betrifft die Betrachtung der Produkterstellung als Projekt (vgl. Abschn. 3.3.1). Forschungsansätze ergeben sich hier hinsichtlich der Identifikation und Abgrenzung einzelner Prozessschritte. Dabei interessiert die Frage, in welchem Kontext ein solcher Einsatz stattfindet, welche Grundlagen und Technologien dafür genutzt werden und wie sich dies im jeweiligen Prozessablauf, aber auch in den Ergebnissen widerspiegelt.

Nicht zuletzt stellt sich als dritter Aspekt die Frage nach dem Ablauf von Rekonstruktionsprojekten als Kooperationsprozessen, die primär als Interaktionsprozesse zwischen verschiedenen Akteuren beziehungsweise *Stakeholdern* (vgl. Abschn. 3.3.2) aufgefasst werden sollen. Dies beinhaltet die Frage nach Freiheitsgraden bei der Umsetzung wissenschaftlicher Informationen sowie nach Art und Grad der Manifestation der Akteure im Visualisierungsergebnis.[4] Damit eng verbunden sind Fragen nach formalen Organisationsformen, interdisziplinärer Kooperation, Informationstransfers und den diesbezüglichen Phänomenen. Dabei entwickeln sich im Verlauf von Rekonstruktionsprojekten durchaus praktisch-empirisch Handlungsmuster, Prozeduren, Workflows sowie elektronische Werkzeuge, die jedoch nur in seltenen Fällen dokumentiert oder kommuniziert werden und somit nicht als Vorwissen für ähnliche Projekte zur Verfügung stehen.

1.4 Forschungsstrategie und -methodik

Fachliche Bezugspunkte

Unter den historischen Disziplinen, die 3D-Rekonstruktionen anwenden, hat die Archäologie eine methodische und konzeptionelle Federführung inne. Dies spiegelt sich beispielsweise in der inzwischen umfangreichen Forschungsliteratur und -kultur zum Thema wider, welche

[4] Nicht zuletzt stellt sich hier eine Vielzahl wissenschaftsphilosophischer Fragen, beispielsweise danach, welche Auswirkung eine Untersetzung von Erkenntnissen mit konkreten und notwendigerweise inhaltlich verkürzten Darstellungen hat. Einen kurzen Abriss zu dieser Problematik liefert: WISSEN, U.: Virtuelle Landschaften zur partizipativen Planung. Optimierung von 3D-Landschaftsvisualisierungen zur Informationsvermittlung, Zürich 2009, S. 66f.

neben einer konkreten Projektbeschreibung (bspw. Serrato-Combe 2001; Grellert 2004) auch eine Vielzahl von Überblicksdarstellungen und Abhandlungen zu Methodik und Medium umfasst (bspw. Frings 2001; McCrank 2001; Begand 2004; Samida 2004; Smiles und Moser 2005; Evans und Daly 2006; Cameron und Kenderdine 2007; Clack und Brittain 2007; Frischer und Dakouri-Hild 2008; Greengrass und Hughes 2008; Moss 2008; Bentkowska-Kafel, Denard et al. 2012). Dabei wird ein Erstellungsprozess von 3D-Rekonstruktionen jedoch zumeist nur mit Blick auf angestrebte Prozess- und Ergebnisqualitäten behandelt (bspw. Beacham, Denard et al. 2006; Arnold und Geser 2008). Hingegen sind systematische, praxisbezogene und projektübergreifende Untersuchungen speziell zu Kooperationsaspekten bei 3D-Rekonstruktionsvorhaben bisher nicht bekannt. Jenseits dieser Fokussetzung bietet jedoch eine von der EU durchgeführte Erhebung zu Strukturen und Inhalten von EU-Projekten im Kontext digitalen Erbes (European Commission 2011) eine Reihe methodischer und thematischer Ansatzpunkte, die in Kapitel 4 ausführlicher diskutiert werden.[5]

Forschungsparadigmen

Mit Blick auf das gewählte Untersuchungsinteresse eines zwischenmenschlichen sowie zwischen Mensch und Maschine stattfindenden Interaktions- und Gestaltungsprozesses bietet sich ein Zugang über empirisch-sozialwissenschaftliche Methoden an. Eine vor diesem Hintergrund wesentliche Unterscheidung betrifft die Frage nach einer hypothesenbildenden und hypothesentestenden Forschung, die wiederum eng mit dem Aspekt qualitativer und quantitativer Forschungszugänge verbunden ist. Dabei dienen empirische Daten und Befunde im ersten Fall der induktiven Formulierung von „neuen“ Hypothesen, im zweiten Fall der deduktiven Prüfung bereits aufgestellter Theorien und Hypothesen, wobei eine Unterscheidung keinesfalls trennscharf erfolgt.[6] In Abhängigkeit vom jeweiligen Zugang stehen zudem ein Spektrum der Untersuchungswerkzeuge und das methodische Vorgehen einer Datenerhebung und Datenauswertung. Wie bereits ausgeführt, wurde das Untersuchungsgebiet bisher in nur geringem Maße umfassend und systematisch erkundet. Speziell mit Blick auf die angestrebte Identifikation von Phänomenen, Prozessen und Abläufen ist eine hypothesen- beziehungsweise theoriebildende Methodik erforderlich. Angestrebte Erkenntnisniveaus stellen dabei die Entwicklung von Kategorien und

[5] Für den Hinweis auf diese Untersuchung danke ich Dr. George Papaginniakis.

[6] Aspekte der Einordnung, Verwendungskontexte und Spektren empirischer Sozialwissenschaften sowie diesbezügliche Diskurse werden in einer Vielzahl von methodischen Standardwerken behandelt. Stellvertretend hierzu: BORTZ, J. und DÖRING, N.: Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler, Heidelberg 2009, S. 30 ff. und S. 298 ff. sowie: TÖPFER, A.: Erfolgreich Forschen. Ein Leitfaden für Bachelor-, Master-Studierende und Doktoranden, Berlin [u. a.] 2010, S. 237 ff. Speziell zu qualitativen Paradigmen empirischer Sozialforschung: LAMNEK, S.: Qualitative Sozialforschung. Lehrbuch, Weinheim 2005. Als Einführung mit Fokus auf quantitative Methoden: KROMREY, H.: Empirische Sozialforschung, Opladen 2002; DIEKMANN, A.: Empirische Sozialforschung. Grundlagen, Methoden, Anwendungen, Reinbek bei Hamburg 2004.

Dimensionen, die Abgrenzung spezifischer Typen sowie eine Skizzierung von gegenstandsbezogenen beziehungsweise *abduktiv entwickelten*[7] Abhängigkeiten im Sinne einer Theoriebildung dar. Mit Blick auf das Untersuchungsinteresse an einer interdisziplinären Kooperation erfolgt eine Betrachtung dabei vor allem aus einer konstruktivistischen Perspektive, nach der ein Arbeitsergebnis das Resultat sozialer Interaktion darstellt. Dieser Zugang unterscheidet sich von behavioristischen Modellen, bei denen die formalistische Untersuchung von Arbeitsabfolgen im Mittelpunkt steht (Becker und Pfeiffer o. D.).

Hinsichtlich möglicher Bezüge zu theoretischen Erklärungsmodellen liegt die geplante Untersuchung an der Schnittstelle zwischen zahlreichen Disziplinen. Mit Blick auf die beabsichtigte umfassende Betrachtung soll dabei – mit Ausnahme einer Fokussierung auf das Untersuchungsfeld der geschichtswissenschaftlichen 3D-Rekonstruktion – im Vorfeld keine disziplinäre Eingrenzung vorgenommen werden, sondern der disziplinären Vielfalt theoretischer Bezüge auch in der Untersuchung des Gegenstandes Rechnung getragen werden. Die methodischen Anforderungen an Untersuchungswerkzeuge reichen dabei vom makroskopischen Blick auf Kooperationsaspekte einer *Scientific Community* bis hin zur mikroskopischen Untersuchung von Kooperationsphänomenen innerhalb einer Projektbearbeitung. Entsprechend ist zu erwarten, dass eine derart breitbandige Betrachtung nicht mit einem einzelnen Forschungswerkzeug auskommt, sondern eine Kombination von Untersuchungsmethoden und -ansätzen erfordert.

Methodische Bezugspunkte

Auch wenn bisher keine Untersuchungen aus dem Forschungsgebiet für die Entwicklung einer Forschungsstrategie herangezogen werden können, finden sich methodische Anhalts- und Bezugspunkte in einer ganzen Reihe von Untersuchungen zu computerunterstützten kooperativen Arbeitsprozessen. Beispielsweise untersuchten sowohl Gücker (Gücker 2007) als auch Reitmaier (Reitmaier 2011; Reitmaier, Apollon et al. 2011) in ihren Dissertationen Aspekte von interdisziplinärer Kooperation und Arbeitsteilung sowie von Abläufen und Interaktion anhand von Projekten zur Erstellung von E-Learning-Inhalten und mittels qualitativer Fallstudien. Aus vorrangig wirtschaftswissenschaftlicher Perspektive betrachtet die Dissertation von Lembke (Lembke 2005) Aspekte der Wissenskooperation und des Wissensaustauschs in Wissensgemeinschaften. Neben einer umfassenden theoretischen Fundierung ist diese Arbeit insbesondere mit Blick auf das darin ausgeführte Forschungsvorgehen bemerkenswert, das einen theoriegeleiteten Bezugsrahmen mit einer

[7] Peirce als Vertreter des Pragmatismus schlägt ein drittes Paradigma vor: die „Abduktion“: Neben Induktion als Schluss aus empirischer Wirklichkeit auf eine Hypothese und Deduktion als Widerspiegelung einer Hypothese in empirischer Wirklichkeit bezeichnet Abduktion eine „weiche Korrelation“ von empirischen Phänomenen und möglichen („may be“) Schlüssen und Hypothesen. PEIRCE, C. S.: Collected Papers of Charles Sanders Peirce. Vol. 5, Cambridge 1972. Als Überblicksdarstellung zum Thema: WIRTH, U.: Abduktion und ihre Anwendungen, in: Zeitschrift für Semiotik 17 (1995), S. 405-424.

Grounded Theory-Untersuchung des Themas verbindet (zu Begriff und Methodik vgl. auch Abschn. 6.2). Als eine von wenigen sozialwissenschaftlichen Untersuchungen im Kontext geschichtswissenschaftlicher Projektabläufe beleuchtet die Dissertation von Huvila Anforderungen und Motivationen von Archäologen bei der Nutzung digitaler Werkzeuge und Technologien (Huvila 2007). Dabei wurden Rollen und Nutzergruppen archäologischer Informationen mittels Interviews identifiziert. Die Arbeit selbst untersucht zwar keine Workflows oder Prozessmodelle von geschichtswissenschaftlichen Projekten, bietet aber einen empirisch fundierten Ansatzpunkt, um technische Fertigkeiten, Vorkenntnisse und ICT-Nutzungsgewohnheiten von Archäologen und Historikern sowie deren Motivationen bei einer Verwendung von 3D-Rekonstruktionstechniken einzuschätzen.

Erstellungs- und Verwendungskontexte von virtuellen 3D-Inhalten anhand von Fallbeispielen untersuchen auch die Arbeit von Kurz (Kurz 2008) mit Blick auf Design- und Formfindungsprozesse im Automobilbau sowie die Dissertation von Wissen (Wissen 2007; Wissen 2009) und der *Synthesebericht* des Forschungsschwerpunktes „Virtuelle Repräsentation“ (Walz 2008) im Kontext von landschaftsräumlicher Visualisierung und Entscheidungsfindung. Methodische Anknüpfungspunkte ergeben sich dabei vor allem unter dem Gesichtspunkt einer Einbeziehung heterogener Datengrundlagen und qualitativer, hypothesenbildender Untersuchungsdesigns. Gegenstandsbezogen untersuchte daneben Raff (Raff 2012) Gestaltungsprozesse von Lernenden und kombinierte dazu eine Reihe von methodischen Ansätzen zur Befragung und Aktionsforschung.

Zur Untersuchung des Forschungsfeldes sowie einer Identifikation und Typisierung von Anwendungsfällen und Akteuren bieten sich für die Arbeit methodisch eine Nutzung von Techniken der quantitativen oder quantifizierenden Inhaltsanalyse (ausgeführt in Abschn. 4.2 und Abschn. 5.2) sowie für eine weiterführende Betrachtung Methoden der Grounded Theory (vgl. Abschn. 6.2) an. Zur Erfassung und Skizzierung des Forschungsfeldes liegt zudem eine Nutzung von Techniken der sozialen Netzwerkanalyse und Bibliometrie nahe (ausgeführt in Abschn. 4.2). Derartige Bezüge zwischen Kooperation und Etablierung eines Forschungsgebietes sowie einer Typisierung von Protagonisten und einer Publikationstätigkeit stellt beispielsweise Parthey (Parthey 2010) her. Eine Kombination von Methoden der sozialen Netzwerkanalyse zur Untersuchung von Akteursgruppen und -beziehungen führt daneben Stützer (Stützer, Carley et al., Im Druck) in ihrer Dissertation vor dem Hintergrund von Wissenstransfers in Lernumgebungen aus. Ähnlich zeigen Vargas-Quesada und Moya-Anegón (Vargas-Quesada und Moya-Anegón 2007) mittels derartiger Methoden die Entwicklung von Forschungsgebieten und Forschungstrends auf.

Untersuchungsschwerpunkte

Ausgehend von den Forschungsfragen und den methodischen Anknüpfungspunkten soll die Untersuchung in drei aufeinander aufbauenden Schritten erfolgen. Wie in Tabelle 1 dargestellt, wird die Betrachtungsperspektive Schritt für Schritt granularer, wobei vorangegangene Schritte der Fokussierung des Untersuchungsinteresses und der

Identifikation für folgende Untersuchungsphasen zentraler Konzepte dienen. Eine genaue Untersuchungsmethodik sowie die einbezogenen Datensamples werden vor dem Hintergrund der jeweiligen Untersuchungsteile noch ausgeführt.

1. *Identifikation von Einsatzszenarien und einer Scientific Community*

Eine Forschungslandschaft zum Thema 3D-Rekonstruktion wurde insbesondere mit Blick auf strukturelle Aspekte durch bisherige Untersuchungen nur unzureichend erschlossen. Untersuchungsschwerpunkte stellen daher die Exploration des Forschungsfeldes und eine Identifikation von Einsatzszenarien sowie die disziplinäre und nationale Verortung von 3D-Rekonstruktionen historischer Sachverhalte dar. Damit verbunden sind die Fragen nach Forschungsfeldern, Akteuren und Themen wissenschaftlicher Communities ebenso wie nach aktuellen Diskursen. Die Untersuchungsbasis bilden Publikationen einschlägiger internationaler Konferenzen und Zeitschriften zur wissenschaftlichen 3D-Modellierung und insbesondere zur 3D-Rekonstruktion historischer Inhalte,[8] die eine Übersicht über die aktuelle Forschungslandschaft versprechen. Zur Ermittlung von Häufigkeiten wird eine qualitative Inhaltsanalyse durchgeführt. Speziell zur Analyse und Visualisierung von Autorenbeziehungen sollen zudem Techniken der sozialen Netzwerkanalyse Verwendung finden (Vgl. Abschn. 4.2 und Abs. 4.3.3.2).

2. *Kategorien und Abläufe interpretativer Rekonstruktionsprojekte*

In einem zweiten Untersuchungsschritt werden Projektberichte und Publikationen speziell zu interpretativen geschichtswissenschaftlichen Rekonstruktionsprojekten untersucht. Anhand dieser Befunde sollen sowohl Ziele und Kontexte derartiger Vorhaben ermittelt als auch Projektabläufe und Einflussgrößen skizziert werden. Die Entwicklung eines Kategorienschemas und die daran angelehnte Auswertung sollen mittels induktiver und deduktiver Techniken der qualitativen Inhaltsanalyse erfolgen (Vgl. Abschn. 5.2).

3. *Entwicklung eines Prozessmodells und Identifikation von Handlungsempfehlungen*

Ziel eines dritten Forschungsschrittes stellt die induktive Entwicklung eines Prozessmodells beziehungsweise Workflows von 3D-Rekonstruktionsprojekten dar. Dabei sollen anhand von Fallbeispielen technologische, administrative und praktische Ansätze der Kooperation und Kommunikation identifiziert, kategorisiert sowie bewertet und in ein Modell integriert werden. Methodisch soll anhand der Ergebnisse der Phase 2 zunächst ein heuristischer Rahmen entwickelt werden, der die Grundlage einer Untersuchung von Fallstudien mittels *Grounded Theory* bildet (Vgl. Abschn. 6.2).

[8] Zur Unterscheidung zwischen 3D-Rekonstruktion und 3D-Digitalisierung siehe Abschn. 2.3.4. Der forschungspraktische Hintergrund wird in Abschn. 4.2 ausgeführt.

Phase 1: Quantitative Literaturanalyse	Phase 2: Qualitative Literaturanalyse	Phase 3: Fallbeispiele
Fragen • Welche Inhalte werden bei der 3D-Rekonstruktion historischer Entitäten nachgebildet? • Welche Methoden werden genutzt? • Welche Zielstellung wird verfolgt? • Welche Akteure und Institutionen sind beteiligt? Welche Rolle spielen internationale und interdisziplinäre Kooperationen? • Was sind aktuelle wissenschaftliche Diskurse und Forschungsfelder? • Welchen Etablierungs- und Standardisierungsgrad hat das Untersuchungsfeld?	**Fragen** • Mit welchen Zielen werden historische Entitäten interpretativ dreidimensional, virtuell rekonstruiert? • Was sind aktuelle wissenschaftliche Diskurse im Untersuchungsfeld? • Wie sieht der Produktentwicklungsprozess aus? • Wie sehen Zusammenarbeitsprozesse aus?	**Fragen** • Welche Phänomene zeigen sich im Kontext von 3D-Rekonstruktion? • Welche Phasen lassen sich abgrenzen? • Welche Strategien werden in der praktischen Arbeit entwickelt und welche Handlungsempfehlungen lassen sich daraus ableiten?
Untersuchungssample 452 Publikationen zur wissenschaftlichen 3D-Modellierung und insbes. 3D-Rekonstruktion historischer Inhalte	**Untersuchungssample** 26 Publikationen zu zumeist interpretativen, historischen 3D-Rekonstruktionsprojekten	**Untersuchungssample** 2 Praxisprojekte zur interpretativen historischen Rekonstruktion ohne Vorerfahrung der Beteiligten und Einbeziehung von 2 Projekten mit Vorerfahrung der Beteiligten
Methodik • Ermittlung von Häufigkeiten mittels deduktiver qualitativer Inhaltsanalyse • Analyse der Autorenbeziehungen mittels sozialer Netzwerkanalyse	**Methodik** • Kategorisierung mittels induktiver qualitativer Inhaltsanalyse	**Methodik** • Erstellung eines heuristischen Rahmens anhand der Ergebnisse der Phase 2 sowie theoretischer Befunde • Untersuchung von Fallstudien mittels *Grounded Theory*

Tabelle 1 – Untersuchungsphasen

1.5 Aufbau der Arbeit

Im Zuge einer theoretischen Betrachtung müssen in Kapitel 2 zunächst relevante Begriffe vorgestellt und definiert werden (Abbildung 1). Ein folgendes, drittes Kapitel hat die Beleuchtung theoretischer Grundlagen zum Inhalt. Dabei werden in den Abschnitten 3.1 bis 3.3 die grundlegenden Konzepte *Kommunikation*, *Wissen* sowie *Kooperation* betrachtet. In Abschnitt 3.4 werden demgegenüber spezifische Prozessmodelle im Kontext von 3D-Rekonstruktion vorgestellt, während Abschnitt 3.5 die theoretische Betrachtung zusammenfasst.

Abbildung 1 – Aufbau der Arbeit

Die Ergebnisse einer quantitativen empirischen Analyse von Publikationen zum Thema 3D-Rekonstruktion werden in Kapitel 4 vorgestellt. In den Abschnitten 4.1 und 4.2 werden Fragen und Methodik einer solchen Analyse erörtert. Eine Betrachtung der Ergebnisse umfasst die Inhalte (Abschn. 4.3.1) dieser Veröffentlichungen ebenso wie eine Klassifikation der daran beteiligten Autoren (Abschn. 4.3.2), die Identifikation von *Multiplikatoren* (Abschn. 4.3.3) sowie aktueller Diskurse (Abschn. 4.3.4). Neben einer Zusammenfassung (Abschn. 4.4) werden insbesondere Anknüpfungspunkte für eine weiterführende Betrachtung im Kontext der nächsten Untersuchungsschritte vorgestellt. In Kapitel 5 werden anhand von publizierten Projektdarstellungen zu 3D-Rekonstruktionsvorhaben wesentliche Aspekte derartiger Vorhaben identifiziert und klassifiziert. Neben Fragen (Abschn. 5.1) und Methodik (Abschn. 5.2) wird in Abschnitt 5.3 ein Klassifikationsschema entwickelt und es werden Befunde zu Abläufen, Themen- und Zielstellungen derartiger Vorhaben vorgestellt. In Kapitel 6 werden anhand von insgesamt vier begleiteten Praxisprojekten Arbeitsabläufe

sowie Phänomene und Handlungsempfehlungen skizziert. In den Abschnitten 6.1 und 6.2 werden dafür zunächst relevante Fragestellungen, eine Datenbasis sowie eine Untersuchungsmethodik vorgestellt. In den beiden folgenden Abschnitten werden Ergebnisse einer empirischen Untersuchung von Projektphasen (Abschn. 6.3) sowie Phänomenen (Abschn. 6.4) dargestellt. Dabei sollen insbesondere in diesen Projekten bewährte Strategien und Handlungsempfehlungen skizziert werden. Eine Zusammenfassung in Abschnitt 6.5 stellt diese Befunde dar und setzt sie in Relation zu Ergebnissen anderer Untersuchungen.

Eine Zusammenführung der Untersuchungsergebnisse aller Untersuchungsteile erfolgt in Kapitel 7. Neben einem Blick auf die eingangs gestellten Forschungsfragen (Abschn. 7.1) werden dabei insbesondere weiterführende Erkenntnisse (Abschn. 7.2) und speziell disziplinäre Phänomene (Abschn. 7.3) beleuchtet. In einem achten Kapitel werden abschließend potenzielle Fehlerquellen dieser Arbeit skizziert und es wird ein Ausblick auf weiterführende Untersuchungsbedarfe gegeben.

2 Begriffe

Im Vorfeld müssen zunächst einige Begriffe beleuchtet und definiert werden. Dazu gehören zunächst der Begriff der Kooperation (Abschn. 2.1) sowie die im Kontext wissenschaftlicher Zusammenarbeit damit eng verwandten Begriffe Disziplinarität beziehungsweise Interdisziplinarität (Abschn. 2.2). Während die technischen Methoden der 3D-Rekonstruktion vor allem aus der Computergrafik (Abschn. 2.5) als Teil der Informatik stammen, sind Inhalte und deren Aufbereitung eng mit den Geschichtswissenschaften (Abschn. 2.3) verbunden. Nicht zuletzt steht im Mittelpunkt eines derartigen Rekonstruktionsprozesses die Erstellung eines virtuellen Modells (Abschn. 2.4), in dem alle aufbereiteten Inhalte beziehungsweise Quellen (Abschn. 2.3.3) zusammengeführt und manifest werden und das wiederum die Grundlage für die Erstellung computergrafischer Ansichten beziehungsweise Visualisierungen (Abschn. 2.5.1) bildet.

2.1 Der Kooperationsbegriff

Während sowohl die technische Realisierung als auch der wissenschaftliche Erkenntnisprozess im Kontext von 3D-Rekonstruktionsprozessen in bisherigen Untersuchungen weitreichende Beachtung erfahren haben (bspw. Frischer und Dakouri-Hild 2008; Bentkowska-Kafel, Denard et al. 2012), sind Phänomene der sozialen Interaktion bisher nur unzureichend beachtet worden. Dabei erfordert die Rekonstruktionserstellung eine Einbeziehung unterschiedlicher Wissensdomänen und damit häufig eine interdisziplinäre Zusammenarbeit, was – wie im Kontext dieser Arbeit noch näher zu beleuchten ist – Arbeitsprozess und Rekonstruktionsergebnisse beeinflusst.

Eine Untersuchung von Phänomenen der Kooperation steht im Fokus einer ganzen Reihe von Disziplinen. So bezeichnet Kooperation aus der Perspektive der Wirtschaftswissenschaften eine vereinbarte „Zusammenarbeit zwischen rechtlich [und wirtschaftlich] selbstständigen […] Unternehmen“ (Blohm 1980, Sp. 1112, mit Ergänzungen nach Hauschildt und Salomo 2007, S. 255). Aus Sicht der Organisationspsychologie stellt Kooperation eine „Zusammenarbeit zwischen Personen, Gruppen und Institutionen“ dar, die durch „bewusstes und planvolles Herangehen“ sowie „Prozesse der gegenseitigen Abstimmung“ (Spieß und Rosenstiel 2010, S. 57 mit Verweis auf Piepenbrock 1991 und Argyle 1994) beeinflusst ist. Nicht zuletzt stellt kooperatives Arbeiten und Lernen auch ein Themenfeld pädagogischer Forschung dar. Vor dem Hintergrund einer Untersuchung des Lehrberufes versteht Esslinger unter Kooperation die „Zusammenarbeit von zwei oder mehr Personen […], welche mit dem Ziel initiiert und durchgeführt wird, die Effektivität der Arbeit und die Zufriedenheit bei der Arbeit zu steigern. Kooperation setzt eine gemeinsame Zielperspektive voraus. Voraussetzung hierfür ist ein vorhandenes Potenzial zur strukturellen und funktionalen Anbindung der Arbeitsfelder.“, (Esslinger 2002, S. 62). Verbindendes Element aller drei Definitionen ist die Aussage, dass Kooperation eine Zusammenarbeit zwischen selbstständigen Personen, Gruppen oder Institutionen bezeichnet, die einem gemeinsamen Ziel dient, durch gegenseitige Abstimmung sowie ein planvolles Vorgehen gekennzeichnet ist und Vorteile für alle beteiligten Akteure (nach Hagenhoff 2004, S. 21 f.) verspricht.

Sprachliche und konzeptuelle Antipoden sind aus Sicht der Sozialpsychologie „Konflikte“ sowie unter dem Blickwinkel der Ökonomie „Konkurrenz“ (Spieß und Rosenstiel 2010, S. 57 f.). Entsprechend steht Kooperation für eine Konsensfindung hinsichtlich der Ziele und eingesetzten Mittel. Dabei wird Kooperation häufig im Zusammenhang mit Teamarbeit (vgl. Abschn. 3.3) gesehen (Spieß und Rosenstiel 2010, S. 155). Ebenso sind Kooperationen zumeist zeitlich und mit Blick auf einen Kooperationsbereich auch sachlich begrenzt (Hagenhoff 2004, S. 10) und hinsichtlich einer Organisationsform als Projekt (vgl. Abschn. 3.3.1) angelegt. Kooperationen können sowohl innerhalb einer Disziplin beziehungsweise Branche als auch zwischen Branchen beziehungsweise Disziplinen stattfinden – ein Aspekt, der sich im Kontext von Wissenschaft im Konzept der Interdisziplinarität (vgl. Abschn. 2.2) widerspiegelt. Außerdem entstehen Kooperationen häufig vor dem Hintergrund eines Ressourcendefizits und der damit gebotenen Möglichkeit für einen Initiator, ohne langwierigen eigenen Kompetenzaufbau benötigte Ressourcen einzubinden. Ein weiteres Motiv stellen erwartete Synergieeffekte dar, die beispielsweise mit Blick auf einen strategischen Nutzen relevant sind (Hauschildt und Salomo 2007, S. 256). Nicht zuletzt finden Kooperationen zwischen Personen wie im Fall einer Wissenskooperation (siehe Abschn. 3.3.3) oder von kooperativen Autorenprozessen (Vgl. Kap. 4) sowohl selbstgewählt als auch – wie bei Kooperationsvorhaben zwischen Institutionen (Vgl. Kap. 6) – verordnet statt. Ebenso stellt eine Gleichberechtigung und „Hierarchiefreiheit“ (Hauschildt und Salomo 2007, S. 263) zwischen den beteiligten Partnern einen wesentlichen Aspekt von Kooperation dar. Ein damit eng verbundener Aspekt ist die Schaffung und das Management von Schnittstellen sowie einer gemeinsamen Kooperationskultur. Derartige Konsense sind insbesondere bei Kooperationen zwischen „Kooperationspartnern mit unterschiedlicher technologischer Kernkompetenz“ (Hauschildt und Salomo 2007, S. 264) wesentlich, was im Kontext einer Kooperation zwischen wissenschaftlichen Disziplinen nicht zuletzt aufgrund einer inzwischen herausragenden Bedeutung elektronischer Forschungswerkzeuge und -praktiken für eine wissenschaftliche Arbeit Relevanz besitzt (Pscheida, Köhler et al. 2013).

2.2 Begriffe der interdisziplinären Zusammenarbeit

2.2.1 Wissenschaftliche Disziplinen

Disziplinen zeichnen sich nach Schophaus et al. durch eine gemeinsame Methoden- und Theoriewelt aus und besitzen ähnliche „Referenzsysteme, disziplinäre Denkweisen, Erfolgs- und Qualitätskriterien, Publikationsgewohnheiten und -organe“ (Schophaus, Dienel et al. 2003, S. 6) sowie eine ähnliche Institutionalisierung. Knorr-Cetina führt aus, dass jede Disziplin eine eigene „Epistemic Culture“ (Knorr-Cetina 1999, S. 8) im Sinne unterschiedlicher „architecture of empirical approaches, specific constructions of the referent, particular ontologies of instruments, and different social machines“ (Knorr-Cetina 1999, S. 3) besitzt. Auch wenn Disziplinen und deren Abgrenzungen – wie beispielsweise bei Weingart (Weingart 1987, S. 164) ausgeführt – Ergebnisse sozialer Konstruktionsprozesse sind, lassen sich anhand der angeführten epistemischen Kulturen Phänotypen beziehungsweise Felder

identifizieren, wobei eine Unterscheidung zwischen diesen Bereichen zumeist diffus ist (Knorr-Cetina 2002, S. 246). Klassifikationsansätze lassen sich dabei in vielerlei Dimensionierungen wie beispielsweise anhand von Methoden, Erkenntnisobjekten und -zielen, aber auch anhand einer Historie erstellen (Rötzer 2003, S. 169 ff.).

Feld	Disziplin
1. Natural Sciences	1.1 Mathematics 1.2 Computer and information sciences 1.3 Physical sciences 1.4 Chemical sciences 1.5 Earth and related environmental sciences 1.6 Biological sciences 1.7 Other natural sciences
2. Engineering and Technology	2.1 Civil engineering 2.2 Electrical engineering, electronic engineering, information engineering 2.3 Mechanical engineering 2.4 Chemical engineering 2.5 Materials engineering 2.6 Medical engineering 2.7 Environmental engineering 2.8 Environmental biotechnology 2.9 Industrial biotechnology 2.10 Nano-technology 2.11 Other engineering and technologies
3. Medical and Health Sciences	3.1 Basic medicine 3.2 Clinical medicine 3.3 Health sciences 3.4 Health biotechnology 3.5 Other medical sciences
4. Agricultural Sciences	4.1 Agriculture, forestry, and fisheries 4.2 Animal and dairy science 4.3 Veterinary science 4.4 Agricultural biotechnology 4.5 Other agricultural sciences
5. Social Sciences	5.1 Psychology 5.2 Economics and business 5.3 Educational sciences 5.3 Sociology 5.5 Law 5.6 Political science 5.7 Social and economic geography 5.8 Media and communications 5.7 Other social sciences
6. Humanities	6.1 History and archaeology 6.2 Languages and literature 6.3 Philosophy, ethics and religion 6.4 Art (arts, history of arts, performing arts, music) 6.5 Other humanities

Tabelle 2 – Klassifikation von Feldern und Disziplinen nach OECD[9]

[9] ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT: Frascati Manual. Proposed Standard Practice for Surveys on Research and Experimental Development, Paris 2002, S. 12

Maßgeblich für diese Arbeit soll die von der OECD verfasste Klassifikation der „Fields of Science and Technology“ (Organisation for Economic Co-operation and Development 2002, Überarbeitete Fassung: Organisation for Economic Co-operation and Development 2007) sein, die Wissenschaft in insgesamt sechs Felder sowie diesen zugeordnete Disziplinen einteilt (Tabelle 2).[10]

2.2.2 Interdisziplinarität

Interdisziplinarität bezeichnet eine „Konfrontation von mehreren Disziplinen mit einem [alle betreffenden] Thema oder einer Fragestellung.“, (Schophaus, Dienel et al. 2003, S.7 f., synonym: Gibbons 1994, S. 28.). Eine gemeinsame Problemstellung stellt zugleich ein wichtiges Initial für interdisziplinäre Zusammenarbeit dar. Diesbezüglich spricht Schelsky von einer „Entwicklung partieller wissenschaftlicher Einheit am empirischen Gegenstand“ (Schelsky 1966, S. 72). Eine interdisziplinäre Zusammenarbeit zeichnet sich gleichermaßen durch die Entwicklung einer disziplinübergreifenden Terminologie sowie eine gemeinsame Methodologie aus (Gibbons 1994, S. 29). Ein diesbezüglicher Grad der Institutionalisierung reicht von temporären Kooperationen bis hin zur Schaffung feldübergreifender, *hybrider* Forschungsdisziplinen (Klein 2000, S. 16) wie beispielsweise den noch auszuführenden *Digital Humanities* (vgl. Abschn. 2.3.2).

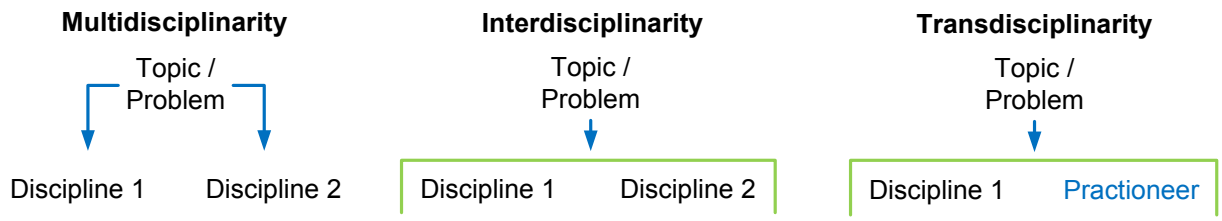


Abbildung 2 – Formen von disziplinärer Zusammenarbeit[11]

Eine wesentliche Unterscheidung betrifft dabei die in Abbildung 2 schematisch dargestellte Differenzierung zwischen Interdisziplinarität und anderen Formen disziplinärer Kooperationen, namentlich Multidisziplinarität sowie Transdisziplinarität. Das Konzept der

[10] Ähnliche Klassifikationssysteme entstammen der Bibliothekssystematik. Hierzu: SEMENOVA, E. und STRICKER, M.: Eine Ontologie der Wissenschaftsdisziplinen. Entwicklung eines Instrumentariums für die Wissenskommunikation, in: BALL, R. (Hrsg.): Wissenschaftskommunikation der Zukunft, 4. Konferenz der Zentralbibliothek im Forschungszentrum Jülich, 6.- 8. 11. 2007, Jülich 2007, S. 61-69. Zur Kritik an derartigen Schemata: UMLAUF, K.: Einführung in die bibliothekarische Klassifikationstheorie und -praxis, Berlin 2012. Historische Wurzeln derartiger Schemata liegen in den Arbeiten von Dewey und Peirce: VEHKAVAARA, T.: The outline of Peirce"s classification of sciences (1902-1911), Tampere 2001; PEIRCE, C. S. 1931. Collected Papers of Charles Sanders Peirce. Vol. 1 [Online]. http://www.textlog.de/peirce_principles.html, besucht am 10. 1. 2014. Allgemein zu diesbezüglichen Klassifikationsansätzen: NOHR, H.: Klassifikation. Skript zur Vorlesung im Fach Inhaltliche Erschließung, Stuttgart 2004. Ferner zum Thema: BOWKER, G. C. und STAR, S. L.: Sorting Things Out. Classification and its Consequences, Cambridge 1999.

[11] Aus: SCHOPHAUS, M., DIENEL, H.-L. und VON BRAUN, C.-F.: Von Brücken und Einbahnstraßen. Aufgaben für das Kooperationsmanagement interdisziplinärer Forschung (Discussion paper Nr. 08/03), Berlin 2003, S. 7.

Multidisziplinarität bezeichnet die Bearbeitung einer Problemstellung beziehungsweise eines Themas durch voneinander unabhängige Disziplinen. Demgegenüber steht Transdisziplinarität als Sonderfall von Interdisziplinarität für die kooperative Entwicklung und Bearbeitung eines Themas sowohl durch wissenschaftliche Fachdisziplinen als auch unter Einbeziehung weiterer *Stakeholder* (vgl. Abs. 3.3.2). Dieses Konzept wird vor allem mit einer Bearbeitung komplexer und gesellschaftlich relevanter „Alltags-"Problemstellungen wie beispielsweise Umweltschutz oder sozialem Wandel konnotiert (Defila und Giulio 1999, S. 6).

Gemeinsames Merkmal von Inter- und Transdisziplinarität stellt eine Bearbeitung der Problem- beziehungsweise Fragestellung durch Forschungsverbünde und im Rahmen von Projekten dar. Dabei bezeichnen beide Begriffe Formen kooperativen Arbeitens (vgl. Abschn. 2.1). Damit in beiden Fällen verbundene Aspekte stellen einen Konsens zwischen allen beteiligten Akteuren zu Sprache, Fragestellungen und Methodologie, die Integration eines gemeinsamen Ergebnisses sowie die Diffusion und Verbreitung dieses Ergebnisses gegenüber einem – zumeist nicht wissenschaftlichen – Zielpublikum dar. Dabei müssen sowohl Prozesse als auch Ergebnisse „das Erfordernis der Wissenschaftlichkeit erfüllen" (Defila und Giulio 1999, S. 6 f.).

Scientific Community

Eng mit der Frage nach Disziplinen und epistemischen Kulturen verbunden ist der Begriff einer *Scientific Community*.[12] Als eine von vielen in der Literatur angebotenen Definitionen bezeichnet diese die Gesamtheit der am wissenschaftlichen Diskurs zu eines Spezialgebietes beteiligten Wissenschaftler (Jacobs 2006, S. 166). Dabei sind einzelne *Scientific Communities* zumeist unscharf begrenzt (Knorr-Cetina 1982, S. 102), wobei eine thematische Kernbildung und deren permanente Anpassung anhand gemeinsamer Podien wie Publikationen oder Konferenzen erfolgt. Entsprechend stellt eine Analyse wissenschaftlicher Veröffentlichungen nach Knorr-Cetina einen probaten Zugang zur Identifikation von *Scientific Communities* dar (Knorr-Cetina 2002, S. 128).[13] Für diese Arbeit wesentliche Merkmale von Communities bestehen zudem darin, dass derartige Gemeinschaften aus Individuen bestehen, nicht institutionalisiert sind und sowohl Integration als auch Kooperation einerseits auf Freiwilligkeit, andererseits auf jeweils gruppenspezifischen Regeln beziehungsweise Paradigmen (Jacobs 2006, S. 163 f.; Tuppy 2001, S. 1) basieren.

[12] Eine einheitliche deutsche Übersetzung dieses Begriffs existiert nicht. Diesbezügliche Varianten sind die Bezeichnung als „Wissenschaftlergemeinde", bspw. in CETINA, K. K.: Die Fabrikation von Erkenntnis, Frankfurt a. M. 2002, S. 126, beziehungsweise als „Wissenschaftliche Gemeinschaften", bspw. in KUHN, T. S.: Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen, Frankfurt a. M. 1976, S. 8.

[13] Einschränkend ist hier zu bemerken, dass Knorr-Cetina mit dieser Einschätzung insbesondere auf eine Analyse von Zitationen als Zugang zu Scientific Communities abzielt, während die vorliegende Arbeit dieses Phänomen primär anhand kooperativer Autorschaften untersucht.

2.3 Begriffe der Geschichtswissenschaften

Die Untersuchung historischer Sachverhalte ist Betrachtungsgegenstand einer Vielzahl von Disziplinen und disziplinärer Kontexte. Entsprechend schwierig gestaltet sich eine genaue Klassifikation und disziplinäre Ein- und Zuordnung von *Geschichtswissenschaften*. Verbindende Elemente sind, dass der Betrachtungsgegenstand in der Vergangenheit liegt und durch überlieferte *Quellen* zugänglich ist. Eine vor dem Hintergrund von 3D-Rekonstruktion wichtige Unterscheidung betrifft die Frage, ob ein historischer Gegenstand oder dessen Teile noch erhalten und somit unmittelbar zugänglich oder nicht mehr erhalten und nur mittelbar über andere Überlieferungen rekonstruierbar ist.

2.3.1 Geschichtswissenschaften

Der Begriff der Geschichtswissenschaft bezeichnet im Allgemeinen die Forschung zur Geschichte und gehört traditionell zum Kanon der Geisteswissenschaften. Eine Gliederung der Geschichtswissenschaften findet in klassischer Lesart anhand der untersuchten Epoche sowie des Untersuchungsgegenstandes statt.[14] Eng verknüpft sind die Geschichtswissenschaften mit einer Reihe von Nachbardisziplinen, zu denen ein zumeist methodischer Transfer unterhalten wird.[15] So kooptierten die Geschichtswissenschaften soziologische, psychologische und ökonomische Methodik. Im Umkehrschluss pflegt beinahe jede akademische Disziplin institutionell eine eigene Disziplinengeschichte. Stellvertretend sei hier auf die Geschichte der Medizin als Teil des medizinischen Fächerkanons verwiesen. Eng mit den Geschichtswissenschaften verknüpft sind daneben eine ganze Reihe von Subdisziplinen – die historischen Hilfswissenschaften.[16] Einen Sonderstatus nimmt vor diesem Hintergrund die Archäologie als Erforschung „materieller Evidenzen“ (Renfrew und Bahn 2005, S. XI) ein, die im deutschsprachigen Raum traditionell den Kulturwissenschaften zugeordnet ist. Die Präsentation geschichtlicher Inhalte gegenüber einem Publikum ist wiederum disziplinär in der Geschichtsdidaktik sowie in Nachbarwissenschaften wie der Museologie verankert. Speziell mit historischen Bauwerken beschäftigt sich die Bau- beziehungsweise Architekturgeschichte, die inhaltlich den Kulturwissenschaften, disziplinär teilweise der Architektur zugeordnet wird. Hingegen fallen Konservation und Erhaltung historischer Objekte in das Resort von Denkmalpflege und Restauration. Generell ist eine

---

[14] Neuere Distinktionen umfassen daneben eine ganze Reihe von Forschungsrichtungen, die sich – wie beispielsweise die „Oral History“ – primär durch die Verwendung einer spezifischen Untersuchungsmethode auszeichnen. Zur Oral History: NIETHAMMER, L.: Oral History, in: KOCKA, J. & KOWALCZUK, I.-S. (Hrsg.): Paradigmen deutscher Geschichtswissenschaft: Ringvorlesung an der Humboldt-Universität zu Berlin, Berlin 1994, S. 189-210.

[15] Beispielhaft hierfür sei die Kliometrik mit ihren methodischen Entlehnungen aus den Wirtschaftswissenschaften genannt. Vgl. FOGEL, R. W.: Die neue Wirtschaftsgeschichte. Forschungsergebnisse und Methoden, Köln 1970.

[16] Diese beschäftigen sich mit spezifischen Teilproblemen wie beispielsweise im Fall der Heraldik mit der Wappenkunde: OPGENOORTH, E.: Einführung in das Studium der neueren Geschichte, Paderborn 1997, S. 173 ff.

exakte Einordnung und Abgrenzung von Geschichtswissenschaften beinahe unmöglich und insbesondere gegenüber den kulturwissenschaftlichen Disziplinen existieren weitreichende Überschneidungen hinsichtlich Betrachtungsgegenständen und Methoden. Allgemein anerkannt ist, dass es sich beim Forschungsgegenstand um Vergangenes handelt, mögliches Distinktionsmerkmal ist die Nutzung historisch-kritischer Methodik. Neben dem deutschsprachigen Begriff der Geschichtswissenschaften entstammt insbesondere dem englischen Sprachraum eine ganze Reihe von Begriffen, die ähnliche Phänomene beschreiben. So wird der Begriff der *Humanities* zwar in vielen Publikationen mit *Geisteswissenschaften* gleichgesetzt (bspw. im Digital Humanities Curriculum 2011, S. 4), bezeichnet originär allerdings ein breites Spektrum von humanzentrierten Wissenschaften aus den Bereichen der Kultur- und Geisteswissenschaften sowie Kunst (Vgl. Abschn. 2.2.1). Hingegen betrachtet der Zugang des *Cultural Heritage* ein kulturelles Erbe und somit die Überlieferungen beziehungsweise Artefakte von Geschichte (Arnold und Geser 2008, S. 26). Entsprechend umfasst der für diese Arbeit genutzte Begriff der Geschichtswissenschaften definitorisch sowohl das Spektrum der *Humanities* als auch des *Cultural Heritage*.

2.3.2 Digital Humanities

Ähnlich dem Begriff der Geschichtswissenschaften bezieht sich der seit etwa 2004 verwendete Begriff der *Digital Humanities* nicht ausschließlich auf einen Einsatz elektronischer Werkzeuge und Techniken im Dienste der historischen Wissenschaften, sondern auf ein breites Spektrum geistes- und sozialwissenschaftlicher Anwendungen (vgl. Schreibman, Siemens et al. 2004; Duwe und Meffert 2008). [17] Zwar ist eine disziplinäre Verortung der Digital Humanities gerade im deutschsprachigen Raum aktuell noch nicht abgeschlossen, jedoch lässt sich anhand der bereits erlangten Bedeutung sowie Bandbreite derartiger Forschungszugänge vermuten, dass diese im Kontext der Geschichtswissenschaften den Rang einer historischen Hilfswissenschaft deutlich übersteigen werden. Die bereits beschriebene, begriffliche Bandbreite geschichtswissenschaftlicher Zugänge spiegelt sich dabei auch im Kontext elektronischer Forschungsmethoden wider. Dabei fokussieren Zugänge des *Digital Heritage*, der *Digital Archaeology*, der *digitalen Kunstgeschichte* oder der *historischen Fachinformatik* – wie bereits für die analogen Pendants ausgeführt – jeweils auf spezifische Betrachtungsgegenstände und -perspektiven.

Eine elaborierte und umfassende Verortung des Forschungsstandes der *Digital Humanities*, dem auch der Einsatz von 3D-Technologien zur Rekonstruktion historischer Sachverhalte zuzuordnen ist, hatte das im Jahr 2008 abgeschlossene Verbundprojekt EPOCH zum Inhalt,

[17] Begrifflich ist im deutschsprachigen Raum sowohl von *eHumanities* als auch *Digital Humanities* die Rede. Beide Begriffe werden zumeist synonym verwandt, stellenweise wird jedoch zwischen *eHumanities* als Kooperation zwischen Informatik und Geisteswissenschaften sowie *Digital Humanities* als hybrider Disziplin unterschieden. Ungeachtet dieser Differenzierung sollen im Folgenden beide Formen als *Digital Humanities* bezeichnet werden.

das unter Einbeziehung einer Vielzahl federführender europäischer Institutionen sowie Protagonisten sowohl einen Status quo als auch Entwicklungspotenziale und Forschungsdesiderate aufzeigte (Arnold und Geser 2008).[18] Nicht zuletzt spiegelten sich die Ergebnisse dieser Analyse in den darauf folgenden Förderschwerpunkten zu 3D-Anwendungen im Bereich der *Digital Humanities* wider (European Commission 2011), die vor allem Aspekte wie Kostenminimierung sowie einfache Benutzbarkeit zum Ziel hatten. Insbesondere im deutschsprachigen Raum liegt ein Schwerpunkt der *Digital Humanities* als Fach- und Lehrgebiet primär auf dem Umgang mit textlichen und ikonischen Quellen und deren Erfassung, Archivierung und Auswertung. Dies zeigt sich neben aktuellen bundesdeutschen Förderschwerpunkten wie beispielsweise den *eHumanities*-Förderrichtlinien des BMBF nicht zuletzt an aktuellen Curriculum-Entwicklungen für diesbezügliche Studienangebote und an spezialisierten Institutionen wie beispielsweise dem *Göttingen Centre for Digital Humanities (GCDH)*.[19] Wie in Kapitel 4 noch näher beleuchtet werden soll, bedeutet dies jedoch nicht, dass im deutschsprachigen Raum keine Forschungsinstitutionen zur geschichtswissenschaftlichen Nutzung von 3D-Rekonstruktionstechniken existieren. Vielmehr gibt es beispielsweise mit dem Fachgebiet CAD und Architektur an der *TU Darmstadt,* den Fachbereichen Baugeschichte und Darstellungslehre an der *BTU Cottbus* sowie dem Institut für Geodäsie und Photogrammmetrie an der *ETH Zürich* Forschungseinrichtungen mit europaweitem Renommee. Jenseits des deutschsprachigen Raumes haben sich eine ganze Reihe von Dienstleistern sowie Forschungsinstitutionen auf derartige Anwendungsgebiete spezialisiert. Stellvertretend dafür sei auf das *Visualization Lab des King's College London* sowie die Einrichtungen der *University of California* und der *University of Virginia* verwiesen. Aktuell konstituiert sich unter Stephan Hoppe und Hubertus Kohle (München) sowie Stefan Breitling (Bamberg) daneben ein Forschungsbereich zu 3D-Rekonstruktionen aus der Perspektive von Bau- und Kunstgeschichte.[20] Neben den benannten Institutionen wurde in den vergangenen Jahren eine ganze Reihe von Kooperationsnetzwerken ins Leben gerufen. Diese umfassen zahlreiche Fachgesellschaften wie beispielsweise die *Arbeitsgemeinschaft zu Geschichte und EDV (AGE)* und *Computer Applications & Quantitative Methods in Archaelogy (CAA)* sowie das *International Committee for Architectural Photogrammetry (CIPA)* (ICOMOS International Scientific Committee 2004), Verbund- und Standardisierungsprojekte wie *Carare* im Kontext der Europeana oder institutionelle Verbünde wie die britische *Computer Vision Groups*.[21] Daneben verfolgen zahlreiche Koordinationsnetzwerke wie beispielsweise

[18] Ein spezifischer Fokus dieser Untersuchung lag auf der Verortung des *Digital Heritage* – die Ergebnisse repräsentieren jedoch einen für die Mehrzahl der thematisierten Aspekte für alle Bereiche der geschichtswissenschaftlichen 3D-Rekonstruktion generalisierbaren Forschungsstand.

[19] http://www.uni-goettingen.de/de/224183.html, besucht am 21. 12. 2013. Als Übersicht zur Forschungslandschaft: DUWE, J. und MEFFERT, K.: State-of-the-Art Analyse E-Humanities, Göttingen 2008.

[20] http://www.digitale-kunstgeschichte.de/wiki/Hauptseite, besucht am 21. 05. 2012.

[21] http://www.carare.eu/eng; http://www.bmva.org/w/visiongroups, besucht am 21. 05. 2012.

DC-NET (De Francesco 2010) oder *Palatium*[22] den Auftrag, Forschungs- und Lehraktivitäten im Bereich des *Cultural Heritage* europaweit zu vernetzen.

2.3.3 Quellen[23]

Zwingend notwendig ist für jegliche Art von geschichtswissenschaftlicher Rekonstruktion, dass sie quellengetreu erfolgt. Dabei geht es bei einer geschichtswissenschaftlich betriebenen digitalen 3D-Rekonstruktion um ein möglichst enges Verhältnis zwischen dem Modell und einer durch das Referenzobjekt verkörperten vergangenen Wirklichkeit, derer man medial nur mithilfe von Quellen habhaft werden kann. Die Quelle als Datenbasis historischer Rekonstruktion weist dabei eine Reihe von Besonderheiten auf. So handelt es sich bei Quellen um historische Überlieferungen, deren Ursprung in der Vergangenheit liegt. Da Quellen zumeist vom Menschen konstruierte Überreste darstellen, sind diese im Kontext ihrer Entstehungszeit und -kultur, aber auch hinsichtlich einer dahinter liegenden Intention kritisch zu bewerten.[24] In einer groben Einteilung kann man Quellen in Anlehnung an die historischen Wissenschaften sowohl hinsichtlich ihrer Unmittelbarkeit als Primär- und Sekundärquellen als auch hinsichtlich der Quellenart wie beispielsweise Text- oder Bildquellen sowie archäologische Befunde – als „Gesamtheit historisch aussagefähiger Beobachtungen in archäologischen Fundsituationen“ (Eggert 2001, S. 52) – unterscheiden (vgl. Brandt 2012, S. 48–64; Opgenoorth 1997, S. 40 ff.).

2.3.4 Rekonstruktion und Digitalisierung

Grundsätzlich finden Rekonstruktionen in den historischen Wissenschaften auf zweierlei Art Verwendung (De Francesco und D’Andrea 2008). Sie dienen zum einen der Erfassung und *Digitalisierung* existierender historischer Objekte. Wie in Kapitel 4 noch näher ausgeführt wird, kommen dabei zumeist Datenerfassungstechnologien wie beispielsweise photogrammetrische und laser- sowie radarbasierte Verfahren zum Einsatz. Zudem sind diese Vorhaben häufig mit einer weitgehend algorithmischen Modellgenese verbunden. Während die Arbeitsabläufe derartiger Digitalisierungsvorhaben vor allem technische und logistische Herausforderungen beinhalten, erfordert die in dieser Untersuchung fokussierte Erstellung von virtuellen *Rekonstruktionen* zur Nachbildung nicht mehr existenter oder nie realisierter Objekte und Strukturen die Einbeziehung und Interpretation historischer Quellen ebenso wie deren Umsetzung in ein virtuelles 3D-Modell mithilfe digitaler Werkzeuge.

---

[22] http://www.courtresidences.eu/index.php/home/, besucht am 21. 05. 2012.

[23] Für die in diesem Abschnitt enthaltenen Anregungen und Literaturverweise danke ich Dr. Peter-Heinrich Jahn. Die Thematik ist weiterführend behandelt in: MÜNSTER, S., JAHN, P.-H. und WACKER, M.: Die Bedeutung von Bildern für die interpretative digitale 3D Rekonstruktion historischer Bauwerke, in: AMMON, S. & HINTERWALDNER, I. (Hrsg.): Bildlichkeit im Zeitalter der Modellierung, Im Druck-a.

[24] Hierzu als grundlegende Überlegungen aus der Bildwissenschaft: HASKELL, F.: Die Geschichte und ihre Bilder. Die Kunst und die Deutung der Vergangenheit, München 1995.

2.3.5 Geschichtswissenschaftliche und populäre Inhalte

In der vorliegenden Arbeit stehen 3D-Rekonstruktionen im wissenschaftlichen Kontext im Mittelpunkt. Wie vor dem Hintergrund einer Untersuchung von 3D-Animationen zur Darstellung geschichtlicher Sachverhalte im Spiel- und Dokumentarfilm gezeigt wurde (Münster 2011c), sind Anwendungsszenarien derartiger Technologien keinesfalls auf akademische Kontexte beschränkt. Dies betrifft nicht nur eine Unterscheidung zwischen akademischen und kommerziellen Kontexten, vielmehr ist die Verfügbarmachung eines 3D-Modells durch das Internet inzwischen nicht mehr zwingend an etablierte Bewertungsinstanzen und *Multiplikatoren* wie Distributoren oder eine Medienförderung gebunden.[25] Ein anderes Phänomen betrifft die Popularisierung der Produktion: Mit der flächendeckenden Verbreitung von Computern nebst 3D-Werkzeugen, Bildbearbeitungs- und Videoschnittsoftware ist beinahe jedem die Produktion und Verbreitung von 3D-Modellen und Modelldarstellungen möglich. Die Qualität weist gegenüber professionellen Angeboten – zumindest hinsichtlich der erreichbaren Ergebnisse – nur wenige Einschränkungen auf.[26]

Auch mit Blick auf die inhaltliche Qualität lässt sich keine pauschale Unterscheidung zwischen wissenschaftlicher und nicht-wissenschaftlicher 3D-Visualisierung treffen. Wenn in der hier vorliegenden Arbeit eine Betrachtung geschichtswissenschaftlicher Rekonstruktionen weitgehend synonym für eine Beteiligung akademischer Institutionen steht, resultiert dies primär daraus, dass Publikationen zu kommerziellen Vorhaben eine Geschichtswissenschaftlichkeit nur selten thematisieren und bewertbar machen.

2.4 Der Modellbegriff

Wie bereits zu Beginn dieses Kapitels angeführt, steht im Mittelpunkt eines Rekonstruktionsvorhabens die Erstellung eines virtuellen 3D-Modells. In einer generellen Definition stellt ein Modell nach Sauerbier „die (vereinfachte) Nachbildung eines Originalsystems“ dar und muss „dem Originalsystem im Hinblick auf den Zweck seiner Realisierung […] hinreichend ähnlich“ sein.[27] Dabei können Modelle als „Abstraktum“ (Mahr 2004, S. 10) vielerlei Gestalt besitzen (vgl. Kurz 2008).[28]

---

[25] In der Folge sind einige „Hobby“-Filme zu bedeutender Popularität gelangt: MACMANUS, R.: Top 10 YouTube Videos of All Time, in: ReadWriteWeb 3. November 2011 (2011).

[26] Beispielhaft sei auf einige mit der kostenfreien 3D-Software *Blender* realisierte Filme verwiesen: http://www.blender.org/features-gallery/movies/, besucht am 03. 12. 2011.

[27] SAUERBIER, T.: Theorie und Praxis von Simulationssystemen. eine Einführung für Ingenieure und Informatiker, Braunschweig [u. a.] 1999, S. 18, zit. n. CHAHROUR, R.: Integration von CAD und Simulation auf Basis von Produktmodellen im Erdbau, Kassel 2006, S. 13.

[28] Eine kurze Übersicht zu disziplinären Modelltheorien und -begriffen findet sich bei Sachse: SACHSE, P.: Idea materialis. Entwurfsdenken und Darstellungshandeln. über die allmähliche Verfertigung der Gedanken beim Skizzieren und Modellieren, Berlin 2002, S. 45, Fußnote 16.

Ein etabliertes Erklärungsschema stellt die allgemeine Modelltheorie von Stachowiak dar.[29] Die ursprüngliche allgemeine Modelltheorie Stachowiaks wurde bereits 1965 in Grundzügen skizziert (Stachowiak 1965) und 1973 dann in erweiterter und der heute häufig zitierten Form präsentiert (Stachowiak 1973). Hierbei verkörpert ein Modell eine vereinfachte beziehungsweise *verkürzte Abbildung* eines Originals, wobei eine „Pragmatismus“ genannte Komponente im Sinne einer subjektiven Zweckorientierung wirkt (Stachowiak 1973, S. 131 ff.):

- *Abbildungsmerkmal:* Modelle bilden Originale aus „der Welt der Vorstellungen“, der „Begriffe“, aber auch Objekte der physischen Wirklichkeit und Symbole ab (Stachowiak 1973, S. 131).
- *Verkürzungsmerkmal:* „Modelle erfassen im allgemeinen nicht alle Attribute […] sondern nur solche, die den jeweiligen Modellerschaffern und/oder Modellnutzern relevant scheinen“ (Stachowiak 1973, S. 132).
- *Pragmatisches Merkmal:* „Modelle erfüllen ihre Ersetzungsfunktion für […] Subjekte, innerhalb bestimmter Zeitintervalle“ sowie für bestimmte Einsatzzwecke („Operationen“) (Stachowiak 1973, S. 132).

Modelle im Kontext von 3D-Rekonstruktionen

Hinsichtlich einer generellen Einordnung zählen 3D-Rekonstruktionsmodelle mit Blick auf einen Entstehungszeitpunkt zu den nachschaffenden Modellierungen beziehungsweise „post factum models“ (Wilton-Ely 1996, S. 335-338),[30] bei denen ein Modell erst im Nachgang eines Originals geschaffen wird. Darin unterscheiden sie sich von vorgelagerten Entwurfsmodellen wie beispielsweise dem Architekturentwurf. Modelle für einen 3D-Rekonstruktionsprozess besitzen sowohl als Kommunikations- als auch als Forschungswerkzeuge Bedeutung. Eine diesbezüglich interessante und für die folgende Arbeit relevante Betrachtung stellt die Transformation eines Modells als Nachbildung eines Gegenstandes zu einem eigenen Objekt und Gegenstand eines Diskurses dar. Neben den in dieser Arbeit virtuellen 3D-Rekonstruktionsmodellen sind physische 3D-Modelle ein bereits seit vielen Jahrhunderten genutztes Erkenntnis- und Kommunikationswerkzeug (Chadarevian und Hopwood 2004). Auch wenn derartige Modelle hinsichtlich ihrer Nutzung und Funktion virtuellen Modellen sehr ähnlich sind, unterscheiden sich die zugrunde liegenden handwerklich-technischen Abläufe deutlich.

---

[29] Eine insbesondere mit Blick auf die Reichweite des Modellbegriffs von Stachowiak kritische Betrachtung: MAHR, B.: Modell des Modellseins, in: DIRKS, U. & KNOBLOCH, E. (Hrsg.): Modelle, Frankfurt a. M. 2008, S. 187-218, S. 192.

[30] “Post factum models” sind “reconstruction models: these attempt to create the original appearance of ruined or totally vanished buildings and are frequently used in exhibition and museum display", aus: WILTON-ELY, J.: Architectural Model, in: N.B. (Hrsg.): The Dictionary of Art, Band 2, London [u. a.] 1996, S. 335–338, S. 335f.

Die Rolle von Modellen im 3D-Rekonstruktionsprozess

Im wissenschaftlichen Erkenntnisprozess dienen Modelle gleichermaßen der Repräsentation sowie Kommunikation von Wissen (Mahr 2004, S. 6) und als „methodisches Instrument zum Generieren von Erkenntnis“ (Stephan 2001, S. 113). Vor dem Hintergrund virtueller 3D-Rekonstruktionen beinhaltet dies die Nutzung von Modellen gleichermaßen als Forschungs- und Präsentationswerkzeuge, die in Kapitel 5 noch empirisch beleuchtet wird. Dabei lässt ein Modellbegriff verschiedene Konnotationen zu. So entwickeln die am Forschungsprozess zu einem historischen Objekt beteiligten Personen in einer abstrakten Sichtweise verschiedene *mentale Modelle* (vgl. auch Abs. 3.2.5.1) als geistige Vorstellungen vom historischen Original (Vgl. Niccolucci 2012, S. 28). Derartige Gedankengerüste sind hochgradig subjektiv und an individuelle Erfahrungswelten gekoppelt. Als Artefakt entsteht im Zuge des Arbeitsprozesses ein virtuelles, dreidimensionales Modell, in dem individuelle Wissensdomänen zusammenfließen. Wie in dieser Arbeit noch untersucht werden soll, erfordert eine solche computerisierte Simulation nicht nur eine Aushandlung zwischen individuellen *mentalen Modellen* der Beteiligten sondern auch die Beachtung von Anforderungen der computerisierten Modellerstellung.

Das Modell als Objekt

Auch wenn in Modellen ein Sachbezug zum dargestellten Objekt erkennbar bleiben muss, werden Modelle und das darin enthaltene Wissen selbst zum Objekt und zum Gegenstand sozialer Interaktion. Zu Funktion und Autonomie von Modellen hat sich ein wissenschaftstheoretisch wichtiger Diskurs entwickelt. Vor diesem Hintergrund führt Kuhn aus, dass „Modelle […] der Gruppe bevorzugte Analogien [liefern]“ (Kuhn 1978, S. 393). So setzen Modelle gerade in wissenschaftlichen Kontexten für eine Rezipierbarkeit häufig spezifisches Vorwissen voraus, andererseits dienen Modellpräferenzen mitunter als Distinktionsmerkmal beispielsweise bestimmter Fachdisziplinen (Köhler 2003, S. 25). Dabei werden Modelle nach Mahr wiederum zu einem vom ursprünglichen Kontext losgelösten „Modell für etwas“ (Mahr 2004, S. 11 f.) und repräsentieren als solches ein Ordnungssystem, das zum Objekt – beispielsweise von Diskursen – werden kann oder auf andere Sachverhalte übertragbar ist. Gerade vor dem Hintergrund einer Computerisierung von Wissenschaft sind mit Simulationstechniken umfassende Möglichkeiten zur Entwicklung, Erprobung und Kommunikation von Modellen entstanden.[31] Gerade bei abstrakten und hochkomplexen Sachverhalten wie beispielsweise in der Klimaforschung findet ein fachlicher Diskurs mittlerweile in weiten Teilen anhand von Modellen sowie zu deren Qualitäten statt (Lenhard, Im Druck).

[31] Zum Begriff der Simulation: HINTERWALDNER, I.: Das systemische Bild. Ikonizität im Rahmen computerbasierter Echtzeitsimulationen, München 2010, S. 33-41, sowie 68 f.

Physische und virtuelle Modelle

Während die in dieser Arbeit thematisierte computergestützte Modellerstellung erst seit reichlich zwei Jahrzehnten technisch möglich ist, finden physisch hergestellte Modelle seit langem Verwendung, um insbesondere baugeschichtliche und architektonische Sachverhalte zu vermitteln und zu erforschen (Carpo 2001; Kurz 2008). Auch wenn die Grundzüge und Anforderungen prinzipiell denen der wissenschaftlichen Modellbildung ähneln, folgt die Erstellung physischer Modelle im Vergleich zur virtuellen Modellerstellung komplett anderen handwerklich-technischen Abläufen und besitzt gegenüber dem virtuellen Modell eigenständige Qualitäten und Funktionen im Erkenntnisprozess (Kurz 2008, S. 85–90, insbes. S. 86). So erfolgt eine Modellerstellung bei physischen Modellen nicht zuletzt unmittelbar als plastisches Resultat (Chadarevian und Hopwood 2004, S. 8) und stellt nicht „nur“ einen Zwischenschritt auf dem Weg zu der im folgenden Abschnitt thematisierten computergrafischen Visualisierung dar.

2.5 Begriffe der Computergrafik

Wie in Abschnitt 5.3.4 empirisch untersetzt ausgeführt wird, zielt ein Großteil der untersuchten 3D-Rekonstruktionsvorhaben auf die „bildhafte Darstellung“ (Schumann und Müller 2000, S. 1) beziehungsweise auf 3D-Visualisierungen des Modells ab, beispielsweise in Form von 3D-Grafik, Animation oder mittels interaktiver Darstellungsformate. Nur in seltenen Fällen bildet das 3D-Modell den Ausgangspunkt für eine weitere Analyse mittels numerischer Simulationsverfahren wie beispielsweise baustatischen Finite-Elemente-Analysen (bspw. Levy und Dawson 2009) oder für eine (Re-)Materialisierung durch *Rapid-Prototyping*-Verfahren (Vgl. Abschn. 4.3.4). Mit Blick auf eine wissenschaftliche Verortung ist *Visualisierung* historisch begründet ein Teilgebiet der Informatik beziehungsweise von deren Teildisziplin Computergrafik (McCormick, DeFanti et al. 1987). Hinsichtlich einer begrifflichen Einhegung soll im Folgenden zunächst der Begriff der 3D-Visualisierung vorgestellt werden. Während die damit verbundenen Prozessabläufe ebenso wie die visuellen Qualitäten im folgenden Kapitel noch thematisiert werden (vgl. Abs. 3.2.3.3 und Abschn. 3.4.2), stellt sich für eine Begriffsklärung darüber hinaus die Frage, welchen technischen Paradigmen ein Modellerstellungsprozess folgt. Als für eine Rekonstruktion diesbezüglich wesentliche Ansätze sollen die Erstellungsparadigmen der *Virtuellen Realität (VR)* und des *Computer Aided Design (CAD)* vorgestellt werden.

2.5.1 3D-Visualisierung und Computer Generated Images

3D-Visualisierung bezeichnet eine Subkategorie von *Visualisierung*, wobei der Präfix 3D auf eine räumlich dreidimensionale Ausdehnung verweist. Eine lexikalische Definition des Begriffes *Visualisierung* beziehungsweise seines englischsprachigen Pendants *visualization* führt als Bedeutungen zum Ersten den intrapersonalen Prozess von Vorstellung (*mental imaging* beziehungsweise *mental models*, vgl. auch Abschn. 3.2.5), zum Zweiten die

„[v]isuelle Interpretation oder eine Überführung in eine visuell erfassbare Form“.[32] Eine begriffliche Einhegung von Visualisierung im Sinne einer Datenabbildung nimmt eine ganze Reihe von Definitionen vor, die in einer basalen Auslegung, wie jener von Kosara, von Visualisierung als einer visuell erfahrbaren und durch den Betrachter lesbaren Aufbereitung von Daten sprechen.[33] Schnirch differenziert vor diesem Hintergrund zwischen Visualisierung als Prozess und dem von ihm *Visualisierungselement* genannten Ergebnis der Datendarstellung, wobei er letzteres hinsichtlich der Präsentationsform und der Interaktionsmöglichkeiten gliedert (Schnirch 2004). Die Praktikabilität dieser zweifelsohne berechtigten begrifflichen Unterscheidung sei jedoch vor dem Hintergrund in Zweifel gezogen, dass sich der Terminus „Visualisierung (-en)“ im Sprachgebrauch durchaus auch als Bezeichnung für Visualisierungsergebnisse etabliert hat. In diesem Zusammenhang wird er auch im Weiteren verwendet. Neben diesen hinsichtlich der verwendeten Methodik „weiten“ Definitionen spricht ein „engerer“ Visualisierungsbegriff explizit von einer computerisierten Umsetzung.[34] Ähnlich wie bereits für die Unterscheidung zwischen physischen und virtuellen Modellen ausgeführt, stellen virtuelle 3D-Rekonstruktionen und die Abbildung der dabei erstellten Modelle nur eine der Möglichkeiten zur computergrafischen, perspektivischen Visualisierung nicht mehr existenter historischer Objekte oder Objektbestandteile dar. So führen Foni und Papagiannakis neben derartigen modellbasierten 3D-Visualisierungen als weitere Ansätze zur perspektivischen Darstellung insbesondere die computergrafische Zeichnung und die virtuelle Assemblage beziehungsweise Collage fotografierter Architekturelemente zu einer Abbildung des nicht mehr existierenden Objektes aus (Foni, Papagiannakis et al. 2010, S. 3 ff.).

---

[32] http://www.merriam-webster.com/dictionary/visualization, besucht am 11. 03. 2009. In einer dritten Bedeutung wird der Prozess medizinischer Bildgebung mithilfe eines Radiotracers aufgeführt, der für diese Arbeit jedoch keine Bedeutung hat. In der von Schnirch zitierten *Encyclopedia Britannica* wird nur zwischen Visualisierung als „formation of mental visual ’images’“ und „the act or process of interpreting in visual terms or of putting into visible form” unterschieden, vgl. SCHNIRCH, M.: Interaktive Visualisierungselemente als grundlegender Bestandteil des E-Learning in der Geographie, Freiburg, S. 40.

[33] Im Original: „[Visualization] is based on (non-visual) data […] produces an image […] [and] the result is readable and recognizable”, KOSARA, R.: Visualization Criticism. The Missing Link Between Information Visualization and Art, 11th International Conference Information Visualization (IV "07), Zürich 2007. Ähnlich: VARGAS-QUESADA, B. und MOYA-ANEGÓN, F. D.: Visualizing the structure of science, Berlin [u. a.] 2007, S. 4 f. Sowie: GÖBEL, M.: Visualization in scientific computing, 5th International Workshop on Visualization in Scientific Computing, 30. 5.- 1. 6. 1995, Rostock 1995, Preface; SCATENI, R.: Visualization in scientific computing "95, Wien [u. a.] 1995.

[34] „Visualization – it is a tool or method for interpreting image data fed into a computer and for generating images from complex multi-dimensional data sets”, OWEN, G. S.: Visualization Education in the USA, in: Journal of Computers and Education 8 (1993), S. 339-345. Analog: Visualisierung als „use of computer-supported, interactive, visual representations of data to amplify cognition”, aus: CARD, S. K., D.MACKINLAY, J. und SHNEIDERMAN, B.: Readings in Information Visualization. Using Vision to Think, Burlington 1999, S. 7.

2.5.2 Erstellungsparadigmen: CAD versus VR

Aus technologischer Sicht kann ein virtuelles Modell im Zuge einer 3D-Rekonstruktion auf verschiedenen Wegen entstehen. Eine diesbezüglich wesentliche Unterscheidung betrifft zunächst den Automatisierungsgrad der Modellerstellung, der in den Absätzen 4.3.1.2 und 5.3.2 noch näher Beachtung finden soll. Zumeist wird das virtuelle Modell im Fall von 3D-Rekonstruktionsvorhaben computergestützt durch Modelleure erstellt. Entsprechend des Verwendungszwecks und dem Grad der Maßhaltigkeit wird bei virtuellen 3D-Modellen zwischen „optisch genauen" *Virtuellen Realitäten (VR)* und numerisch korrekten *Computer Aided Design (CAD)*-Modellen unterschieden (Tabelle 3, ebenfalls ausgeführt in: Albrecht 1998; Stork 2000, S. 1–3; Geyer 2013). Leider ist eine derartige Unterscheidung nicht nur hochgradig unscharf, sondern die Begriffe sind auch mit mehreren Bedeutungen unterlegt. So bezeichnet das Kürzel CAD, das ursprünglich den Ingenieurswissenschaften entstammt, nicht nur eine Qualität von Modellen, sondern auch eine Softwarekategorie, die zwar hochgradig, aber eben nicht ausschließlich mit einer Erstellung von Modellen in CAD-Qualität korreliert ist (Chahrour 2006, S. 1).[35] Hingegen bezieht sich der Begriff der virtuellen Realität primär auf die Ergebnisqualität einer „vom Computer simulierte[n] Wirklichkeit".[36] Somit grenzen sich Virtuelle Realitäten einerseits gegenüber rein rezeptiven Medien wie Bild und Film sowie andererseits gegenüber erweiterter Realität beziehungsweise *augmented reality* als Überlagerung realer und virtueller Elemente ab (vgl. Köhler, Münster et al. 2013). Ein wesentliches Merkmal von Virtuellen Realitäten stellt deren interaktive Beeinflussbarkeit durch einen Benutzer dar (Burdea und Coiffet 2003, S. 4), womit in einer Terminologie nach derzeitigem Kenntnisstand des Autors eine abgegrenzte, unikale Bezeichnung für ein Vorgehen zur computergrafischen Umsetzung von statischen Visualisierungen und Animationen in VR-Qualität fehlt. Mit Blick auf dieses Desiderat sollen die Begriffe CAD und VR in dieser Arbeit– insofern nicht anders angegeben – primär Qualitäten einer Darstellung bezeichnen und auch für statische Visualisierungen und Animationen verwendet werden.

Maßgerecht konstruierte Modelle (CAD)	Freihändig gestaltete Modelle (VR)
• Objekte mit exakten Maßen • Exakte Anschlüsse, Passfähigkeit • Anwendungsfall: mechanische Produktion	• Objekte mit optischer Genauigkeit • Optische Wirkung entscheidend • Anwendungsfall: virtuelle Welten

Tabelle 3 – CAD und VR-Qualitäten[37]

[35] Eine Darstellung von Klassen von CAD-Werkzeugen, insbesondere aus der Perspektive architektonischen Entwerfens, liefert: STEINMANN, F.: Modellbildung und computergestütztes Modellieren in frühen Phasen des architektonischen Entwurfs (Dissertation), Weimar 1997, S. 16.

[36] http://www.duden.de/suchen/dudenonline/virtuelle%2BRealit%C3%A4t, besucht am 07. 08. 2013.

[37] Aus: ALBRECHT, J.: Grundlagen der Modelltechnik. Digitaler 3D-Modellbau, Halle 1998, Folie 5.

2.6 Zusammenfassung

Mit Blick auf eine begriffliche Eingrenzung der Themen- und Fragestellung dieser Arbeit bezeichnet der Terminus *Kooperation* die Zusammenarbeit zwischen selbstständigen Personen, Gruppen oder Institutionen zur Erreichung eines gemeinsamen Ziels. Dieses Begriffsverständnis ist organisationswissenschaftlich wie auch wissenschaftssoziologisch verankert. Für die vorliegende Untersuchung stellt das Ziel einer Kooperation die Erstellung einer dreidimensionalen, virtuellen Rekonstruktion eines geschichtswissenschaftlichen Sachverhaltes dar. Dabei hat eine derartige Rekonstruktion zunächst die Erstellung eines dreidimensionalen Modells als subjektive, verkürzte Abbildung zum Ziel, die dann zumeist durch computergrafische Visualisierungstechniken primär visuell erfahrbar gemacht wird. Neben dieser informationstechnischen Komponente berührt die zu Beginn der Arbeit ausgeführte Fragestellung Sachverhalte der Geschichtswissenschaften. Vor diesem Hintergrund steht auch, dass eine Rekonstruktion im Gegensatz zu einer Digitalisierung noch existierender Sachverhalte auf die Nachbildung im Original nicht mehr vorhandener oder nie realisierter Sachverhalte abzielt. Dies bedingt neben der Erstellung von Modellen und Visualisierungen auch die Notwendigkeit zur Interpretation von Quellen – und damit geschichtswissenschaftliches Handeln zur Sicherstellung einer Einhaltung der diesbezüglichen „Erfordernisse der Wissenschaftlichkeit“ (Defila und Giulio 1999, S. 6 f.). Mit der Einbindung dieser verschiedenen Kompetenzbereiche verbunden sind Aspekte von (Inter)-Disziplinarität, wobei zu erwarten ist, dass die in diesem Kontext benannten und bereits ausgeführten Konzepte von Inter-, Multi- und Transdisziplinarität (vgl. Abschn. 2.2.2) sowie der *Digital Humanities* als hybride Institutionalisierung für die einzelnen Teilfragestellungen dieser Untersuchung unterschiedliche Relevanz besitzen. Nachdem in diesem Kapitel die für die Arbeit relevanten Begriffe geklärt und definiert wurden, skizziert ein nächstes Kapitel den theoretischen Rahmen dieser Arbeit.

3 Theoretischer Rahmen

Verankerung im Forschungsprozess

In diesem Kapitel werden die für die empirische Untersuchung relevanten theoretischen Konzepte und Ansätze vorgestellt und kontextualisiert. Auch wenn die Darlegung des theoretischen Rahmens in der vorliegenden schriftlichen Arbeit vor der Darstellung der empirischen Untersuchungsschritte erfolgt, haben sich die benannten Theorien im praktischen Untersuchungsvorgehen zumeist erst im Zuge des explorativen Forschungsprozess als wesentlich für die Erklärung aufgedeckter Phänomene erwiesen. Entsprechend sollen in diesem Kapitel theoretische Grundlagen zunächst vorgestellt und somit der theoretische Rahmen dieser Untersuchung dargelegt werden. Ausführungen zu Bezügen und Relevanz dieser theoretischen Grundlagen für die Erklärung der gefundenen empirischen Phänomene finden sich anschließend im Kontext des jeweiligen Untersuchungsschritts.

Disziplinäre Verankerung

Wie bereits ausgeführt, liegt ein Hauptinteresse dieser Untersuchung in einer möglichst breitbandigen und explorativen Untersuchung des Forschungsfeldes. Entsprechend vielfältig sind die disziplinären Hintergründe der Theoriebezüge und relevanten Erklärungsmodelle. Wesentliche Impulse zur Erklärung von intrapersonalen sowie zwischenmenschlichen Phänomenen liefern die Sozialwissenschaften sowie insbesondere Psychologie, Kommunikationswissenschaft und nicht zuletzt Pädagogik. Ansätze zur Erklärung von Wissen und Wissenschaft offerieren daneben die Philosophie und insbesondere die Wissenschaftstheorie. Erklärungen zu Arbeitsprozessen sowie Organisationsphänomenen stammen aus den Wirtschaftswissenschaften und insbesondere dem Organisations-, Innovations- und Projektmanagement. Ebenfalls wesentlich sind die Bezüge zu technischen Verfahren der Datenerhebung und -verarbeitung sowie zur Datenausgabe und die damit verbundenen Impulse aus Informatik und Ingenieurwissenschaften. Hinsichtlich eines technischen Vorgehens ist der Prozess einer manuellen 3D-Modellerstellung nicht zuletzt eng mit entwerfenden Disziplinen wie Architektur und Industriedesign verwandt.

Nicht weiter ausgeführte Theorien

Für eine theoretische Rahmensetzung sollen vor allem Erklärungsmodelle betrachtet werden, die einen engen Anwendungsbezug zum Themenfeld der 3D-Rekonstruktion versprechen. Da jedoch eine „gegebene Sammlung von Daten immer mehr als eine theoretische Konstruktion […]“ (Kuhn 1976, S. 89) zulässt, stellt der hier ausgeführte theoretische Rahmen nur eine Auswahl von theoretischen Ansätzen und Modellen mit Bezug zum Forschungsgegenstand vor. Weitgehend ausgeklammert werden insbesondere basale und den im Folgenden dargestellten Theorien zugrunde liegende Erklärungsmodelle wie

beispielsweise kognitionspsychologische Grundlagen[38] oder Untersuchungen zum Raumbegriff.[39] Ebenso wird mit Erklärungsmodellen mit nur punktuellem Bezug zum Forschungsvorhaben verfahren, wenn die davon betroffenen Phänomene im Kontext dieser Arbeit nur eine geringe Relevanz haben oder die Erklärungsansätze wie beispielsweise im Fall von historischen 3D-Landschaftsmodellen (hierzu: Prechtel, Münster et al. 2013a; Prechtel, Münster et al. 2013b) nur einen kleinen Teil des Untersuchungsgebietes betreffen. Nicht zuletzt ist im Sinne einer Fehlerbetrachtung zu erwarten, dass eine vermutlich überaus große Zahl von potenziell für die Arbeit relevanten theoretischen Modellen mangels Kenntnis oder aufgrund einer subjektiv abweichenden Bewertung durch den Autor nicht weiter beachtet wurde.

Darstellung eines theoretischen Rahmens

Im Folgenden werden für die theoretische Betrachtung des Betrachtungsgegenstandes relevante Perspektiven vorgestellt. Dies umfasst zunächst die im Kontext geschichtswissenschaftlicher 3D-Rekonstruktionsvorhaben zentralen Theorien zu Kommunikation, Wissen und arbeitsbezogener Kooperation. Darüber hinaus werden theoretische Zugänge zu Arbeitsprozessen der 3D-Rekonstruktionserstellung und insbesondere die damit verbundenen disziplinären Vorgehensmodelle vorgestellt. Eine vordergründige Zielstellung von 3D-Rekonstruktionsvorhaben beinhaltet in beinahe allen Fällen die Erstellung eines visuell erfahrbaren Wissensmediums. Auch wenn die damit verbundenen Aspekte einer Verwendung von derartigen Medien nicht im Zentrum dieser Arbeit stehen, sollen Erstellungsprozesse und Qualitäten von derartigen Wissensmedien in eine theoretische Betrachtung einfließen.

Theoriezugänge zu Kommunikation, Wissen und arbeitsbezogener Kooperation

Vor dem Hintergrund einer Betrachtung interdisziplinärer und kooperativer Phänomene kommt dem in Abschnitt 3.1 dargelegten Aspekt der Kommunikation insbesondere als disziplinübergreifendes Bindeglied eine wesentliche Bedeutung zu. Mit Blick auf die stark visuell geprägten Abläufe und Resultate von 3D-Rekonstruktionen werden zudem Aspekte visueller Wahrnehmung, Bildmedien und deren Funktionen sowie damit verbundene Theorien und Ansätze betrachtet.

Kooperative Rekonstruktionsvorhaben sind äußerst wissensintensiv. Vor diesem Hintergrund bildet die Betrachtung von Wissen eine zentrale Komponente der Untersuchung. Für die theoretische Betrachtung relevante Topoi sind die in Abschnitt 3.2 vorgenommene

[38] Eine Systematik und eine Reihe empirischer Untersuchungen von kognitionspsychologischen Modellen zur Erklärung des Lerneffekts von 3D-Visualisierungen liefert: REY, G. D.: Lernen mit Multimedia. Die Gestaltung interaktiver Animationen, Trier 2008.

[39] Ein interdisziplinär rezipiertes und breit thematisiertes Erklärungsmodell für „Raum“ stellt der soziologische Raumbegriff dar, der eng mit den Arbeiten Martina Löws verbunden ist: LÖW, M.: Raumsoziologie, Frankfurt a. M. 2001.

Dimensionierung von Wissen und insbesondere die Unterscheidung zwischen *implizitem* und *explizitem* Wissen sowie von Wissensmodellen. Mit Blick auf die unterschiedlichen Granularitäten einer Betrachtung sollen sowohl Aspekte von Wissensprozessen in sozialen Netzwerken, wie beispielsweise *Scientific Communities*, als auch Aspekte eines Wissensmanagements sowie eines Wissensaufbaus beziehungsweise Lernens im Arbeitsprozess betrachtet werden.

Einen dritten Betrachtungsschwerpunkt stellen die in Abschnitt 3.3 thematisierten arbeitsbezogenen Kooperationen dar. Dies umfasst zum einen *Projektarbeit* als Organisationsform von 3D-Rekonstruktionsvorhaben und damit verbundene Aspekte der Arbeitsorganisation, des Managements und der Qualitätskontrolle. In einer konstruktivistischen Perspektive lässt sich ein Arbeitsprozess zudem als Problemlöseprozess betrachten: In dieser Hinsicht wird eine Rekonstruktion als eine Abfolge von Entscheidungen aufgefasst.

Arbeitsprozesse zur Erstellung von 3D-Rekonstruktionen

Gerade im Fall interpretativer Modellerstellung finden Arbeitsprozesse oft als interdisziplinäre Projektarbeit mit spezifischen Anforderungen an eine Arbeitsteilung und Kooperation statt, die mit Blick auf die Arbeitsprozesse einer zeitlichen Dynamik unterworfen ist. Eine solche Zusammenarbeit zwischen Akteuren bedingt, dass inkorporierte fachliche Perspektiven miteinander in Einklang gebracht werden. So lässt sich eine Herstellung von 3D-Modellen, wie in Abschnitt 3.4 thematisiert, gleichermaßen als Design-, Datenverarbeitungs-, geschichtswissenschaftlicher Forschungs- und kooperativer Arbeitsprozess betrachten, wobei diese Perspektiven hinsichtlich der jeweils spezifischen Anforderungen an Arbeitsprozesse und Arbeitsschrittfolgen in einem Rekonstruktionsvorhaben synchronisiert werden müssen.

3.1 Kommunikationstheorien

Bei der Darlegung des theoretischen Rahmens kommt der Betrachtung von Kommunikation eine wesentliche Bedeutung zu. Eine funktionierende Kommunikation kann als basale Voraussetzung kooperativer Wissens- und Arbeitsprozesse gelten. Nicht zuletzt findet Kooperation auch definitorisch nur dann statt, wenn eine Verständigung zwischen den Akteuren gegeben ist (Spieß und Rosenstiel 2010, S. 57). Eine Betrachtung von Kommunikation umfasst zunächst eine Darstellung grundlegender Dimensionen und Mechanismen. Mit Blick auf eine kooperative und interdisziplinäre Arbeit werden darüber hinaus mit den Modellen des *Common Ground*, der *Experten-Laien-Kommunikation* sowie der *Trading Zones* Ansätze disziplinübergreifender Kommunikation vorgestellt.

3.1.1 Kommunikationsdimensionen und -modelle

Kommunikation bezeichnet den Prozess der Zeichenübermittlung zwischen Menschen. Eine Betrachtung geht dabei von Kommunikation als einem gerichteten Übertragungsprozess zwischen Sender und Empfänger aus, der in den Phasen Informations-kodierung, -übermittlung und -dekodierung erfolgt.[40]

Kommunikationsdimensionen

Kommunikation kann sowohl zweiseitig als auch einseitig erfolgen.[41] Mit Blick auf den Untersuchungsgegenstand 3D-Rekonstruktion ist diese Unterscheidung insofern relevant, als dass zweiseitige Kommunikationsprozesse beispielsweise während der Projektbearbeitung eine Rolle spielen, die angestrebten Projektergebnisse jedoch eine einseitige Informationsdarbietung beziehungsweise nicht-interaktive Kommunikation (Luhmann 1996) gegenüber dem Betrachter beziehungsweise Rezipienten darstellen. Eng damit verbunden sind Aspekte der Zeitlichkeit und des Kommunikationsmediums. Diese Dimensionen entstammen der Lerntheorie und unterscheiden zwischen synchroner Kommunikation und der damit verbundenen Möglichkeit einer direkten Kommunikationsrückmeldung sowie asynchroner Kommunikation als Kommunikation ohne derartige sofortige Rückmeldung.[42] Während eine unmittelbare Kommunikation ohne Hilfsmittel auskommt, ist für eine mittelbare Kommunikation der Einsatz von Kommunikationsmedien wie beispielsweise Brief, Telefon oder E-Mail erforderlich.[43] Mit der Mittelbarkeit von Kommunikation geht zumindest bisher in jedem Fall die Reduktion der sensorischen Komplexität der übermittelten Signale einher. So erscheint eine vollständige Telepräsenz im Sinne einer verlustfreien, multisensorischen Kommunikation mittels (elektronischer) Medien inzwischen zwar zumindest theoretisch als erreichbares Ziel (Ch'ng 2009), eine praktische Anwendung beziehungsweise damit verbundene Kommunikationseffekte sind aktuell jedoch noch nicht absehbar. Eine weitere Unterscheidung lässt sich mit Blick auf einen Adressaten zwischen privater Kommunikation mit einer bestimmten Person beziehungsweise einem eindeutig fixierten Personenkreis und dem nicht definierten und nicht begrenzten Rezipientenkreis

---

[40] Häufig wird folgende Definition zitiert: „Kommunikation ist ein Prozess, innerhalb dessen ein Kommunikator (Sender) eine Botschaft, welche in sprachliche oder nicht-sprachliche Zeichen verschlüsselt wird, über spezifische Kommunikationskanäle an einen Kommunikanten (Empfänger) sendet, der diese Botschaft entschlüsselt.", aus: FIEGE, R., MUCK, P. M. und SCHULER, H.: Mitarbeitergespräche, in: SCHULER, H. (Hrsg.): Lehrbuch der Personalpsychologie, Göttingen 2001, S. 433-480, S. 434.

[41] In Anlehnung an: LEMBKE, G.: Wissenskooperation in Wissensgemeinschaften. Förderung des Wissensaustausches in Organisationen, Wiesbaden 2005, S. 51.

[42] http://www.e-teaching.org/technik/kommunikation/, besucht am 10. 05. 2013.

[43] Hartley unterscheidet in diesem Zusammenhang zwischen „Face-to-Face communication" und „Technologically mediated communication", HARTLEY, P.: Interpersonal Communication, London 1999, S. 20 f.

öffentlicher Kommunikation treffen.[44] Kommunikation lässt sich somit wie folgt dimensionieren:

- einseitige vs. zweiseitige Kommunikation,
- synchrone vs. asynchrone Kommunikation,
- mittelbare vs. unmittelbare Kommunikation,
- sensorische Komplexität der übermittelten Signale,
- private vs. öffentliche Kommunikation.

Kommunikationsmodelle

Neben dieser dimensionalen Perspektive thematisieren zahlreiche Modelle Strukturen und Prozesse von Kommunikation. Wichtige und modellübergreifende Kernthesen stellen dabei dar, dass Kommunikation stets eine Form sozialen Handelns ist und die Beteiligten als solche spezifische Absichten verfolgen sowie über aktive beziehungsweise explizite Gestaltungsräume verfügen. Gleichzeitig beinhaltet jegliche Kommunikation auch implizite, von den Kommunikationsbeteiligten nicht intendierte Informationsübermittlungen.[45] Im folgenden Abschnitt werden daher zunächst Kommunikationsmodelle vorgestellt, die eine zweiseitige Kommunikation thematisieren. In einer weiteren Betrachtung werden darüber hinaus Ansätze vorgestellt, die eine einseitige Informationsdarbietung beispielsweise von Ergebnissen einer 3D-Rekonstruktion thematisieren.

Modelle der zweiseitigen Kommunikation

Auf Paul Watzlawick geht die Entwicklung von Kommunikationsaxiomen zurück, die eine erfolgreiche Kommunikation als Informationsübertragung zwischen Sender und Empfänger kennzeichnen.[46] Die grundlegende Annahme besteht darin, dass Kommunikation unvermeidlich ist und beim Zusammentreffen von Personen immer Signale transportiert und interpretiert werden. Dies bedeutet, dass neben dem Gesagten als der verbalen Kommunikation, auch nonverbale Informationen wie beispielsweise Gesten, Mimik, Distanzen oder Blickverhalten kommuniziert werden.[47] Eine inhaltliche Erweiterung dieses Ansatzes stellt das *Kommunikationsquadrat* von Schulz von Thun dar, nach dem eine Nachricht neben Inhalten zahlreiche subjektive Informationen wie Beziehungsaspekte, Selbstkundgabe, beispielsweise zu Vorlieben oder Meinungen, sowie Appelle enthalten

[44] MALETZKE, G.: Psychologie der Massenkommunikation. Theorie und Systematik, Hamburg 1963, S. 28.

[45] WEBER, M.: Soziologische Grundbegriffe, Tübingen 1978, S. 9.

[46] WATZLAWICK, P.: Menschliche Kommunikation, Bern 2000; Wortlaut nach: http://www.uni-leipzig.de/sept/downloads/Basics_of_Communication_1.pdf, besucht am 10. 05. 2013.

[47] LEMBKE, G.: Wissenskooperation in Wissensgemeinschaften. Förderung des Wissensaustausches in Organisationen, Wiesbaden 2005, S. 53.

kann.[48] Eine derartige Struktur ist von der individuellen Setzung von Zäsuren wie beispielsweise einem Themenwechsel geprägt. Für eine erfolgreiche Kommunikation wird dabei vorausgesetzt, dass alle Kommunikationsteilnehmer derartige Zäsuren wahrnehmen, zeitlich gleich verorten und somit über die gleichen Informationen verfügen sowie eine gleiche Kommunikationsbewertung vornehmen.[49] Dabei bezeichnet analoge Kommunikation unmittelbar entschlüsselbare Informationen, während digitale Informationen beispielsweise in Form von Sprache kodifiziert sind. Damit verbunden ist die Problematik, dass derartige Codesysteme von allen Kommunikationsteilnehmern beherrscht und verstanden werden müssen.

Modelle der einseitigen Kommunikation

Mit Blick auf die eingangs vorgenommene Dimensionierung von Kommunikation beschreibt das Kommunikationsmodell nach Watzlawick eine zweiseitige, synchrone, unmittelbare und somit sensorisch vollständige Kommunikation. Derartige Konstellationen stellen mit Blick auf den Einsatz elektronischer Kommunikationsmedien in der Projektarbeit sowie auf die Präsentation der erstellten 3D-Rekonstruktionen gegenüber Zuschauern nur eine Teilmenge der relevanten Kommunikationsszenarien dar. Fraglich ist insbesondere, ob bei einem einseitigen Kommunikationsangebot, beispielsweise in derartigen Vermittlungskontexten, auch in jedem Fall Kommunikation stattfindet. So kommt für Luhmann eine Kommunikation dabei nur zustande, wenn der Kommunikationspartner beziehungsweise Rezipient „sieht, hört, liest und so weit versteht, daß [sich] eine weitere Kommunikation anschließen könnte.“[50]

Eine Reihe alternativer Erklärungsansätze für derartige Kommunikationsangebote liefern die verschiedenen Theorieansätze zu Phänomenen der Massenmedien und Medienrezeption.[51] Zu den für diese Untersuchung wesentlichen Merkmalen zählt, dass Kommunikation in derartigen Kontexten die Konstruktion sowohl einer Zielgruppe als auch der Intention des Senders bedingt. Krotz spricht vor dem Hintergrund asynchroner Kommunikation beispielsweise von der Notwendigkeit, sich „imaginativ in den anderen hinein[zu]versetzen und dessen Rolle in der eigenen Vorstellung [zu] übernehmen“, was im Kontext von 3D-Rekonstruktion insofern Relevanz besitzt, als dass Ergebnisse derartiger Arbeiten zumeist

[48] Zum *Kommunikationsquadrat* bzw. zum *Vier-Ohren-Modell* Schulz von Thuns: SCHULZ VON THUN, F.: Miteinander reden. Fragen und Antworten, Reinbek bei Hamburg 2008b, SCHULZ VON THUN, F.: Das ‚Innere Team‘ und situationsgerechte Kommunikation, Reinbek bei Hamburg 2008a, SCHULZ VON THUN, F.: Störungen und Klärungen. Allgemeine Psychologie der Kommunikation, Reinbek bei Hamburg 2008c, SCHULZ VON THUN, F., RUPPEL, J. und STRATMANN, R.: Miteinander reden. Kommunikationspsychologie für Führungskräfte, Reinbek bei Hamburg 2008, FAßLER, M.: Was ist Kommunikation?, Stuttgart 2003.

[49] http://www.paulwatzlawick.de/axiome.html, besucht am 10. 05. 2013.

[50] LUHMANN, N.: Die Realität der Massenmedien, Opladen 1996, S. 14.

[51] Eine Zusammenfassung zur Thematik liefert beispielsweise: VOLLBRECHT, R.: Stichwort. Medien, in: MIKOS, L. & WEGENER, C. (Hrsg.): Qualitative Medienforschung. Ein Handbuch., Konstanz 2005, S. 29–39.

einem Publikum vorgestellt werden.[52] Damit eng verbunden ist die statische Prädefinition einer Beziehung in derartigen Vermittlungskontexten, in denen die Produzenten als „Wissensanbieter“ der Zielgruppe komplementär gegenüberstehen. Nicht zuletzt thematisiert McLuhan, dass die Eigenheiten des transportierenden Mediums die Rezeption eines übermittelten Inhalts hochgradig beeinflussen.[53] Dies zeigt sich nicht zuletzt im Kontext einer Kodierung von Wissen in den im Rekonstruktionsprozess erstellten visuellen Wissensmedien, die in Absatz 3.2.3.3 thematisiert werden.

3.1.2 Interdisziplinäre Kommunikation

Sowohl bei der Zusammenarbeit in interdisziplinären Teams als auch vor dem Hintergrund einer Informationskommunikation der Rekonstruktionsprodukte haben die Beteiligten unterschiedliche Erfahrungshorizonte und Symbolwelten. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit, eine gemeinsame Verständigungsbasis zu finden. Die beiden dafür wesentlichen Ansätze sind zum einen die im nächsten Abschnitt thematisierte Befähigung der Beteiligten durch Wissens- und Kompetenzvermittlung (vgl. Abschn. 3.2.7) sowie zum anderen die im Folgenden betrachtete Vereinfachung der zu kommunizierenden Inhalte.

3.1.2.1 Common Ground

Der kognitiven Psychologie entstammt die Theorie des *Common Ground* beziehungsweise des „gemeinsamen Nenners“, die eng mit den Arbeiten Clarks verbunden ist.[54] Clark geht davon aus, dass für eine erfolgreiche Interaktion zwischen zwei Personen individuelles Wissen, Überzeugungen und Annahmen („belief“, „knowledge, „supposition“) synchronisiert werden müssen (Clark 1996, S. 12). Darauf baut die von Bromme geprägte *Cognitive Interdisciplinarity* auf, welche auf die zwischen den Disziplinen variierenden Bedeutungen vorgeblich gleicher Kodifizierungen, aber auch auf die im Umkehrschluss disziplinär unterschiedliche Kodifizierung gleicher Konzepte hinweist (Bromme 2000, S. 127). Derartige Unterschiede sind keineswegs im Voraus bekannt, sondern zeigen sich meist erst im Zuge einer interdisziplinären Kooperation. Wie in Abbildung 3 dargestellt, führt Bromme dabei eine

---

[52] KROTZ, F.: Leben in mediatisierten Gesellschaften. Kommunikation als anthropologische Konstante und ihre Ausdifferenzierung heute, in: PIETRASS, M. & FUNIOK, R. (Hrsg.): Mensch und Medien: Philosophische und Sozialwissenschaftliche Perspektiven, Opladen 2010, S. 91-114, S. 100, zit. n. KROTZ, F.: Die Mediatisierung kommunikativen Handelns. Der Wandel von Alltag und sozialen Beziehungen, Kultur und Gesellschaft durch die Medien, Opladen 2001.

[53] Darauf bezieht sich der vielzitierte Satz Mc Luhans: „[…] the medium is the message because it is the medium that shapes and controls the scale and form of human association and action.” MCLUHAN, M.: Understanding Media. The extensions of man, New York 1964, S. 9. Darüber hinaus skizziert McLuhan das Phänomen, dass Inhalte zumeist mehrfach medial kodiert sind: „The content of writing is speech, just as the written word is the content of print, and print is the content of the telegraph.”, Ebd., S. 8.

[54] Zur Ideengeschichte: REPKO, A.: Integrating Interdisciplinarity. How the Theories of Common Ground and Cognitive Interdisciplinarity are Informing the Debate on Interdisciplinary Integration, in: Issues in integrative studies 25 (2007), S. 1-31, S. 8.

Reihe von Bedingungen beziehungsweise notwendigen Synchronisierungsschritten zur Schaffung eines *Common Ground* aus.

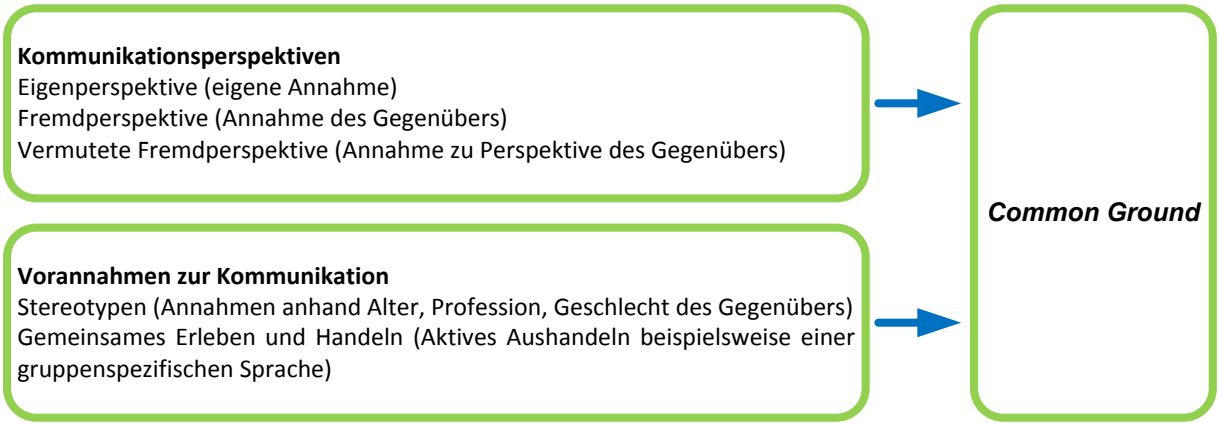


Abbildung 3 – Vorbedingungen eines *Common Ground*[55]

3.1.2.2 Experten-Laien-Kommunikation

Eng mit den Arbeiten Clarks und der Theorie des *Common Ground* verbunden ist der Ansatz der *Experten-Laien-Kommunikation*. Die Unterscheidung zwischen Experten und Laien bezieht sich auf Personen mit „fachlich orientiertem Sonderwissen“ (Kühl und Strodtholz 2002, S. 36), das wissenssoziologisch jeweils ein „klar abgestecktes Wissensgebiet“ betrifft.[56] Dabei sind diese Personen außerhalb dieses Wissensgebietes wiederum Nicht-Experten (vgl. Sprondel 1979, S. 145). Generell sind sowohl Experten als auch Expertise soziale Konstrukte. Dies betrifft sowohl die Notwendigkeit einer sozialen Anerkennung als Spezialist für die Zuschreibung eines Experten-Status als auch die Notwendigkeit, das mit einer Expertise verbundene Wissen gesellschaftlich auch als Sonderwissen anzuerkennen. Nach Sprondel geschieht „dies nur dann, wenn das herrschende Allgemeinwissen es dazu macht, d. h. wenn es auftretende Probleme bereits als Sonderprobleme definiert, selbst also kein eigentliches Lösungswissen mehr zur Verfügung stellt, als lediglich das Verweisungswissen an entsprechende Experten.“, (Sprondel 1979, S. 148).

Im Kontext dessen ist die „interdisziplinäre Kommunikation ein Spezialfall“, in dem eine „Zuschreibung der Experten- und der Laienrolle in Abhängigkeit vom jeweiligen

[55] Nach: BROMME, R.: Die eigene und die fremde Perspektive, in: UMSTAETTER, W. & WESSEL, K. F. (Hrsg.): Interdisziplinaritaet - Herausforderung an die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler. Festschrift zum 60. Geburtstag von Heinrich Parthey, Bielefeld 1999, S. 37-61, mit Bezug auf: CLARK, H. H.: Arenas of Language Use, Chicago 1992. Wortlaut aus: SCHOPHAUS, M., DIENEL, H.-L. und VON BRAUN, C.-F.: Von Brücken und Einbahnstraßen. Aufgaben für das Kooperationsmanagement interdisziplinärer Forschung (Discussion paper Nr. 08/03), Berlin 2003, S. 12.

[56] Zur Definition: ERICSSON, K. A.: An Introduction to Cambridge Handbook of Expertise and Expert Performance. Its Development, Organization, and Content, in: ERICSSON, K. A., CHARNESS, N., FELTOVICH, P. & HOFFMAN, R. R. (Hrsg.): Cambridge handbook on expertise and expert performance, Cambridge 2006, S. 3-20.

Gesprächsgegenstand variiert“ (Bromme, Jucks et al. 2004, S. 177 f.). Der Ansatz der *Experten-Laien-Kommunikation* thematisiert den Findungsprozess einer gemeinsamen Verständigungsbasis zwischen Akteuren. Rambow und Bromme unterscheiden drei Phasen einer *Experten-Laien-Kommunikation* (Bromme und Rambow 2001):

- Darlegung impliziter Prozesse,
- Selektion und Strukturierung mit Blick auf die Laienperspektive,
- Anpassung von Begriffen, Bildern und Beispielen an die Laienperspektive.

Das Problem einer *Experten-Laien-Kommunikation* stellt sich vor dem Hintergrund einer 3D-Rekonstruktion gleich auf zwei Bezugsebenen. Wie bereits ausgeführt, finden derartige Kommunikationsprozesse einerseits zwischen den Teammitgliedern statt, zum anderen bezogen auf eine Informationsaufbereitung für den Rezipienten.

3.1.2.3 Trading Zones

Der Begriff *Trading Zone* geht auf den Wissenschaftshistoriker Peter Galison zurück und bezeichnet einen Modus Operandi des interdisziplinären Austauschs zwischen Wissenschaften. Der Terminus bezeichnet das Phänomen, dass in der interdisziplinären Zusammenarbeit von Arbeitsgruppen neben den jeweiligen disziplinären Gepflogenheiten gemeinsame Austauschformate beziehungsweise *Trading zones* entwickelt werden, die Prozeduren für einen Austausch zwischen diesen Gruppen sowie die bilaterale Deklaration und Bewertung von Inhalten („goods“) beinhalten (Galison 1997, S. 803). Dem geht das Bewusstsein aller Beteiligten voraus, dass derartige Austauschformate Voraussetzung für den Erfolg und den Erhalt der Unternehmung darstellen, deren Teil sie sind.[57]

Collins et al. führen dabei aus, dass die Schaffung einer *Trading Zone* als Kommunikationsformat zumeist erst in Reaktion auf ein schon bestehendes ernstes („deep“) Kommunikationsproblem zwischen den beteiligten Disziplinen erfolgt (Collins, Evans et al. 2008, S. 4). Auch muss die Notwendigkeit zur Kooperation stärker als die Motivation zur Bewahrung eines jeweiligen disziplinären Habitus sein. Als Konsequenz können sich die Beteiligten mit den aufgestellten Regeln des Austauschs auch unter dem Umstand einverstanden erklären, dass diese den jeweiligen disziplinären Anforderungen nicht entspricht.[58] Dabei umfasst die damit verbundene Synchronisation von *mentalen Modellen* (Vgl. Abs. 3.2.5.1) nicht ein gesamtes Arbeitsumfeld, sondern die Schaffung von Schnittstellen und den Abgleich von Schnittstellenwissen (Tabelle 4).

[57] Im Original: „[…] prerequisite to the survival of the larger culture of which they are part.“, aus: GALISON, P.: Image & logic. A material culture of microphysics, Chicago 1997, S. 803.

[58] „Two groups can agree on rules of exchange even if they ascribe utterly different significance to the objects being exchanged; they may even disagree on the meaning of the exchange process itself.”, aus: ebd., S. 783.

	Austausch *mentaler Modelle*	**Fähigkeit zur Veränderung geteilter *mentaler Modelle***	**Fähigkeit zur Veränderung von *Trading Zones***
top-down *trading zone*	Keiner	Einseitig	Einseitig
equal *trading zone*	Auf Schnittstellen beschränkt	Auf Schnittstellen beschränkt	Extensiv
shared *mental model* zone	Ja	Ja	Nicht benötigt

Tabelle 4 – Interdisziplinäre Schnittstellen[59]

Konkrete Mechanismen des Austauschs können die Schaffung oder Adoption einer *Kreolsprache*, die Nutzung von Grenzobjekten (*Boundary Objects*), aber auch die Schaffung und Nutzung methodischer Standards sein (vgl. Gorman und Mehalik 2002, S. 502 sowie Collins, Evans et al. 2008, S. 10). Dabei bezeichnet der von Star und Griesemer geprägte Begriff des Grenzobjektes Objekte, die einerseits plastisch und anschaulich sowie für alle beteiligten Disziplinen von Interesse sind, andererseits aber – wie beispielsweise Artefakte oder 3D-Modelle – für die jeweiligen disziplinären Anforderungen adaptierbar sind.[60]

3.1.3 Zusammenfassung

Kommunikation stellt gerade mit Blick auf 3D-Rekonstruktionen als interdisziplinäre und kooperative Phänomene einen wichtigen Betrachtungsgegenstand für die Untersuchung dar. Wesentliche Bedeutung besitzen disziplinübergreifende Kommunikationsprozesse. Mit den Ansätzen des *Common Ground*, der *Experten-Laien-Kommunikation* sowie der *Trading Zones* wurden hier drei Konstrukte vorgestellt, die übergreifend die Schaffung eines gemeinsamen Kommunikationsrahmens beleuchten. Insbesondere der Ansatz der *Trading Zones* geht jedoch deutlich über eine bloße Erklärung von Kommunikationsprozessen hinaus und liefert Erklärungsansätze für vielfältige Aspekte transaktiven Handelns.

[59] Nach: MEHALIK, M. M. und GORMAN, M. E.: A Framework for Strategic Network Design Assessment, Decision Making, and Moral Imagination, in: Science, Technology & Human Values 31 (2006), S. 289-308, S. 301, ursprünglich in: GORMAN, M. E. und MEHALIK, M. M.: Turning Good into Gold. A Comparative Study of Two Environmental Invention Networks, in: ibid.27 (2002), S. 499-529, S. 502.

[60] Im Original: „Boundary objects are both plastic enough to adapt to local needs and constraints of the several parties employing them, yet robust enough to maintain a common identity across sites. They are weakly structured in common use, and become strongly structured in individual-site use.", aus: STAR, S. L. und GRIESEMER, J. R.: Institutional Ecology, "Translations" and Boundary Objects. Amateurs and Professionals in Berkeley"s Museum of Vertebrate Zoology 1907-1939, in: Social Studies of Science 19 (1989), S. 387-420, S. 393.

3.2 Wissenstheorien

Kooperative Rekonstruktionsvorhaben sind äußerst wissensintensiv. Vor diesem Hintergrund stellt die Betrachtung von Wissen eine zentrale Komponente dieser Untersuchung dar. Für die theoretische Betrachtung relevante Topoi sind die Dimensionierung von Wissen und insbesondere eine Unterscheidung zwischen *implizitem* und *explizitem*, ebenso wie zwischen *individuellem* und *kollektivem* Wissen sowie von Wissensmodellen dar.[61] Mit Blick auf die unterschiedlichen Granularitäten einer Betrachtung sollen dabei sowohl Aspekte von Wissensprozessen in sozialen Netzwerken wie beispielsweise *Scientific Communities* als auch Aspekte des Wissensmanagements sowie des Wissensaufbaus beziehungsweise des Lernens im Arbeitsprozess betrachtet werden. Dabei spielen visuelle Medien zur Speicherung und Kommunikation von Wissen sowie im Erkenntnisprozess eine wesentliche Rolle. Schließlich handelt es sich beim Forschungsfeld um 3D-Rekonstruktionen im wissenschaftlichen Kontext, was die Frage nach spezifisch wissenschaftlichen Anforderungen und Konnotationen einer solchen Verwendung aufwirft.

3.2.1 Wissensbegriff und -dimensionen

Für eine Definition und Abgrenzung des Wissensbegriffs bietet die Literatur eine Vielzahl von Ansätzen und Modellen. Eine häufig anzutreffende Einordnung stellt die hierarchische und prozessorientierte Unterscheidung zwischen Daten, Information und Wissen dar (Tabelle 5).

Zeichen	
Daten	Wahrnehmbare Zeichenverbände
Information	Für ein Subjekt verwertbare Daten
Wissen	Für ein Subjekt relevante und mental verknüpfbare Informationen

Tabelle 5 – Abgrenzung von Wissen gegenüber Daten und Information[62]

Danach stellt Wissen im Gegensatz zu Daten und Informationsbegriffen nicht nur die Anforderung der Wahrnehmbarkeit und Verwertbarkeit von Zeichen, sondern beinhaltet auch Aspekte der Relevanz und mentalen Anknüpfbarkeit durch den Rezipienten (Hasler Roumois 2010, S. 62–64). Hinsichtlich seiner Merkmale bleibt dieser Wissensbegriff jedoch unscharf. Daher sollen im Folgenden für eine definitorische Umgrenzung einige im Kontext dieser Arbeit relevanten Konzepte und Arten von Wissen vorgestellt werden.

---

[61] Eine Historie insbesondere philosophischer Wissenstheorien und Wissenskonzepte findet sich in: NONAKA, I. und TAKEUCHI, H.: The Knowledge-Creating Company. How Japanese Companies create the Dynamics of Innovation, New York [u. a.] 1995, S. 21 ff.

[62] In Anlehnung an HASLER ROUMOIS, U.: Studienbuch Wissensmanagement. Grundlagen der Wissensarbeit in Wirtschafts-, Non-Profit- und Public-Organisationen, Zürich 2010, S. 39 ff.; WILLKE, H.: Systemisches Wissensmanagement, Stuttgart 1998, S. 11, LOH, S. G. V.: Wissensmanagement und Informationsbedarfsanalyse in kleinen und mittleren Unternehmen. Teil 1. Grundlagen des Wissensmanagements, in: Düsseldorfer Informationswissenschaft 59 (2008), S. 118-126, S. 119. Der wesentliche Unterschied zwischen den benannten Quellen besteht darin, ob das Kriterium der „Relevanz“ bereits ein Merkmal von Information oder erst ein Merkmal von Wissen darstellt.

Deklaratives* und *prozedurales Wissen

Die Wissensarten *deklaratives* und *prozedurales* Wissen gehen auf eine von Ryle 1946 als Aufsatz (Ryle 1946) publizierte sowie 1949 im Rahmen einer Monografie (Ryle 1949) ausgebaute Unterscheidung zwischen *Knowing how* und *Knowing that* zurück, woraus die heute gebräuchliche Differenzierung abgeleitet wurde.[63] Darauf aufbauend stellt *Deklaratives* Wissen nach Baumgartner statisches Wissen beziehungsweise Faktenwissen dar, während *prozedurales* Wissen „ein dynamisches Wissen, ein Wissen über den Ablauf und den Verarbeitungsprozeß“ (Baumgartner 1993, S. 71) bezeichnet. Diese Wissensarten stehen nicht nur in enger Abhängigkeit zueinander,[64] sondern spiegeln auch unterschiedliche Qualitätsniveaus wider, wobei Baumgartner mit Bezug zu Ryle im prozeduralen Wissen „die eigentliche für unsere Intelligenz zuständige Geistestätigkeit“ (Baumgartner 1993, S. 72) sieht. Diese dualistische Unterscheidung weist jedoch eine Reihe von „offenen Fragen“ (Baumgartner 1993, S. 72) beziehungsweise Vereinfachungen auf. Nicht zuletzt vor diesem Hintergrund bietet die Literatur zahlreiche alternative und zumeist deutlich stärker gegliederte Klassifikationsschemata an, beispielsweise die von Hasler-Rumois vorgeschlagene Unterscheidung zwischen *propositionalem, narrativem, prozeduralem, reflexivem und strategischem* Wissen (Hasler Roumois 2010, S. 53).

Implizites* und *explizites Wissen

Damit eng verbunden ist die von Polanyi 1966 geprägte Unterscheidung zwischen *explizitem* und *implizitem* Wissen, die eng mit der bereits 1958 veröffentlichten Darstellung zum „persönlichen Wissen“ (Polanyi 1958) korrespondiert und gemeinsam mit dieser das Hauptwerk Polanyis bildet. Polanyis Ansätze waren sowohl von der ausgeführten Unterscheidung zwischen *deklarativem* und *prozeduralem* Wissen als auch durch die Gestalttheorie beeinflusst (Polanyi 2009, S. 6 f. sowie Abs. 3.2.3.1). Während *explizites* Wissen in „artikulierter, transferierbarer und archivierbarer Form vorliegt“ (Schreyögg und Geiger 2001, S. 10), bezeichnet der von Polanyi geprägte Begriff des impliziten Wissens beziehungsweise eines *„tacit knowledge“* (Polanyi 2009) eine Wissensdimension, die an den jeweiligen Wissensträger gebunden ist und von diesem nicht oder nur unvollständig artikuliert oder transferiert werden kann. Hinsichtlich eines Bezugssystems „baut [dieses Wissen] auf die Erfahrung des Einzelnen [auf] und betrifft schwer fassbare Faktoren wie persönliche Überzeugungen, Perspektiven und Wertsysteme.“, (Nonaka und Takeuchi 1997, S. 8). Erkenntnisprozesse setzen dabei auf eine Vielzahl unbewusster beziehungsweise

[63] Unter anderem in: STILLINGS, N. A., FEINSTEIN, M. H., GARFIELD, J. L., RISSLAND, E. L., ROSENBAUM, D. A., WEISLER, S. E. und BAKER-WARD, L.: Cognitive science. An introduction, Cambridge 1987. Kritik an dieser Übersetzung übt Baumgartner: BAUMGARTNER, P.: Der Hintergrund des Wissens. Vorarbeiten zu einer Kritik der programmierbaren Vernunft, Klagenfurt 1993, S. 74 f.

[64] Eine kurze Darlegung der diesbezüglichen Gedanken Ryles bieten beispielsweise Chase et al.: CHASE, C. H., FEINSTEIN, M. H., GARFIED, J. L. und RISSLAND, E. L.: Cognitive Science. An Introduction, Cambridge 1995, S. 370.

subsidiärer Teilkomponenten auf, aus denen erst durch Aufmerksamkeit beziehungsweise „focal awareness“ einzelne Objekte in ein Bewusstsein rücken (Mitchell 2006, S. 71).[65]

Individuelles und kollektives Wissen

Eine weitere Dimension von Wissen betrachtet dessen Träger, wobei – wie in Abs. 3.2.5.1 ausgeführt – insbesondere zwischen individuellem beziehungsweise intrapersonalem und kollektivem Wissen unterschieden wird. Eine derartige Unterscheidung bleibt jedoch gerade mit Blick auf die für diese Arbeit relevanten unterschiedlichen Skalierungen von Kollektiven vergleichsweise vage. Eine weiterführende Unterteilung dieser Wissensdimensionen schlagen daher Kraiger und Wenzel vor, die zwischen den Kategorien des Allgemein- („environmental“), Organisations-, Team- und Individualwissen unterscheiden (Kraiger und Wenzel 1997, S. 63 ff., insbesondere S. 66).

Nicht-Wissen und unwahres Wissen

Auf zwei weitere wesentliche Wissensdimensionen weisen daneben Schreyögg und Geiger (Schreyögg und Geiger 2001, S. 6) vor dem Hintergrund einer Wissensgenese in wissenschaftlichen Kontexten hin. Im Ursprung auf Popper (Popper 1972) geht die Unterscheidung zwischen Wissen und Nicht-Wissen zurück, wobei Letzteres nach Hasler Roumois durch Ignoranz, Vergessen, bewusstes Unwissen und unbewusstes Wissen bedingt sein kann (Hasler Roumois 2010, S. 65 ff.). Einen im wissenschaftstheoretischen Diskurs umfassend thematisierten Aspekt stellt die Genese und Bewertung wissenschaftlichen Wissens dar,[66] wobei mit Blick auf die Dimensionierung vor allem die von Luhmann vor dem Hintergrund des von ihm entwickelten *Autopoietischen Systems* ausgeführte Unterscheidung bemerkenswert scheint, dass wissenschaftliche Ergebnisse die Werte *wahr* oder *unwahr* besitzen können (Luhmann 1992).

Der Wissensbegriff dieser Arbeit

Die Grundlage für eine Betrachtung von Wissen und den Rahmen für weitere diesbezügliche Theorieausführungen bilden somit im Kontext dieser Arbeit die folgenden Dimensionen:

---

[65] Die Theorien Polanyis greifen deutlich weiter als die hier geschilderten kurzen Ausführungen. Neben den Originalwerken seien folgende Sekundärdarstellungen empfohlen: Neuweg, G. H. (1999). Könnerschaft und implizites Wissen. Münster; SCHILCHER, C.: Implizite Dimensionen des Wissens und ihre Bedeutung für betriebliches Wissensmanagement (Dissertation), Darmstadt 2006; NEUWEG, G. H.: Könnerschaft und implizites Wissen, Münster 1999. Ein gutes Exzerpt der Ansätze Polanyis bietet zudem die Diplomarbeit von Kosz: KOSZ, A.: Wissenschafts- und erkenntnistheoretische Grundlagen des Wissensmanagements. Michael Polanyis Konzept des „Tacit Knowing“ (Diplomarbeit), Eisenstadt 2007.

[66] Wissenschaftsgeschichtlich u.a. FLECK, L.: Entstehung und Entwicklung einer wissenschaftlichen Tatsache. Einführung in die Lehre vom Denkstil und Denkkollektiv, Frankfurt a. M. 1980, CETINA, K. K.: Die Fabrikation von Erkenntnis, Frankfurt a. M. 2002, beispielhaft für die Theoriebildung daneben u.a. POPPER, K. R.: Logik der Forschung, Tübingen 2002; KUHN, T. S.: The Structure of Scientific Revolutions, Chicago 1970.

- *implizites* vs. *explizites* Wissen,
- *deklaratives* vs. *prozedurales* Wissen,
- Allgemein-, Organisations-, Team und Individualwissen,
- Wissen vs. Nicht-Wissen,
- wahres vs. unwahres Wissen.

Darauf aufbauend werden in den folgenden Absätzen für eine Betrachtung von Kooperation in 3D-Rekonstruktionsvorhaben wesentliche Aspekte beleuchtet. Ein erstes Schlaglicht soll dabei auf den vor dem Hintergrund geschichtswissenschaftlicher Rekonstruktion relevanten wissenschaftlichen Kontext geworfen werden.

3.2.2 Wissen im Kontext von Wissenschaft

Ziel einer Betrachtung von Wissen im Kontext von Wissenschaft ist keinesfalls, einen suffizienten Überblick über den diesbezüglich vielschichtigen wissenschaftstheoretischen Diskurs zu geben.[67] Vielmehr sollen im Folgenden einige für die empirische Betrachtung des Forschungsgegenstandes relevante Aspekte und Dilemmata ausgeführt werden.

***Implizites Wissen* im wissenschaftlichen Kontext**

Zu den bekanntesten Lemmata wissenschaftlicher Anforderungen zählen die „technischen Prinzipien“ der Objektivität, Reliabilität, Validität wissenschaftlichen Arbeitens.[68] Demzufolge muss wissenschaftliches Wissen nach Meinsen die „Ideale“ von „Wahrheit“, der „Erklärung und des Verstehens“, der „Begründung“ und Nachvollziehbarkeit erfüllen (Meinsen 2003, S. 17). Als weitere Eigenschaft führt Baumgarten zudem Mobilität beziehungsweise Transferierbarkeit aus (Baumgartner 1993, S. 91). Mit Blick auf die bereits ausgeführten Wissensdimensionen bedeutet dies zum einen, dass implizites Wissens kein wissenschaftliches Wissen sein kann und somit nicht in einen wissenschaftlichen Prozess einbezogen werden darf. Im Umkehrschluss lässt sich implizites Wissen im Zuge wissenschaftlichen Handelns keinesfalls ausblenden oder vermeiden – vielmehr ist wissenschaftliches Wissen eine individuelle und subjektive Konstruktion[69] beziehungsweise in einer post-konstruktivistischen Lesart einer Vielzahl von mehr oder minder impliziten Einflussfaktoren unterlegen (Polanyi 1958, S. 259; Kuhn 1976, S. 203 ff.).[70] In der Folge findet

[67] Diesbezügliches findet sich bspw. bei: KNORR-CETINA, K. K.: Die Fabrikation von Erkenntnis, Frankfurt a. M. 2002.

[68] Stellvertretend für eine Vielzahl von Publikationen: PETERßEN, W. H.: Wissenschaftliches Arbeiten. nicht leicht, aber erlernbar, München 1987, S. 22.

[69] Wissenschaftliches Wissen als soziale Konstruktion stellt bspw. einen der zentralen Gedanken des Kuhn’schen Paradigmenbegriffs dar: KUHN, T. S.: Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen, Frankfurt a. M. 1976, S. 60 ff. Diesen wollte Kuhn selbst später als „disziplinäre Matrix“ verstanden wissen: KUHN, T. S.: Die Entstehung des Neuen, Frankfurt a. M. 1978, S. 389 ff.

[70] Im Original: „The legitimate purpose of formalization lies in the reduction of the tacit coefficient to more limited and obvious informal operations; but it is nonsensical to aim at the total elimination of our personal

nur ein – explizierbarer – Teil des für den jeweiligen Erkenntnisprozess relevanten Wissens Eingang in den wissenschaftlichen Diskurs.

Wissenschaftliche Autorschaft

Mit Blick auf einen kooperativen Erstellungsprozess von 3D-Rekonstruktionen stellt sich die Frage, wer Urheber beziehungsweise Autor einer solchen Arbeit ist. Während Autorschaft im künstlerischen Sinne vorrangig die Frage nach Werkteilhabe beinhaltet, stellt sich im wissenschaftlichen Kontext eher das Problem wissenschaftlicher Verantwortung. Unter dieser Perspektive argumentiert Wray, dass die wissenschaftliche Qualität in kooperativen Forschungspublikationen durch ein Fehlen individueller Verantwortlichkeit für Ergebnisse sinken würde (Wray 2006, S. 509 ff.). Ein anderes Problem stellt dar, dass gerade bei größeren Forschungsteams – wissentlich oder unbeabsichtigt – nicht alle Beitragenden aufgeführt werden (Wray 2006, S. 508, hierzu auch: Galison 2003, S. 341 f. und 350 f.) sowie im Umkehrschluss Nicht- oder Nicht-aktiv-Beitragende beispielsweise der Ehre halber oder mit dem Ziel der Aufwertung einer Publikation zu Autoren erklärt werden (Osborne und Holland 2009, S. 6 f.). Auch wenn diese Probleme durchaus seit Längerem bekannt sind und ein solches Verhalten als wissenschaftlich nicht korrekt betrachtet wird (Biagioli 2000, S. 93; Deutsche Forschungsgemeinschaft 1998, S. 18), ist mit Blick auf die Validität der geplanten Untersuchung von Ko-Autorschaften (vgl. Abschn. 4.3.3) zu vermuten, dass solche Phänomene durchaus eine praktische Relevanz haben und mit den bisherigen Mechanismen wissenschaftlicher Kontrolle von Publikationen nicht oder nur schwer find- oder korrigierbar sind (Osborne und Holland 2009, S. 6 ff.).

Die Bedeutung von Kontrolle bei der Wissensgenese

Neben den Fragen nach einer vollständigen Überlieferung wissenschaftlichen Prozesswissens und einer wissenschaftlichen Verantwortlichkeit stellen die Falsifizierbarkeit und Vorläufigkeit von Erkenntnissen basale Komponenten wissenschaftlicher Geneseprozesse dar. Grundprinzipien sind dabei einerseits ein „unbegrenzter Zweifel“, andererseits ein Vertrauen in die Einhaltung wissenschaftlicher Grundsätze durch Kollegen (Knorr-Cetina 2002, S. 51; Deutsche Forschungsgemeinschaft 1998, S. 7). Eine wichtige Voraussetzung für derartige Mechanismen besteht darin, dass wissenschaftliche Erkenntnisse zum einen transparent gemacht werden können, zum anderen für einen wissenschaftlichen Diskurs anknüpfbar sind. Gerade ein geschichtswissenschaftlicher Diskurs findet vorrangig mittels sprachlicher beziehungsweise textueller Darlegungen statt (bspw. Goetz 1993, S. 233 ff.). Entsprechend scheint mit Blick auf 3D-Rekonstruktionsvorhaben beachtenswert, wie die

---

participation.“, aus: KUHN, T. S.: Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen, Frankfurt a. M. 1976, S. 203 ff. Der Gedanke wird ebenfalls ausgeführt in: SCHILCHER, C.: Implizite Dimensionen des Wissens und ihre Bedeutung für betriebliches Wissensmanagement (Dissertation), Darmstadt 2006, S. 137 ff., sowie vor dem Hintergrund der Wissenschaftsmanagements bei: NEUWEG, G. H.: Könnerschaft und implizites Wissen, Münster 1999, S. 2 f.

einer solchen Modellerstellung zugrunde liegenden Erkenntnisprozesse in einen diskursiven wissenschaftlichen Prozess einbezogen werden können. So führen Jablonka et al. vor dem Hintergrund der Archäologie aus, dass der einer 3D-Rekonstruktion vorausgehende Erkenntnisprozess zwar auf den gleichen theoretischen und methodologischen Erkenntnisprozessen wie eine textuelle Erörterung basiert, jedoch die „inherit limits of archaeology become much more apparent in a visualization than in a text" (Jablonka, Kirchner et al. 2003, S. 16). Eine diesbezügliche Besonderheit von 3D-Rekonstruktionen besteht in der intensiven Nutzung und weitreichenden Bedeutung visueller Medien, die im nächsten Abschnitt beleuchtet werden.

3.2.3 Visuelle Medien als Wissensmedien

Visuelle Medien kommen bei 3D-Rekonstruktionsvorhaben in einer Vielzahl von Kontexten zum Einsatz. Sie dienen als wichtigste Quellen, als Kommunikationsmedium im Erstellungsprozess ebenso wie zur Darstellung des Modellergebnisses (Münster 2013a). Gemeinsames Merkmal ist, dass im visuellen Medium Wissen inkorporiert ist. Entsprechend sollen visueller Medien im Folgenden primär unter dem Blickpunkt des Wissensmediums betrachtet werden. Als Grundlage einer Reihe weiterer Erklärungsmodelle zu Wissens- und Entscheidungsprozessen im Kontext von 3D-Rekonstruktionen werden dabei zunächst die psychologischen Abläufe visueller Wahrnehmung thematisiert und die diesbezüglichen Ansätze der Perzeption, Gestalttheorie sowie eine Reihe von Wahrnehmungsprozesstheorien beleuchtet.

Bilder und visuelle Medien sind wichtige Katalysatoren im 3D-Rekonstruktionsprozess. Ansatzpunkte für die Bedeutung des Bildes im Modellierungsprozess bieten beispielsweise die Ergebnisse der Arbeitsgruppe „Wissen – Denken – Handeln“ im Bereich Arbeitspsychologie an der TU Dresden, aus der unter anderem eine Reihe von Dissertationen (Römer 2001; Schütze 2003; Pache 2005) sowie eine Habilitationsschrift (Sachse 2002) hervorgegangen sind. Die Funktion von Bildern und Abbildungen für wissenschaftliche Erkenntnisprozesse thematisiert das von Gooding entwickelte allgemeine Modell visueller Einflussgrößen (Gooding 2010, S. 21) ebenso wie der damit eng verbundene Ansatz einer *Professional vision* (vgl. Abs. 3.2.3.2).

In beinahe allen 3D-Rekonstruktionsvohaben erfolgt abschließend eine Visualisierung des erstellten 3D-Modells. Erst derartige Darstellungen machen das in einer 3D-Rekonstruktion aufgebaute und in ein Modell übertragene Wissen für einen Rezipienten visuell erfahrbar. Vor diesem Hintergrund soll eine Betrachtung von Qualitäten und Funktionen von derartigen Wissensmedien in die theoretische Betrachtung einfließen (Vgl. Abs. 3.2.3.3).

3.2.3.1 Wahrnehmungspsychologische Grundlagen

Die menschliche Wahrnehmung bildet die Voraussetzung für jegliche Form von Informationsaufnahme und somit auch für die Kommunikation und den Wissenstransfer zwischen Personen. Dabei umfasst Wahrnehmung als Prozess sowohl die Aufzeichnung von Impulsen mittels unserer Sinnesorgane als auch deren weitere Verarbeitung im Gehirn.[71] Im Folgenden werden die Theoriefelder der Bildwahrnehmung, des Wahrnehmungsprozesses und der Gestaltpsychologie skizziert.

Bildwahrnehmung[72]

Visual Perception oder auch Bildwahrnehmung beschäftigt sich mit dem „Vorgang der Umwandlung eines visuellen Feldes (Netzhautbild) in eine visuelle Welt.“, (Gibson 1982, zit. n. Wittkopf 2000, S. 12). Der Begriff vereint eine ganze Reihe von einzelnen Theorien und Theoriebestandteilen, die disziplinär hauptsächlich der Psychologie zuzuordnen sind. In engem Bezug dazu stehen die physiologischen Schwerpunkte des Sehens als Wahrnehmungsprozess sowie des visuellen Systems.[73]

Bewegungswahrnehmung[74]

Verhältnismäßig gut erforscht präsentiert sich das Feld der Bewegungswahrnehmung. Da das menschliche Auge relativ träge ist, ergibt sich ab etwa 45 Bildern pro Sekunde ein stetiger Bewegungseindruck (Lang 1995). Demgegenüber reagiert das menschliche visuelle System äußerst empfindlich auf Bewegungen und zeitliche Veränderungen.

---

[71] Definition nach: http://www.uni-due.de/edit/lp/common/einf_wahrnehmung.htm, besucht am 13. 05. 2013, mit Verweis auf: GUSKI, R.: Wahrnehmen, Stuttgart [u. a.] 1996.

[72] Hierzu auch: STEVENS, S.: Matching Functions Between Loudness and Ten Other Continua, in: Perception and Psychophysics 1 (1966), S. 5-8, INTERRANTE, V., RHEINGANS, P., FERWERDA, J. und GOSSWEILER, R.: Principles of Visual Perception and Its Application in Computer Graphics, SIGGRAPH "97 Course Notes No. 33, Los Angeles 1997; ZIMBARDO, P. G.: Psychology and life, New York 1992, Kap. 8. ZIMBARDO, P. G. und GERRIG, R. J.: Psychologie, München 2004, Kap. 9.3.

[73] U.a.: BÜTTNER, U. o. D. Die Physiologie des Sehens (Kurzfassung) [Online]. http://iwrwww2.fzk.de/avka/pdf-files/14physiol.pdf, besucht am 10. 1. 2014. Zum *Visuellen System*: BIRBAUMER, N. und SCHMIDT, R. F.: Biologische Psychologie, Berlin [u. a.] 2006, Kap. III. ZRENNER, E. und EYSEL, U.: Visuelles System, in: DEETJEN, P. (Hrsg.): Physiologie, München 2005, S. 90-134.

[74] Ferner ausgeführt in: SCHUMANN, H. und MÜLLER, W.: Visualisierung, Berlin [u. a.] 2000, S. 112 ff.

Tiefenwahrnehmung

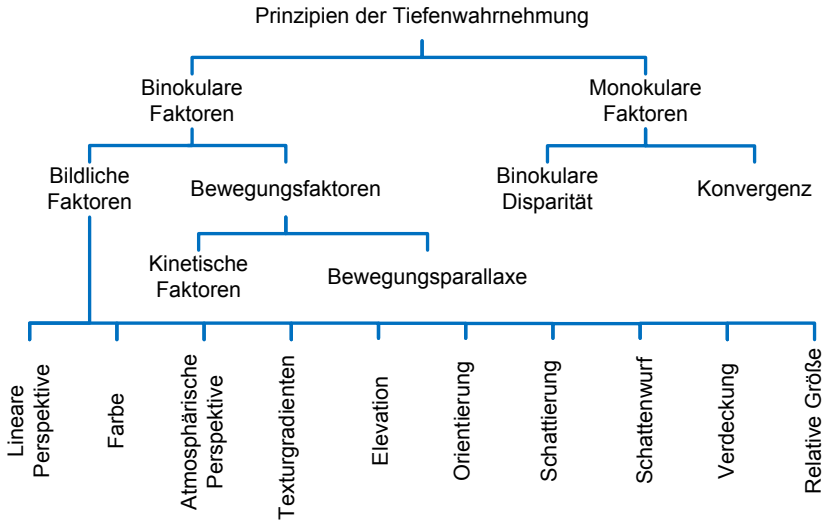


Abbildung 4 – Faktoren der Tiefenwahrnehmung nach Solso/Schumann[75]

Tiefenwahrnehmung wird nicht nur durch Binokularität, sondern im Wesentlichen durch monokulare Hinweisreize beeinflusst (Abbildung 4). Hinsichtlich einer Gewichtung der für die Perspektivität wesentlichen Faktoren führt Interrante insbesondere Schattenwurf, perspektivische Verzerrung und Textur sowie bei bewegten Bildern zusätzlich die Bewegungsparallaxe auf (Interrante, Rheingans et al. 1997). Jedoch haben diese Hinweisreize unterschiedliche Bedeutung für die jeweiligen perspektivischen Attribute. So wird eine Position von Objekten im 3D-Raum vom Betrachter insbesondere anhand von Schattenwurf und Perspektive abgeschätzt. Zur Beurteilung einer Objektausrichtung wird vor allem die perspektivische Abbildung sowie ggf. eine Bewegung beurteilt, während unterschiedliche Texturen die Abschätzbarkeit der Objektausrichtung erschweren (Müller und Hildebrandt 1994). Eine Skalierung wird vor allem über Schattierung, Textur und Bewegung abgeschätzt, hier irritiert Perspektive. Die binokulare Perspektive führt darüber hinaus vor allem zwei Phänomene aus. Bei Objekten, die nah sind, kommt meist die binokulare Konvergenz zum Tragen. Hierbei bewegen sich die Augen mit zunehmender Objektnähe nach innen. Das Gehirn zieht dies als Indikator für Entfernung heran. Binokulare Disparität bezeichnet dagegen das Phänomen, dass mit abnehmender Entfernung des Betrachters zum Objekt die Diskrepanz zwischen den Bildern steigt, die vom linken, beziehungsweise rechten Auge zum Gehirn gesandt werden. Der Grad der Diskrepanz wird vom Gehirn als Indikator für die Entfernung interpretiert.

[75] Aus: ebd., S. 110, mit Bezug auf: SOLSO, R. L.: Cognition and the visual arts, Cambridge 1994. Auch in: GERRIG, R. J. und ZIMBARDO, P. G.: Psychologie, München 2008, S. 146 ff.

Wahrnehmungsprozesstheorien

Wahrnehmungsprozesstheorien als kognitionspsychologische Erklärungsmodelle lassen sich nach Sternberg in die Kategorien der *Bottom-up*- sowie der *Top-down*-Ansätze gliedern. Diese unterscheiden sich im Grad der Einbeziehung von Vorwissen und der Prozessrichtung im Sinne einer Abstraktion von Schemata aus Wahrnehmung („Bottom-up“) oder der Applikation existenter Wahrnehmungsschablonen auf eine Wahrnehmung („Top-down“) (Sternberg 2006, S. 347 ff., Gerrig 2008, S. 152 f.). Stellvertretend für die Kategorie der *Bottom-up*-Theorien sei auf Gibsons Theorie der direkten Wahrnehmung und Biedermanns *Recognition-by-component-Theorie* verwiesen. Erstere geht davon aus, dass die von den Rezeptoren gelieferten Informationen einschließlich des sensorischen Kontextes ausreichen, um unsere Umwelt direkt wahrzunehmen, und dass es hierzu keiner „höheren“ kognitiven Prozesse bedarf, die zwischen Sinneseindrücken und der Wahrnehmung makeln (Gibson 1979; Guski 1996, Kap. 2.7). Biedermanns Theorie geht hingegen davon aus, dass Objekte mental in sogenannte *geons* als geometrische Grundobjekte wie Zylinder oder Würfel zerlegt werden und sich auf diese Weise Objekte erkennen lassen (Biederman 1987, S. 121 ff.). Einen Hybridentwurf aus beiden Theorieteilen stellt Marrs *Computational Theory of Perception* (Marr 2010) dar. Diese geht von unterschiedlichen Dimensionalitäten der wahrgenommenen Hinweisreize aus, wodurch beispielsweise auch bei monokularen Perspektivdarstellungen durch Einbeziehung mental gespeicherter 3D-Modelle eine Perspektivwahrnehmung suggeriert wird (Guski 1996, Kap. 2.8.1).

Gestalttheorie und Gestaltpsychologie

Anders als die strukturalistischen Ansätze von *Visual Perception* und Perspektivforschung, die individuelle Elemente hervorheben, betrachtet die Gestaltpsychologie Wahrnehmung als ganzheitlichen Prozess. Die Gestalttheorie stellt dabei keine kohärente Theorie dar, sondern umfasst eine Vielzahl einzelner Theorieausprägungen beziehungsweise „Schulen“.[76] Als gemeinsames Leitmotiv kann gesehen werden, dass einzelne Objekte mental gruppiert beziehungsweise „gebündelt“ (Wertheimer 1922, S. 2 f.) werden. Daraus resultiert eine in Tabelle 6 anhand ausgewählter Theorien beispielhaft ausgeführte Reihe von Prinzipien beziehungsweise Gesetzen, die sich je nach gewähltem Ansatz mitunter deutlich unterscheiden.

[76] Zu Entstehungsgeschichte und Schulen in der Gestalttheorie: WAGEMANS, J.: Historical and conceptual background. Gestalt theory, Leuven 2008.

Gestalttheorie nach Metzger[77]	Gestalttheorie der Berliner Schule um Wertheimer et al.[78]	Gestalttheorie nach Zimbardo[79]
Figur – Hintergrund – Prinzip „Wenn wir einen Bereich wahrnehmen, erscheinen uns Figuren vordergründig, andere hintergründig. […] [Wir sind] nicht in der Lage, beides gleichzeitig zu sehen.“		
Gesetz der Nähe „Nah beieinander liegende Objekte werden als Gruppe gesehen.“	**Gesetz der Nähe** „Die Zusammengefaßtheit resultiert […] [aus dem] kleinen Abstand […].“, (Wertheimer 1923, S. 308.)	**Gesetz der Nähe** „Unter sonst gleichen Bedingungen werden die nächstgelegenen Reizelemente zusammengruppiert.“
Gesetz der Ähnlichkeit „Objekte werden mental nach Ähnlichkeit gruppiert.“	**Gesetz der Ähnlichkeit** „Der Faktor der Gleichheit oder Ähnlichkeit von Eigenschaften von Objekten kann eine Gemeinsamkeit schaffen.“	**Gesetz der Ähnlichkeit** „Elemente, die einander ähnlich sind[,] werden als zusammengehörig wahrgenommen“
Gesetz der durchgängigen Linie „Fließende und durchgehende Formen sind besser erkennbar.“	**Prinzip der guten Fortsetzung** Dies „beschreibt […] das Phänomen, dass bei Kreuzungen sich schneidende Linien anstatt abgeknickter Linien gesehen werden.“	
	Prinzip der guten Gestalt „Je prägnanter eine Form, desto einfacher lässt sie sich erkennen. Einfache Grundformen haben einen hohen Erkennungswert und werden leichter wahrgenommen.“	**Prinzip der guten Gestalt** „Einfachheit, Symmetrie und Regelmäßigkeit […] [werden] als gute Gestalt leichter und genauer wahrgenommen.“
Gesetz der geschlossenen Gestalt „Unvollständige Objekte werden mental vervollständigt.“	**Prinzip der Geschlossenheit** „Geschlossenheit an sich kann selbst als ordnendes Prinzip dienen. Geschlossene Linien bilden hierbei Formen, die als Einheit erkannt werden.“	**Bezugsrahmen** „Auf höheren Verarbeitungsebenen werden die Umrisse von Figuren relativ zu[m] Bezugsrahmen (räumlich und zeitlich) wahrgenommen.“
	Das Prinzip der Kontinuität Dieses Prinzip „beschreibt eine zeitliche Abfolge. Dabei werden einzelne Objekte, die nacheinander präsentiert werden, zu einer Einheit zusammengefasst und erscheinen als Bewegung.“	
	Prinzip des gemeinsamen Schicksals „Dieses Prinzip beschreibt, dass Elemente, die sich über die Zeit gleich verändern[,] als Einheit erfasst werden.“	**Gesetz des gemeinsamen Schicksals** „Elemente, die sich in dieselbe Richtung mit derselben Geschwindigkeit bewegen[,] werden als zusammengehörig wahrgenommen.“
	Prinzip der Erfahrung Das Prinzip beschreibt die „assoziative Bereitschaft“ (Wertheimer 1923, S. 303), wahrgenommene Inhalte als bereits bekannte Strukturen zu erkennen.	
Gesetz der Symmetrie „Objekte werden als Spiegelbilder an einer Symmetrieachse gesehen.“		

Tabelle 6 – Gestalttheorie: Theorieausprägungen

[77] Wortlaut nach: DEGEN, M., RIEMEN, R. und SCHULZ, M. o. D. Kapitel 4. Perception - Wahrnehmung (Präsentation) [Online]. Bielefeld, http://www.uni-bielefeld.de/psychologie/ae/Ae01/hp/ansorge/researchII.html, besucht am 10. 1. 2014. Ursprünglich in: METZGER, W.: Gesetze des Sehens, Frankfurt a. M. 1953, S. 19-27. Nicht thematisiert wurden dabei die von Metzger entwickelten „weiteren Gestaltgesetze der Figurbildung“: ebd., S. 27ff.

[78] Wortlaut bis auf ausgeführte Ausnahmen nach: MAHLER, T. D.: Interaktionsmodelle für ubiquitäre Anwendungsszenarien (Dissertation), Ulm 2011, S. 13ff.

[79] Nach: GERRIG, R. J. und ZIMBARDO, P. G.: Psychologie, München 2008, S. 144. Wortlaut nach: CROST, N., KORNEK, C. und RAUCH, W.: Zimbardo. Psychology and Life, Chapters 4, 7, 8, 11 (Skript), Frankfurt a. M. 2005, S. 10.

3.2.3.2 Bilder und visuelle Elemente im Arbeitsprozess

Qualitäten visueller Medien lassen sich unter verschiedenen Gesichtspunkten beschreiben (vgl. Bresciani 2010, S. 37 f.).[80] Beispielhaft soll im folgenden Abschnitt mit den Ansätzen der Semiotik beziehungsweise der darauf aufbauenden grafischen Semiologie zunächst die Informationskodierung in visuellen Medien betrachtet werden. Darüber hinaus werden visuelle sowie nutzungsbezogene Qualitäten beleuchtet und eine Funktion visueller Medien im Arbeitsprozess thematisiert.

Informationskodierung

Ansätze der Semiotik und grafischen Semiologie

Die Semiotik als Wissenschaft der Erforschung von Zeichen gehört originär dem disziplinären Horizont der Geistes-, Kultur- und Sozialwissenschaften an, findet jedoch auch in zahlreichen anderen Gebieten Anwendung. Die historischen Wurzeln der Semiotik gehen in das 19. Jahrhundert zurück und sind eng mit den Arbeiten von Peirce und de Saussure verbunden.[81] Disziplinär umfasst die Semiotik als Metaansatz eine Reihe von Teilbereichen, die nach Morris die Syntaktik, den Pragmatismus oder die Semantik darstellen (Tabelle 7).

Syntaktik	Beziehung zwischen Zeichen und anderen Zeichen
Semantik	Beziehung zwischen Zeichen und Objekt
Pragmatismus	Beziehung zwischen Zeichen und Interpreten

Tabelle 7 – Bereiche der Semiotik[82]

Im Grundprinzip wird ein zu beschreibendes Objekt durch ein Symbol repräsentiert, das wiederum von einem Empfänger als für dieses Objekt stehend interpretiert wird (vgl. Müller 2003, S. 158 f.). Derartige Symbole können sprachliche und ikonische Zeichen, aber beispielsweise auch Gesten darstellen. Eine Zeichenbedeutung beziehungsweise Anwendungskontexte sind von den Konventionen und der epistemischen Kultur des Anwendungsgebietes sowie dem Kulturkreis des Anwenders abhängig (vgl. Schumann und Müller 2000, S. 115 f.). Vor dem Hintergrund geschichtswissenschaftlicher Arbeit spielt zudem ein zeitlicher Wandel von Zeichen und Zeichenbedeutung eine wichtige Rolle. Aus semiotischer Sicht unterscheiden sich visuelle Zeichen beziehungsweise *visual signs* (Peirce) hinsichtlich ihres Abstraktionsgrades in Ikon, Index und Symbol. Darauf aufbauend entwickelte Bertin eine spezifische *Graphische Semiologie* (Bertin und Jensch 1974), welche die verschiedenen Freiheitsgrade einer grafischen Gestaltung subsumiert und analysiert. Die grundlegende, an den Gesetzen der Gestalttheorie (vgl. Abs. 3.2.3.1) orientierte Annahme besteht darin, dass nur „Gleichheiten, Unterschiede und Ähnlichkeiten“ zwischen visuellen Zeichen wahrgenommen werden können (Bollmann und Koch 2001, S. 349). Der Ansatz der

[80] Ich danke Prof. Sabrina Bresciani für den Hinweis und die Bereitstellung ihrer Dissertationsschrift.

[81] Zur historischen Grundlage: PEIRCE, C. S.: Semiotische Schriften, Frankfurt a. M. 2000; PRECHTL, P.: Saussure zur Einführung, Hamburg 1993.

[82] Nach: MORRIS, C. W.: Foundations of the Theory of Signs, Chicago 1938, S. 6 f.

Graphischen Semiologie bezog sich ursprünglich auf statische 2D-Grafiken, wurde inzwischen jedoch in vielerlei Hinsicht erweitert, beispielsweise mit Blick auf die Betrachtung der dritten Dimension und der zeitlichen Dynamik. Die Bestandteile beziehungsweise Freiheitsgrade eines Bildes bezeichnet Bertin als visuelle Variable. Zur Genese eines statischen 2D-Bildes gibt es folgende Gestaltungselemente beziehungsweise visuelle Variablen (Bertin und Scharfe 1982, S. 186 f., Zusammenfassung nach Schumann und Müller 2000, S. 126):

- die Position auf der Ebene (x,y),
- die Größe,
- den Helligkeitswert,
- die Musterung oder Textur,
- die Farbe
- die Richtung oder Orientierung,
- die Form des Elements.

Für perspektivische Darstellungen existieren nach Schumann ergänzend noch folgende Variablen (Schumann und Müller 2000, S. 126.):

- der Blickwinkel bzw. die Perspektive,
- die Ausleuchtung.

Visuelle Wissensrepräsentation

Dabei stellt sich die Frage, welche Arten von Wissen durch visuelle Medien repräsentiert werden. Glotzbach (Glotzbach 2010, S. 107 ff.) führt mit Blick auf Handskizzen eine Reihe von Repräsentationskontexten auf, die sich auch für visuelle Medien generalisieren lassen. Danach dienen visuelle Medien gleichermaßen einer Darstellung von Relationen, Prozessen sowie eines konstruktiven Aufbaus. Ähnlich beschreibt Gooding, wie in Tabelle 8 dargestellt, eine Erstellung visueller Medien in wissenschaftlichen Kontexten als fünfstufigen Prozess.

1	**Bildquelle**	Quellendaten	Bspw. Fossilien, Inschriften
2	**Muster**	2D-Abbildungen der Muster	Bspw. Umrisszeichnung des Fossils
3	**Strukturmodell**	3D-Bild oder Modell	Bspw. 3D-Modell des Aufbaus des Fossils
4	**Prozessmodell**	4D-Multimodales Prozessmodell	Bspw. Physiologische Interpretation der 3D-Morphologie des Fossils
5	**Vorhersage von Phänomenen**	Rückbeziehung auf 2D-Muster	Bspw. Fotografie des 3D-Modells

Tabelle 8 – Visuelle Repräsentationsarten nach Gooding[83]

Gooding führt aus, dass zwischen einer leichten Rezipierbarkeit sowie dem Informationsgehalt von visuellen Medien ein inverser Zusammenhang besteht: Eine

[83] Nach: GOODING, D. C.: Visualizing Scientific Inference, in: Topics in Cognitive Science 2 (2010), S. 15-35, S. 21; GOODING, D. C.: Cognition, Construction and Culture. Visual Theories in the Sciences, in: Journal of Cognition and Culture 4 (2004), S. 551-593, S. 566.

vollständige Modellierung komplexer Phänomene bedingt höhere Informationsdichten, während eine Benennung von Sachverhalten zumeist mit einer geringeren Informationsdichte einher geht (Gooding 2010, S. 20 f.).

Visuelle Qualitäten

Neben diesen Aspekten visueller Gestaltung klassifiziert Bresciani, wie in Tabelle 9 dargestellt, visuelle Medien vor dem Hintergrund einer Untersuchung zum Einsatz von Diagrammen in beruflichen Szenarien hinsichtlich einer nutzungsbezogenen Qualität.

Visual impact	Extent to which the diagram is attractive and is facilitating attention and recall.
Clarity	Property of the diagram to be self-explanatory and easily understandable with reduced cognitive effort.
Perceived finishedness	Characterizes the extent to which the visualization resembles a final, polished product
Directed focus	Extent to which the diagram draws attention to one or more items.
Inference support	Extent to which new insights are generated as a result of the constraints of the visualization form.
Modifiability	Degree to which the items of the visualization can be dynamically altered in response to the dynamics of the discussion

Tabelle 9 – Dimensionen von Bildqualität[84]

Ein weiterer, darauf zu großen Teilen aufbauender Dimensionierungsansatz ist die Betrachtung einer ergebnisbezogenen Qualität des visuellen Mediums. Eine derartige Typisierung unterscheidet Qualitäten visueller Ergebnisse anhand der bereits ausgeführten Grade der *Perceived finishness* sowie einer Abstraktion beziehungsweise *Clarity* ebenso wie hinsichtlich genutzter Technologien und einer digitalen oder analogen Form. Im Kontext dieser Arbeit wesentliche visuelle Qualitäten umfassen, wie in Tabelle 10 ausgeführt, grafische Artefakte beziehungsweise Rudimente, Skizzen sowie Pläne und computergrafische Visualisierungen. Dabei werden Elemente mitunter kombiniert und beispielsweise Pläne im Laufe des Arbeitsprozesses mitunter durch Freihandskizzen oder Rudimente ergänzt (Ammon, Im Druck, S. 14).

[84] Nach: BRESCIANI, S.: Visualizing Knowledge for Organizational Communication within and across Cultures (PhD-Thesis), Lugano 2010, S. 42 ff.; Ferner: BRESCIANI, S.: Understanding the Visual in Team Communication. A Collaborative Dimensions Approach, International Communication Association (ICA) Annual Meeting, 17.-21. 6. 2013, London 2013.

Rudiment	Rudimente bezeichnen grafische Artefakte wie beispielsweise Klammern, Pfeile etc., die zumeist in Kombination mit bzw. zur Anreicherung von bereits existierenden Medien Verwendung finden
Freihandskizze und computergrafische Skizze	„Eine Skizze ist eine nicht unbedingt maßstäbliche, vorwiegend freihändig erstellte Zeichnung“ (DIN Deutsches Institut für Normung e. V. 1996) aus: (Sachse 2002, S. 39)
Pläne	Pläne bezeichnen hinsichtlich einer Darstellung hochgradig normierte und abstrahierte grafische Darstellungen.
Visualisierung	Visualisierungen bezeichnen im Kontext dieser Arbeit die visuelle Erfahrbarmachung von virtuellen 3D-Modellen.

Tabelle 10 – Qualitäten von visuellen Medien [85]

Funktionen visueller Medien

Während die Frage nach Bildqualitäten vor allem die Eigenschaften visueller Medien in den Fokus rückt, stellt sich generell die Frage nach der Funktion von derartigen Medien im Kontext von 3D-Rekonstruktionsvorhaben.

Ein wesentliches Potenzial von visuellen Medien liegt in der möglichen großen Ähnlichkeit zum abgebildeten Objekt und dem damit verbunden geringen Abstraktionsniveau. In diesem Zusammenhang spricht Tversky von einer „Natürlichkeit” ikonischer Objekte im Sinne einer Orientierung an physischen Analogien und „spatialen Metaphern“ menschlicher Welt-Erfahrung (Tversky 2002, S. 111). Ähnlich führt Gooding aus, dass visuelle Repräsentationen „plastisch“ sein sollten (Gooding 2004, S. 557). Gerade durch ein geringes Abstraktionsniveau können visuelle Medien Entscheidungs- und Kommunikationsprozesse, aber auch Gedächtnisprozesse signifikant unterstützen (Bresciani 2010, S. 15).

Memoration	Speicherhilfe Dokumentationshilfe
Erkenntnis	Analysehilfe Bewertungshilfe Lösungshilfe
Kommunikation	Kommunikationshilfe

Tabelle 11 – Bildfunktionen[86]

Eine hinsichtlich der Funktion von visuellen Medien wesentliche Unterscheidung betrifft die persönliche Nutzung visueller Medien zur Erkenntnisgenese oder Problemlösung (vgl. auch Abschn. 3.3.5) sowie als Speichersystem und die interpersonale Verwendung – beispielsweise als interdisziplinäre *Kreolsprache* (Galison 1997, S. 831) beziehungsweise

[85] In Anlehnung an: SACHSE, P.: Idea materialis. Entwurfsdenken und Darstellungshandeln. über die allmähliche Verfertigung der Gedanken beim Skizzieren und Modellieren, Berlin 2002, S. 39 ff.

[86] Vereinfachtes Schema nach: ebd., S. 77.

durch geteilte *Boundary Objects* einer Kommunikation (Tabelle 11).[87] Mit Blick auf das Untersuchungsinteresse dieser Arbeit scheint zudem die folgende von Ferguson[88] vorgeschlagene Systematik hilfreich:

- „Denkbilder“ unterstützen den Erkenntnisprozess,
- „vorschreibende“ Bilder dienen als Vorlage einer Modellierung,
- „sprechende“ Bilder unterstützen eine problemzentrierte Kommunikation bzw. dienen der Erklärung von Sachverhalten.

Dabei stellt sich im Kontext dieser Arbeit gerade mit Blick auf die Funktion als „Denkbilder“ die Frage, wie visuelle Medien im Kontext von 3D-Rekonstruktionsprozessen einen wissenschaftlichen Erkenntnisprozess unterstützen. Mit den Ansätzen der *Professionellen Wahrnehmung* sowie der *Visuellen Vergleiche* sollen im Folgenden zwei diesbezügliche Erklärungsansätze der Kognitionspsychologie vorgestellt werden.

Professionelle Wahrnehmung

Einen wissenschaftlichen Zugang zu disziplinären Prägungen einer Wahrnehmung bietet das Konzept der *Professional vision*, das auf Goodwin zurückgeht (Styhre 2010, S. 437). Nach Goodwin beinhaltet *Professionelle Wahrnehmung* sowohl den Akt des Sehens als auch die Artikulation des Gesehenen (Goodwin 1994, S. 606). Während Elemente im Zuge einer visuellen Wahrnehmungen von Nicht-Experten zumeist als Strukturen wahrgenommen werden, klassifizieren und kontextualisieren Experten wahrgenommene Inhalte bereits während des Sehens (Simon 1990, ferner ausgeführt in Ericsson 2006, S. 11).

Visuelle Vergleiche

„Bilder ermöglichen eine ständige visuelle Vergleichsmöglichkeit des erzielten Bildes mit der gedanklichen Vorstellung“ (Brauer 1968, zit. n. Sachse 2002, S. 40 f.), wobei „eine Gestalt geprüft [wird]“, „bis ein Optimum erreicht zu sein scheint“ (Sachse, S. 41, mit Verweis auf Uhlmann 1995, S. 79). Simon führt dabei aus, dass die Technik des visuellen Vergleichens in hohem Maße von der Seherfahrung abhängt. Im Zuge einer Mustererkennung werden unbekannte Muster zunächst anhand ihrer „Oberflächenmerkmale“ beziehungsweise „Ähnlichkeiten“ erfasst. Erst im Zuge einer Wiederholung werden „Tiefenmerkmale“ wie

[87] Der theoretische Ansatz eines *Boundary Object* wurde bereits in Abschnitt 3.1.2 vorgestellt. Speziell mit Blick auf eine Bedeutung für visuelle Kommunikationsvorgänge findet sich eine Überblicksdarstellung beispielsweise in: BRESCIANI, S.: Visualizing Knowledge for Organizational Communication within and across Cultures (PhD-Thesis), Lugano 2010, S. 35 ff.

[88] FERGUSON, E. S.: Das innere Auge. Von der Kunst des Ingenieurs, Basel 1993, zit. n. SACHSE, P.: Idea materialis. Entwurfsdenken und Darstellungshandeln. über die allmähliche Verfertigung der Gedanken beim Skizzieren und Modellieren, Berlin 2002, S. 39 ff.

beispielsweise Subsequenzen innerhalb von Sequenzen, „Prozeduren“ oder „Syntaxen“ erkannt und kontextualisiert (Simon 1990, S. 10 f., Begriffe nach Sachse 2002, S. 22).[89]

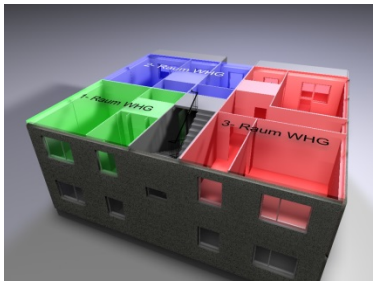
3.2.3.3 Wissensvermittlung mittels visueller Medien[90]

Wie bereits ausgeführt, wird das virtuelle 3D-Modell als Ergebnis einer 3D-Rekonstruktion zumeist durch die bildliche Darstellung beziehungsweise Visualisierung für den Betrachter erfahrbar gemacht. Auch wenn derartige Visualisierungen nur in wenigen Fällen explizit als Lehrmedien konzipiert werden, stellt die Erstellung von Visualisierungen zur Vermittlung und Kommunikation von Wissen ein vordergründiges Ziel zahlreicher derartiger Projekte dar (Ausgeführt in Münster 2011a). Eine wichtige Unterscheidung betrifft dabei, dass die erstellten visuellen Medien zumeist gleichermaßen als Lehrmedien zur Wissensvermittlung als auch als Medien zur Wissenskommunikation im Dialog zwischen Experten Verwendung finden. Einen theoretischen Zugang zu beiden Perspektiven und diesbezüglichen Aspekten soll im Kontext dieser Arbeit die Bildungstechnologie als Teildisziplin der Pädagogik bieten.

Mit der Erstellung von Visualisierungen eng verbunden sind die Fragen nach einer Zielgruppe sowie den Qualitäten einer Veranschaulichung. Die Frage nach einer Zielgruppe wird im Zuge einer empirischen Betrachtung noch näher beleuchtet (vgl. Abschn. 5.3.3 sowie 6.4.6). Hinsichtlich der Ergebnisqualität von Modellabbildungen beziehungsweise Visualisierungen bietet sich eine in Abbildung 5 beispielhaft dargestellte Unterscheidung zwischen einer realistischen und einer abstrahierenden Darstellung eines historischen Objektes sowie der *konkretisierenden Veranschaulichung* abstrakter Informationen (Schwan und Buder 2006; Schumann und Müller 2000, S. 16) an.

Realistische Darstellung

Abstrahierende Darstellung



Konkretisierende Veranschaulichung

Abbildung 5 – Qualitäten der Veranschaulichung historischer Objekte[91]

---

[89] Ein derartiges approximatives Vorgehen wird in Absatz 3.3.5.2 vor dem Hintergrund der Entscheidungsfindung noch näher beleuchtet. Kurz auch in CHADAREVIAN, S. D. und HOPWOOD, N.: Models - The Third Dimension of Science, Stanford 2004, S. 2.

[90] Teile dieses Abschnitts wurden veröffentlich in: KÖHLER, T., MÜNSTER, S. und SCHLENKER, L.: Didaktik virtueller Realität. Merkmale einer zielgruppengerechten Gestaltung im Kontext akademischer Bildung, in: REINMANN, G., EBNER, M. & SCHÖN, S. (Hrsg.): Hochschuldidaktik im Zeichen von Heterogenität und Vielfalt. Doppelfestschrift für Peter Baumgartner und Rolf Schulmeister, Norderstedt 2013, S. 97-110, S. 103 ff.

Damit verbunden ist die Frage nach Zielstellung und Vermittlungsabsicht. Während Darstellungen historischer Artefakte in einigen Fällen durch eine Reduktion und Schematisierung komplexe Sachverhalte und Zusammenhänge wie beispielsweise historische Architektursysteme oder Relationen vereinfachen und damit wesentliche Aspekte erkenn- und erfahrbar machen, wird in anderen Fällen gerade die Vermittlung komplexer und lebendiger Eindrücke – beispielsweise historischer Alltagsszenen (de Heras Ciechomski, Schertenleib et al. 2005; Maim, Haegler et al. 2007; Feneley, Chandler et al. 2008) – angestrebt. Dabei sind die Freiheitsgrade und Interaktionsmöglichkeiten des Betrachters zumeist auf eine „Begehung“ derartiger virtueller Welten beschränkt, nur in wenigen Fällen sind komplexere Handlungen wie beispielsweise die Interaktion mit Agenten als Repräsentanten historischer Stämme (Ancona, Mascardi et al. 2010) vorgesehen.

Hinsichtlich des Verwendungszwecks kann ein Bild im Informationsvermittlungsprozess verschiedene Funktionen erfüllen (Wissen 2007, S. 86):[92]

- Motivationsfunktion,
- Zeigefunktion,
- Situierungsfunktion,
- Konstruktionsfunktion.

Mit Blick auf die Rezipierbarkeit visueller Medien verweist Ballstaedt darauf, dass Informationen mittels Bildern schneller und eindeutiger vermittelt werden als mittels sprachlicher Formulierungen (Ballstaedt 1997, S. 199). Ähnlich weist Niegemann auf die „sinnliche, anschauliche Aussagekraft von Formen, Farben und Texturen" (Niegemann 2004, S. 176) hin. Dabei können Bilder nach Ansicht von Ballstaedt „besser behalten werden als Wörter“ (Ballstaedt, S. 136, mit Verweis auf: Wippich 1984), was beispielsweise von Nelson empirisch nachgewiesen wurde (Nelson, Reed et al. 1976; Nelson 1979). Hinsichtlich der lernförderlichen Gestaltung wird die duale Kodierung in Form einer Kombination von Bildern und anderen Kanälen wie beispielsweise Texten empfohlen, wie sie die *Dual Coding Theory* (Paivio 2006, S. 3 f.) ausführt. Dieser Ansatzes leitet sich aus dem Befund ab, dass eine multicodierte oder multimodale Informationsvermittlung häufig nachhaltigere Lerneffekte bewirkt als die Nutzung nur eines Medienkanales (Niegemann, Domagk et al. 2008, S. 50; Schulz-Zander und Tulodziecki 2009, S. 40 f.).

---

[91] In Anlehnung an: SCHWAN, S. und BUDER, J. 2006. Virtuelle Realität und E-Learning [Online]. http://www.e-teaching.org/didaktik/gestaltung/vr/vr.pdf, besucht am 10. 1. 2014; SCHUMANN, H. und MÜLLER, W.: Visualisierung, Berlin [u. a.] 2000, S. 16.

[92] Ferner ausgeführt in: LEWALTER, D.: Lernen mit Bildern und Animationen. Studie zum Einfluß von Lernermerkmalen auf die Effektivität von Illustrationen, Münster [u. a.] 1997; WEIDENMANN, B.: Abbilder in Multimedia - Anwendungen, in: ISSING, L. J. & KLIMSA, P. (Hrsg.): Information und Lernen mit Multimedia, Weinheim 1995, S. 107-121.

Diesen Vorteilen des Einsatzes visueller Medien steht eine Reihe von potenziellen Schwierigkeiten gegenüber. So verweist Ballstaedt auf die Problematik, dass Bilder verschiedene Interpretationsmöglichkeiten durch den Betrachter zulassen. Ebenso besteht die Gefahr, dass visuelle Medien nur die Oberfläche von Sachverhalten darstellen und so eine „Simplifizierung des Denkens“ (Ballstaedt, S. 138) befördern. Das Ideal einer „objektiven“ und strikt datengeleiteten Darstellung ist jedoch in der Praxis nicht erreichbar. So spricht Rademacher davon, dass „das Bild als Medium […] in höchstem Maße von der Subjektivität seines Autors oder beziehungsweise und der seines Auftraggebers bestimmt ist“ (Rademacher 1988, S. 26),[93] was nicht zuletzt mit Blick auf die vielschichtigen Interpretations- und Interpolationsaufgaben im Kontext von 3D-Rekonstruktionsvorhaben bedeutsam ist.

Gerade für eine Vermittlung komplexer historischer Sachverhalte für die Allgemeinheit, aber auch in fachwissenschaftlichen Diskursen stellen Bilder und visuelle Medien einen wichtigen Zugang dar. 3D-Modelle beziehungsweise deren Abbilder können historische Sachverhalte anschaulich vermitteln (El Darwich 2005) und sind für den Betrachter gut merk- und vergleichbar sowie im Fall digitaler Medien einfach weiterzugeben („widely distributable“) (Packer 2006, S. 320).

Wie bereits ausgeführt, muss im Gegensatz zu in Textform gefassten Forschungsergebnissen bei einer 3D-Rekonstruktion selbst bei fehlenden oder inkonsistenten Befunden zumeist eine Entscheidung zur historischen Gestalt getroffen werden. Somit sind 3D-Modelle und damit verbundene Visualisierungen keine holistischen Darstellungen (Favro 2006, S. 326), sondern stellen nur Hypothesen beziehungsweise Interpretationen dar (ausgeführt u. a. in Frischer, Abernathy et al. 2006, S. 166). Eine damit verbundene Problematik ist, dass 3D-Visualisierungen als Modelldarstellungen aufgrund ihrer hohen Suggestionskraft (Boschung und Nußbaum 2010; Favro 2006, S. 326) dem Betrachter eine „nomothetische“ Allgemeingültigkeit vorspiegeln.[94]

---

[93] Der Gradient einer derartigen „Subjektivität“ umfasst eine extrem weite Spanne zwischen unvermeidlichen, erwünschten, erlaubten und unerlaubten Abweichungen von einer „Objektivität“ und ist hinsichtlich einer Verortung weder auf das Medium des Bildes noch auf einen speziellen Prozessschritt oder ein Attribut beschränkt. Mit der Problematik der Manipulation beschäftigt sich speziell auf das Medium Bild bezogen eine ganze Reihe von Arbeiten. Beispielhaft dafür: DEUSSEN, O.: Bildmanipulation. Wie Computer unsere Wirklichkeit verzerren, Berlin 2007. Eine differenzierte Betrachtung zum Manipulationspotenzial spezifisch wissenschaftlicher Visualisierungen führen Groß und Schäfer vor dem Hintergrund medizinischer Bilddarstellungen auf: GROß, D. und SCHÄFER, G.: Das Gehirn in bunten Bildern. Farbstrategien und Farbsemantiken in den Neurowissenschaften, in: GROß, D. & SCHÄFER, G. (Hrsg.): Vom Bild zur Erkenntnis? Visualisierungskonzepte in den Wissenschaften, Kassel 2007, S. 271-282, S. 273.

[94] Zu den Begriffen und Ansätzen der nomothetischen vs. ideographischen Forschung: LAMNEK, S.: Qualitative Sozialforschung. Lehrbuch, Weinheim 2005, S. 245; BORTZ, J. und DÖRING, N.: Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler, Heidelberg 2009, S. 298 ff.

Den Forschungs- und Interpretationsprozess ebenso wie die zugrunde liegenden Quellinformationen und deren Qualitäten zu zeigen, stellt einen gerade mit Blick auf die Verwendung in wissenschaftlichen Kontexten sowie in der Hochschullehre häufig und kontrovers diskutierten Aspekt dar. Nicht zuletzt ist damit auch die Frage verbunden, inwieweit ein derartiges Interpretationsergebnis als Hypothese erkennbar sein und ob dies optisch – (foto-)realistisch oder schematisch – dargestellt werden sollte (Münster und Köhler 2011).

3.2.4 Wissens- und Informationstransfer in Netzwerken

Wie bereits vor dem Hintergrund der Betrachtung wissenschaftlicher Prozesse ausgeführt (vgl. Abschn. 3.2.2), stellen Veröffentlichungen die „wichtigsten Produkte wissenschaftlicher Arbeit“ (Deutsche Forschungsgemeinschaft 1998, S. 10) und somit – mit einigen, bereits ausgeführten Einschränkungen – einen wesentlichen Indikator wissenschaftlicher Aktivität dar. Entsprechend bildet die Betrachtung von Autorschaft in der vorliegenden Arbeit die Grundlage für die Untersuchung zur Vernetzung wissenschaftlicher Akteure im Forschungsfeld. Dabei wird von der Annahme ausgegangen, dass die gemeinsame Autorschaft eine soziale Interaktion sowie Informationstransfers zwischen den Beteiligten beinhaltet. Diese Thematik lässt sich unter einer ganzen Reihe wissenschaftlicher Perspektiven betrachten. Im Folgenden aufgezeigt werden zunächst Ansätze und Untersuchungen, die sich speziell mit Qualitäten von sozialen Verbindungen zwischen Personen und deren Auswirkungen auf den Informationstransfer beschäftigen. Wesentlich ist dafür die im einleitenden Abschnitt ausgeführte Unterscheidung zwischen Information und Wissen (vgl. Abschn. 3.2.1), wonach Wissen im Gegensatz zu Information für einen Rezipienten nicht nur verständlich, sondern auch anknüpfbar und relevant ist. Entsprechend ist bei den im Folgenden vorgestellten Ansätzen die Unterscheidung relevant, ob diese einen Wissenstransfer oder einen Informationstransfer beleuchten. Neben relationalen Ansätzen, die insbesondere die Verbindung und Informationsweitergabe zwischen Personen thematisieren, stellen subjektorientierte Ansätze Rolle und Funktion von Akteuren im Kontext von Wissens- und Informationstransfers in den Mittelpunkt. Eine dritte Perspektive stellen dabei Betrachtungen zur Struktur von Akteursnetzwerken dar, anhand der sich Vernetzungen und Topologie ableiten lassen.

3.2.4.1 Informationstransfer in Netzwerken: relationale Ansätze

Einen Ansatz zur Ermittlung von Qualitäten sozialer Verbindungen und Wissenstransfers in professionellen Netzwerken stellt Mark Granovetters *„Strength of the weak ties“*-Hypothese (Granovetter 1973) dar.[95] Während dieser Aufsatz primär eine theoretische Klassifikation und Dimensionierung eines netzwerkanalytischen Forschungsansatzes vornimmt, liefert die von Granovetter 1974 veröffentlichte Untersuchung zu beruflichen Netzwerken eine

[95] Ein Addendum zu den der Erstveröffentlichung folgenden Diskursen publizierte Granovetter 1983: GRANOVETTER, M. S.: Strength of the weak ties. A network theory revisited, in: Sociological Theory 1 (1983), S. 201-233.

praktisch-empirische Implikation (Granovetter 1974; Granovetter 1995). Demnach sind insbesondere wenig intensive Kontakte (*weak ties*) wichtig für ein berufliches Vorankommen.[96]

Die Untersuchung von Granovetter steht dabei in der Tradition einer ganzen Reihe soziologischer Forschungen zum Informationstransfer in sozialen Gruppen.[97] Nicht zuletzt vor dem Hintergrund großer und öffentlich zugänglicher virtueller sozialer Netzwerke wie Facebook und Twitter lassen sich derartige Informationstransfers vielschichtig untersuchen (Steeg und Galstyan 2012), wobei insbesondere quantitativ-statistische Ansätze zur Ermittlung und Analyse einer damit verbundenen Entropie Verwendung finden (Schreiber 2000). Eine wesentliche Grundlage derartiger Untersuchungen bildet die Protokollierung von Informationstransfers. Während dies für ausschließlich elektronische Verbreitungskanäle wie die beschriebenen virtuellen sozialen Netzwerke vergleichsweise einfach möglich ist, lassen sich Informationstransfers in vielschichtig und wenig standardisiert kommunizierenden Gruppen wie beispielsweise wissenschaftlichen Gemeinschaften auf diese Weise nur unvollständig rekonstruieren. Speziell mit dem Informationstransfer innerhalb wissenschaftlicher Gemeinschaften beschäftigen sich daher eine ganze Reihe vor allem qualitativer Untersuchungen. So skizziert Talja (Talja 2002) Grade der Beteiligung von Wissenschaftlern am Informationsaustausch und charakterisiert Motivationen eines derartigen Austauschs. Als befördernden Faktor des (wissenschaftlichen) Austauschs identifiziert Solomon (Solomon 1997) eine gemeinsame Verständigungsbasis im Sinne einer gemeinsamen Sprache und Fachkultur (Vgl. Abschn. 3.1.2). Einen ähnlichen Ansatz verfolgen Arbeiten, die den Beitrag einzelner Autoren an Publikationen bemessen. Ein Klassifikationsschema für individuelle Anteile an kooperativen Publikationen bietet Hunt (Hunt 1991), wobei ein Beitrag zu einem Artikel nach Ansicht von Egghe et al. (Egghe, Guns et al. 2012) nicht nur inhaltliche Aspekte umfasst, sondern auch, wie bereits in Abschnitt 3.2.2 thematisiert, eine Erhöhung der Sichtbarkeit beispielsweise durch das Einbringen eines renommierten Namens bedeuten kann.

3.2.4.2 Informationstransfer in Netzwerken: subjektorientierte Ansätze

Einen anderen, subjektorientierten Ansatz verfolgt die auf Lazarsfeld und Katz (Katz und Lazarsfeld 1955; Lazarsfeld, Berelson et al. 1969) zurückgehende Theorie von Meinungsführerschaft beziehungsweise *Opinion Leadership*. Vertreter dieses Ansatzes sprechen einzelnen Individuen beziehungsweise Meinungsführern einen bedeutenden Einfluss auf die Meinungsbildung in ihrer sozialen Umgebung zu (Zhang und Dong 2008).

[96] Während der empirische Nachweis eines Informationstransfers innerhalb derartiger Netzwerke bis heute weitgehend anerkannt ist bzw. durch weitere empirische Untersuchungen belegt wurde, werden die Implikationen Granovetters zu Dimensionen und Clustering hinsichtlich „starker“ und „schwacher“ Beziehungen mitunter kritisiert. Hierzu bspw.: TERPE, S. und STEINER, C.: Netzwerkstruktur und Informationsgehalt. Wann werden Beziehungen zur Ressource?, Bielefeld 2005.

[97] Eine detaillierte Darstellung der ideengeschichtlichen Tradition findet sich bei: STÜTZER, C.: Informations- und Wissenstransfer innerhalb von Lernmanagementsystemen (Dissertation), Dresden 2013.

Merkmale derartiger Meinungsführer umfassen Aspekte tatsächlicher oder zugesprochener Kompetenz ebenso wie Einfluss innerhalb ihrer sozialen Umgebung,[98] wesentlich ist ferner eine intensive Kommunikation. Eine Untersuchung von Meinungsführerschaft erfolgt häufig mittels qualitativer Methoden beziehungsweise Befragungen (Kim 2007). Eher selten und zumeist in Verbindung mit Primärdaten finden dabei auch Methoden der sozialen Netzwerkanalyse Verwendung (Kim 2007; Abdel-Ghany 2012). Häufig mit der Frage nach Informationstransfers verknüpft sind Ansätze zur Untersuchung von Adoptions- und Diffusionsprozessen, die ein wesentliches Themenfeld der Techniksoziologie darstellen und mit einer Vielzahl von Theorien untersetzt sind. So beschreibt beispielsweise Rogers Adoptions- und Diffusionsprozesse sowie die Phasen und Akzeptanzniveaus bei der Einführung neuer Technologien in der Gesellschaft (Rogers 1962).[99] Speziell für das Feld der *Digital Humanities* untersuchten Arnold und Geser Adoptionsprozesse in Anlehnung an diese Theorie (Arnold und Geser 2008).

Eine ähnliche Richtung verfolgt der aus der Nachrichtenforschung stammende Ansatz der Pförtner beziehungsweise *Gatekeeper* – diese Bezeichnung wird auf Personen angewandt, die Schlüsselpositionen des Informationstransfers innehaben. Damit verbundene wesentliche Eigenschaften sind die Weiterleitung beziehungsweise Nicht-Weiterleitung von Informationen. Erste Ansätze reichen zurück bis zu einer Untersuchung journalistischer Informationsselektionsprozesse in den 1940er Jahren,[100] wobei sich im Kontext der ursprünglichen *Gatekeeper*-Theorie inzwischen eine Vielzahl weiterer Theorien und Erklärungsansätze entwickelt haben (Lasorsa 2002). Anders als bei vielen anderen Untersuchungsansätzen sind *Gatekeeper* als Personen an Informations-Schnittstellen häufig bekannt, beziehungsweise anhand von Strukturinformationen vermutbar. Primärer Untersuchungsgegenstand ist daher deren Umgang mit Information, wobei anders als bei relationalen Ansätzen die subjektiven Motive und Kriterien der Auswahl von Interesse sind (Shoemaker 1991).

3.2.4.3 Die Struktur sozialer Netzwerke

Neben dieser eher subjektorientierten Sichtweise beschäftigen sich zahlreiche Forschungsarbeiten mit strukturellen Aspekten des Informationstransfers in sozialen Netzwerken. Rogers und Kincaid (Rogers und Kincaid 1981) skizzieren soziale Netzwerk als Verbände von Individuen, die durch – verschiedenen Mustern folgende – Informationsflüsse verbunden sind. Eine Möglichkeit zur topologischen Beschreibung von Netzwerken stellt der

[98] In der Literatur werden dabei eine Reihe elaborierter Klassifikationsschemata für begünstigende Faktoren von Opinion Leaders angeboten. Beispielhaft dafür: WEIMANN, G.: The influentials. People who influence people, Albany 1994; ROGERS, E. M.: Diffusion of innovations, New York 2003.

[99] Eine ausführliche Darstellung von Adoptions- und Diffusionstheorien im Kontext der Untersuchung von eLearning-Anwendung: FISCHER, H.: E-Learning im Lehralltag. Analyse der Adoption von E-Learning in der Hochschullehre, Wiesbaden 2013.

[100] Zur Ideengeschichte: ROBERTS, C.: Gatekeeping theory. An evolution, Los Angeles 2005.

Ansatz der *Scale free networks* dar, der auf Barabasi und Albert (Barabasi und Albert 1999) zurückgeht. Dieser beschreibt die Struktur und Eigenschaften von Netzwerken, in denen einzelne Knoten beziehungsweise Akteure einen höheren Vernetzungsgrad als andere aufweisen – was charakteristisch für die Mehrheit sozialer Netzwerke ist. Aus topologischer Perspektive sind in Netzwerken *Multiplikatoren* erkennbar, die sich durch ihren hohen Vernetzungsgrad sowie eine Position an Schnittstellen auszeichnen. Damit eng verbunden führen Strogatz sowie Newman (Newman 2001b) den Effekt des *Funneling* aus, nach dem bestimmte Personen als Bindeglied beziehungsweise *Hub* zwischen einer Vielzahl weiterer Forscher fungieren und diese miteinander in Kontakt bringen. Eine Symbiose zwischen derartiger strukturalistischer und transferorientierter Sicht stellen Stützers (Stützer, Carley et al., Im Druck) Untersuchungen zu *Informationsbrokern* dar, welche diese an Schnittstellen befindlichen Personen als wesentlich für einen Informationstransfer in sozialen Netzwerken identifizieren. Gleichwohl strukturelle Befunde sowie relationale und subjektorientierte Ansätze eine Beförderung von realen Informationstransfers durch *Multiplikatoren* nahelegen, gestaltet sich ein empirischer Nachweis von Inhalten und Intensitäten derartiger Transfers schwierig. Einen Ansatz stellt die Verknüpfung von struktureller Graphenanalyse und qualitativer Analyse von Informationstransfers dar, die beispielsweise in der hinsichtlich des Untersuchungssamples prototypischen Arbeit von Lei und Xin (Lei und Xin 2011) angewandt wurde.

3.2.5 Wissensmodelle im Arbeitsprozess

Während theoretische Bezüge zu Informationstransfers und Strukturen von Netzwerken im Kontext dieser Arbeit insbesondere für die Untersuchung einer Wissenschaftslandschaft Relevanz besitzen, stellt sich mit Blick auf ein Erstellungsvorgehen für 3D-Rekonstruktionen die Frage, welche Rollen und Funktionen Wissen im Arbeitsprozess einnimmt. Grundsätzlich wird Arbeitsprozesswissen nach Rauner hinsichtlich seiner Explizierbarkeit als praktisches beziehungsweise subjektives Wissen sowie theoretisches beziehungsweise objektives Wissen unterschieden. Im Schnittpunkt beider Wissensdimensionen steht dabei der *kontextbezogene* und *explizite Wissenseinsatz* (Rauner 2004, S. 14, aus Gücker 2007, S. 103). Für eine derartige zielgerichtete Wissensanwendung ist gerade bei interdisziplinären und wissensintensiven Projekten wie 3D-Rekonstruktionsvorhaben eine Abstimmung der individuellen Wissensbestände sowie Konzepte aller Beteiligten nötig.[101] Vor der Betrachtung theoretischer Ansätze zur Wissenssteuerung und -integration im Arbeitsprozess sollen im Folgenden mit den Konzepten des individuellen und kollektiven *mentalen Modells* sowie des *Transaktiven Gedächtnisses* zunächst diesbezüglich relevante Modelle sowie Organisationsbeschreibungen für Wissensbestände beleuchtet werden.

[101] Hierzu führt Niccolucci aus: „This adds a […] mediation level between the past and its understanding. Those in charge of this operation – the modellers – may have their own preconceptions that may influence the final result.", aus: NICCOLUCCI, F.: Setting Standards for 3D Visualization of Cultural Heritage in Europe and Beyond, in: BENTKOWSKA-KAFEL, A., DENARD, H. & BAKER, D. (Hrsg.): Paradata and Transparency in Virtual Heritage, Burlington 2012, S. 23-36, S. 28.

3.2.5.1 Mentale Modelle

Mentale Modelle beschreiben den intrapersonalen Wissenseinsatz zur Lösung von Problemen beziehungsweise zum Treffen von Entscheidungen. Der Begriff der *mentalen Modelle* entstammt ursprünglich der Psychologie und umfasst die Komponenten einer mentalen Repräsentation der Umwelt („Environment“) sowie eines erwarteten Verhaltens (Holyoak 1984, S. 193). Rouse and Morris sehen in *mentalen Modellen* Mechanismen „whereby humans generate descriptions of system purpose and form, explanations of system functioning and observed system states, and predictions of future system states“ (Rouse und Morris 1986, S. 360). Wegen seiner Reichweite wird der Ansatz häufig als ein gesamtheitliches Erklärungsmodell für *Wissen* gesehen (Klimoski und Mohammed 1994, S. 405, als Gegendarstellung: Doyle und Ford 1998, S. 18), wobei bezüglich einer genauen Definition sehr unterschiedliche Auslegungen existieren (Badke-Schaub, Neumann et al. 2007, S. 7).

Für eine Begriffsverwendung wesentlich scheint, dass derartige Modelle kognitives, introspektiv abrufbares Wissen (Doyle und Ford 1998, S. 18) bezeichnen und hinsichtlich eines Definitionsumfangs damit rein *implizites* Wissen ausschließen. Eine wichtige Komponente besteht darin, dass *mentale Modelle* in ihrer Funktion als Problemlösungsverfahren aufgrund der begrenzten Verarbeitungskapazität des Arbeitsgedächtnisses nur eine begrenzte Komplexität besitzen (Doyle und Ford 1998, S. 18 f., vgl. auch Abs. 3.3.5.2).

3.2.5.2 Geteilte *mentale Modelle*

Neben individuellen Wissensmodellen entwickeln Arbeitsgruppen auch überlappende, beziehungsweise geteilte Wissensbereiche und -modelle. Derartige *Team Mental Models* beziehungsweise *Shared Mental Models*[102] umfassen nicht nur geteilte Informationen, sondern auch gemeinsame Vorstellung zu Relationen sowie Metawissen zu – im folgenden Abschnitt noch ausgeführten – Wissensstrukturen im Team.[103] Dies umfasst sowohl *deklaratives* und *prozedurales* als auch *strategisches* Wissen zu Beziehungen, Arbeitsaufgaben, Instrumenten und zur Situation (Mohammed und Dumville 2001, S. 89). In einer ganzen Reihe von Studien wurde die Förderlichkeit von derartigen geteilten Modellen insbesondere mit Blick auf eine gemeinsame Vorstellung zu individuellen Bedürfnissen und Kompetenzen der einzelnen Teammitglieder nachgewiesen (Banks und Millward 2007, S. 96).

---

[102] Der Begriff geht zurück auf: CANNON-BOWERS, J. A., SALAS, E. und CONVERSE, S. A.: Cognitive psychology and team training. Shared mental models in complex systems, in: Human Factors Bulletin 33 (1990), S. 1-4.

[103] Mohammed et al. sprechen in diesem Zusammenhang von „key elements of the team's relevant environment”, aus: MOHAMMED, S. und DUMVILLE, B. C.: Team mental models in a team knowledge framework. Expanding theory and measurement across disciplinary boundaries, in: Journal of Organizational Behavior 22 (2001), S. 89-106, S. 90.

Derartige geteilte Modelle entwickeln sich zumeist erst im Verlauf von Zusammenarbeitsprozessen und bleiben in ihrer Gesamtheit häufig implizit (Mohammed und Dumville 2001, S. 89 f.). Bemerkenswert ist die Einschätzung, dass insbesondere *prozedurales* Erfahrungswissen eine wesentliche Rolle für eine Adaptierbarkeit von geteilten Wissensmodellen spielt. So führen Banks et al. (Banks und Millward 2007, S. 102) aus, dass derartige Modelle weniger durch ein Verstehen und Nachvollziehen der Bedürfnisse von anderen Teammitgliedern, sondern vielmehr durch ein bloßes Kennen dieser Bedürfnisse geprägt sind. Konsequenzen für diese Arbeit stellen insbesondere die starke Bedeutung von durch Erfahrung gelerntem prozeduralem Wissen sowie von Metawissen zu Wissensbedarfen und -angeboten der Teamkollegen und deren Kommunikation dar.

3.2.5.3 Transaktives Gedächtnis[104]

Hinsichtlich des Erklärungsansatzes eng mit den geteilten *mentalen Modellen* verwandt ist das Konzept des *Transaktiven Gedächtnisses* („Transactive memory“) – eine Kombination aus dem individuellen Wissen der Teammitglieder und dem Kollektivwissen um Wissens- und Kompetenzträger (Wegner 1986, S. 186). Die Zuweisung der Rolle als Wissens- beziehungsweise Kompetenzträger erfolgt anhand von „sichtbare[n] Merkmale (z. B. Alter, Geschlecht), Aufgaben, Expertise basierend auf Vorrang, Dauer und Bewusstsein der Informationen, Expertise basierend auf Rollen und explizite Ausweisung des Wissens, z. B. über einen Abschluss“ (Reitmaier 2011, S. 56 mit Verweis auf Wegner 1995, S. 326 ff.). Bemerkenswert ist, dass derartige Zuschreibungen sowohl implizit als auch explizit erfolgen können (Peltokorpi 2008, S. 379). Zudem erfolgen derartige Zuschreibungen temporär und sind beispielsweise an den sukzessiven Nachweis einer Expertise geknüpft. Darüber hinaus können ähnliche Rollen beziehungsweise Funktionszuschreibungen auch mehreren Personen übertragen werden. Generell stellen derartige Allokationen bilaterale Prozesse dar, bei denen ein Experte von einer Gruppe einerseits anerkannt wird, andererseits Verantwortlichkeit für „*encoding, retrival and storage of information*“ (Peltokorpi 2008, S. 379) innerhalb seines Wissensgebietes übernimmt.

Ein wichtiges Instrument stellt dabei Kommunikation dar, welche einerseits die Basis für die Weitergabe von Informationen an die jeweils Verantwortlichen beziehungsweise Kompetenzträger bildet, andererseits eine Einbeziehung und Konsultation von derartigen Personen ermöglicht, wenn deren Kompetenzen benötigt werden (Wegner 1995, S. 329 ff.). Nicht zuletzt sind damit in der Praxis häufig Phänomene wie die Konsultation von mehreren Experten für ein und dasselbe Problem und die höhere Wichtung formaler Expertise gegenüber tatsächlicher Expertise (Palazzolo 2005, S. 752 f.) korreliert.

---

[104] Ich danke Dr. Martina Reitmeier für den Hinweis auf den Erklärungsansatz und diesbezüglich relevante Literatur. Eine ausführliche Betrachtung *Transaktiver Gedächtnissysteme* findet sich in: REITMAIER, M.: Erstellung von digitalen Lernangeboten. Empirische Untersuchung der Projektphasen, Personen und Interaktionen bei Medienentwicklungsprojekten, Qualitätsaspekte und deren Zusammenhänge mit den Projektprozessen (Dissertation), Bergen [u. a.] 2011, S. 55 f.

Summierend ist in einem *Transaktiven Gedächtnis* Objekt- und Metawissen inkorporiert, wobei zu beiden Wissensarten neben intrapersonalem auch geteiltes Wissen vorhanden sein muss, um eine „Kommunikationsbasis“ sowie einen „Zugang“ zu ermöglichen (Piontkowski, Böing-Messing et al. 2003, S. 62). Der Ansatz des *Transaktiven Gedächtnisses* stimmt darin weitgehend mit dem Ansatz der geteilten *mentalen Modelle* überein. Eine originäre Unterscheidung betrifft die Externalisierung beziehungsweise Speicherung von Wissen. Demnach ist in vielen Fällen von Expertise eine Person nicht Wissensträger, sondern verfügt vielmehr über Metawissen zur Adressierung und Verarbeitung von extern gespeichertem Wissen (Wegner 1986, S. 188).

3.2.6 Wissensmanagement

Während das Konzept des *Transaktiven Gedächtnisses* ebenso wie geteilte *mentale Modelle* eine Klassifikation sowie Organisationsbeschreibung für Wissensbestände thematisiert, beschreibt Wissensmanagement die „Gesamtheit organisationaler Strategien zur Schaffung einer ‚intelligenten‘ Organisation“ (Willke 1998, S. 39) und somit eine ganze Reihe von Handlungsfeldern, die sich mit der Steuerung von Wissen und Wissenseinsatz beschäftigen. Ideengeschichtlich stellt Wissensmanagement einen multidisziplinären Forschungsansatz dar, der einen engen Bezug insbesondere zur Wirtschaftswissenschaft aufweist, daneben aber auch von Seiten der Psychologie oder Pädagogik aufgegriffen wurde.[105] Reinmann-Rothmeier unterscheidet im *Münchner Modell des Wissensmanagements* die vier diesbezüglichen Kernprozesse Wissensrepräsentation, -kommunikation, -generierung und -nutzung (Tabelle 12).

Wissensrepräsentation	Kodifizierung, Dokumentation und Speicherung von Wissen
Wissenskommunikation	Verteilung von Information und Wissen Vermittlung von Wissen Wissensteilung Ko-Konstruktion von Wissen Wissensbasierte Kooperation
Wissensgenerierung	Prozesse der externen Wissensbeschaffung Einrichten spezieller Wissensressourcen im Unternehmen
Wissensnutzung	Umsetzung von Wissen in Entscheidungen und Handlungen Transformation von Wissen in Produkte und Dienstleistungen

Tabelle 12 – Kernprozesse des Wissensmanagements[106]

[105] Beispiele für Einsatzszenarien in den drei beschriebenen Kontexten stellen dar: REINMANN, G. und MANDL, H.: Psychologie des Wissensmanagements. Perspektiven, Theorien und Methoden, Göttingen [u. a.] 2004; WIATER, W.: Wissensmanagement. Eine Einführung für Pädagogen, Wiesbaden 2007; HASLER ROUMOIS, U.: Studienbuch Wissensmanagement. Grundlagen der Wissensarbeit in Wirtschafts-, Non-Profit- und Public-Organisationen, Zürich 2010.

[106] Nach: REINMANN-ROTHMEIER, G.: Wissen managen. Das Münchener Modell, München 2001, S. 22ff.; MANDL, H. und REINMANN-ROTHMEIER, G.: Wissensmanagement. Modewort oder Element der lernenden Organisation?, in: Personalführung 12 (1999), S. 18-23, S. 18 ff., Zusammenfassung nach: ZIEGLER, S.: Lernen bei Gregory Bateson und lernende Organisation. Die Veränderung sozialer Systeme durch organisationales Lernen (Dissertation), Paderborn 2006, S. 23.

3.2.6.1 Wissenskooperation

Das Konzept der Wissenskooperation stellt ein noch recht junges Handlungsfeld des Wissensmanagements dar, dessen Anfänge aus den 1990er Jahren datieren.[107] Zu definieren ist Wissenskooperation nach Moser als das „Ausmaß, in dem die Mitarbeitenden das eigene Wissen in den Arbeitsprozess einbringen und sich gegenseitig mit dem eigenen Wissen unterstützen […]“ (Moser 2002, S. 98). Dabei geht es Moser um eine Kooperation, „auch wenn kein direkter und unmittelbarer persönlicher Nutzen ersichtlich ist“ (Moser 2002, S. 98), was im Gegensatz zum Konzept des Wissenstransfers steht, der das Einbringen von Wissen durch eine Person ungeachtet von einer möglichen Motivation betrachtet. Wie in Abbildung 8 dargestellt, zeigt das Modell der Wissenskooperation nach Moser eine Reihe von Einflussfaktoren auf. In der Realität spiegelt sich Wissenskooperation insbesondere in Wissensgemeinschaften als freiwilligen und selbstorganisierten Arbeitsgruppen wider (vgl. Abschn. 3.3.2 sowie Lembke 2005) und besitzt im Kontext dieser Arbeit beispielsweise für die Erklärung von Wissensphänomenen in einer *Scientific Community* Relevanz.

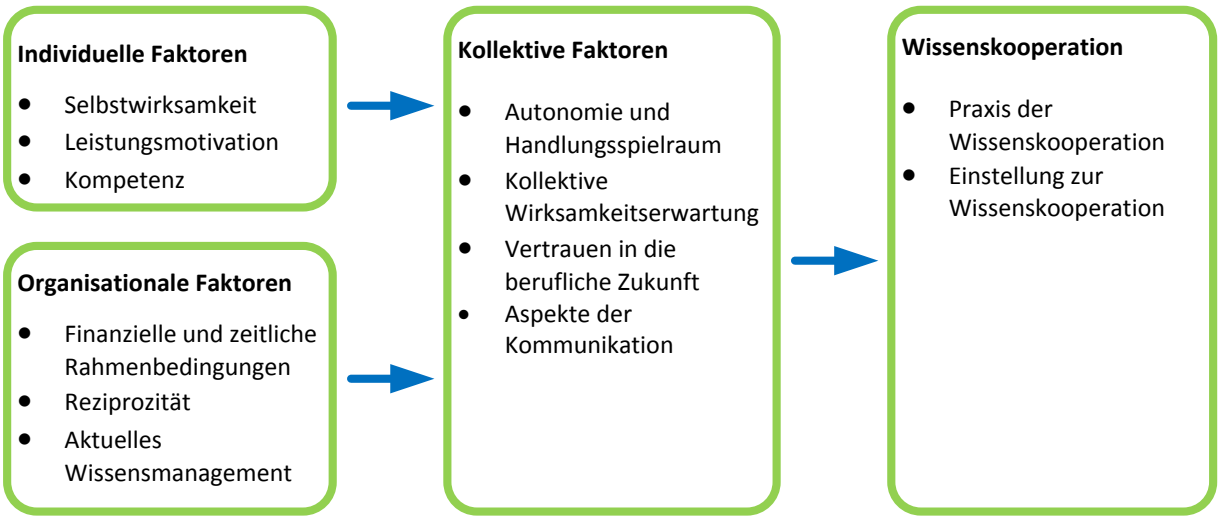


Abbildung 6 – Einflussfaktoren der Wissenskooperation[108]

[107] Eine ausführliche Ideengeschichte zeigt Lembke auf: LEMBKE, G.: Wissenskooperation in Wissensgemeinschaften. Förderung des Wissensaustausches in Organisationen, Wiesbaden 2005, S. 17 ff. sowie S. 39 ff.

[108] MOSER, K. S.: Wissenskooperation. Die Grundlage der Wissensmanagement-Praxis, in: LÜTHY, W., VOIT, E. & WEHNER, T. (Hrsg.): Wissensmanagement-Praxis. Einführung, Handlungsfelder und Fallbeispiele, Zürich 2002, S. 108-111, S. 105.

3.2.6.2 Wissensintegration

Ein arbeitsbezogener Wissensbegriff umfasst „Erfahrungen, Wertvorstellungen, kontextsensitive […] Informationen und fachmännische […] Einsicht“ (Reitmaier 2011, S. 54 mit Verweis auf (Davenport und Prusak 2000, S. 5).[109] Vor diesem Hintergrund thematisiert der Ansatz der Wissensintegration beziehungsweise „knowledge contribution“ die Einbringung individuellen Wissens der Akteure in einen Arbeitsprozess (Chang, Yen et al. 2013, S. 260) und die Schaffung einer gemeinsamen Wissensbasis (Bromme, Menold et al. 2009, S. 122).

Wesentliche Elemente einer Wissensintegration sind dabei die bereits thematisierte Schaffung geteilter *mentaler Modelle* sowie eines *Transaktiven Gedächtnissystems* als Kollektivwissen um Wissens- und Kompetenzträger innerhalb eines Arbeitsteams (vgl. Abschn. 3.2.5 sowie Bromme, Menold et al. 2009, S. 122). Im Gegensatz zu den im folgenden Abschnitt ausgeführten Modellen des organisationalen Lernens (vgl. Abschn. 3.2.7) als Beschreibung von Wissenstransformation stellt der Ansatz der Wissensintegration Transaktions- beziehungsweise Kommunikationsphänomene in interdisziplinären Teams und deren Steuerung in den Mittelpunkt der Betrachtung. Wesentliche Voraussetzung für eine Wissensintegration ist die Schaffung interdisziplinärer Kommunikationsschnittstellen (vgl. Abschn. 3.1.2). Einen der Betrachtungsschwerpunkte diesbezüglicher Forschung stellen Wissensintegrationsprozesse in interdisziplinären akademischen Arbeitsteams dar (Janssen und Goldsworthy 1996; Amabile, Patterson et al. 2001). In beiden Studien werden insbesondere die Notwendigkeit einer Schaffung gemeinsamer Schnittstellen (vgl. hierzu auch Abs. 3.1.2.3) und von Instrumenten eines Konfliktmanagements (bspw. Amabile, Patterson et al. 2001, S. 428) ebenso wie eine realistische Definition von Projektzielen (Janssen und Goldsworthy 1996, S. 278) als förderliche Faktoren für Wissensintegration benannt.

3.2.6.3 Dokumentation

Die Dokumentation eines wissenschaftlichen Vorgehens ist eine grundlegende Anforderung im Kontext des Forschungshandels. Dies umfasst nicht nur die Sicherung von Primärdaten (Deutsche Forschungsgemeinschaft 1998, S. 12), sondern insbesondere die transparente Dokumentation des Vorgehens. Speziell mit Blick auf 3D-Rekonstruktionen besagt es, dass im Ideal alle „Quellen, Entscheidungen, Abläufe“ sowie „Methoden“ dargestellt und mit Blick auf mögliche Fehler kritisch beleuchtet werden (Pfarr-Harfst 2013, S. 4).[110] Erst die Dokumentation macht einen Sachverhalt nachvollziehbar. Dafür muss sie eine Reihe von Qualitäts- und Konsistenzkriterien erfüllen (Gaus 2005, S. 13, aus: Pfarr 2009, S. 31). Eine wesentliche Unterscheidung findet mit Blick auf den Adressaten einer solchen

[109] Im Original: „[…] framed experience, values, contextual information, and expert insights […]”, aus: DAVENPORT, T. H. und PRUSAK, L.: Working Knowledge. How Organizations Manage What They Know, Cambridge 2000, S. 5.

[110] Ich danke Frau Dr. Mieke Pfarr-Harfst für die Bereitstellung dieses Textes.

Dokumentation statt. Während im Kontext wissenschaftlicher Arbeit der Fokus auf Nachvollziehbarkeit und Bewertbarkeit der Ergebnisse durch außerhalb des Forschungsvorhabens stehende Personen liegt (Deutsche Forschungsgemeinschaft 1998, S. 8), dienen Dokumentationen im Arbeitsalltag häufig als Prozessdokumente zum Zweck einer internen Wissens- und Ergebnissicherung (Project Management Institute 2004, S. 102). Damit eng verbunden sind sowohl die Frage nach einer Dokumentationsintensität als auch der Aspekt eines Zeitpunktes der Dokumentationsentstehung. Gerade mit Blick auf diesen letzten Punkt stellt eine turnusmäßige Dokumentation zwar eine häufig „unangenehme Pflicht“ dar (Hauschildt und Salomo 2007, S. 521), verhindert jedoch Informationsverlust oder -verfälschung.

3.2.7 Arbeitsbezogene Lernprozesse

Nach einer Betrachtung theoretischer Zugänge zu Wissensanwendung und Transfer sollen im Folgenden Aspekte des Wissenserwerbs beziehungsweise Lernens beleuchtet werden. Lernen wird nach Reinmann „gemeinhin als Erfahrungsprozess aufgefasst, der dazu führt, dass eine Person relativ stabile Dispositionen für direkt beobachtbares Verhalten (Können) oder nicht sichtbares ‚Verhalten‘ (Wissen) aufbaut.“, (Reinmann 2011a, S. 1). Dabei ist im gewählten Kontext von arbeitsbezogenen Kooperationsprozessen weniger ein theoretisches als vielmehr ein praxisbezogenes Lernen relevant. Eine diesbezüglich wichtige Unterscheidungen ist die zwischen dem formellen Lernen als institutionalisierte, curriculare sowie fremdgesteuerte Wissensaneignung (vgl. Kirchhöfer 2004, S. 129) und einem informellen Lernen als „Lernprozesse, die durch das Subjekt als Lernen antizipiert, selbstorganisiert und reflektiert werden, […], an Problemsituationen gebunden sind, aber nicht in eine Institution eingebunden sind.“, (Kirchhöfer 2004, S. 129).[111] Einen diesbezüglich interessanten Aspekt thematisiert das Gesetz des zunehmenden Grenznutzens, auf das Willke (Willke 1998, S. 61) verweist. Dieses besagt, dass die Beteiligten einen maximaler Nutzen beziehungsweise Lerneffekt aus einer Differenz des Wissens vor allem bei annähernd gleichem Wissensstand erzielen können. Eine weitere Unterscheidung betrifft personales und organisationales Lernen. Aus der Vielzahl von Modellen und Ansätzen zur Beschreibung von arbeitsprozess- und kooperationsbezogenen Lerneffekten (Zürcher 2007) besitzen mit Blick auf das Erkenntnisinteresse dieser Arbeit insbesondere die Ansätze des Erfahrungslernens als ganzheitliche Reflexion der „Bedingungs-Handlungs-Resultat-Zusammenhänge“ praktischer Tätigkeit (Kirchhöfer 2004, S. 129) sowie organisationales Lernen als Erklärungsmodell eines kooperativen Lernprozesses unter Einbeziehung *impliziten* und *expliziten* Wissens Relevanz.

[111] In einigen Fällen wird zudem als dritte Form noch ein „non-formales“ Lernen aufgeführt, das hinsichtlich seiner Eigenschaften zwischen den beiden beschriebenen Formen steht. Hierzu: WERQUIN, P.: Terms, Concepts and Models for Analysing the Value of Recognition Programmes, Wien 2007, S. 3 f.

3.2.7.1 Erfahrungslernen

Erfahrungslernen bezeichnet nach Kolb den Prozess „whereby knowledge is created through transformation of experience" (Kolb 1984, S. 38) und ist stark mit informellem Lernen korreliert (Zürcher 2007, S. 24f.). Wesentliche ist dabei, dass Lernen durch Reflexion praktischen Handelns („reflexive practice") erfolgt. Die konzeptuellen Grundlagen des Erfahrungslernens liegen im Pragmatismus und rekurrieren insbesondere auf Arbeiten Lewins und Deweys sowie Piagets (Kolb 1984, S. 21 ff.). Erfahrungslernen ist meist weder auf bestimmte Orte und Tätigkeiten beschränkt ist und zielt vor allem auf eine Vermittlung oder Explikation vormals *impliziten* Wissens. Es kann sowohl individuell und selbstständig als „Reflexion der täglichen Erfahrungen" erfolgen als auch im Rahmen eines durch eine Lehrperson organisierten Lernsettings (Zürcher 2007, S. 24 mit Verweis auf: Neill 2005).

Nach dem von Lewin (Lewin 1951) begründeten und später durch Kolb weiterentwickelten Modell des „erfahrungsbasierten Lernzyklus" verlaufen Prozesse des Erfahrungslernens in vier Schritten (Kolb 1984, S. 21f.):

1. konkrete Erfahrung,
2. Beobachtung und Reflexion,
3. Konzeptionalisierung,
4. aktives Experimentieren.

Speziell eine Beobachtung und Reflexion professionellen Praxislernen hat das Erklärungsmodell des *Reflective Practioneers* zum Gegenstand. Dieses unterscheidet die zwei hinsichtlich einer zeitlichen Verortung unterschiedlichen Modi *reflect in action* und *reflect-on-action*. Dabei bezeichnet *reflect in action* die Neubewertung („reframing") des eigenen Arbeitsvorgehens, wenn während eines Arbeitsprozesses unerwartete oder überraschende Ereignisse eintreten (Schön 1983, S. 131 f.). Dies beinhaltet, dass während eines Arbeitsprozesses eine permanente und unbewusste Reflexion hinsichtlich einer Zielgerichtetheit und Tauglichkeit des eigenen Arbeitshandelns erfolgt, das erst im Fall von Abweichungen zu einer expliziten Reflexion und Neubewertung führt. Während derartige Prozesse während des Arbeitshandelns stattfinden, bezeichnet *reflect-on-action* die retrospektive Bewertung des eigenen Arbeitshandelns (Schön 1983, S. 276 ff.).

3.2.7.2 Modelle des organisationalen Lernens

Insbesondere in interdisziplinären Arbeitsteams setzt die Abstimmung von projektbezogenen Vorstellungen eine Aushandlung von gemeinsamen Definitionen und Austauschformaten zwischen den Beteiligten voraus. Zur Erklärung derartiger Gruppen-Lernprozesse existiert eine Reihe von Ansätzen und Modellen (Snyder 1996, S. 9 ff.), jedoch nach Einschätzung von Bartsch et al. (Bartsch, Ebers et al. 2013, S. 240) noch keine allgemein anerkannte Theorie. Definitorisch wird organisationales Lernen nach Probst und Büchel als „Konstruktion und Veränderung gemeinsamer Vorstellungen und Annahmen über die

Wirklichkeit“ (Probst und Büchel 1994, S. 23 f.) verstanden.[112] Gemeinsame Grundlage der Modelle stellt dar, dass diese kooperatives und abgestimmtes Handeln von Individuen beleuchten. Nicht zuletzt erfolgt organisationales Lernen nach Ansicht von Cyert und March als Reaktion auf Veränderungen durch eine „Anpassung von Zielen“ sowie die „Anpassung von Beachtungs- und Suchregeln“ (Cyert und March 1995, S. 168, zit. n. Ziegler 2006, S. 5). Eine mit Blick auf organisationale Lernprozesse wesentliche Unterscheidung ist die zwischen *implizitem* und *explizitem* Wissen (vgl. Abschn. 3.2.1). Organisationale Lernmodelle zielen gleichermaßen auf eine Explikation beziehungsweise Transferierung von beiden Wissensdomänen sowohl zwischen Personen als auch im Sinne eines transaktionalen Gedächtnisses innerhalb von Institutionen (Bartsch, Ebers et al. 2013, S. 240). Diesbezüglich unterscheiden Nonaka und Takeuchi vier Arten von Transformationsprozessen von Wissen (Wortlaut aus Krickl und Milchrahm 1998, S. 92, nach Nonaka und Takeuchi 1997, S. 74–84)[113]:

- *Sozialisation:* Transfer von implizitem Wissen beispielsweise durch Beobachtung und Nachahmung,
- *Externalisation*: Explikation von vormals implizitem Wissen,
- *Kombination*: Verknüpfung von expliziten Wissensbeständen,
- *Internalisierung:* explizites Wissen wird in implizite Wissensbestände „eingegliedert“, beispielsweise in Bewertungsprozesse.

Dabei sollen aus der Fülle von existierenden Modellen und Ansätzen zur Beschreibung organisationalen Lernens (Ziegler 2006, S. 5 ff.) im Folgenden das Modell nach Argyris und Schön sowie der – originär nicht ausschließlich im Kontext organisationalen Lernens stehende – Ansatz des *Project based learnings* vorgestellt werden.

Project based learning

Der Ansatz des projektbasierten Lernens umfasst alle Formen von Lernen im Kontext eines Projektes als zeitlich begrenzter und zielorientierter Arbeitsprozess. Dabei steht das projektbasierte Lernen keinesfalls nur im Kontext organisationalen Lernens (Thomas 2000, S. 1), auch wenn eine Betrachtung an dieser Stelle primär aus dieser Perspektive erfolgen soll. In diesem Zusammenhang besteht eine der wesentlichen Anforderungen darin, dass in den Projekten gewonnene Wissen in die jeweiligen am Projekt beteiligten Organisationen zu

[112] Eine deutlich differenziertere „Arbeits-“Definition stellen daneben Krickl und Milchrahm auf: KRICKL, O. und MILCHRAHM, E.: Wissensmanagement in Lernenden Organisationen. Eine neue Herausforderung für die Informationswissenschaft?, in: ZIMMERMANN, H. H. & SCHRAMM, V. (Hrsg.): Knowledge Management und Kommunikationssysteme, Workflow Management, Multimedia, Knowledge Transfer. Proceedings des 6. Internationalen Symposiums für Informationswissenschaft (ISI 1998), Prag, 3.- 7. 11. 1998, Konstanz 1998, S. 88-102, S. 91.

[113] Originär in: NONAKA, I. und TAKEUCHI, H.: The Knowledge-Creating Company. How Japanese Companies create the Dynamics of Innovation, New York [u. a.] 1995, S. 83 ff.

integrieren und somit über die zeitliche Dauer des Projektes hinaus nutzbar zu machen (Bakker 2010, S. 28). Wichtige Elemente eines solchen Wissenstransfers über Projektgrenzen hinaus stellen einerseits eine kontinuierliche Personalpolitik und Weiterbeschäftigung von Projektmitarbeitern, andererseits die enge Vernetzung sowie der regelmäßige Austausch zwischen Projektmitarbeitern und Mitarbeitern der Kerninstitution dar (Bartsch, Ebers et al. 2013, S. 247).

Modell nach Argyris und Schön

Eng mit dem Erklärungsmodell einer *Reflecting practice* als Erklärung individueller Wissensprozesse sind die von Argyris und Schön aufgestellten Modelle organisationalen Lernens verbunden. Grundlage stellen dabei *Theories-in-use* oder *Handlungsleitende Theorien* dar, die den Organisationsmitgliedern als gemeinsame Grundlage für Handlungen dienen (Argiris und Schön 1974, S. 7). Derartige Theorien enthalten neben individuellen Dispositionen eine Reihe kollektiver Dispositionen wie beispielsweise Unternehmenswerte oder strategische Ziele und sind zumeist implizit. Wenn Organisationen auf „Veränderungen ihrer Umwelt durch Veränderung ihrer Handlung“ (Ziegler 2006, S. 8) reagieren, kann der damit verbundene Lernprozess auf zwei Arten stattfinden. *Ein-Schleifen-Lernen* beziehungsweise „Single loop learning“ (Reitmaier 2011, S. 88) bezeichnet eine Reaktion und Problemlösung ohne eine Veränderung kollektiver Disposition. Bei einem *Zwei-Schleifen-Lernen*, das Argyris und Schön als das eigentliche organisationale Lernen bezeichnen, wird die kollektive Disposition geprüft und modifiziert. Damit einher geht eine Explikation dieser vormals impliziten *Theories-in-Use*.

3.2.8 Zusammenfassung

Kooperative Rekonstruktionsvorhaben beinhalten im gewählten Kontext sowohl eine wissensintensive Produkterstellung als auch wissenschaftliche Forschung. Vor diesem Hintergrund stellt Wissen ein für empirische Untersuchungen zentrales Konzept dar. Dabei sind mit Blick auf die unterschiedlichen Untersuchungsfelder dieser Arbeit theoretische Ansätze vor allem hinsichtlich eines Betrachtungsrahmens von Arbeitsprozessen sowie wissenschaftlichen „Communities“ von Relevanz (Tabelle 13). Im Folgenden sollen die in diesem Abschnitt aufgezeigten Dimensionen von Wissen sowie die diesbezüglich für die vorliegende Arbeit relevanten theoretischen Konzepte und Ansätze zusammengefasst werden.

Scientific Communities	Arbeitsprozesse
• Wissens- und Informationstransfers in Netzwerken	• Wissensmodelle im Arbeitsprozess • Wissensmanagement • Arbeitsbezogene Lernprozesse

Tabelle 13 – Wissensdimensionen dieser Untersuchung

Wissensmodelle

Mentale Modelle stellen ein inzwischen populäres Erklärungsschema sowohl intrapersonalen als auch kollektiven Wissens dar. Derartige Modelle beinhalten nicht nur eine mentale Repräsentation der Umwelt, sondern auch Verknüpfungen zwischen diesen Wissensentitäten. Sie bieten somit die Möglichkeit, aus diesen Wissensbeständen individuelle oder kollektive Schlussfolgerungen zu ziehen. Einen integrativen Erklärungsansatz zur Bedeutung sowohl individuellen als auch kollektiven Wissens in einem Arbeitsprozess stellt das Modell des *Transaktiven Gedächtnisses* dar. Bei diesem Ansatz kommt insbesondere dem kollektiven Wissen um individuelle Wissensträger eine wesentliche Bedeutung zu.

Arbeitsbezogene Lernprozesse

Im Unterschied zu Wissensmodellen beschreiben Lernprozesse den Aufbau und die Veränderung von Wissen. Dabei ist im Kontext arbeitsbezogener Kooperationsprozesse vor allem die Betrachtung praxisbezogenen Lernens relevant. Eine wesentliche Grundidee aller hier untersuchten Lernmodelle stellt dar, dass praxisbezogenes Wissen sowohl *explizites* beziehungsweise explizierbares als auch *implizites* Wissen umfasst, wobei eine derartige Unterscheidung sowohl in Bezug auf persönlichen Wissensaufbau als auch mit Blick auf Wissensweitergabe oder kollektive beziehungsweise organisationale Lernprozesse relevant ist. Dementsprechend ist die „Bewusstmachung“ von individuellem beziehungsweise kollektivem Wissen und damit die Transferierbarmachung von Wissen ein zentrales Element dieser Lerntheorien.

Wissens und Informationstransfers in Netzwerken

Scientific Communities sollen im Kontext dieser Arbeit vor allem im Hinblick auf kooperative Autorschaft untersucht werden. Dies beinhaltet zunächst den Blick auf die Struktur derartiger Communities als soziale Netzwerke. Speziell für die Betrachtung von gemeinsamer Autorschaft als Verknüpfung zwischen wissenschaftlichen Akteuren ist damit die Frage verbunden, welche Personen oder Institutionen besonders intensiv und mit einer großen Zahl anderer Akteure verbunden sind oder ein besonders wichtiges Bindeglied zwischen Forschergruppen darstellen. Während sich derartige *Multiplikatoren* aus struktureller Sicht gut identifizieren lassen, erlauben derartige Betrachtungen jedoch keine validen Schlüsse dahingehend, ob Personen oder Institutionen an Schlüsselstellen tatsächlich wesentliche Akteure des Wissenstransfers sind. Gleichwohl lässt eine Reihe von Untersuchungen sowohl zu Akteuren und Relationen in derartigen Netzwerken als auch aus der Organisationstheorie (bspw. Bartsch, Ebers et al. 2013, S. 247) vermuten, dass soziale Verbindungen und Informations- beziehungsweise Wissenstransfers hochgradig positiv korreliert sind.

Wissensmanagement

Die Ansätze des Wissensmanagements beschreiben Handlungs- und Steuermöglichkeiten für einen Wissenseinsatz in Arbeitskontexten. Dies umfasst die „Kernprozesse“ der Wissensgenerierung, -repräsentation und -nutzung ebenso wie eine Wissenskommunikation (Reinmann-Rothmeier 2001, S. 22 ff.). Ungeachtet des Kritikpunktes, dass Wissenskommunikation nach Moser (Moser 2002, S. 98) einen solchen Prozess als „Geben“ ohne direkten Nutzen betrachtet und somit für eine Erklärung von Wissensmanagement in Arbeitskooperationskontexten nur bedingt zutreffend scheint, identifiziert der Ansatz eine ganze Reihe von sowohl individuellen als auch kollektiven motivationalen Faktoren, welche die Weitergabe von Wissen beeinflussen. Der Forschungsansatz der Wissensintegration thematisiert hingegen die Schaffung gemeinsamer Wissensmodelle speziell für interdisziplinäre Arbeitsgruppen und identifiziert insbesondere einen gemeinsamen Kommunikations- und Bezugsrahmen (vgl. Abschn. 3.1) als wesentlichen Erfolgsfaktor.

Visuelle Medien als Wissensmedien

Mit Blick auf die stark visuell geprägten Abläufe und Resultate von 3D-Rekonstruktionen kommt einer visuellen Wahrnehmung ebenso wie visuellen Medien eine große Bedeutung als Träger und zur Kommunikation sowie Genese von Wissen zu. Diesbezügliche psychologische Erklärungsmodelle wie Perzeption, Gestalttheorie oder Wahrnehmungsprozesstheorien liefern Ansätze für ein an Bild und Bildlichkeit orientiertes Handeln. Elemente der Perzeptionstheorie wie beispielsweise Faktoren der Tiefenwahrnehmung klassifizieren nicht nur Dimensionen der menschlichen Wahrnehmung, sondern spiegeln sich auch in Strukturierungsansätzen sowohl von visuellen Medien als auch von Gestaltungsfreiheitsgraden in 3D-Softwares wider (Birn 2007). Darüber hinaus liefert gerade die Gestalttheorie Grundlagen für eine ganze Reihe weiterer Erklärungsmodelle wie beispielsweise die im folgenden Abschnitt noch zu behandelnde Dimension der *Bounded Rationality* als Erklärungsmodell für Entscheidungsprozesse. Visuelle Medien können mit Blick auf einen Arbeits- und Wissensgeneseprozess eine ganze Reihe von Funktionen wahrnehmen. Sie dienen der Speicherung und Kommunikation von Wissen sowie als Katalysatoren des Erkenntnisprozesses. Die Qualität von Bildmedien hängt stark von ihrem Verwendungskontext ab. Als Ergebnis einer 3D-Rekonstruktion wird das virtuelle 3D-Modell durch bildliche Darstellung beziehungsweise Visualisierung für den Betrachter erfahrbar gemacht. Neben visuellen Qualitäten sowie einer Vermittlungsabsicht stellen sich in diesen Kontexten auch die Fragen nach der Rolle von visuellen Darstellungen vor dem Hintergrund von Informationsvermittlung.

Wissenschaft

Nicht zuletzt stellt sich die Frage nach Wissen auch im Kontext einer exkursiven Betrachtung von Wissenschaftlichkeit. Neben *explizitem* spielt auch *implizites* Wissen eine wesentliche Rolle sowohl im Arbeitsprozess als auch im damit verbundenen Forschungsprozess.

Wissenschaftliche Hypothesen, zu denen auch die Ergebnisse von 3D-Rekonstruktionen zählen, stellen vorläufige und zu überprüfende Annahmen dar. Mit Blick auf derartige Vorhaben werfen diese beiden Aspekte die Frage auf, inwiefern die mit einem 3D-Rekonstruktionsprozess verbundenen Erkenntnisprozesse transparent und in einem wissenschaftlichen Diskurs verhandelbar gemacht werden können. Einen dritten Aspekt stellt die Frage nach der wissenschaftlichen Verantwortung und der Autorschaft von kooperativ erstellten Ergebnissen wie beispielsweise 3D-Rekonstruktionen dar.

Aufbauend auf den in der theoretischen Betrachtung bisher vorgestellten und für diese Arbeit zentralen Konzepten und Theorien zu Kommunikation und Wissen im Kontext von 3D-Rekonstruktionen sollen in den beiden folgenden Abschnitten Theorien zu Merkmalen arbeitsbezogenen Kooperation sowie zu Arbeitsprozessen vorgestellt werden. Dies umfasst in einem nächsten Abschnitt zuvorderst Aspekte der Arbeitsorganisation und damit verbundener Strukturen ebenso wie zentrale Konzepte der Entscheidungsfindung sowie der Arbeits- und Produktqualität.

3.3 Theoretische Ansätze zu Merkmalen arbeitsbezogener Kooperation

Grundlegende Annahme dieser Arbeit ist es, dass Rekonstruktionsprozesse ein Zusammenspiel mehrerer Akteure bedingen, die jeweils spezifische Vorstellungen und Prioritäten in einen Arbeitsprozess einbringen. Diese müssen im Laufe des Arbeitsprozesses zum einen untereinander synchronisiert werden, zum anderen auf eine während einer Erstellung nur latente und wiederum bei allen Mitarbeitenden individuelle Vorstellung von späteren Rezipienten abgestimmt werden. Die Entwicklung von theoretischen Konzepten zur Beschreibung der Organisation von Arbeit ist eng mit dem Forschungsfeld der Organisationstheorie verbunden, dessen Historie und disziplinäre Einflüsse bereits in zahlreichen Publikationen skizziert wurden (bspw. Schreyögg 2003, Kap. 2; Neumann 2009, S. 29 ff.) und hier nicht weiter ausgeführt werden sollen. Eine wesentliche Besonderheit des für diese Arbeit relevanten Kontextes besteht darin, dass eine Kooperation zumeist zwischen akademischen Institutionen stattfindet.

In diesem Abschnitt sollen theoretische Ansätze beziehungsweise Elemente von Arbeitsprozessen im Kontext von 3D-Rekonstruktionen vorgestellt werden, während in einem nächsten Abschnitt Arbeitsprozessmodelle thematisiert werden (vgl. Abschn. 3.4). Eine Rekonstruktionserstellung in interdisziplinären Teams geschieht durch arbeitsteilige Gruppenarbeit, [114] bei der es sich aus Organisationsperspektive zumeist um Projektarbeit (siehe Abschn. 3.3.1) handelt. Eine eigentliche Arbeit wird bei dieser Organisationsform durch Arbeitsteams erbracht, wobei im Kontext von 3D-Rekonstruktion eine ganzen Reihe weiterer Organisationsformen (siehe Abschn. 3.3.2) Relevanz besitzen. Elemente einer Zusammenarbeit stellen dabei Kooperationsstile und Kompetenzzuordnungen dar (siehe Abschn. 3.3.3). Die Genese von Projektergebnissen fußt wiederum auf Entscheidungsprozessen (siehe Abschn. 3.3.5) und deren Kontrolle (siehe Abschn. 3.3.4).

3.3.1 Projekte und Projektmanagement

Projekte stellen unter arbeitswissenschaftlichen Gesichtspunkten eine Form temporärer Arbeitsorganisation dar, die sich durch Systeme aus Regeln zur Koordination einer arbeitsteiligen Zielerreichung (Nausner 2006, S. 57) auszeichnet. Dabei stellen Projekte nach DIN 69901 Aufgaben dar, die „im Wesentlichen durch Einmaligkeit der Bedingungen in ihrer Gesamtheit gekennzeichnet“ (DIN Deutsches Institut für Normung e. V. Januar 2009, S. 11) sind. Wesentliche Merkmale dieser Arbeitsform sind Aufgabenorientierung, Teamarbeit, zeitliche Begrenztheit und eine Zustandsveränderung („Transition“) (Pilbeam 2013, S. 191; Nausner 2006, S. 63; Lundin und Söderholm 1995, S. 439).

Alle Aspekte der Steuerung von Projekten werden unter dem Dachbegriff Projektmanagement zusammengefasst. Während die Organisation von Arbeitsprozessen als Projekt ein zumindest den gesamten Zeitraum der Neuzeit umfassendes Phänomen darstellt,

[114] Zu Intensitäten der Arbeitsteilung: HACKER, W.: Arbeitspsychologie. psychische Regulation von Arbeitstätigkeiten, Bern [u. a.] 1986. Zu Kriterien und Formen der Autonomie: GULOWSEN, J.: A measure of work group autonomy, in: DAVIS, L. E. & TAYLOR, J. C. (Hrsg.): Design of jobs, Harmondsworth 1972, S. 374-390.

stammt der Terminus des *Projektmanagements* aus den 1970er Jahren.[115] Generell bietet das Projektmanagement eine Reihe umfassender Klassifikationsschemata und Standards (bspw. Project Management Institute 2004). Ebenso existiert insbesondere aus Perspektive der Wirtschaftswissenschaften eine unüberschaubare Vielzahl von Empfehlungen und „Erfolgsfaktoren" für Projektmanagement (bspw. Hauschildt und Salomo 2007, S. 272 f.) ebenso wie zahllose Darstellungen hemmender Faktoren,[116] die im Rahmen dieser Untersuchung im Kontext des jeweiligen empirischen Befundes aufgegriffen und dargelegt werden. Bereits für eine Theoriebetrachtung wesentliche Aspekte des Projektmanagements sind die Organisationsform von 3D-Rekonstruktionsvorhaben als akademische Innovationsvorhaben und die damit verbundenen Zielsetzungs-, Planungs- und Kontrollinstrumente, die in den folgenden Abschnitten thematisiert werden.

3.3.1.1 Projektorganisation

Aus wirtschaftswissenschaftlicher Perspektive stellen 3D-Rekonstruktionsvorhaben durch den wissens- und forschungsintensiven sowie zumeist prototypischen Erstellungsprozess und eine damit verbundene Neuartigkeit von Ergebnissen und Prozessen Innovationsvorhaben dar (Hauschildt und Salomo 2007, S. 3 ff.). Geschichtswissenschaftliche 3D-Rekonstruktionsvorhaben entstehen häufig als akademische Projekte und durch eine Kooperation zwischen – wie in Abschnitt 3.3.2 noch näher beleuchtet wird – voneinander weitgehend unabhängigen Institutionen.[117] Entsprechend findet eine Organisation von derartigen Projekten zumeist als „Matrix" (vgl. Hauschildt und Salomo 2007, S. 139 ff.; von Rosenstiel, Molt et al. 2005, S. 31) statt. Ein generelles Merkmal dieser Organisationsform besteht darin, dass projektbeteiligte Mitarbeiter mehreren Vorgesetzten, namentlich dem Fachvorgesetzten als Vertreter der entsendenden Organisationseinheit sowie dem Projektleiter als Koordinator des Projektes, unterstellt sind. Nach Einschätzung von Hauschildt weist eine derartige Organisationsform im Vergleich zu anderen Organisationsmodellen eine hohe Erfolgsquote sowie eine gemeinhin hohe Effizienz auf (vgl. Hauschildt und Salomo 2007, S. 140). Dieses Organisationsmodell erfordert jedoch einen hohen Koordinationsaufwand. Wenngleich empirische Studien im Detail zu leicht abweichenden Einschätzungen (ausgeführt in Hauschildt und Salomo 2007, S. 140) kommen, scheinen insbesondere weitreichende Befugnisse des Projektleiters für eine Projektbearbeitung förderlich, wobei diesbezügliche Empfehlungen die Zuweisung disziplinarischer Befugnisse und die Verantwortlichkeit für Aufgabendelegation

[115] Zur Geschichte des Projektmanagements: KERZNER, H.: Project management. A systems approach to planning, scheduling, and controlling, New York 2003, S. 33 ff.

[116] Beispielsweise definiert Kerzner insgesamt neun mögliche Gründe für das Scheitern von Projekten (ebd., S. 66 f.). Namentlich sind dies: (1) Poor morale, (2) Poor motivation, (3) Poor human relations, (4) Poor productivity, (5) No employee commitment, (6) No functional commitment, (7) Delays in problem solving, (8) Too many unresolved policy issues, (9) Conflicting priorities between executives, line managers, and project managers.

[117] Der Begriff wird in Abschn. 3.3.2 noch ausgeführt.

und -kontrolle an den Projektleiter umfassen (Hauschildt und Salomo 2007, S. 140). Speziell akademische Projekte stellen unter diesen Gesichtspunkten eine Sonderform der *Matrix*-Organisation dar, da disziplinarische Befugnisse zumindest in der deutschen Wissenschaftslandschaft zumeist ausschließlich bei der entsendenden Institution liegen. Mögliche Gründe für ein Projektscheitern bestehen im großen Maß an Unabhängigkeit der projektbeteiligten Institutionen, mit dem ein hohes Risiko konkurrierender Prioritätensetzungen durch Projekt- und Institutionsvorgesetzte (Kerzner 2003, S. 67) einhergeht. Einen wesentlichen Erfolgsfaktor von Innovationsprojekten stellt nach Einschätzung von Hauschildt und Salomo (Hauschildt und Salomo 2007, S. 143) zudem die räumliche Nähe der Projektbeteiligten dar. So zeigen die Untersuchungen von Hoegl und Proserpio (Hoegl und Proserpio 2004, S. A5), dass räumliche Nähe nicht nur das *Community Building* fördern, sondern auch die Frequenz und Vielfalt des Informationstransfers zwischen den Projektmitgliedern erhöht und die selbstgesteuerte Koordination der Projektmitglieder stärkt.

3.3.1.2 Ziele

3D-Rekonstruktionsprojekte sind als Innovationsprojekte vielfach ein „Prozess, wo vielfach „überhaupt nicht klar ist, welches Ziel genau erreicht werden soll“ (Nausner 2006, S. 18). Die fehlende Zielklarheit resultiert aus der hohen Komplexität der Aufgabenstellung und einer damit verbundenen Unklarheit der Problemstruktur sowie der Unabsehbarkeit von Problemkomponenten (Hauschildt und Salomo 2007, S. 371 f.). Merkmale einer fehlenden Zielstellung sind dabei zum einen ein „ständiges Probieren, Annähern, sehr häufig verbunden mit Wiederholungsschritten“, bis ein Ergebnis als „brauchbar selektiert wird“ (Nausner 2006, S. 18). Zum anderen führt eine fehlende klare Zielstellung aus konflikttheoretischer Perspektive potenziell zu Konflikten hinsichtlich der Auslegung eines Arbeitsvorgehens (Hauschildt und Salomo 2007, S. 372).

Zumeist verfolgen Projekte keine unikale Zielstellung, sondern eine ganze Reihe von Zielen. Derartige Ziele können nicht nur unterschiedliche Qualitäten und Prioritäten besitzen, sondern mitunter auch in Konkurrenz zueinander stehen (Hauschildt und Salomo 2007, S. 368). Nicht zuletzt sind verschiedene Zielstellungen oder Prioritäten häufig mit individuellen oder kollektiven Perspektiven der beteiligten Akteure verbunden. Eine gerade vor diesem Hintergrund wesentliche Unterscheidung ist die zwischen abstrakten „Visionen“ und operationalisierbaren „Zielen“ (Hauschildt und Salomo 2007, S. 366).

3.3.1.3 Planung und Kontrolle

Planung

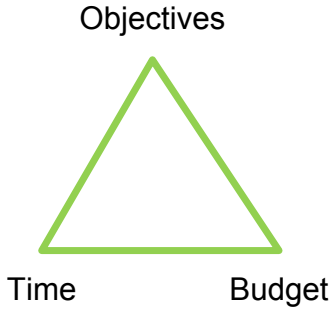


Abbildung 7 – Planungsgrößen des Projektmanagements[118]

Ein übergreifendes und allgemeines Modell stellt dar, dass Projektplanung ein Abwägen zwischen den Einflussgrößen Zeit, Budget und Zielen beinhaltet (Abbildung 7). Diese Begrenztheit von Ressourcen hat auch bei wissenschaftlichen Projekten zur Folge, dass „nicht immer nach der ‚idealen' Lösung gesucht werden [kann]" (Schophaus, Dienel et al. 2003, S. 33).

Wie im vorigen Abschnitt ausgeführt, besteht ein wesentliches Problem bei der Vorausplanung von Innovationsprozessen in der mangelnden Kenntnis der Qualität des Zieles sowie des dahin führenden Weges. In der Folge bedingen derartige Informations- und Kenntnisdefizite ein approximatives Vorgehen, das durch die geeignete Sequenzierung und Priorisierung von Arbeitsaufgaben unterstützt wird.

Kompetenzaufbau durch Vorprojekte

Wichtigste Voraussetzung für eine adäquate Planung sowie deren Anpassung und Steuerung sind Sachkenntnis und Erfahrung des Projektplaners (Hauschildt und Salomo 2007, S. 497). Für die noch folgende empirische Betrachtung wesentliche, jedoch in diesem Zusammenhang in der Literatur nur wenig thematisierte Konzepte stellen die Reduzierung von Komplexität einer Problemstellung sowie ein Kompetenzerwerb durch prototypische Pilotprojekte als intendierte personale und organisationale Lernarrangements (vgl. Abschn. 3.2.7) dar.

Sequenzierung von Projekten

Unabhängig von einer auf diese Weise erworbenen Vorerfahrung erfolgt die Gliederung eines Projektvorhabens zumeist in hinsichtlich Zeit- und Ressourcenverfügbarkeit begrenzte Organisationseinheiten wie Arbeitspakete und Teilaufgaben. Diese sind idealerweise mit

[118] Aus: NAUSNER, P.: Projektmanagement. Die Entwicklung und Produktion des Neuen in Form von Projekten, Wien 2006, S. 116.

einem definierten Endzeitpunkt und Zielniveau versehen. Endzeitpunkte oder Meilensteine ermöglichen eine vergleichsweise rasche Feststellung von Planungsabweichungen und eine Anpassung des Projektablaufs (Nausner 2006, S. 165 sowie Hauschildt und Salomo 2007, S. 500 ff.). Wie in der empirischen Untersuchung noch thematisiert wird, weisen 3D-Rekonstruktionsprojekte neben derartigen geplanten Zäsuren eine Vielzahl im Vorfeld nicht zu planender Einschnitte und Veränderungen auf. Dies ist einerseits durch den – bereits ausgeführten – Innovationscharakter solcher Vorhaben und deren hohes Maß an Unwägbarkeit geprägt, andererseits auf organisationale Veränderungen wie beispielsweise personelle Umbesetzungen zurückzuführen, wodurch im Projektverlauf eine permanente Projektsteuerung und die Anpassung von Planungen in Relation zu diesen Veränderungen nötig werden.

Prioritätenlisten

Mit Blick auf das Dilemma, dass das erreichbare Zielniveau bei Innovations- und Forschungsprojekten zumeist nicht absehbar ist, stellt die Prioritätenordnung ein wesentliches Instrument der Planung dar. Von großer Bedeutung ist das komparative Abwägen von Entscheidungsalternativen, unter denen die für die Beteiligten wichtigsten und damit auch zu priorisierenden Teilziele identifiziert und festgelegt werden (Hauschildt und Salomo 2007, S. 383).

Kontrolle

Die Planung von Arbeitsschritten ist mit der Frage nach Organisationsstrukturen und -instrumenten für die Kontrolle von Ergebnissen verbunden, die eng mit den in Abschnitt 3.3.4 thematisierten Aspekten des Qualitätsmanagements korreliert ist. Die Partizipation von Mitarbeitern und die Delegation von Arbeitsinhalten sowie deren Kontrolle stellen Aufgaben der vertikalen Organisation (Kräkel 2012, S. 114 f.) dar. In engem Zusammenhang damit steht das von Kräkel als „Dilemma der Organisationstheorie“ (Kräkel 2012, S. 116) bezeichnete Problem, dass eine umfassende Delegation von Entscheidungshoheit einerseits eine effiziente Problemlösung durch diejenigen Akteure ermöglicht, die über einen hohen Grad an Sachbezug und Information verfügen, andererseits jedoch einer umfassenden Kontrolle und Koordination bedarf.

Ein weitgehender Konsens besteht dahingehend, dass gerade bei hochinnovativen Vorhaben der Person des Projektleiters herausragende Bedeutung zufällt. Weitere Erfolgsfaktoren stellen flexibel zu handhabende Budgets, eine intensive und sowohl informelle als auch formalisierte Kommunikation sowie eine geeignete Sequenzierung und das Monitoring von Arbeitsfortschritten dar (Hauschildt und Salomo 2007, S. 498ff.). Dabei schlagen Hauschildt und Salomo für Monitoring und Kontrolle von Projektabläufen ein dreischrittiges Vorgehen vor (Hauschildt und Salomo 2007, S. 505):

1. Laufende Ermittlung von Abweichungen,
2. Review zur Ursachenermittlung,
3. Bewertung von Abweichungen und ggf. Korrekturen.

Damit verbunden sind verschiedene Ansätze, welche Akteure eine derartige Kontrolle ausführen sollten. Diese werden im Zuge der theoretischen Betrachtung zum Qualitätsmanagement in Absatz 3.3.4.1 thematisiert.

Wie bereits zu Beginn dieses Kapitels erwähnt, werden konkrete Bezüge dieser theoretischen Betrachtungen zu den empirischen Befunden im Kontext des jeweiligen Untersuchungsschrittes ausgeführt. Für eine weitergehende theoretische Betrachtung stellen sich nach der in diesem Abschnitt vorgenommenen Betrachtung zur Organisation und Steuerung von Projektvorhaben die Fragen, wie die an derartigen Arbeiten beteiligten Personen organisiert sind und in welcher Form sie kooperieren. Dies umfasst neben den zur Untersuchung von Arbeitsprozessen relevanten Organisationsstrukturen und Kooperationsformen auch den Blick auf Strukturen und Kooperationsformen wissenschaftlicher Zusammenarbeit beziehungsweise einer *Scientific Community*.

3.3.2 Organisationsstrukturen

Organisationseinheit	Formale Gruppe innerhalb einer Institution
Team	Gruppe zur konkreten inhaltlichen Aufgabenerfüllung
Gremien	Gruppen zur Abstimmung von Tätigkeiten und zur Entscheidungsfindung
Wissensgemeinschaften	Gruppen zu Erfahrungs- und Wissensaustausch

Tabelle 14 – Organisationsstrukturen der Projektarbeit[119]

Um zu beschreiben, wie Arbeitskräfte organisiert sind, ist zunächst eine Unterscheidung zwischen Institutionsstrukturen und Arbeitsprozessstrukturen sowie formellen und informellen Gruppen relevant. Institutionen gliedern sich formal in Organisationseinheiten (Tabelle 14). Innerhalb beziehungsweise zwischen Organisationseinheiten einer Institution oder unterschiedlicher Institutionen werden in der Projektarbeit Teams zur inhaltlichen Aufgabenerfüllung sowie Gremien zur Abstimmung und Entscheidungsfindung eingerichtet. Neben diesen arbeitsprozess- beziehungsweise organisationsbezogenen Gruppen bilden sich innerhalb und zwischen Institutionen häufig in unterschiedlichem Grad formalisierte Gruppen beziehungsweise Wissensgemeinschaften zum fach- oder themenbezogenen Erfahrungs- und Wissensaustausch.

[119] Nach: BEA, F. X. und GÖBEL, E.: Organisation. Theorie und Gestaltung, Stuttgart 2010, S. 282 f.; NAUSNER, P.: Projektmanagement. Die Entwicklung und Produktion des Neuen in Form von Projekten, Wien 2006, S. 176 ff.

Organisationseinheiten

Formal sind Institutionen zumeist in Organisationseinheiten gegliedert. Während sich ein Gliederungsschema derartiger Organisationseinheiten in Unternehmungen zumeist an funktionalen Aufgaben orientiert, sind vergleichbare Gliederungen im akademischen Bereich zumeist an fachliche Schwerpunkte geknüpft und hochgradig spezialisiert (Vincent-Lancrin 2006, S. 5). Wie bereits im Kontext einer Betrachtung zur Organisation akademischer Projekte ausgeführt (Vgl. Abschn. 3.3.1), besitzen Fakultäten, Institute sowie Lehrstühlen als Arbeitseinheiten in akademischen Strukturen ein hohes Maß an Autonomie und Selbstverwaltung. Resultierend spricht Weick von einer akademischen Organisationsstruktur als *„loosely coupled systems“* (Weick 1976, S. 3). Derartige Organisationen erlauben ein hohes Maß an Spezialisierung und partieller Reaktionsfähigkeit auf Veränderungen (Glassman 1973, S. 86). Negative Merkmale derartiger Organisationsformen sind eine mit Blick auf das Ergebnis vergleichsweise geringe Effektivität des Ressourceneinsatzes, der Mangel an übergreifenden Regularien sowie übergreifender Koordination und häufig redundante Arbeiten und Strukturen. Zudem sind derartige Organisationen zwar hochgradig vernetzt, Entscheidungs- und Antwortprozesse („feedback times“) dauern jedoch zumeist sehr lange (Weick 1976, S. 5).

Team

Der Begriff des Teams bezeichnet nach Bea und Göbel eine „auf Dauer oder vorübergehend zusammengehörige, zahlenmäßig überschaubare Gruppe von Personen, die sich durch eine gemeinsame Zielsetzung, relativ hohe, grundsätzlich aber begrenzte Autonomie und eine spezifische Arbeitsform auszeichnet“ (Bea und Göbel 2010, S. 416). Teams stellen eine der vorherrschenden Organisationsformen von Projektarbeit dar und werden in der Organisationslehre als diesbezüglich effiziente Arbeitsorganisationsform angesehen. Wesentliche Faktoren dafür stellen ein „Wir-Gefühl“, die gegenseitige Ergänzung und „Anregung zu Höchstleistungen“ sowie Flexibilität und schnelle Kommunikationsstrukturen dar (Bea und Göbel 2010, S. 416).[120] Zumeist organisieren und kontrollieren Teams ihre Arbeit in hohem Maße selbst. Vor diesem Hintergrund verweisen Katzenbach und Smith auf die Notwendigkeit, dass die einsetzenden Instanzen verbindliche Ziele definieren und deren Erreichung überprüfen (Katzenbach und Smith 1993, S. 112 f.). Bereits im vorigen Abschnitt 3.3.1 wurde die zumeist unscharfe Zielsetzung von Innovationsprojekten ausgeführt, die jedoch durch Strategien einer geeignete Sequenzierung und Priorisierung von Arbeitsabläufen zumindest teilweise kompensiert werden kann. Nicht zuletzt müssen für eine erfolgreiche Aufgabenbearbeitung auch die nötigen fachlichen Kompetenzen adäquat im Team vertreten sein.

[120] Ähnlich auch in KATZENBACH, J. R. und SMITH, D. K.: Teams. Der Schlüssel zur Hochleistungsorganisation, München 2003, S. 36 f.

Gremien

Der Begriff der Gremien bezeichnet nach Nausner sich selbst organisierende und koordinierende formelle Gruppen (Nausner 2006, S. 176). Im Gegensatz zu Teams sind Gremien zumeist von der eigentlichen Arbeitserbringung losgelöst und erledigen „zeitlich befristete Aufgaben […], die keiner anderen Instanz zur Erledigung zugewiesen sind“ (Hauschildt und Salomo 2007, S. 153). Dazu gehören im Kontext der Projektarbeit beispielsweise Aufgaben der Lenkung und Koordination, Beratung, Kontrolle sowie der Informationssynchronisation zwischen den Projektbeteiligten.

Wissensgemeinschaften

Neben den einzelnen Personen zumeist zugewiesenen Gruppenmitgliedschaften der bisher aufgeführten Organisationsformen basieren Wissensgemeinschaften zu wesentlichen Teilen auf Freiwilligkeit, Selbstrekrutierung und Selbstorganisation durch die Teilnehmer (Lembke 2005, S. 44 f.). Trotz dieser Selbstorganisation besitzen Wissensgemeinschaften nach Lembke eigenständige Strukturen und sind von „endogenen und exogenen“ Faktoren, einer Kultur sowie Prozessen bestimmt, die wiederum eine Notwendigkeit zur Steuerung und Leitung bedingen (Lembke 2005, S. 74). Nicht zuletzt erfolgt eine Zusammenarbeit in Wissensgemeinschaften häufig im Sinne einer Wissenskooperation (vgl. Abs. 3.2.6.1) als freiwilliger und ohne direkte Gegenleistung erfolgender Austausch von Ressourcen. Im Kontext dieser Arbeit besitzt das Konzept der Wissensgemeinschaften insbesondere als Erklärungsansatz für Abläufe und Prozesse einer in Abschnitt 2.2.2 begrifflich definierten und im folgenden Kapitel 4 empirisch untersuchten *Scientific Community* Relevanz.

3.3.3 Formen einer Kooperation

Eng mit dem Problemfeld der Organisation von Projekten verknüpft ist die Organisation von Mitarbeitern innerhalb dieser Projekte. Eine derartige Organisation lässt sich gleichermaßen formal, wie beispielsweise im Kontext von Hierarchien, im Falle des *Stakeholder*-Ansatzes funktional, aber auch beispielsweise anhand von Rollen interaktional beschreiben.

Hierarchie

Ein wesentliches formales Merkmal von Organisationen stellen Hierarchien als Elemente einer vertikalen Organisation von Mitarbeitern (Kräkel 2012, S. 114 f.) dar. Im wissenschaftlichen Kontext sind Hierarchien vor allem durch ein erworbenes formales Qualifikationsniveau der in diesen Hierarchien involvierten Personen gekennzeichnet. Hierarchien repräsentieren einerseits formale Aspekte wie disziplinäre Verantwortlichkeit und Weisungsberechtigung, andererseits sind mit ihnen auch Schnittstellenfunktionen (siehe auch Abschn. 3.2.4) und eine Deutungs- oder Entscheidungshoheit verbunden. Mit Blick auf diesen letzten Aspekt führt Hage aus, dass ein praktischer Einfluss derartiger Hierarchien je nach Wissenschaftsdisziplin unterschiedlich stark ausgeprägt ist. In Disziplinen mit einer stark ausgeprägten hierarchischen Struktur finden Informationstransfers tendenziell eher

vertikal zwischen Vorgesetzten und Untergebenen statt, während in vergleichsweise jungen Disziplinen wie beispielsweise der Informatik Informationstransfers „sehr vielfältig“ sind (Hage 2000, S. 79). Wie bereits in Abs. 3.3.1.1 ausgeführt, sind Mitarbeiter in akademischen Projekten zumeist in parallele Hierarchien, namentlich jene der Organisationseinheit sowie die des Projektteams eingebunden.

Rollen

Begriff und theoretische Ansätze zu *Rollen* entstammen zwar ursprünglich einer soziologischen Forschung (Reitmaier, Apollon et al. 2011, S. 60), finden sich mit etwas variierender Bedeutung allerdings auch im Kontext anderer Disziplinen, wie beispielsweise der Organisationspsychologie, wieder (von Rosenstiel, Molt et al. 2005, S. 359). Im Gegensatz zur Hierarchie als Strukturabbildung steht beim Konzept der *Rolle* in einem beruflichen Kontext die funktionale Gliederung von Arbeitsprozessen im Mittelpunkt. Dabei wird eine Person oder Personengruppe durch eine bestimmte Funktion beziehungsweise Rolle im Arbeitskontext zum Akteur (Reitmaier 2011, S. 52). Eine Rolle zeichnet sich durch ein spezifisches Handlungsfeld sowie einen diesbezüglichen Verantwortungsbereich aus (vgl. auch Schophaus, Dienel et al. 2003, S. 33).

Die Klassifikation von Rollen beziehungsweise Akteuren im Arbeitsprozess thematisieren eine ganze Reihe von Modellen (hierzu bspw. Reitmaier 2011, S. 46; Gücker 2007, S. 145; Senior 1991, S. 242). Beispielhaft soll hier das aus der Innovationsforschung stammende Promotoren-Modell ausgeführt werden, das die bei Initiierung und Durchführung eines Innovationsprozesses zusammenwirkenden Akteure mit Blick auf ihre Funktion für dieses Vorhaben klassifiziert.[121] Dabei unterscheidet Hauschildt zwischen Fachpromotoren als „Träger[n] des objektspezifischen Fachwissens“, Macht-Promotoren als Trägern von Ressourcenzugriff und Entscheidungshoheit sowie Kooperations-Promotoren als Bindegliedern und Organisatoren eines Innovationsprozesses (Hauschildt und Salomo 2007, S. 230). Außerhalb einer Teamstruktur stehen in diesem Modell zudem „externe Promotoren“, die beispielsweise als Berater punktuell herangezogen werden (Hauschildt und Salomo 2007, S. 297). Neben dieser Kernstruktur moderieren „Beziehungspromotoren“ Dialog und Kooperation zwischen den Beteiligten und stellen nach Ansicht von Hauschildt einen wichtigen Erfolgsfaktor für Innovationsvorhaben (Hauschildt und Salomo 2007, S. 233) dar.

Wesentliche Merkmale des Promotorenmodells sind, dass die benannten Rollen beziehungsweise Funktionen weder nur einer einzelnen Person noch statisch über eine gesamte Projektdauer zugeschrieben sein müssen, ebenso können einzelne Personen durchaus multiple Rollen einnehmen. Ähnlich wie bereits mit Blick auf den Ansatz des *Transaktiven Gedächtnisses* (Vgl. Abs. 3.2.5.3) für Wissensprozesse ausgeführt, sind

[121] Ein erstes Promotorenmodell geht dabei auf Witte zurück: WITTE, E.: Organisation für Innovationsentscheidungen - Das Promotorenmodell, Göttingen 1973, S. 17 f.

derartige Rollenzuschreibungen zumindest partiell das Resultat von Genese- und Aushandlungsprozessen. Darüber hinaus führt Hauschildt aus, dass Fachpromotoren in diesen Kontexten einen Projekterfolg maßgeblich beeinflussen und sich Organisationsstrukturen im Ideal an deren Bedürfnissen und Bedarfen ausrichten sollten. Wie bereits in Abschnitt 3.3.1.1 thematisiert, stellt darüber hinaus die Einrichtung von Kommunikations- und persönlichen Kontaktmöglichkeiten ein förderliches Element eines Arbeitsprozesses dar. Mit Blick auf die im vorigen Abschnitt 3.3.2 thematisierte Selbstorganisation von Teams wird diese gerade in einer Konstituierungsphase als hilfreich angesehen, während eine Entwicklungsphase mit Instrumenten und Formalismen einer Steuerung untersetzt sein sollte (Hauschildt und Salomo 2007, S. 242 f.). Generell beschreibt das Promotoren-Modell Rollen vor allem aus einer funktionalen beziehungsweise interaktionalen Perspektive. Auch wenn dieser Fokus dem Forschungsinteresse dieser Arbeit entgegenkommt, bietet das Modell gerade unter diesem Blickwinkel Anlass zur Kritik. So werden – im Gegensatz zu beispielsweise dem ROME Modell der eLearning-Medienerstellung (Reitmaier 2011, S. 46 ff.) – weder konkrete Aufgabengebiete noch die soziale Rolle des Akteurs (bspw. in Strauss 1985, S. 5 ff.) thematisiert.

Stakeholder

Der *Stakeholder*-Ansatz entstand ursprünglich in den 1960er Jahren und stellt einen systemtheoretischen Ansatz zur Betrachtung von sozialen Einflüssen auf Unternehmungen dar (Freeman 1984, S. 48 f.). *Stakeholder* beziehungsweise *Anspruchsgruppen* sind alle Gruppen, die potenziell Einfluss auf ein Vorhaben nehmen können.[122] Derartige Gruppen können Individuen, Institutionen und Organisationseinheiten, aber auch Gesellschaften sein. Sie können sowohl außerhalb eines Vorhabens stehen als auch an einem Vorhaben beteiligt sein. Eine diesbezügliche Betrachtung besitzt im Kontext dieser Arbeit dahingehend Relevanz, als dass auf die Projektergebnisse neben den Anforderungen der Projektbeteiligten sowie externer *Stakeholder* wie Fördergeber oder Austeller auch vermeintliche „Anforderungen“ im Projektverlauf nur latenter Anspruchsgruppen wie einer *Scientific Community* sowie zukünftiger Rezipienten Einfluss nehmen.

3.3.4 Qualität

Nachdem in den vorherigen Abschnitten sowohl Arbeitsorganisation und -steuerung als auch diesbezügliche Organisationsstrukturen und -formen thematisiert wurden, soll in diesem Abschnitt eine Betrachtung von *Qualität* als „degree to which a set of inherent characteristics fulfill requirements“ (Project Management Institute 2004, S. 180) erfolgen. Qualität beinhaltet einerseits Anforderungen an ein Ergebnis (*Ergebnisqualität*), andererseits die Einhaltung von Rahmenbedingungen auf dem Weg einer Zielerreichung (*Prozessqualität*). Eine weitere wesentliche Unterscheidung stellt die zwischen *Qualität* und *Güteklasse*

[122] Im Original: „A stakeholder in an organisation is (by definition) any group or individual who is affected by or can affect the achievement of an organization’s objectives.”, aus: FREEMAN, R. E.: Strategic Management. A Stakeholder Approach, Cambridge 1984, S. 46.

(„grade“) dar (Project Management Institute 2004, S. 180). Nach dieser Definition bezieht sich Qualität auf Fehler und Inkonsistenzen, während eine Güteklasse den Umfang beziehungsweise die Qualitätsstufe eines Ergebnisses angibt. Eine Darlegung theoretischer Konzepte zur *Qualität* zielt im Kontext dieser Arbeit auf zwei Aspekte ab. Für eine Betrachtung von Qualität im Arbeitsprozess ist ein Blick auf Ansätze des Qualitätsmanagements relevant. Daneben stellt eine der zentralen Fragestellungen dieser Arbeit die Identifikation von in der Projektpraxis bewährten Strategien und Handlungsempfehlungen dar (Vgl. Abschn. 1.4). Damit verbunden ist die Frage nach einer Prozessqualität und deren Bewertung, die vor dem Hintergrund des aus den Wirtschaftswissenschaften stammenden Konzeptes von *Good* beziehungsweise *Best Practice* diskutiert wird.

3.3.4.1 Qualitätsmanagement

Das Qualitätsmanagement innerhalb eines Projektes umfasst alle Aktivitäten, die dazu beitragen, dass ein Projekt die gestellten Anforderungen befriedigt (Project Management Institute 2004, S. 179). Dies beinhaltet die Planung von Qualität, deren praktische Anwendung und Kontrolle. Damit ist Qualitätsmanagement eng mit Projektplanung beziehungsweise Projektmanagement verknüpft (vgl. Abs. 3.3.1). Als wesentliche Verfahren beziehungsweise „Referenzmodelle“ des Qualitätsmanagements spezifisch im akademischen Bereich identifiziert Schmidt Vergleiche mit anderen Projekten, unterschiedlicher Zeitpunkte eines Projektes sowie die Entwicklung und den Abgleich mit normativen Standards und Qualitätsmodellen (Schmidt 2010, S. 11 ff.). Gerade mit Blick auf das letztgenannte Instrument ist wesentlich, individuelle Qualitätsvorstellungen aller relevanten *Stakeholder* (Vgl. Abschn. 3.3.3) transparent zu machen und diesbezüglich eine gemeinsame Vorstellung zu entwickeln (Project Management Institute 2004, S. 183 ff.). Gleichermaßen umfasst Qualitätsmanagement die Einrichtung von Instrumenten zur Qualitätskontrolle. Vor diesem Hintergrund stellen wesentliche Unterscheidungen dar, ob eine derartige Qualitätskontrolle intern oder extern sowie periodisch oder kontinuierlich durchgeführt wird.

Mit Blick auf eine kontinuierliche interne Qualitätssicherung ist eine der wesentlichen Meriten von Projektarbeit, dass derartige Gruppen – wie in Abschnitt 3.3.2 thematisiert – über ein hohes Maß von Sozialkontrolle und somit interne Mechanismen einer Qualitätssicherung verfügen. Damit verbundene Konzepte empfehlen die Einrichtung einer in die Projektstruktur eingebundenen, aber außerhalb der eigentlichen Projektarbeit stehenden, „Monitoring“-Gruppe oder die Besetzung der Rolle eines Qualitätsbeauftragten (Project Management Institute 2004, S. 59), deren Aufgaben es ist, die Einhaltung von Zielen oder Vorgaben zu überprüfen. Daneben wird als alternatives Konzept die periodische Kontrolle des Projektvorhabens durch vollständig außerhalb der Projektstruktur stehende Personen wie beispielsweise Vorgesetzte aus den projektbeteiligten Institutionen empfohlen (Hauschildt und Salomo 2007, S. 498).

Instrumente einer periodischen Qualitätskontrolle stellen beispielsweise Qualitäts-Audits dar (Project Management Institute 2004, S. 189). Diese zielen auf eine umfassende Kontrolle von jeweiligen Arbeitsständen und die Formulierung von Handlungsbedarfen ab. Dabei können derartige Audits wie im Fall von Arbeitstreffen beziehungsweise Gruppen-Reviews sowohl intern als auch im Beispiel von Experten-Kommissionen durch Externe durchgeführt werden (Project Management Institute 2004, S. 189; Hauschildt und Salomo 2007, S. 583 f.). Während diese Einrichtungen vor allem auf eine Qualitätssicherung im konkreten Arbeitskontext abzielen, haben Qualitätszirkel (von Rosenstiel, Molt et al. 2005, S. 157 f.) eine Sensibilisierung von Mitarbeitern und somit die Schaffung eines generischen Qualitätsbewusstseins zum Ziel.

3.3.4.2 Good practice und Best Practice

Wie bereits in der Einleitung dieses Abschnitts ausgeführt, stellt die Identifikation von Handlungsempfehlungen eine der zentralen Forschungsfragen dieser Arbeit dar. Als elaboriertes Konzept zur Qualitätsbewertung von Handlungen und Prozessen werden im Folgenden die Ansätze einer *Good-* beziehungsweise *Best Practice* vorgestellt. Dabei beschränkt sich die Darstellung zunächst auf die zugrunde liegenden theoretischen Konzepte, während eine Verwendung im Kontext dieser Arbeit vor dem Hintergrund einer diesbezüglichen empirischen Untersuchung in Abs. 6.2.4.3 erfolgt.

Der Begriff der *Best Practice* geht auf Camp zurück und bezeichnet die Suche nach besten Methoden und Praktiken für eine beste Leistungserzielung.[123] In dieser Funktion sind *Best Practices* Teil der Leistungsermittlung beziehungsweise des *Benchmarking* (Tauberger 2008, S. 224 ff.). Eine nicht nur begrifflich wichtige Unterscheidung ist die zwischen gesicherten *Best Practices*, die sich organisationsübergreifend und nachweislich als beste Lösung erwiesen haben, und *Good Practices* als Ansätze, für die eine derartige Bewährung nur anhand einzelner Anwendungsszenarien nachgewiesen ist (Jarrar und Zairi 2000, S. 239 f.). Bisher nicht durch Daten belegte, allerdings nach „intuitiver“ Einschätzung vielversprechende Ansätze werden demgegenüber als *Good Ideas* bezeichnet (O'Dell und Grayson 1998, S. 167). Nicht zuletzt ist mit dieser Unterscheidung die Frage verbunden, ob eine für *Best Practice* erforderliche übergreifende Vergleichbarkeit und Formalisierung überhaupt erreichbar ist und ob Strategien und Ansätze nicht vielmehr erst im konkreten Anwendungskontext zu *Good Practice* oder „Erfolgsfaktoren“ (Hauschildt und Salomo 2007, S. 35) werden.[124] Wichtige Arbeitsschritte bei einer Ermittlung von *Best Practice* sind die

[123] Im Original: „the search for industry best practices that will lead to superior performance”, nach: CAMP, R. C.: Benchmarking. The search for best practices that lead to superior performance, Milwaukee 1989, S. 10.

[124] Im Original: „Whether practices are called exemplary, best or good, they are rarely the ultimate that can be achieved, since best practice is always contextual.” Zitiert nach: JARRAR, Y. und ZAIRI, M. F.: Internal transfer of best practice for performance excellence. a global survey, in: Benchmarking: An International Journal 7 (2000), S. 239-246, S. 239, mit Verweis auf: ASHTON, C.: Managing Best practices, London 1998. Auf ein Fehlen von formalen Richtlinien zur Explikation von *Best practice* verweist die empirische Untersuchung des APQC: POWERS, V.: Benchmarking Benchmarking. Shared Learnings for Excellence, Houston 1997, S. 7.

Identifikation von Prozessen, deren Bemessung sowie ein Vergleich mit alternativen Ansätzen. Für eine Identifikation und einen Transfer von *Best Practice* grenzen Jarrar und Zairi die in Tabelle 15 dargestellten sechs Phasen gegeneinander ab.

Phase 1 – Searching	This phase is all about finding the best ideas wherever they are.
Phase 2 – Evaluating	Deciding on the value of different ideas in relation to the required intention and the project initiative in question.
Phase 3 – Validating	This is when the quality of each practice is scrutinised in greater depth and related to the impact it creates in terms of benefits.
Phase 4 – Implementing	The process of adopting and adapting the selected practices through effective project management and process focus.
Phase 5 – Review	In order to close the loop and ensure that benefits do materialise, it is essential to review the implementation of the practices and whether the adopted practices have managed to close a performance gap
Phase 6 – Routinizing	Essentially, *best practices*, if adopted properly, are supposed to challenge behavioural aspects and bring about a change in how people work.

Tabelle 15 – Phasenmodell zu Identifikation und Transfer von *Best Practice*[125]

Eine praktische Ermittlung und Identifikation von *Best Practice* erfolgt dabei zumeist wenig standardisiert.[126] Tendenziell wird empfohlen, weniger singuläre Artefakte zu betrachten, sondern insbesondere ähnliche Szenarien mit besonders großen Abweichungen vergleichend zu untersuchen (O'Dell und Grayson 1998, S. 172).[127] Damit verbunden ist die generelle Überlegung, dass *Best Practices* nur für bereits eingeführte Prozesse nutzbar sind. Nicht zuletzt sind mit einer Klassifikation als *Good-* oder *Best Practice* auch zwingend eine Bemessung und ein *Benchmarking* verbunden. O'Dell und Grayson verweisen darauf, dass eine solche Bemessung praktisch nur innerhalb desselben Anwendungskontextes (Szulanski 1996, S. 29) sowie anhand von Zeitreihen erfolgen kann (O'Dell und Grayson 1998, S. 170 ff.), wobei Grundlage einer Bemessung vor allem Kennziffern wie (Kunden-)Zufriedenheit, Verkaufszahlen, Innovationszeiten oder -raten bilden (O'Dell und Grayson 1998, S. 169 f.). Auch eine Beschreibung von bereits ermittelten *Best Practices* ist zumeist nur innerhalb einzelner Unternehmungen standardisiert und erfolgt primär verbal unter Angabe einer Problembeschreibung, einer Beschreibung der Lösungsansätze, Angaben zu zeitlichen

[125] Nach: JARRAR, Y. F. und ZAIRI, M. 2010. Best Practice Transfer for Future Competitiveness. A Study of Best Practices [Online]. http://www.ecbpm.com/files/Knowledge%20Management/Best%20Practice%20Transfer%20for%20Future%20Competitiveness.pdf, besucht am 10. 1. 2014, S. 5 ff.

[126] Eine qualitative Untersuchung verweist auf das Phänomen, dass die Bewertung von Qualität häufig als intuitive Entscheidung erfolgt: „you know it when you see it", aus: CASSELL, C. M., BUEHRING, A., SYMON, G., JOHSON, P. und BISHOP, V.: Benchmarking good practice in qualitative management research, Sheffield 2005, S. 8.

[127] Ein ähnliches Vorgehen verfolgt das Forschungsparadigma der *Grounded Theory* (Vgl. Abs. 6.2.4.1).

Aspekten wie Häufigkeit und Zeitpunkten sowie Intensitäten und einer Einschätzung sowie Bewertung des Ansatzes (vgl. Jarrar und Zairi 2000, S. 244 f.). Hinsichtlich einer Einbettung in die Unternehmens- oder Institutionskultur beschränkt sich die Übertragbarmachung und erfolgreiche Übertragung von *Best Practices* nicht nur auf die Erfassung, Dokumentation und Bereitstellung von Beschreibungen, sondern erfordert eine komplexe und tiefgreifende Integration in eine Unternehmens- oder Institutionsphilosophie beziehungsweise *Corporate Governance*, beispielsweise durch Institutionalisierung derartiger Aufgaben in Form von *Best-Practice*-Teams, *Communities* oder auch durch eine Schaffung von Anreizen für Mitarbeiter zur Erkennung und Umsetzung von *Best Practices* (O'Dell und Grayson 1998, S. 159 ff.).

3.3.5 Entscheidungsprozesse

Grundlegende Annahme dieser Arbeit ist, dass eine virtuelle 3D-Rekonstruktion das Resultat einer Vielzahl von Einzelentscheidungen darstellt. Diese Entscheidungen werden entweder durch einzelne Akteure oder im Zusammenspiel mehrerer Akteure getroffen. Entscheidungen bezeichnen den Prozess der Auswahl zwischen Handlungsalternativen. Wesentliche Impulse bei der Betrachtung von Entscheidungen entstammen dabei Psychologie und Wirtschaftswissenschaften (bspw. Laux, Gillenkirch et al. 2012). Vergleichsweise selten wird dabei ein konkreter Bezug zu Modellierungsentscheidungen aufgezeigt (beispielsweise in Castorph 2008, S. 6.).

Eine häufig genutzte Betrachtungsweise von Innovationsprozessen sieht in Entscheidungsvorgängen Problemlöseprozesse. Dabei liegt „ein Problem dann vor, wenn Problemlöser Barrieren oder Hindernisse überwinden müssen, um eine unbefriedigende Situation in die gewünschte Situation (das Ziel) zu überführen“ (Knoblich und Öllinger 2006, S. 9). Wichtigstes Element stellen dabei Entscheidungen als Auswahl zwischen Handlungsalternativen dar, die anhand von mentalen Dispositionen wie beispielsweise Wissen oder Wünschen getroffen werden und „bestimmte Konsequenzen nach sich ziehen“ (Schophaus, Dienel et al. 2003, S. 33). Eine wesentliche Unterscheidung ist die zwischen *Entscheidungen* und Routinen („habits“) als Handlungen mit geringer kognitiver Gedächtnisleistung (Camic 1986, S. 1045), ferner umfasst eine Entscheidungsfindung explizite und implizite Komponenten.

Als diesbezügliche Erklärungsmodelle sollen im Folgenden der Rational-Choice-Ansatz, der makroskopische Veränderungen als Resultat partikularer und individueller Handlungen beziehungsweise diesen zugrunde liegender Entscheidungen betrachtet, sowie der Ansatz der *Bounded Rationality*, als Erklärungsansatz individueller Entscheidungen, beleuchtet werden.

3.3.5.1 Rational Choice Theory

Die Theorie einer rationalen Entscheidung beziehungsweise einer *Rational Choice* ist eines der zentralen Erklärungsmodelle für volkswirtschaftliches Handeln, hat darüber hinaus jedoch beispielsweise auch in der Soziologie Verbreitung gefunden (Diekmann und Voss 2003).

Die grundlegende Idee besagt, dass makroskopische und kollektive Phänomene das Resultat individuellen Handelns sind. Damit eng verbunden sind individuelle kognitive (*mentale*) Modelle (vgl. Abs. 3.2.5.1) als Ergebnis einer subjektiven Wahrnehmung von Realität, auf deren Grundlage „das Individuum […] eine eigene Interpretation der Welt“ konstruiert und auf dem „Handlungsentscheidungen und -ausführungen“ beruhen (Zimbardo 1995, S. 11, aus Ziegler 2006, S. 8). Dabei unterscheiden sich eine derartige, individuelle und eine kollektive Rationalität mitunter deutlich, wobei dies sowohl auf Zielkonflikte als auch auf Informationsasymmetrien zurückzuführen sein kann (Simon 1972, S. 162). Ein klassisches Beispiel für die Notwendigkeit von Information für einen Entscheidungsprozess stellt der spieltheoretische Ansatz des „Gefangenendilemmas“ (Tucker 1983) dar, bei dem die mangelnde Information des Spielers über das tatsächliche Verhalten eines Gegenübers zu Entscheidungen mit sowohl kollektiv als auch individuell suboptimalem Nutzen führt.

Lepperhoff führt mit Verweis auf Esser (Esser 1990) als Erklärung für ein diesbezügliches Verhalten an, dass ein Akteur eine „Situation einer von mehreren erlernten Situationsbeschreibungen zuzuordnen [versucht], aus denen er dann die relevanten Handlungsalternativen, -ziele und subjektiv wahrgenommenen Erfolgswahrscheinlichkeiten ableitet.“ Dabei wählt ein Akteur unter den für ihn möglichen Handlungsalternativen jene mit „dem größten erwarteten subjektiven Nutzen aus“. Im Ergebnis dieser individuellen Handlungen entsteht eine neue Gesamtsituation beziehungsweise ein „Makrophänomen“ (Lepperhoff, S. 464).

Ein wesentlicher Kritikpunkt in der Diskussion der *Rational Choice Theory* ist, dass diese von rational handelnden Akteuren ausgeht. Dies blendet einerseits Einflüsse impulsgesteuerten Verhaltens („habits“) (vgl. Esser 1990, S. 234) aus, unterstellt andererseits auch eine idealtypische Informationsverarbeitung und Entscheidungsfindung – angefangen von einer Verfügbarkeit und Verarbeitbarkeit von Information bis hin zu einem Interesse der Akteure an einem Maximalnutzen beziehungsweise einer „Maximallösung“ (Esser 1990, S. 236).

3.3.5.2 Bounded Rationality

Der Erklärungsansatz begrenzter Rationalität beziehungsweise *Bounded Rationality* geht ursprünglich auf Herbert A. Simon (ursprünglich Simon 1957, erweitert: Simon 1972) zurück und sollte einen im Vergleich zur *Rational Choice Theory* „realistischeren Standard [darstellen], der die Grenzen der menschlichen Informationsverarbeitung besser

widerspiegelt.“, (Richter 2009, S. 41).[128] Ideengeschichtlich steht die Theorie in der Tradition der „Carnegie School“ mit ihrem Fokus auf Organisationsforschung sowie den zugrunde liegenden Entscheidungsprozessen und Verhaltensmustern (Gavetti, Levinthal et al. 2007, S. 523). Kernthese der *Bounded Rationality Theory* stellt dar, dass in Fällen einer nicht vollständigen Informationsverfügbarkeit aufgrund der beschränkten kognitiven Fähigkeiten des Arbeitsgedächtnisses (dazu u. a. Paas, Renkel et al. 2004, S. 1 f.) Entscheidungen zu komplexen Problemen approximativ getroffen werden.

Dabei ist eine derartige Approximation nicht in jedem Fall relevant. Im Idealfall kennt ein Individuum eine in seinen Augen probate Lösungsstrategie und kann diese intuitiv anwenden (Simon 1990, S. 7), wodurch es nicht auf ein approximatives Vorgehen zur Problemlösung angewiesen ist. Nach Ansicht von Simon liegt nicht zuletzt einer der Hauptunterschiede eines Problemlöseverhaltens von Experten und Laien (Vgl. auch Abs. 3.1.2.2) darin begründet, dass Experten über ein größeres Repertoire derartiger Idealstrategien verfügen.

Gegenüber diesen idealen Verfahren bezeichnet Simon approximative beziehungsweise heuristische Vorgehensweisen als „weak methods“ (Simon 1990, S. 9), die insbesondere dann zum Einsatz kommen, wenn entweder die Problemkenntnis gering ist, eine große Zahl möglicher Alternativen existiert oder Entscheidungsprozesse kooperativ stattfinden. Wesentliche Ansätze stellen dabei die heuristischen Suchverfahren des *Satisficing* sowie des *means end* dar.

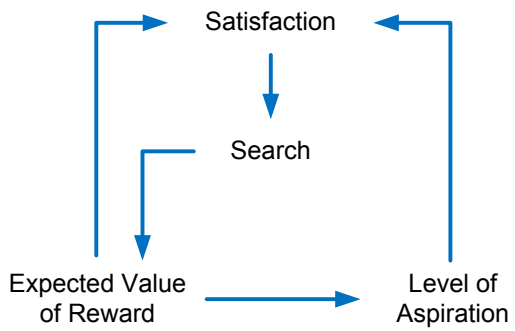


Abbildung 8 – Modell des „adaptive motivated behaviour“[129]

Im Falle eines *Satisficing* wird so lange nach Handlungsalternativen gesucht und zwischen diesen abgewogen, bis eine als hinreichend empfundene, aber nicht zwingend bestmögliche Variante gefunden wurde (Simon 1972, S. 168). Ein wesentliches Merkmal stellt dabei ein „adaptive motivated behavior“ dar (Abbildung 8): Dauert die Suche nach einer Lösung in Abhängigkeit von der problemspezifischen und subjektiv empfundenen Bedeutung einer

[128] Historische Kontextualisierung und kritische Betrachtung: NONAKA, I. und TAKEUCHI, H.: The Knowledge-Creating Company. How Japanese Companies create the Dynamics of Innovation, New York [u. a.] 1995, S. 37 f.

[129] Aus: BROMILEY, P.: A Focus on Processes. Part of Herbert Simon"s Legacy, in: AUGIER, M., SIMON, H. A. & MARCH, J. G. (Hrsg.): Models of a Man: Essays in Memory of Herbert A. Simon, Cambridge 2004, S. 183-190, S. 184, ursprünglich in: MARCH, J. G. und SIMON, H. A.: Organizations, New York 1958.

Lösungsqualität („Expected Value of Reward“) zu lang, wird der Qualitätsanspruch („Aspiration“) reduziert.

Hingegen beschreibt der *means-end*-Ansatz den Versuch, einen Unterschied zwischen einem aktuellen und einem als ideal gesehenen Zustand zu identifizieren und zu minimieren (Simon 1990, S. 9).

Gerade mit Blick auf 3D-Rekonstruktionen als Innovations- beziehungsweise Forschungsprozess scheint folgender von Simon ausgeführter Vergleich zwischen den vorgestellten Ansätzen zu Entscheidungsprozessen wesentlich: Während die *Rational Choice Theory* eine Entscheidung zwischen verfügbaren Alternativen erklärt, beinhalten die Approximationsstrategien der *Bounded Rationality* die Entwicklung und Aufstellung neuer Alternativen, bis eine hinreichende Lösungsgüte gefunden wurde. Somit stellt prinzipiell jeder Innovationsprozess als Prozess der Genese von „Neuem“ (Hauschildt und Salomo 2007, S. 3 ff.). und somit auch jedes nicht routinemäßige Forschungshandeln ein Approximationsproblem dar.

Nicht zuletzt spiegelt sich im Theorieansatz der *Bounded Rationality* das im Kontext einer Planung von Innovationsprojekten (Vgl. Abs. 3.3.1.3) beschriebene Dilemma wider, dass aufgrund einer Begrenztheit von Ressourcen „nicht immer nach der ‚idealen‘ Lösung gesucht werden [kann]“ (Schophaus, Dienel et al. 2003, S. 33).

3.3.6 Zusammenfassung

Zusammenfassend lässt sich für diesen Abschnitt festhalten, dass virtuelle 3D-Rekonstruktionsvorhaben durch Arbeitsteams und im Rahmen von Projektarbeit als zielgerichtete und temporäre Arbeitsform durchgeführt werden. Dabei sind derartige Projekte zwischen akademischen Partnern als Matrix organisiert: Neben der Einbindung in ein Projekt bleiben die Mitarbeiter gleichermaßen den Strukturen und der disziplinären Hoheit der entsendenden Institutionen unterstellt.

Eine vor dem Hintergrund der Betrachtung von Kooperationen wesentliche Unterscheidung ist die zwischen dem Projektarbeitsprozess und einer *Scientific Community*. Während Projekte eine vertraglich geregelte und nutzenorientierte Zusammenarbeit zwischen Akteuren darstellen, organisieren sich *Scientific Communities* als Wissensgemeinschaften durch eine freiwillige Wissenskooperation von Individuen.

Im Kontext von Projektvorhaben wesentliche Elemente der Zusammenarbeit sind Kooperationsstile und funktionale Organisation, aber auch Kompetenzzuordnung (siehe Abschn. 3.3.3). Die Genese von Projektergebnissen fußt wiederum auf Entscheidungsprozessen (siehe Abschn. 3.3.5) und deren Kontrolle.

Während in diesem Abschnitt Merkmale arbeitsbezogener Kooperation dargelegt wurden, werden im folgenden Abschnitt theoretische Zugänge zu Arbeitsprozessen thematisiert.

3.4 Theoretische Zugänge zu Arbeitsprozessen

Mit Blick auf eine Kategorisierung lassen sich theoretische Zugänge und Modelle von Arbeitsprozessen in einer ersten Betrachtungsperspektive anhand des Untersuchungsgegenstands unterscheiden. Dabei lassen sich im Wesentlichen konstruktivistische Modelle, die ein Arbeitsergebnis als Resultat von sozialer Interaktion betrachten, von behavioristischen Modellen als formalistischen Untersuchungen von Arbeitsabfolgen unterscheiden (Becker und Pfeiffer o. D.). Eine hybride Form stellt der handlungstheoretische Erklärungsansatz der Organisationspsychologie dar, der Arbeitshandeln im Gegensatz zur behavioristischen Perspektive nicht als Reiz-Reaktionsschema, sondern als „zielorientierte Aktivität“ betrachtet (von Rosenstiel, Molt et al. 2005, S. 83 ff.). Eine wesentliche Unterscheidung betrifft zudem die Abfolge von Arbeitsschritten (Reitmaier 2011, S. 30 f., mit Verweis auf Allert, Richter et al. 2004, S. 6.). Für diese Arbeit wesentliche Grundmodelle stellen dabei lineare Prozessmodelle wie das in Abschnitt 3.4.2 behandelte informationstechnische Visualisierungsvorgehen sowie zyklische Prozessmodelle wie die des Designs (siehe Abschn. 3.4.3) oder das hermeneutische Vorgehen der Geschichtswissenschaften (siehe Abschn. 3.4.4) dar. Bereits ausgeführt wurde, dass Rekonstruktionsprojekten zumeist auf die Erstellung von Medien zur Wissensvermittlung abzielen. Entsprechend werden in Abschnitt 3.4.5 als weitere Betrachtungsperspektive theoretische Zugänge zu Prozessabläufen bei der Erstellung von Lehrmedien thematisiert. Während diese Modelle ein inhaltsbezogenes Vorgehen abbilden, stammen insbesondere aus dem Bereich der Wirtschafts- und Sozialwissenschaften eine Vielzahl von Prozessmodellen zur Klassifikation und Sequenzierung von Projektprozessen (siehe bspw. Nausner 2006, Kap. 7), die anhand einiger für diese Arbeit relevanter Beispiele im folgenden Abschnitt 3.4.1 vorgestellt werden.

3.4.1 Allgemeine Arbeitsprozessmodelle

Eine Betrachtung von generischen Arbeitsprozessmodellen soll beispielhaft anhand des sozialwissenschaftlichen Ansatzes des *Arc of Work* sowie von wirtschaftswissenschaftlichen „Projektprozessmodellen“ erfolgen. Die ausgewählten Ansätze besitzen für die vorliegende Arbeit dahingehend Relevanz, als dass der *Arc of Work* als „sensibilisierendes Konzept“ zur „dichten Beschreibung von Arbeitstypen und -abläufen“ (Tiefel 2008, S. 2) methodisch hochgradig mit der für eine Untersuchung der Praxisprojekte genutzten Forschungsmethodik der *Grounded Theory* korrespondiert. Wie bereits in Abschnitt 3.3.1 ausgeführt, finden Rekonstruktionsvorhaben arbeitsorganisatorisch zumeist als Projekte statt. Neben einer in den nächsten Abschnitten thematisierten inhaltsbezogenen Betrachtung von Forschungs- und Arbeitsprozessen soll im Folgenden ein generisches Modell zu Prozessabläufen und damit verbundenen Aspekten von Projektarbeit vorgestellt werden.

3.4.1.1 *Arc of Work*

Der sozialwissenschaftliche Ansatz des *Arc of Work* geht wie auch die Forschungsmethodik der *Grounded Theory* (vgl. Abs. 6.2.4.1) im Wesentlichen auf Strauss (Strauss 1985; Strauss 1991) zurück, wurde jedoch später durch andere Wissenschaftler aufgegriffen und modifiziert (beispielhaft dazu: Tiefel 2008, S. 2 f.).

Merkmale des Arbeitsprozesses	Zielorientierung („goal“)
	Fluss der Arbeit in der Zeit („temporal flow“)
	Eine Vielzahl nötiger Arbeitsaufgaben („a number of necessary tasks“)
Elemente des Arbeitsprozesses	Verantwortlichkeit von Akteuren für Arbeitsaufgaben und deren Abstimmung
	Arbeitstypen als Aufgaben mit gemeinsamen „arbeitslogischen Nenner“

Tabelle 16 – Merkmale von Arbeitsprozessen nach dem *Arc of Work*[130]

Gemeinsames Untersuchungsinteresse dieser Ansätze ist die Beschreibung und Klassifikation von Arbeitsprozessen und -handlungen innerhalb von Projekten. Kerngedanke der Theorie ist, dass sich ein Arbeitsprozess aus einer Vielzahl kleiner, sich stellenweise wiederholender Arbeitsaufgaben zusammensetzt (Tabelle 16). Derartige Arbeitsaufgaben werden Akteuren zugewiesen beziehungsweise von Akteuren übernommen („Accountability“), wofür Abstimmung und Aushandlung („Articulation“) erforderlich sind (Strauss 1985, S. 4 ff.). Gemäß des Ansatzes lassen sich in Arbeitsprozessen einzelne Arbeitstypen („Types of work“) als Arbeitsaufgaben mit gemeinsamem „arbeitslogische[m] Nenner“ (Strauss 1985, S. 4) identifizieren. Während Strauss derartige Arbeitstypen induktiv entwickelt, ordnet sie Schütz in seinem Ansatz vier Grundkategorien zu: Einrichtungs-, Sozial-, Inhalts- und Evaluationskomponente (Aus: Tiefel 2008, S. 5 f.). Eine Relevanz für die vorliegende Arbeit besitzt das Konzept des *Arc of Work* insbesondere durch den Ansatz, Arbeitsabläufe ex post zu rekonstruieren. Eine vor diesem Hintergrund wesentliche Komponente stellt die Identifikation von Phasen als „formalen Brüchen“ eines Arbeitsablaufs dar.

3.4.1.2 *Projektprozessmodelle*

Während der *Arc of Work* als Beispiel sozialwissenschaftlicher Prozessmodellierung primär Interaktionen sowie eine Typisierung von Arbeitsabläufen betrachtet, stellen die zumeist wirtschaftswissenschaftlich geprägten Projektprozessmodelle eine Betrachtung von Arbeitsschrittfolgen beziehungsweise Arbeitshandlungen in den Mittelpunkt.

Project life cycle

Ein allgemeines Modell von Projektabläufen umfasst die vier Phasen Projektinitiierung, Projektplanung, Projektumsetzung sowie Projektabschluss (Meredith und Mantel Jr. 2000, aus Havila, Medlin et al. 2013, S. 91). In einigen Darstellungen tritt die fünfte Komponente Projektsteuerung hinzu (Project Management Institute 2004, S. 67 f.). Alle Phasen zeichnen sich durch jeweils spezifische Zielsetzungen und Merkmale aus (Abbildung 9).

[130] STRAUSS, A. L.: Arc of work and the division of labor, in: The sociological Quarterly 26 (1985), S. 1-19, S. 4 ff.

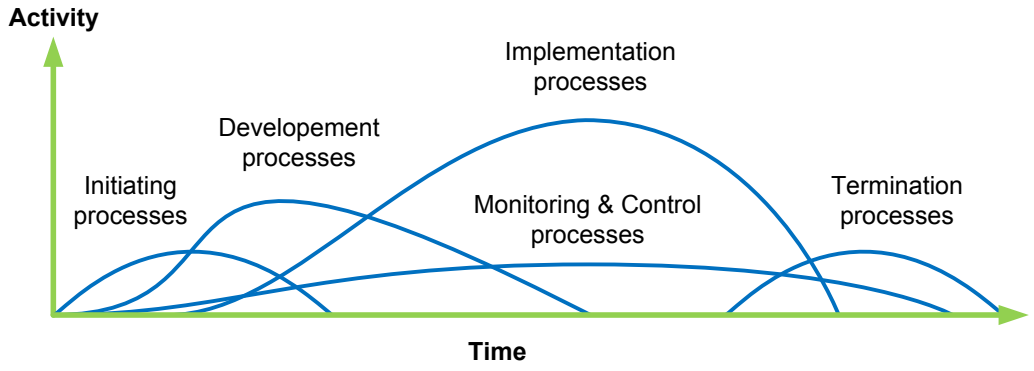


Abbildung 9 – Projektlebenszyklus[131]

Speziell mit Blick auf interdisziplinäre Forschungsvorhaben führen Schophaus et al. aus, dass akademische Projekte keinem standardisierten Projektablauf folgen, sondern einen jeweils eigenen „Rhythmus“ haben (Schophaus, Dienel et al. 2003, S. 27). Entsprechend stellen die im folgenden benannten Phasen und die damit verbundenen Arbeitsaufgaben keine lineare Abfolge, sondern vielmehr Komponenten eines Prozesses dar (Tabelle 17).

Projektgenese	• *Entwicklung gemeinsamer Ziele und Fragen*
Start- und Konstituierungsphase	• *Koordination des Projektteams (Interessen, Positionen, Kompetenzen)* • *(gemeinsame?) Festlegung der Projektziele* • *Entwurf der Kooperationsstruktur* • *Funktionsrollen (Moderation, Arbeitspakete)* • *Erarbeitung eines Projektplans, Festlegung von Zeitpunkten zur Planevaluierung* • *Festlegung von Qualitätskriterien*
Durchführungsphase	• *Ausarbeitung von Zwischenschritten und Teilschritten (Feinplanung)*
Projektabschluss	• *Sicherung von Ergebnissen und Publikation* • *Bilanzierung der Zusammenarbeit*

Tabelle 17 – Phasen interdisziplinärer Forschung[132]

Sequenzierung des Arbeitsflusses

Analog zum *Arc of Work* findet die Sequenzierung des gesamten Arbeitsflusses in einzelne Teilschritte anhand von Organisationsbausteinen wie Arbeitsaufgaben beziehungsweise Arbeitspaketen statt, die bereits vor dem Hintergrund des Projektmanagements ausgeführt (vgl. Abs. 3.3.1) wurden. Im Rahmen einer solchen Planung findet auch eine Vereinbarung

[131] Nach: HAVILA, V., MEDLIN, C. J. und SALMI, A.: Project-ending competence in premature project closures, in: International Journal of Project Management 31 (2013), S. 90-99; PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE: A Guide to the Project Management Body of Knowledge. PMBOK Guide, Newtown Square 2004, S. 91.

[132] Nach: SCHOPHAUS, M., DIENEL, H.-L. und VON BRAUN, C.-F.: Von Brücken und Einbahnstraßen. Aufgaben für das Kooperationsmanagement interdisziplinärer Forschung (Discussion paper Nr. 08/03), Berlin 2003, S. 29 f. Sowie: LOIBL, M. C., HOLLAENDER, K., GIULIO, A.-D., DEFILA, R. und SCHEUERMANN, M. 2001. Fragen zur Steuerung inter- und transdisziplinärer Forschung nach Aufgabenpaketen und Projektphasen [Online]. http://www.ecology.at/projekt/detail/IuT/html/Steuerseiten/quellenmain.htm, besucht am 10. 1. 2014.

von Zeitpunkten beziehungsweise Meilensteinen als Übergangspunkten zwischen Organisationselementen dar. Wie bereits in Absatz 3.3.1.3 ausgeführt, besitzen derartige Meilensteine eine wichtige Funktion nicht nur zur Sicherstellung eines zeitlichen Anknüpfungspunktes für darauf aufbauende Arbeitshandlungen, sondern auch zur Evaluation eines tatsächlichen Projektfortschritts gegenüber der Planung (Nausner 2006, S. 165).

Eine in diesem Zusammenhang stehende generelle Einschätzung geht davon aus, dass im Vorfeld von „trennschärferen" Ereignissen (Meilensteine, Präsentationen, Berichte, etc.) besonders intensive Arbeitsphasen stattfinden. Dabei stellen Schophaus et al. die These auf, dass in derartigen „kurzen, sehr konzentrierten Arbeitsphasen" die meiste Projektarbeit verrichtet wird (Schophaus, Dienel et al. 2003, S. 30). Damit einher geht das Risiko, dass in derartigen Phasen für eine Ergebniserreichung nicht essentielle Aufgaben wie beispielsweise die Kommunikationsarbeit vernachlässigt werden. Wie bereits in Absatz 3.3.1.3 angeführt, treten bei 3D-Rekonstruktionsprojekten als Innovationsprojekten neben derartigen geplanten Zäsuren eine Vielzahl im Vorfeld ungeplanter Einschnitte – beispielsweise aufgrund personeller Veränderungen oder unerwarteter Schwierigkeiten – zu Tage, die eine Anpassung von Zielsetzungen erfordern.

Ein gerade bei akademischen Vorhaben wesentlicher Aspekt ist die sinnvolle Gestaltung einer Gesamtdauer des Vorhabens. Während Projektvorhaben gerade von neu konstituierten und interdisziplinären Projektteams aufgrund einer Notwendigkeiten zur Teambildung sowie Projektkonstituierung (Nausner 2006, S. 62 ff.) zur effektiven Bearbeitung ihrer Zielstellung eine – vom Vorhaben abhängige – Mindestdauer haben sollten, sinkt nach Hage (Hage 2000, S. 78 f.) bei einer Projektdauer von mehr als fünf Jahren insbesondere aufgrund des nachlassenden Interesses der Beteiligten am interdisziplinären Austausch die Effektivität der Projektbearbeitung.

Referenzprozessmodell

Ein wesentlicher Aspekt der Betrachtung von Projektprozessen ist die Frage, wie sich derartige Prozesse beschreiben und formalisieren lassen. Diesbezüglich stellen Referenzprozessmodelle einen bemerkenswerten Ansatz aus den Wirtschaftswissenschaften dar, der anders als beispielsweise das in Absatz 6.2.4.1 noch ausgeführte Auswertungsparadigma der *Grounded Theory* nicht nur eine Exploration und Deskription von Arbeitsprozessen und -phänomenen zum Ziel hat, sondern durch eine Modellierung von komplexen Interaktionsprozessen und deren Einflussgrößen Prozesswissen übertragbar machen soll. Hinsichtlich ihrer Zielsetzung fungieren Referenzprozessmodelle häufig als Vorstufe einer Software-Implementierung von Geschäftsprozessen (Fettke und Loos 2002). Auch wenn eine derartig umfassende Operationalisierung in der vorliegenden Arbeit mit Blick auf das geringe Erkundungsniveau des Forschungsgebietes und die damit verbundene Zielstellung einer explorativen Analyse ebenso wie durch die – im Rahmen einer empirischen Untersuchung (vgl. Abschn. 6.2.2 und Kap. 8) noch beleuchtete – eingeschränkte Datenbasis

einer Untersuchung wenig zielführend erscheint, besitzen derartige Ansätze im Kontext dieser Arbeit beispielsweise zur Darlegung von Handlungsempfehlungen Relevanz. Dies steht in der Tradition einer Reihe von Anwendungen ohne die explizite Zielstellung einer Software-Entwicklung, die beispielsweise das Ziel einer Explikation von *Best Practices* im Sinne von Handlungsempfehlungen (vgl. Abs. 3.3.4.2) verfolgen (Remus 2002). Das grundsätzliche Dilemma derartiger Empfehlungen besteht in der Wahl des Abstraktionsniveaus und damit der Balance zwischen einfacher Anwendbarkeit eines konkreten Gegenstandsbezugs sowie der hohen Wiederverwendbarkeit allgemeingültiger Modelle (Raue 1996). Ähnlich wird als Ergebnisniveau (Poignée 2007; Entrup 2009) zumindest in einigen Fällen die „[gegenstandsbezogene] Sammlung und Konzeptionalisierung von zentralen Handlungsdimensionen“ (Poignée 2007, S. 58) angestrebt, die auch in dieser Arbeit im Vordergrund steht. Ein konkretes methodisches Vorgehen im Kontext dieser Arbeit wird in Abschn. 6.2.4 dargelegt.

3.4.2 Der Visualisierungsprozess aus Sicht der Informatik

Nachdem im vorigen Abschnitt generische Prozessmodelle vorgestellt wurden, sollen in diesem sowie den nächsten Abschnitten Arbeitsprozessmodelle der für eine 3D-Rekonstruktion relevanten fachlichen Perspektiven vorgestellt werden. Wie bereits im Zuge einer Begriffsdefinition in Abschn. 2.5 ausgeführt, zielen 3D-Rekonstruktionsprojekte zumeist auf eine visuelle Modelldarstellung ab und stellen aus Sicht der Informatik Visualisierungsvorhaben dar.

Die Konzeption eines Visualisierungsvorgehens und die Auswahl damit verbundener Methoden sollten in Abhängigkeit von einer Zielstellung, einem Kontext und den designierten Betrachtern erfolgen (Robertson 1991, S. 57). Für die diesbezügliche Konzeption eines geeigneten Modellierungs- und Visualisierungsvorgehens stellen Nielson und Jung drei Kriterien auf (Nielson, Hagen et al. 1997, hier nach: Jung 1998, S. 87; Schumann und Müller 2000, S. 9 ff.):

- *Expressivitätskriterium:* Die Modellierungs- und Visualisierungsmethoden geben die darzustellende Datenmenge möglichst unverfälscht wieder und stellen alle darin enthaltene Informationen (und nur diese) dar.
- *Effektivitätskriterium: Di*e Visualisierungsmethode präsentiert die Daten optimal.
- *Angemessenheitskriterium:* Die Modellierungs- und Visualisierungsmethoden weisen ein gutes Verhältnis von Aufwand und Nutzen auf.

Auch wenn die spezifische Konzeption eines Visualisierungsvorgehens damit in Abhängigkeit vom jeweiligen Vorhaben erfolgt, lässt sich ein Visualisierungsprozess in einer generischen Betrachtung durch ein lineares Vorgehensmodell beschreiben. Wie in Abbildung 10 dargestellt, umfasst dieses idealtypisch die aufeinander folgenden Schritte Dateninput und Datenselektion, Modellierung und Simulation sowie Ausgabe.

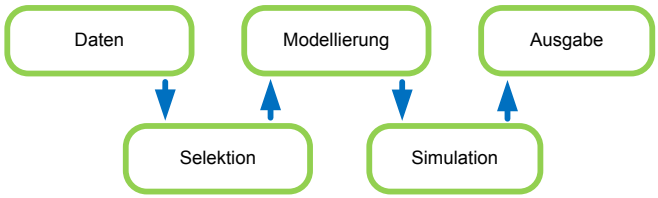


Abbildung 10 – Generisches Visualisierungsprozessmodell[133]

Daten

Die Ausgangsbasis einer Visualisierung bilden Daten. Der Datenbegriff ist eine Sammelbezeichnung allen *Inputs* eines Informationsverarbeitungsprozesses. Eine Klassifikation nach Schumann und Brodlie unterscheidet Daten bezüglich ihrer Herkunft. So können Daten beispielsweise als empirische Messwerte einer realen Welt, einer theoretischen Welt wie der Mathematik oder als *entworfene Daten*, wie beispielsweise im Fall künstlerischer Darstellungen, einer künstlichen Welt entstammen (Schumann und Müller 2000, S. 38, mit Verweis auf Brodlie 1992, S. 59).

Die Datenselektion

Prozesstheoretisch finden die Selektionsprozesse einer geschichtswissenschaftlichen 3D-Rekonstruktion vor allem bei der Gewinnung und Auswahl von Daten aus Quellen statt. Wie in Abschnitt 5.3.2 und Absatz 6.4.3.1 noch empirisch beleuchtet wird, stellt anders als bei der Visualisierung von Messergebnissen weniger die Datenreduktion ein Problem dar als vielmehr die Extrapolation unvollständiger Quelldaten. In Ergänzung der von Schumann vorgeschlagenen Gesichtspunkte der Datenreduktion ergeben sich folgende Aspekte der Datenselektion (nach Schumann und Müller 2000, S. 47 f.):

1. Entfernung irrelevanter Daten,
2. Abstraktion der Datenmenge,
3. Angabe eines Bereichs von Interesse,
4. Interpolation beziehungsweise Extrapolation fehlender Daten,
5. Kompilation der benötigten Daten,
6. Auswahl von Teilmengen.

[133] In Anlehnung an: HABER, R. B. und MC NABB, D. A.: Visualization Idioms. A conceptual model for scientific Visualization Systems, in: SHRIVER, B. D., NIELSON, G. M. & ROSENBLUM, L. J. (Hrsg.): Scientific visualization, Los Alamitos 1990, S. 149-177.

Modellierung und Modell

Geometrische Form | Geometrische Form und Ausleuchtung | Form, Ausleuchtung und Materialzuweisung

Abbildung 11 – Schritte der Modellerstellung

Als technische Werkzeuge kommen in 3D-Rekonstruktionsvorhaben zumeist CAD-, Animations- oder VR-Programme zum Einsatz.[134] In einem ersten Arbeitsschritt wird im Idealfall ein virtuelles Gerüst orthogonaler Projektionen des zu modellierenden Objekts erstellt. Dies bedeutet, dass digitalisierte Grund- und Aufrisse in der Modellierungssoftware als Ebenen des virtuellen Raumes orthogonal zueinander stehend in Ausrichtung gebracht werden. Daraus lassen sich geometrische Informationen wie Formen, Maße und Größenverhältnisse visuell in das zu erstellende 3D-Modell übernehmen.

Die erste Zieletappe einer digitalen 3D-Modellierung bildet das Erstellen einer geometrischen Form (Abbildung 11). Grundlegende Basistechniken zur Formerstellung sind dabei die *Boxmodellierung* sowie die *Splinemodellierung*. [135] Bei der erstgenannten Technik wird ausgehend von geometrischen Grundkörpern wie Quadern, Zylindern oder Kugeln eine Grobkubatur der darzustellenden virtuellen Objekte nachempfunden. Diese lässt sich dann durch den Modelleur mittels verschiedener virtueller Werkzeuge bis zum gewünschten Detailgrad ausformen. Bei der *Splinemodellierung* werden mit Hilfe von Kurven, sogenannten *Splines*, charakteristische Silhouetten der darzustellenden Gebäude nachgebildet. Zusammen genommen bilden diese *Splines* dann im Sinne eines virtuellen Zeltgestänges die formgebende Grundstruktur einer Objekthülle. Da das beschriebene Vorgehen zur Modellerstellung zumeist sehr aufwendig und mit einer Vielzahl manueller Tätigkeiten verbunden ist, existieren in Abhängigkeit vom Entstehungs- und Verwendungskontext eine ganze Reihe von Automatisierungs- und Systematisierungsansätzen wie zum Beispiel das Zusammenfassen sich wiederholender

[134] Zum Begriff: Abschn. 2.5.2.

[135] Als generelle Einführung zum Thema: MORTENSON, M.: Geometric Modeling, New York 2006. Ich danke Prof. Dr. Markus Wacker und Dr. Peter Jahn für ihre Hinweise zu diesem Abschnitt.

Elemente zu gesamtregelbaren Gruppen (sogenannten Instanzen) oder das Anlegen von Bauteil-Bibliotheken. Ein darüber hinausgehender Ansatz besteht darin, komplette Objektschemata wie beispielsweise Architektursysteme in parametrische Regelwerke zu überführen (hierzu Schneider, Guthe et al. 2005 sowie Abs. 4.3.1.2). Anhand solcher Gestaltungsregeln lassen sich nicht nur singuläre und spezifische Objekte rekonstruieren, sondern beliebige archetypische und hypothetische Instanzen generieren. Neben einer geometrischen Form sind für die visuelle Qualität derartiger Modellabbildungen sowohl eine virtuelle Beleuchtung als auch die Nachbildung von Materialeigenschaften des Referenzobjektes entscheidend. Im Falle bewegter Bildausgaben wie beispielsweise Animationen oder interaktiven Medien werden in einem weiteren Schritt derartige Szenen animiert, d. h. Bewegungsabläufe oder Interaktion definiert und nachgebildet.

Simulation

Eine Unterscheidung zwischen virtuellem Modell und Simulation ist zumeist nur unscharf zu treffen. Eine zielführende Abgrenzung liefert Niegemann, der davon spricht, dass ein Modell „dann zur Simulation [wird], wenn sie einen bestimmten Grad an Interaktivität aufweist“ (Niegemann, Domagk et al. 2008, S. 260). Begrifflich bezeichnet Simulation ein „Verfahren zur Nachbildung eines Systems mit seinen dynamischen Prozessen in einem experimentierbaren Modell, um zu Erkenntnissen zu gelangen, die auf die Wirklichkeit übertragbar sind.”[136] Law und Kelton unterscheiden Simulationsarten anhand der verwendeten Modelle, wobei sich folgende Klassifikationen ergeben: [137]

- statisch oder dynamisch,
- diskret oder kontinuierlich,
- deterministisch oder stochastisch.

Im Sinne dieser Definition simuliert eine 3D-Rekonstruktion historischer Sachverhalte diese deterministisch und diskret. Generell lässt sich eine Abgrenzung der Schritte Modellerstellung und Simulation in einem Visualisierungsprozess jedoch nur unscharf vornehmen. Während die Erstellung eines geometrischen *Modells* in der Literatur unstrittig ist, bleibt die Definition von Texturierung, d. h. die Zuweisung von Oberflächenfarbe und

[136] VDI: Simulation von Logistik, Materialfluß- und Produktionssystemen, Grundlagen, VDI 3633, Düsseldorf 1992, aus: CHAHROUR, R.: Integration von CAD und Simulation auf Basis von Produktmodellen im Erdbau, Kassel 2006, S. 13.

[137] LAW, A. M. und KELTON, W. D.: Simulation modeling and analysis, New York [u. a.] 2000, S. 5 f., Daneben: „Eine statische Simulation liefert eine Nachbildung eines Systems zu einem bestimmten Zeitpunkt. Eine dynamische Simulation bildet ein System ab. dessen Zustände. Attribute. Prozesse etc. zeitabhängig veränderlich sind.” Aus: CHAHROUR, R.: Integration von CAD und Simulation auf Basis von Produktmodellen im Erdbau, Kassel 2006, S. 13. Hierzu auch: LIEBL, F.: Simulation. problemorientierte Einführung, München [u. a.] 1995, S. 9 ff.; SAUERBIER, T.: Theorie und Praxis von Simulationssystemen. eine Einführung für Ingenieure und Informatiker, Braunschweig [u. a.] 1999, S. 21 f.

Struktur oder auch Animation als Teil der Modellierung oder Simulation, unklar. Eine ähnliche Unschärfe ergibt sich hinsichtlich der Abgrenzung von Simulation und Ausgabe.

Ausgabe

Wie bereits mehrfach ausgeführt, liegt das erstellte virtuelle 3D-Modell im Ergebnis als digitaler Datensatz vor und ist als solcher sowohl für den Bearbeiter als auch für den Betrachter nur mittelbar zugänglich. Um ein virtuelles Modell sichtbar und bearbeitbar zu machen, muss es abgebildet und in statische Einzelbilder oder komplexere Abbildungszusammenhänge wie Animationen oder interaktive Darstellungsformate überführt werden. Der technische Prozess des Berechnens und Aufbereitens des virtuellen Modells für ein grafisches Medium wird als *Rendering* bezeichnet, als Verfahren kommen beispielsweise Raytracing (Encarnação, Straßer et al. 1996; Šrámek 1998) und Global Illumination (Larson 2003) zum Einsatz.

Mit Blick auf das in diesem Abschnitt vorgestellte Ablaufschema stellt eine lineare Schrittfolge gerade bei Visualisierungsvorhaben, bei denen wie bei 3D-Rekonstruktionsvorhaben eine Modellerstellung mit einem primär manuellen Modellierungsvorgehen verbunden ist, eher ein Ideal als die Realität dar. Wie im Zuge der empirischen Betrachtung in Abschnitt 6.5.1 noch ausgeführt wird, geht dies jedoch weniger auf einen (informations-)technischen Prozess als vielmehr auf mit einer Visualisierung verbundene Gestaltungs- und Forschungsanforderungen zurück, die aus theoretischer Perspektive in den folgenden Abschnitten thematisiert werden.

3.4.3 Der Designprozess

Der Begriff des Designs umfasst im strengen Sinne die Aspekte des Entwurfs und der Formfindung. Inzwischen findet der Begriff jedoch quasi für alle Aspekte der Gestaltung Verwendung. Disziplinär ist *Design* aktuell auf dem besten Weg, sich neben der *Kunst* als ganzheitliche Gestaltungswissenschaft zu etablieren, die gleichermaßen genetische und rezeptive Ausprägungen beinhaltet.[138] Im klassischen, gestalterischen Sinne unterscheidet *Design* dabei zwischen den Disziplinen Industrie- sowie Informations- beziehungsweise Kommunikationsdesign. Während Industriedesign nach Habermann auf „die Schaffung von Realitäten“ abzielt, die einen „physischen oder psychischen Bedarf“ decken sollen, beschäftigt sich Informationsdesign mit der „Vermittlung von Informationen beziehungsweise [der] gezielten Einflussnahme auf die jeweils persönliche geistige Einstellung (Habermann 2003, S. 3).[139] Eine disziplinäre Sonderstellung nimmt die Architektur ein, die den Entwurf und die Gestaltung von baulichen Strukturen zum Inhalt

[138] Zur Geschichte der Designforschung: CROSS, N.: Editorial - Forty years of design research, in: Design Studies 28 (2007), S. 1-4.

[139] Hierzu auch: http://www.boxesandarrows.com/view/information_design_the_understanding_discipline, besucht am 22. 03. 2013. Ferner: HARTWIG, R.: Ergonomie multimedialer interaktiver Lehr- und Lernsysteme (Dissertation), Lübeck 2005.

hat. Auch wenn Architektur als Untersuchungsgegenstand eine weit zurückreichende akademische Tradition besitzt und auf eine profunde Wissensbasis zurückgreifen kann (Carpo 2001, S. 7 ff.), reihen sich die Problemstellungen und praktischen Vorgehensweisen des Architekturentwurfs in den Kanon der Designprozessmodelle ein (Steinmann 1997, S. 39–52, insbes. S. 45 ff.). Der Architekturentwurfsprozess soll daher mit Blick auf eine in diesem Abschnitt angestrebte generische Betrachtung von Gestaltungsprozessen nicht gesondert ausgeführt werden.

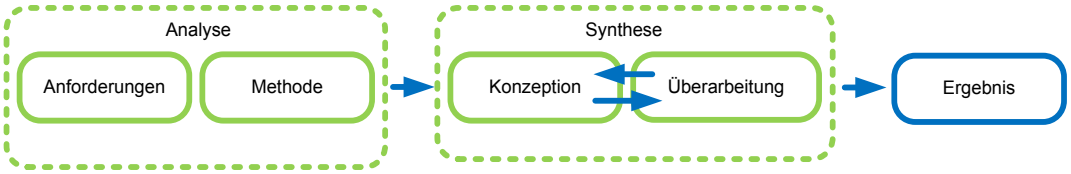


Abbildung 12 – „Klassisches" Prozessmodell des Designs[140]

Klassische Prozessmodelle des Designs gehen von einer Zweistufigkeit des Designvorgehens aus (Abbildung 12). Während einer *Analyse* genannten ersten Phase werden die gestellten Anforderungen erfasst und analysiert sowie systematisch die zur Bearbeitung geeigneten gestalterischen Mittel und Methoden gewählt (Bamford 2002, S. 246 ff.). Der eigentliche Designprozess findet in einer zweiten, *Synthese* genannten Stufe statt. In einer Abfolge von Konzept und Überarbeitung werden Ideen so lange konkretisiert, bis ein Ergebnis akzeptiert wird. Als Beispiel für eine solche Iterationsfolge sei auf Kurz verwiesen, die als aufeinander folgende Syntheseschritte „Idee", „Bewertung", „Korrektur" und „Weiterentwicklung" benennt (Kurz 2008, S. 35).

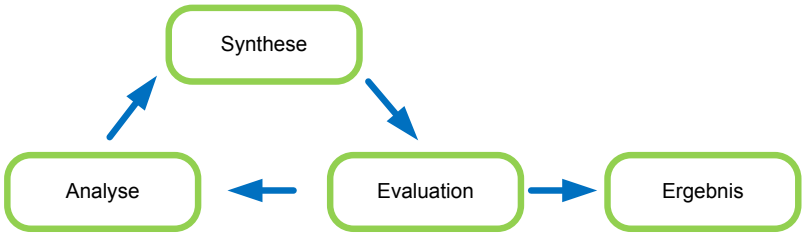


Abbildung 13 – „Neueres" Analyse-Synthese-Evaluations-Modell des Designs

Neuere Designtheorien fassen die Phasen der Analyse und Synthese als Einheit auf und erklären Design somit im Sinne eines komplexen Zirkels (Abbildung 13), der Anleihen beispielsweise bei Hermeneutik und Systemtheorie nimmt (Loh 2005). Stellvertretend für

[140] Nach: BAMFORD, G.: From analysis/synthesis to conjecture/analysis. a review of Karl Popper's influence on design methodology in architecture, in: Design Studies 23 (2002), S. 245-261, S. 247.

diese Konzepte sei auf das Prinzip der „Analysis through synthesis“ verwiesen (Gedenryd 1998; Jonas 2004, S. 6). Während im Ideal des technischen Prozesses ein Vorgang mit klaren Ziel- beziehungsweise Abbruchkriterien versehen ist,[141] werden Designprobleme gemeinhin zu den *Wicked Problems* gezählt, für die u. a. keine klaren Prozessendkriterien definiert sowie keine idealen Lösungen absehbar sind.[142] Ein Prozessende wird somit nicht durch eine Zielerreichung, sondern durch eine hinreichende Zielnäherung oder externe Abbruchkriterien initiiert (Vgl. auch 3.3.5.2).[143]

3.4.4 Arbeitsprozesse der Geschichtswissenschaften

Ähnlich wie Designprozesse weist auch geschichtswissenschaftliche Forschung mit Blick auf ein idealtypisches Vorgehen zyklische Strukturen auf. Eine wichtige Grundkomponente geschichtswissenschaftlichen Vorgehens besteht darin, dass seit Mitte der 1950er Jahre zumindest im westlichen Raum Forschung vorrangig problemzentriert erfolgt (Wengenroth 1998, S. 5 f.). Dieses Forschungsparadigma ist stark mit dem Aufkommen konstruktivistischer Erklärungsmodelle verbunden, die in den Geschichtswissenschaften gleich in zweierlei Hinsicht Relevanz besitzen. Wissenschaftsgeschichtlich bedingte dieser Erklärungsansatz neben einem Interpretationsansatz historischer Sachverhalte einerseits eine „Neubewertung“ der in Abschnitt 2.3.3 begrifflich eingeführten historischen Quellen als hauptsächliche Datengrundlage einer geschichtswissenschaftlichen Arbeit. Im Sinne einer konstruktivistischen Betrachtung gehen jeder „Handlung […] Intentionen voraus“ (Goering 2013, mit Verweis auf Gerber 2012), womit auch eine Quelle als Überrest oder Überlieferung eine Intention des historischen Erstellers repräsentiert. Andererseits liefern historische Quellen in ihrer Gesamtheit zumeist nur ein unvollständiges und sich häufig widersprechendes Bild historischer Vergangenheit und stellen somit eine nur unvollständige Datenbasis für eine 3D-Rekonstruktion dar. Dieses an sich unlösbare Dilemma hat schlussendlich auch zu der Ansicht geführt, dass Geschichtswissenschaft immer nur eine mehr oder minder gute Konstruktion von Vergangenem darstellt (vgl. Wengenroth 1998, S. 4 f.) und als solches kein verlässliches, holistisches Bild von Vergangenem liefern kann.

---

[141] Ansätze hierzu bietet beispielsweise das (TOTE)-Modell (Test-Operate-Test-End) der Kybernetik. Hierzu: MILLER, G. A., GALANTER, E. und PRIBRAM, K. A.: Plans and the structure of behavior, New York 1960.

[142] Begriff und Charakter der „Wicked Problems“ wurden erstmals 1973 durch Ritter und Webber beschrieben: RITTEL, H. und WEBBER, M.: Dilemmas in a General Theory of Planning, in: Policy Sciences 4 (1973), S. 155-169. Eine Verallgemeinerung dieser Definition lieferte Conklin: CONKLIN, J.: Dialogue Mapping. Building Shared Understanding of Wicked Problems, New York 2005. Eine generelle Klassifikation von Problemstellungen findet sich bei: STEINMANN, F.: Modellbildung und computergestütztes Modellieren in frühen Phasen des architektonischen Entwurfs (Dissertation), Weimar 1997, S. 14. Ähnlich: LEIFER, L., PLATTNER, H. und MEINEL, C.: Design Thinking Research. Building Innovation Eco-Systems, Dordrecht 2013, S. 107 f.

[143] Ansätze bzw. Strategien hierzu liefert wiederum die Theorie der *Wicked Problems*: ROBERTS, N. C.: Wicked Problems and Network Approaches to Resolution, in: Visualizing Argumentation. Tools for Collaborative and Educational Sense-Making 1 (2000), S. 1-19. Ebenfalls ausgeführt bei: CASTORPH, M.: Bauteilorientierte Entwurfsprozesse, Architekturlehre, BOE, Sammlung 2002-2008, Kaiserslautern 2008, S. 7.

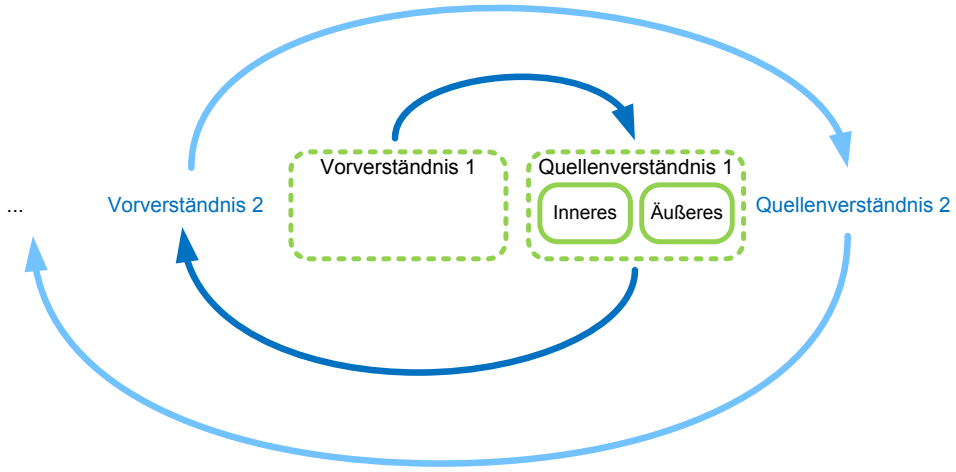


Abbildung 14 – Hermeneutisches Modell der Geschichtswissenschaft

Das klassische und am weitesten verbreitete Untersuchungsparadigma der Geschichtswissenschaften stellt die Hermeneutik dar (Goetz 1993, S. 283 ff.). Wie in Abbildung 14 dargestellt, versteht sich diese qualitative Methode im Kontext der Geschichtswissenschaften als zyklisches Wechselspiel zwischen Vorverständnis und Quellenverständnis des Forschers. Prozessual fußt ein Quellenverständnis auf dem Vorverständnis des Forschenden und führt durch die Untersuchung von Quellen mittels der methodischen Schritte einer formalen *äußeren* und inhaltlichen *inneren Quellenkritik* zu einem erweitertes (Vor-)Verständnis des Forschenden.

3.4.5 Erstellungsprozesse für Lehrmedien

Wie bereits in Absatz 3.2.3.3 ausgeführt, ist die Erstellung von Visualisierungen zur Vermittlung und Kommunikation von Wissen ein vordergründiges Ziel von 3D-Rekonstruktionsprojekten. Ebenfalls wurde im angeführten Absatz bereits darauf hingewiesen, dass die erstellten Medien zumeist gleichermaßen als Lehrmedien zur Wissensvermittlung als auch als Kommunikationsmedien im Dialog zwischen Experten Verwendung dienen. Nicht zuletzt wurden dort Ansätze für eine Betrachtung von Wissensmedien zur Kommunikation *inter pares* vorgestellt und werden im Zuge der noch folgenden empirischen Betrachtung vertieft. Aus prozessualer Perspektive ist insbesondere die Betrachtung von 3D-Rekonstruktionen als Lehrmedienerstellung interessant.

In einer generischen Perspektive stellt ein damit verbundenes Vorgehen wiederum einen Gestaltungsprozess dar, der die „die systematische und vor allem die differenzierte Anwendung pädagogisch-psychologischer Prinzipien“ (Niegemann, Domagk et al. 2008, S. 17) bei einer Entwicklung von Lehrmedien in den Mittelpunkt stellt. Damit verbunden sind die Begriffe des *didaktischen Designs* sowie des zugrunde liegenden und damit eng

verwandten *Instruktionsdesigns*,[144] wobei ein *didaktisches Design* das „systematisches Arrangement von Umgebungsbedingungen“ zur Kompetenzförderung bezeichnet (Niegemann, Domagk et al. 2008, S. 17).

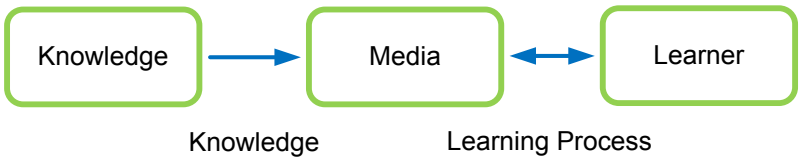


Abbildung 15 – Generisches Modell des mediengestützten Lernens[145]

Zentrales Element einer Lehrmedienerstellung ist die Abstimmung der Lernelemente auf die Voraussetzungen des Rezipienten sowie das gewünschte Lernziel. Den damit verbundenen Prozess der Lehrmedienerstellung thematisiert eine ganze Reihe von Vorgehensmodellen (Reitmaier 2011, S. 29 ff.). Beispielhaft sieht ein in Abbildung 15 skizziertes generisches Modell eine Lehrmedienentwicklung einerseits als Resultat einer Wissenstransformation, andererseits hinsichtlich eines Lernprozesses als Interaktion zwischen Medium und Rezipienten beziehungsweise Lerner. Demgegenüber gehen handlungsbezogene Modelle einer Lernmedienentwicklung, wie beispielsweise das in Abbildung 16 vorgestellte Modell des systematischen Instruktions-Designs, von der sequentiellen Abfolge einer Analyse und Planungsphase zur Konzeption der Lehrmedien, einer daran anschließenden iterativen Phase der Modulentwicklung und Evaluation sowie einer abschließenden Herstellung und Publikation von Lehrinhalten aus.

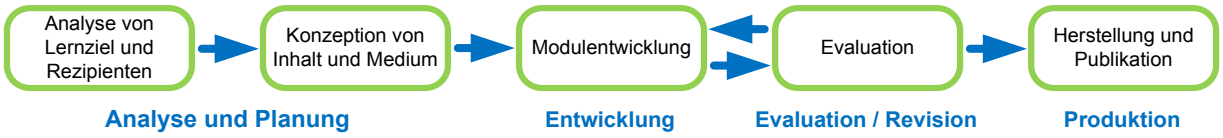


Abbildung 16 – Prozessmodell des Systematischen Instruktions-Designs[146]

---

[144] Die diesbezügliche Ideengeschichte beleuchtet bspw. REITMAIER, M.: Erstellung von digitalen Lernangeboten. Empirische Untersuchung der Projektphasen, Personen und Interaktionen bei Medienentwicklungsprojekten, Qualitätsaspekte und deren Zusammenhänge mit den Projektprozessen (Dissertation), Bergen [u. a.] 2011, S. 24 ff. Zur Unterscheidung zwischen instruktionalem und didaktischen Design: REINMANN, G.: Studientext. Didaktisches Design, München 2011b, S. 7.

[145] Modell in Anlehnung an: REITMAIER, M.: Erstellung von digitalen Lernangeboten. Empirische Untersuchung der Projektphasen, Personen und Interaktionen bei Medienentwicklungsprojekten, Qualitätsaspekte und deren Zusammenhänge mit den Projektprozessen (Dissertation), Bergen [u. a.] 2011, S. 25.

[146] In Anlehnung an: ISSING, L. J.: Studieren mit Multimedia und Internet. Ende der traditionellen Hochschule oder Innovationsschub?, Münster [u. a.] 2002, S. 158. In einer groben Abfolge ähnelt das Modell dem Analysis-Design-Development-Implementation-Evaluation (ADDIE)-Modell. Bspw. in: NIEGEMANN, H. M.: Kompendium E-Learning, Berlin [u. a.] 2004, S. 22.

Eng damit verbunden sind nicht zuletzt die Aspekte der Informationsreduktion und Manipulation. Während Erstere das Ideal einer „objektiven“ Informationsverdichtung und Reduktion auf die dem Datenbestand immanenten Kernaussagen untersucht, beinhaltet Manipulation deren „subjektive“ Komponente, in der eine Informationsverdichtung nicht oder nicht nur „datengeleitet“ erfolgt sondern im Kontext einer subjektiven Intention steht. Forschungen zur Informationsreduktion und -darstellung datieren weit ins vordigitale Zeitalter zurück. So gehört die mittlerweile in ihrem Erscheinen 50 Jahre zurückliegende Habilitationsschrift Herings noch immer zu den diesbezüglichen Standardwerken.[147] Grundsätzlich stellen 3D-Rekonstruktionen nur zum Teil originäre Lehrmedienentwicklungsprojekte dar, vielmehr dienen diese Vorhaben gleichermaßen einer Erforschung und Veranschaulichung historischer Sachverhalte.

3.4.6 Zusammenfassung

Wie bereits im vorhergehenden Abschnitt ausgeführt, finden 3D-Rekonstruktionen im Kontext von Projekten als Form temporärer Arbeitsorganisation statt (vgl. Abschn. 3.3.1). Dabei weisen Projektabläufe eine Reihe von charakteristischen Phasen auf. Diese Phasen sind auch für akademische Innovationsprojekte relevant, wenngleich Schrittfolgen dort je nach Projekt mitunter variieren (Schophaus, Dienel et al. 2003, S. 27). Demgegenüber zielen Referenzprozessmodelle auf eine Identifikation und Modellierung von – im Erkenntnisinteresse dieser Arbeit stehenden – Handlungsempfehlungen ab. Das soziologische Konzept des *Arc of Work* wiederum wird durch den Ansatz einer Ex-post-Rekonstruktion von Arbeitsabläufen für die Arbeit interessant. Ein wesentliches Instrument stellt dabei die induktive Ermittlung von Phasen als „formalen Brüchen“ eines Arbeitsablaufs dar.

Neben diesen Arbeitsprozessmodellen beinhalten 3D-Rekonstruktion informationstechnische Visualisierungsprozess-, Designprozess- sowie geschichtswissenschaftliche Prozesskomponenten. Eine weitere Perspektive stellt die Betrachtung von 3D-Rekonstruktionen als Prozess der Lehrmedienentwicklung (vgl. Abschn. 3.4.5) dar, mit dem nicht zuletzt Aspekte einer Informationskodierung und didaktischen Gestaltung einer medialen Ausgabe verbunden sind.

Hinsichtlich eines informationstechnischen Ablaufs folgt der Prozess einer 3D-Rekonstruktion weitgehend dem Visualisierungsprozess der Informatik (vgl. Abschn. 3.4.2) und ist hinsichtlich eines Vorgehens eng mit softwaregestützten Gestaltungsprozessen in entwerfenden Disziplinen der Ingenieurswissenschaften, aber auch der Architektur verwandt.[148] In vielen Fällen finden sogar dieselben technischen Werkzeuge und Programme

[147] Reprint: PAHL, J.-P. und AHLBORN, H.: Didaktische Vereinfachung. Eine kritische Reprise des Werkes von Dietrich Hering, Seelze-Velber 1998.

[148] Vorgehensmodelle gibt es beispielsweise zu Entwurfsprozessen in Architektur (Bspw. in: DIEßENBACHER, C.: Computersimulation und -visualisierung in der Architektur, Aachen 1998) und Maschinenbau (Bspw: PAHL, G.,

Verwendung. Während ein Visualisierungsprozessmodell im Idealfall von einer linearen Abfolge von Einzelschritten ausgeht, beschreiben sowohl historisch-wissenschaftliche als auch gestalterische Prozessmodelle eine vorrangig zyklische Abfolge von Arbeitsschritten. Dies resultiert zu großen Teilen daraus, dass notwendige Schritte zur Zielerreichung und erreichbare Ergebnisqualitäten bei Rekonstruktionsprojekten nicht von Anfang an überschaubar sind, sondern erst im Zuge der Projektbearbeitung entwickelt und sichtbar (vgl. Abschn. 3.4.3 und 3.4.4) werden. Im Sinne eines Designprozesses handelt es sich bei Rekonstruktionsvorhaben zudem um *Wicked Problems*: Derartige Vorhaben können keine ideale, sondern nur eine hinreichende Lösung erreichen.

3.5 Zusammenfassung des Kapitels

3.5.1 Wissen und Kommunikation als zentrale Elemente

Mit Blick auf die im Zuge der Begriffserklärung aufgestellte Definition von Kooperation als zielorientierte Zusammenarbeit zwischen selbstständigen Akteuren und zu einem beiderseitigen Vorteil (vgl. Abschn. 2.1) und das gewählte Betrachtungsfeld geschichtswissenschaftlicher Bearbeitung kommen den Elementen *Wissen* und *Kooperation* zentrale Rollen in dieser Untersuchung zu. In diesem Kontext soll der Fokus der Betrachtung von 3D-Rekonstruktionsvorhaben auf deren Untersuchung als konstruktivistischer Interaktionsprozess zwischen Akteuren liegen. Eine besondere Bedeutung kommt in diesem Zusammenhang dem Untersuchungsfeld als einer interdisziplinären Sphäre zu. Dies bedingt die besondere Herausforderung einer Schaffung arbeitsbezogener, transepistemischer Schnittstellen für eine Kommunikation ebenso wie die Genese gemeinsamer beziehungsweise geteilter Wissensmodelle (vgl. Abschn. 3.1.2, 3.2.5 und 3.2.7). Damit eng verbunden ist die gleich in mehrfacher Hinsicht herausragende Bedeutung von visuellen Medien, die neben einem „Boundary Object“ (Star und Griesemer 1989, S. 393) für Kommunikation und Wissensmodellierung auch das zumeist angestrebte Resultat (vgl. Abschn. 2.5) einer 3D-Rekonstruktion darstellen (vgl. Abschn. 3.2.3).

Eine Betrachtung von Kooperation umfasst im Zusammenhang dieser Untersuchung zwei wesentliche Ausprägungen. Zum einen stellen Rekonstruktionsvorhaben Projekte dar, die mit Blick auf ein Vorhaben einem – im folgenden Absatz noch näher thematisierten – Projektablauf folgen. Zum anderen berücksichtigt eine makroskopische Betrachtung auch die projekt- und perspektivenübergreifende Kooperation innerhalb einer wissenschaftlichen Gemeinschaft beziehungsweise *Scientific Community*.

BEITZ, W., FELDHUSEN, J. R. und GROTE, K.-H.: Konstruktionslehre. Grundlagen erfolgreicher Produktentwicklung Methoden und Anwendung, Berlin [u. a.] 2007; SACHSE, P.: Idea materialis. Entwurfsdenken und Darstellungshandeln. über die allmähliche Verfertigung der Gedanken beim Skizzieren und Modellieren, Berlin 2002).

3.5.2 Die Betrachtung von Projektabläufen

Mit Blick auf den Untersuchungsgegenstand handelt es sich bei 3D-Visualisierungen als wesentliche Ergebnisse von 3D-Rekonstruktionen gleichermaßen um Artefakte beziehungsweise Resultate wissenschaftlichen Forschungshandelns (vgl. Abschn. 3.2.2) wie auch um Bildungsmedien (vgl. Abschn. 3.4.5). Eine Erstellung dieser Resultate erfolgt in Projekten als Form temporärer, zielorientierter Zusammenarbeit zwischen lose verbundenen, zumeist akademischen Institutionen. Eine derartige Kooperationsform ist mit verschiedenen Anforderungen hinsichtlich Organisation sowie Management sowohl von Projektstrukturen, Akteurskonstellationen als auch Prozess- und Ergebnisqualitäten verbunden (vgl. Abschn. 3.3). Mit Blick auf Abläufe und Vorgehen treffen in einem 3D-Rekonstruktionsprojekt eine ganze Reihe unterschiedlicher Aufgabenstellungen und damit verbundener Vorgehensweisen aufeinander (vgl. Abschn. 3.4), wobei ein verbindendes Element aller beschriebenen Prozessmodelle die Notwendigkeit zum Lösen von Problemstellungen sowie das Treffen von Entscheidungen darstellt (vgl. Abschn. 3.3.5). Vor dem Hintergrund der bereits ausgeführten interdisziplinären Zusammenarbeit wirft dies die Frage auf, wie die disziplin- und aufgabenspezifischen Vorgehensweisen in der Praxis miteinander verbunden werden, ebenso wie die Frage nach der Gleichberechtigung und Entscheidungshoheit beziehungsweise Kompetenzzuweisung (vgl. Abs. 3.2.5.3) der Akteure.

3.5.3 Scientific Communities als Betrachtungsgegenstand

Eine *Scientific Community* ist im Gegensatz zu einem Projekt nicht institutionalisiert, sondern betrachtet eine mehr oder minder unscharf abgrenzbare Gesamtheit wissenschaftlicher Akteure innerhalb einer Themensphäre. Für eine Untersuchung relevante Merkmale stellen dar, dass in derartigen Communities ein kooperativer, freiwilliger Austausch von Wissen innerhalb von Akteursnetzwerken (vgl. Abschn. 3.2.4) stattfindet.

Ein für die folgende Arbeit wesentlicher Aspekt ist, dass eine thematische Kernbildung und Skizzierung von *Scientific Communities* anhand von Publikationen und Konferenzen erfolgt (Knorr-Cetina 1982, S. 102, sowie S. 115). Entsprechend werden Veröffentlichungen häufig als Grundlage zur Erforschung von wissenschaftlichen Gemeinschaften genutzt, wenngleich Knorr-Cetina darauf verweist, dass bibliometrische Analysen hinsichtlich eines Zeitbezugs immer nur Vergangenes dokumentieren und keinen Rückschluss auf eine zeitgenössische Situation zulassen (Knorr-Cetina 1982, S. 115 f.). Ein besonderes Interesse der Betrachtung gilt den interdisziplinären beziehungsweise transepistemischen und internationalen Schnittstellen innerhalb sowie zwischen *Scientific Communities*.

Eine bemerkenswerte Randbedingung besteht darin, dass *Scientific Communities,* beziehungsweise deren Repräsentation durch Publikationen, zwar mit einer wissenschaftlichen Sphäre korrelieren, diese jedoch keinesfalls vollständig abbilden. So verweist Tuppy nicht zuletzt vor dem Hintergrund von Militärforschung darauf, dass gerade Wissenschaftler im Dienst des Staates oder der Wirtschaft „aus der Kommunikations- und Wertgemeinschaft […] teilweise, oder sogar ganz, ausgeschlossen […] sind (Tuppy 2001,

S. 5 f.). Andererseits binden sich – aus verschiedensten Motiven wie beispielsweise Unkenntnis, persönlichen Erwägungen oder Desinteresse – auch im akademischen Bereich nicht alle Wissenschaftler in scheinbar geeignete *Scientific Communities* ein.

Wie bereits eingangs dieses Kapitels ausgeführt, sollen die aufgezeigten Limitationen ebenso wie der in diesem Kapitel aufgeführte Rahmen in den folgenden empirischen Untersuchungen aufgegriffen und zur Kontextualisierung aufgedeckter Phänomene herangezogen werden. In einem ersten empirischen Untersuchungsschritt sollen im folgenden Kapitel ein Forschungsfeld sowie die hinsichtlich ihrer Limitationen soeben ausgeführten *Scientific Communities* beleuchtet werden.

4 Bibliometrische Analyse[149]

4.1 Zielsetzung

Fragestellungen für die bibliometrische Analyse

- Welche Akteure und Institutionen sind beteiligt? Welche Rolle spielen internationale und interdisziplinäre Kooperationen?
- Welche Inhalte werden bei der 3D-Modellierung historischer Entitäten nachgebildet?
- Welche Methoden werden genutzt?
- Welche Zielstellung wird verfolgt?
- Was sind aktuelle wissenschaftliche Diskurse und Forschungsfelder?
- Welchen Etablierungs- und Standardisierungsgrad hat das Untersuchungsfeld?

Einbettung ins Forschungsvorhaben

Publikationen stellen neben dem 3D-Modell sowie den Modellabbildungen eines der wesentlichen Resultate von 3D-Rekonstruktionsprojekten dar. Da ein Katalog von 3D-Modellen bisher nicht existiert, sind diese darüber hinaus häufig sowohl das einzige „findbare“ Artefakt derartiger Projekte als auch das zumeist einzige öffentlich zugängliche Zeugnis des Rekonstruktionsvorgehens.

Vor dem Hintergrund des Forschungsinteresses an Aspekten der Kooperation im Rahmen geschichtswissenschaftlicher 3D-Rekonstruktionen sollen durch eine Untersuchung wissenschaftlicher Publikationen einerseits Forschungslandschaft, -themen und Protagonisten skizziert, andererseits Kooperationsstrukturen derartiger Publikationen identifiziert werden. Nicht zuletzt sollen dabei auch Desiderate und Anknüpfungspunkte für eine weiterführende Analyse von Rekonstruktionsprojekten ermittelt werden. Konkret sind die folgenden Probleme zu bearbeiten:

- *Identifikation einer Community:* Ein wesentliches Forschungsinteresse gilt der Identifikation und Strukturierung einer wissenschaftlichen *Community* beziehungsweise Wissensgemeinschaft (vgl. Abschn. 3.3.2), die sich mit einer wissenschaftlichen 3D-Modellierung und insbesondere einer 3D-Rekonstruktion

[149] Teile dieses Kapitels beziehen sich auf: MÜNSTER, S. und KÖHLER, T.: 3D modeling as tool to reconstruct historic items (Vortrag), Visual Learning Conference, Budapest, 1.- 2. 12. 2011, 2011. Sowie: MÜNSTER, S. und KÖHLER, T.: 3D modeling as tool for the reconstruction and visualization of “lost” buildings in humanities. A literature-based survey of recent projects, in: HOPPE, S., BREITLING, S. & FITZNER, S. (Hrsg.): Virtual Palaces II: Lost Palaces and Their Afterlife. Virtual Reconstruction Between Science and Media. Proceedings of the European Science Foundation Research Networking Programme PALATIUM meeting at Munich, 13.- 15. 4. 2012, Im Druck; MÜNSTER, S. und KÖHLER, T.: 3D reconstruction of Cultural Heritage artifacts. A literature based survey, Proceedings of the CHCD2012 Conference, 17.- 18. 10. 2012, Beijing 2012.

historischer Inhalte beschäftigt. Der Forschungsansatz besteht dabei in der Identifikation wesentlicher Publikationsorgane und einer Analyse von Autorschaft und -beziehungen innerhalb derartiger Publikationen. Ein besonderes Augenmerk liegt dabei auf der Struktur von Autorenbeziehungen über disziplinäre und nationale Grenzen hinaus.

- *Identifikation von Einsatzszenarien:* Einen weiteren Untersuchungskomplex stellt die Strukturierung der Beiträge anhand der darin behandelten Inhalte dar. Anhand dessen soll eine Taxonomie der zur Datenerhebung und Datenverarbeitung genutzten Methoden abgebildet, aber auch die Zielsetzung und Nutzung derartiger Rekonstruktionen ermittelt werden.[150]
- *Aktuelle Diskurse:* Einen dritten Betrachtungsschwerpunkt stellen in den Publikationen abgebildete Diskurse und Forschungsfelder dar. Insbesondere stellt sich dabei die Frage, inwieweit Aspekte der Kooperation in derartigen Darstellungen thematisiert werden.

Einen alternativen Zugang zu diesen Problemstellungen bietet die Identifikation und Untersuchung von wissenschaftlichen Strukturen anhand von Projektkonsortien und Projektthemen. Ein derartiger Ansatz wurde beispielsweise zu EU-geförderten *Digital Heritage*-Projekten durchgeführt (European Commission 2011), wobei insbesondere nationale Herkunft und Typen der an den Projekten beteiligten Institutionen sowie die Projektzielstellungen und Auswirkungen untersucht und quantifiziert wurden. Ein Rückgriff auf eine derartige Datenbasis ermöglicht dabei nicht zuletzt aufgrund der zumeist öffentlich einsehbaren Angaben zu geförderten Projekten eine einfache Erhebung der Daten. Demgegenüber klammert eine derartige Konzentration auf bestimmte Förderinstrumente gerade bei hinsichtlich einer Förderung heterogenen Forschungsfeldern viele für die Untersuchung potenziell relevante Vorhaben aus. Mit Blick auf die Untersuchung der internationalen Forschungslandschaft ist eine Förderstruktur für den Bereich der 3D-Rekonstruktion nur schwer skizzierbar und wurde daher für die hier vorliegende Untersuchung verworfen.

[150] Eine qualitative Vorarbeit stellt eine Studie zum Einsatz von 3D-Rekonstruktionen im Film dar: MÜNSTER, S.: Militärgeschichte aus der digitalen Retorte. Computergenerierte 3D-Visualisierung als Filmtechnik, in: KÄSTNER, A. & MAZERATH, J. (Hrsg.): Mehr als Krieg und Leidenschaft. Die filmische Darstellung von Militär und Gesellschaft der Frühen Neuzeit (Militär und Gesellschaft in der frühen Neuzeit, 2011/2), Potsdam 2011c, S. 457-486.

4.2 Methodik

Bibliometrie als Forschungsansatz

Disziplinär ist die Untersuchung von wissenschaftlichen Publikationen dem Forschungszweig der Bibliometrie zugeordnet.[151] Diese stellt ihrerseits wiederum ein Teilgebiet der Szientometrie als numerische Analyse von Wissenschaft und wissenschaftlicher Tätigkeit dar. Ursprüngliche Ansätze bibliometrischer Untersuchung reichen bis in die 1920er Jahre zurück und umfassten insbesondere die Auswertung von Publikationstätigkeit anhand von Kennziffern.[152] Wegbereitend waren die Analysen von De Solla Price (De Solla Price 1963) zu Transformationsprozessen eines wissenschaftlichen Paradigmas hin zur *Großforschung*.[153] Nicht zuletzt durch diese Arbeit sowie die in etwa zeitgleich publizierte Analyse von Garfield und Sher (Garfield und Sher 1963) wurden Zitationen beziehungsweise Zitationsnetzwerke im Sinne von Referenzen zu anderen Artikeln innerhalb einer wissenschaftlichen Arbeit zum Betrachtungsgegenstand, welcher bemerkenswerte Rückschlüsse auf einen wissenschaftlichen „Mainstream“ zulässt (Garfield, Pudovkin et al. 2003).

Analyse wissenschaftlicher Autorenbeziehungen

Auch die Untersuchung wissenschaftlicher Strukturen anhand gemeinsamer Autorschaft ist keinesfalls neu und wurde in einer Vielzahl von Untersuchungen angewandt (Kretzschmer 1998; Kahn 2011).[154] Nicht zuletzt existieren mit *Scientometrics* sowie dem *Journal of Scientometrics and Information Management* zwei internationale Fachzeitschriften, die sich speziell derartigen Themen widmen. Auch wenn derartige Forschungsansätze sowohl mit Blick auf die in Abschnitt 3.2.2 ausgeführten Probleme wissenschaftlicher Autorschaft als auch durch die in Absatz 3.2.4.3 ausgeführte und auf eine Strukturdarstellung begrenzte Aussagekraft eine Reihe potenzieller Fehlerquellen und Limitationen aufweisen, sind durch computerbasierte Analyse- und Auswertemethoden komplexe netzwerkanalytische Untersuchungen wissenschaftlicher Kooperation möglich geworden (bspw. Lu und Feng

---

[151] Zum Forschungsgebiet: BELLIS, N. D.: Bibliometrics and Citation Analysis. From the Science Citation Index to Cybermetrics, Lanham 2009; HAVEMANN, F.: Einführung in die Bibliometrie, Berlin 2009.

[152] Als Beispiel für derartige, frühe bibliometrische Untersuchungsergebnisse sei auf die von Lotka entwickelte Verteilungsfunktion zur Publikationshäufigkeit einzelner Autoren verwiesen (Vgl. Abs. 4.3.2.3). Die charakteristische Verteilungskurve geht dabei von einer großen Zahl von Autoren mit nur einer Publikation aus, denen eine nur sehr kleine Zahl von Autoren mit mehreren Publikationen gegenübersteht. Vgl. LOTKA, A. J.: The frequency distribution of scientific productivity, in: Journal of the Washington Academy of Sciences 16 (1926), S. 317-323.

[153] Zur „Großforschung“ sowie als Beispiel einer kennziffernbasierten Analyse von Publikationstätigkeit im Bereich der Kernforschung: MÜNSTER, S.: Kernforschung in der DDR als Großforschung? Das Zentralinstitut für Kernforschung in Rossendorf um 1960, Saarbrücken 2011b, S. 102-109.

[154] Ein alternatives Untersuchungsparadigma stellt die Betrachtung sogenannter Co-Zitierungen dar, bei denen gemeinsame Zitierungen von Publikationen den Betrachtungsgegenstand darstellen. Dieses wenden beispielsweise an: PERSSON, O. und BECKMANN, M.: Locating the networks of interacting authors in scientific specialities, in: Scientometrics 33 (1995), S. 351-366.

2009; De Stefano, Giordano et al. 2011). Eine umfangreiche prototypische Untersuchung von Publikationsnetzwerken in den Bereichen der Medizin, Naturwissenschaften sowie Informatik publizierte beispielsweise Newman (Newman 2001c).[155] Dabei wies er aus struktureller Perspektive zum einen die Übertragbarkeit des von Milgram (Milgram 1967) aufgedeckten *Small-World*-Phänomens auf wissenschaftliche Publikationen nach, wonach eine Verbindung zwischen zwei beliebigen Autoren über eine Kette von im Schnitt fünf bis sechs zwischenstehende Personen hergestellt werden kann. Daneben stellte Newman signifikante Unterschiede zwischen den untersuchten Disziplinen beispielsweise mit Blick auf eine durchschnittliche Zahl von Koautoren fest. Neben derartig umfassenden Untersuchungen beschäftigen sich eine Reihe zumeist kleinerer Studien mit Co-Autorschaft innerhalb einzelner Disziplinen (Aleixandre-Benavent, Aleixandre-Tudo et al. 2012) ebenso wie für einzelne Staaten oder Regionen (Gaillard 1992; Abramo, D'Angelo et al. 2010).

Untersuchungsbasis

Untersuchungsbasis dieser Analyse bilden bereits publizierte Projektberichte und -darstellungen. Ein vorgelagertes Problem stellte die Identifikation relevanter Publikationen dar. Wie bereits einleitend in Abschnitt 1.1 ausgeführt, existieren für die Kultur- und Geisteswissenschaften – anders als beispielsweise in der Medizin[156] – keine umfassenden Publikationsdatenbanken. Eine Datenbasis für diese Untersuchung entstand daher vor allem anhand von Fachforen, einschlägigen Konferenzen, Zeitschriften und Sammelbänden sowie Metasuchmaschinen.[157]

Der Auswahl ging zudem die Befragung von drei Experten voraus Mieg und Näf 2005; Gläser und Laudel 2009), die über einschlägige Projekt- und Konferenzerfahrung verfügen. Hinsichtlich ihres disziplinären Hintergrundes waren davon zwei Archäologen und einer Kunsthistoriker. Hieraus ergaben sich folgende Erkenntnisse:

- In den geisteswissenschaftlichen Geschichtsdisziplinen sind keine fachübergreifenden, periodisch stattfindenden internationalen Konferenzen bekannt, die sich speziell mit 3D-

[155] Weitere Artikel, in denen Teilaspekte der Studie ausführlicher behandelt werden: NEWMAN, M. E. J.: Scientific collaboration networks. I. Network construction and fundamental results, in: Physical Review E 64 (2001a), 016131; NEWMAN, M. E. J.: Scientific collaboration networks. II. Shortest paths, weighted networks, and centrality, in: Physical Review E 64 (2001b), 016132. Speziell für den Bereich der deutschsprachigen Medienforschung wurde 1996 eine bibliometrische Analyse veröffentlicht, die in sozialwissenschaftlichen Fachdatenbanken erfasste Publikationen anhand ihrer Zitationsbeziehungen untersuchte: GÜDLER, J.: Dynamik der Medienforschung. Eine szientometrische Analyse auf der Grundlage sozialwissenschaftlicher Fachdatenbanken, Bonn 1996.

[156] Ein umfassendes Verzeichnis diesbezüglicher Publikationen bietet die *Pubmed*-Datenbank: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/, besucht am 03. 01. 2014.

[157] Ein derzeit leider noch rudimentäres Ressourcenverzeichnis bietet beispielsweise die *Alliance for Digital Humanities*: http://digitalhumanities.org/, besucht am 04. 01. 2014.

Rekonstruktionen beschäftigen. Jedoch gibt es eine Reihe von Konferenzen und Workshops, die sich mit spezifischen Frage- oder Themenstellungen beschäftigen.

- Demgegenüber gibt es in den Bereichen der Archäologie sowie des *Cultural Heritage* vier wesentliche Konferenzen zum Thema: Der *International Workshop for 3D Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures* (3DARCH), die *Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology Conference* (CAA), das *International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Cultural Heritage* (VAST) und der *Visualisation in Archaeology Workshop* (VIA).
- Das *Journal for Digital Heritage* stellt ein übergreifendes Publikationsorgan für digitale Inhalte aller historischen Wissenschaften dar.
- Daneben sind zahlreiche Publikationen zum Thema in Sammelbänden sowie Fachorganen von Anrainerdisziplinen erschienen. Jedoch sind diese bisher weder systematisch verzeichnet noch waren den befragten Experten diesbezüglich besonders relevante Podien bekannt.

Datenselektion

Diese Erkenntnisse bildeten die Grundlage eines in Tabelle 18 vorgestellten Untersuchungssamples. In eine empirische Untersuchung wurden dabei ausschließlich englischsprachige Artikel einbezogen, da diese mit Blick auf eine Anbindung beziehungsweise Rezeption durch eine internationale *Community* höhere Reputation versprechen.

Eine weitere aus forschungspraktischen Erwägungen resultierende Einschränkung stellt die ausschließliche Einbeziehung von elektronisch verfügbaren Artikeln beziehungsweise Proceedings dar. Dadurch konnten beispielsweise Publikationen der *VIA*-Konferenz nicht untersucht werden, ebenso waren für die Konferenzen *VAST* und *CAA* zum Zeitpunkt der Datenerhebung nur einzelne Jahrgänge elektronisch verfügbar.[158]

Anhand einer schlagwortbasierten Recherche wurden daneben relevante Artikel aus dem *Journal for Digital Heritage* und anderen Periodika ausgewählt. Bereits in dieser Phase wurden Dopplungen sowie Mehrfachpublikationen aussortiert.

[158] Ein vollständiges Online-Archiv aller Artikel der CAA soll 2014 verfügbar sein.

Ressourcen (n=452)

Konferenzberichte

Konferenz	*Jahrgang*	*Ort*
3DARCH	2005	Trento / Italien
3DARCH	2007	Trento / Italien
3DARCH	2009	Trento / Italien
CAA	2007	Berlin / Deutschland
CAA	2009	Williamsburg / USA
Imaging Ancient Rome	2006	Rom / Italien
VAST	2003	Brighton / GB
VAST	2004	Brüssel / Belgien
VAST	2005	Pisa / Italien
VAST	2006	Nicosia / Zypern
VAST	2007	Brighton / GB
VAST	2010	Paris / Frankreich

Zeitschriften

Zeitschrift	*Jahrgang*
Journal of Digital Heritage	ab 2000 (Suche nur nach Artikelschlagwörtern)

Sonstiges

Zeitschrift	*Jahrgang*
Div. wiss. Periodika	ab 2000 (Suche nur nach Artikelschlagwörtern)

Tabelle 18 – Untersuchungssample[159]

Besondere Beachtung verdient die Frage, inwieweit das ausgewählte Untersuchungssample eine Grundgesamtheit als hypothetische Menge aller untersuchungsrelevanten Entitäten widerspiegelt.[160] Mit Blick auf einen geschichtswissenschaftlichen Zugang beleuchtet ein überwiegender Teil der in diese Untersuchung einbezogenen Publikationen archäologische Problemstellungen sowie konservatorische Problemstellungen des *Cultural Heritage*. Dies

[159] Insgesamt wurden 478 Datensätze erhoben. Davon wurden 452 Datensätze ausschließlich für eine bibliometrische Untersuchung verwendet sowie weitere 26 Datensätze für eine qualitative Analyse im folgenden Kapitel 5 herangezogen. Von diesen 26 Datensätzen wurden 3 Datensätze von Konferenzbeiträgen ebenfalls bei einer in diesem Kapitel stattfindenden Untersuchung der Konferenzthemen (Abs. 4.3.1.1) sowie bei einer Analyse der Autorschaft (Abschn. 4.3.2) betrachtet. Weitere 11 Datensätze von Nicht-Konferenzbeiträgen wurden nur für eine Betrachtung von Autorschaften (Abschn. 4.3.2) herangezogen. Eine ausführliche Darstellung der Untersuchungsbasis findet sich im Anhang dieser Arbeit.

[160] Ausführlich thematisiert in: DIEKMANN, A.: Empirische Sozialforschung. Grundlagen, Methoden, Anwendungen, Reinbek bei Hamburg 2004, S. 325 ff. Sowie: BORTZ, J. und DÖRING, N.: Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler, Heidelberg 2009, S. 70 ff. Ferner in: TÖPFER, A.: Erfolgreich Forschen. Ein Leitfaden für Bachelor-, Master-Studierende und Doktoranden, Berlin [u. a.] 2010, S. 226 ff.

spiegelt nach Ansicht der befragten Experten zwar das aktuelle Forschungsfeld wider, in dem – wie bereit ausgeführt – ein Diskurs anderer historischer Disziplinen zumeist auf nationaler Ebene punktuell und mit einem deutlich geringeren Organisationsgrad stattfindet. In der Konsequenz sind anhand der Datenbasis jedoch eventuelle „eigene“ Zielsetzungen, Themen oder Vorgehensweisen aus der Perspektive anderer historischer Disziplinen nur eingeschränkt untersuchbar.

Darüber hinaus konnten aus forschungspraktischen Gründen nur einzelne Jahrgänge der Konferenzen VAST und CAA in eine Untersuchung einbezogen werden. Somit können möglicherweise differierende inhaltliche Schwerpunktsetzungen und in jenen Jahrgängen über- oder unterdurchschnittlich aktive Beiträger nicht nivelliert werden.

Eine weitere mögliche Fehlergröße stellt die weitgehende Vernachlässigung der zeitlichen Komponente dar. Die Veröffentlichungsdaten der einbezogenen Publikationen weisen eine Streuung von reichlich einem Jahrzehnt auf. Es liegt nahe, dass sich die Forschungslandschaft innerhalb dieser Zeit verändert hat. Das vergleichsweise kleine Sample lässt eine Untersuchung derartiger zeitlicher Effekte wenig sinnvoll erscheinen. Jedoch wurde für eine Analyse von Trends und Diskursen, für welche eine derartige zeitliche Komponente immanent wichtig erscheint, eine Aktualität der Daten berücksichtigt.

Datenauswertung

Die in eine Untersuchung einbezogenen Publikationen wurden mit Hilfe einer QDA-Software kodiert. Neben äußeren Quellenmerkmalen wie Autorennamen und institutionellen Zugehörigkeiten wurden dabei mittels einer – hinsichtlich ihrer Methodik in Abschnitt 5.2 noch ausgeführten – Inhaltsanalyse nach Mayring Schwerpunkte der Darstellung induktiv ermittelt und kategorisiert. Insofern in den Publikationen konkrete Rekonstruktionsprojekte vorgestellt wurden, erfolgte dazu die Ermittlung von Rekonstruktionsobjekten, Bezugszeiträumen und – sofern möglich – Projektkennziffern. Für die – methodisch in Abschnitt 4.3.3.2 vorgestellte – soziale Netzwerkanalyse kamen die Werkzeuge MS Access sowie MS Excel zur Datenhaltung und -aufbereitung und MS NodeXL zur Netzwerkanalyse sowie zur grafischen Ausgabe zum Einsatz.

Einen diesbezüglich wesentlichen Befund stellt dar, dass zwischen einer 3D-Digitalisierung noch existierender Referenzobjekte oder -teile und einer 3D-Rekonstruktion nicht mehr existierender oder nur als Planung vorliegender Objekte in den untersuchten Publikationen einerseits eine Vielzahl von Schnittmengen existieren, sich diese Typen andererseits gerade mit Blick auf die an der Erstellung beteiligten Personen oder verwendete Technologien häufig nur schwer voneinander abgrenzen lassen.[161] Als Konsequenz sollen in diesem Untersuchungsteil übergreifend geschichtswissenschaftliche 3D-Modellierungen beleuchtet

[161] Zur Begrifflichkeit siehe Abschn. 2.3.4.

werden. Insofern dies möglich und hinsichtlich des jeweiligen Untersuchungsfokus sinnvoll ist, werden Digitalisierungs- und Rekonstruktionsbezüge spezifisch ausgewiesen.

4.3 Ergebnisse

4.3.1 Inhalte

In einem ersten Auswertungsschritt werden thematische Schwerpunkte der Publikationen identifiziert und quantifiziert. Für die Auswertung wurden ausschließlich Konferenzbeiträge herangezogen. Dies resultierte daraus, dass im Rahmen der Stichwortsuche nach Zeitschriftenartikeln bereits eine Vorauswahl getroffen wurde, die bei Einbeziehung dieser Daten wahrscheinlich zu einer Verzerrung führen würde. In weiteren Untersuchungsschritten wurden die in den Publikationen vorgestellten Projekte mit Blick auf einen Projekttypus und eine Datengrundlage sowie die nachgebildeten historischen Objekte klassifiziert.

4.3.1.1 Thematische Schwerpunkte der Konferenzbeiträge

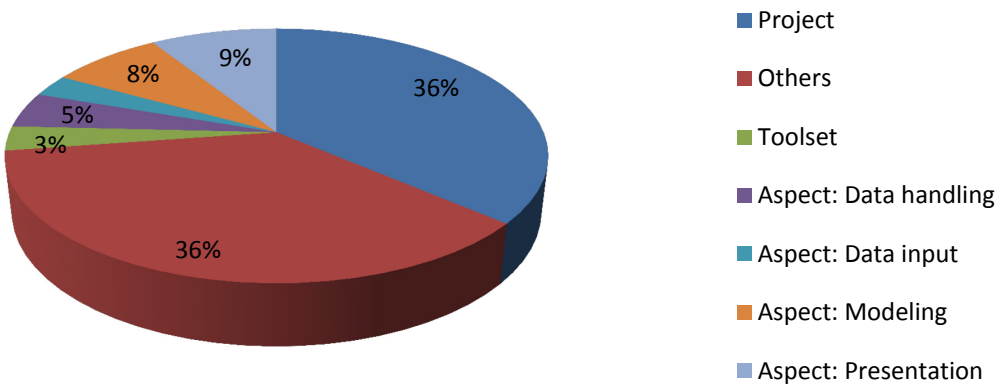


Abbildung 17 – Thematische Schwerpunkte der Konferenzbeiträge (n = 339)

Mit Blick auf die in Abbildung 17 vorgestellten thematischen Schwerpunkte hat mehr als ein Drittel der Konferenzbeiträge (37 %) entweder keine 3D-Modellerstellung oder keine historischen Sachverhalte zum Inhalt. Derartige *sonstige Publikationen* können beispielsweise kartenbasierte Verfahren ohne Ausführung der 3D-Nutzung oder reine Technologiedarstellungen ohne Bezug zu einer historischen Anwendung darstellen.[162] Einen ähnlich hohen Anteil an den Konferenzbeiträgen weisen mit 37 % Darstellungen von – in Abschnitt 3.3.1 bereits hinsichtlich ihrer fachübergreifenden Merkmale theoretisch betrachteten – *Projekten* auf. Dies umfasst im Kontext dieses Untersuchungsschrittes alle Beiträge, welche die Untersuchung einer spezifischen historischen Entität darstellen und

[162] Ankerbeispiel: Die Beschreibung eines Laserscan-Algorithmus am Beispiel der Erfassung eines modernen Fahrzeugs.

einzelne Schritte der Modellerstellung wie die Datengrundlage und -gewinnung, die Modellerstellung sowie – optional – auch die Verwendung beschreiben.[163]

Darüber hinaus thematisiert eine Reihe der untersuchten Beiträge spezifische Teilprobleme der 3D-Modellerstellung wie beispielsweise Aspekte der Datengewinnung und Modellierung, des Datenmanagements sowie der Präsentation von Ergebnissen.[164] Insgesamt machen derartige Darstellungen weniger als ein Fünftel aller Beiträge aus, wobei sich darunter wiederum ein vergleichsweise großer Anteil mit Präsentationsformen und -möglichkeiten historischer 3D-Modelle beschäftigt. Den mit 9 % geringsten Anteil besitzen Kompendien beziehungsweise *Toolsets*. Unter dieser Kategorie sind projektübergreifende Darstellungen von Aktivitäten, Projekten oder Werkzeugen zusammengefasst, die beispielsweise von einer Institution oder im Rahmen einer Forschungskampagne eingesetzt werden.[165]

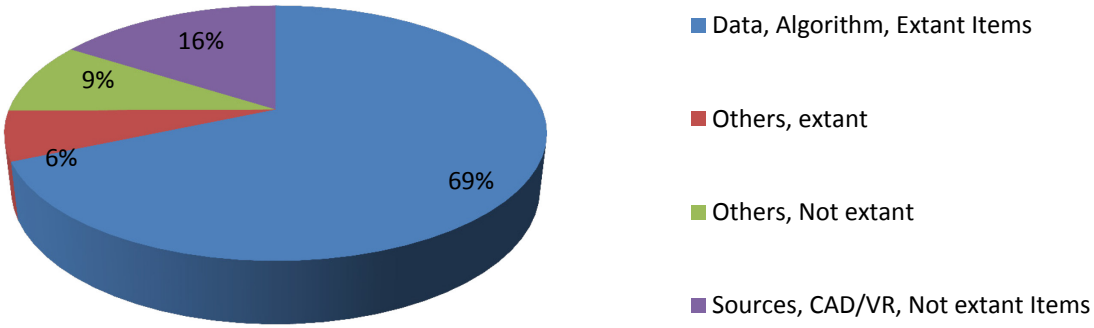


Abbildung 18 – Klassifikation der Projektdarstellungen (Alle Publikationen, n = 175)

Ein weiterführendes Untersuchungsinteresse besteht darin, die in den untersuchten Konferenzberichten thematisierten Projekte zu klassifizieren und die Anteile dieser Modellierungstypen zu quantifizieren. In Anlehnung an das von De Francesco und D'Andrea (De Francesco und D'Andrea 2008) vorgeschlagene Schema erfolgte eine Kategorisierung anhand der Parameter der Objektexistenz, der vorrangigen Modellierungsmethode sowie der einer Modellierung zugrunde liegenden Daten. Bereits im Rahmen der Diskussion der Auswertungsmethodik in Abschnitt 4.2 wurde darauf hingewiesen, dass eine derartige Unterscheidung häufig nur schwer vorzunehmen ist und beispielsweise eine 3D-Rekonstruktion nicht mehr vorhandener Gebäudeteile auf noch existenten Grundmauern

[163] Ankerbeispiel: Laserscanning und 3D Modellerstellung einer spezifischen, antiken Ausgrabungsstätte.

[164] Ankerbeispiel: Ein Artikel, der das Datenmanagement entweder projektübergreifend ausführt oder bei einem konkreten Projektbezug diesbezüglich keine weiteren Aspekte wie die Datengrundlage oder Modellierung bzw. das historische Objekt darstellt.

[165] Ankerbeispiel: Die Beschreibung aller von einer Forschungseinrichtung projektübergreifend eingesetzten Datenerfassungs- und Modellierungswerkzeuge.

fußen kann. Für eine Betrachtung wurde daher berücksichtigt, welche Ausprägungen in einer Publikationsdarstellung überwiegen. Wie in Abbildung 18 dargestellt, thematisieren 69 % der Beiträge die Digitalisierung noch existierender Referenzobjekte oder -fragmente anhand numerisch erfasster Daten und mittels semi-automatisierter, algorithmischer Modellerstellungsverfahren. Dagegen stellt nur ein vergleichsweise kleiner Teil von 16 % der Projektdarstellungen explizit die 3D-Rekonstruktion nicht mehr existierender oder nie realisierter Referenzobjekte anhand historischer Quellen sowie mittels manueller virtueller Modellierungsmethoden in den Mittelpunkt. Darüber hinaus war für eine Reihe der Projekte keine trennscharfe Zuordnung zu einer der beiden Kategorien möglich. Dies umfasste mit einem Anteil von 9 % beispielsweise 3D-Rekonstruktionen nicht mehr existierender oder nie existenter Objekte anhand von Daten oder – wie im folgenden Absatz vorgestellt – mittels automatisierter Modellierungsansätze. Analog erfolgte bei 6 % der dargestellten Projekte eine Modellerstellung noch existierender referenzierter Objekte anhand von Bild- oder Planquellen und mittels manueller Modellerstellungstechniken.

4.3.1.2 Verwendete Techniken zur Datenerfassung

Während eine detaillierte Klassifikation und Quantifizierung von Modellierungsansätzen und Ergebnisqualitäten der vorgestellten Projekte aufgrund der diesbezüglich heterogenen und sporadischen Darstellung in den untersuchten Publikationen als wenig zielführend erscheint, werden in den Publikationen die verwendeten Verfahren zur Datenerfassung insbesondere bei Digitalisierungsvorhaben zumeist ausführlich thematisiert.

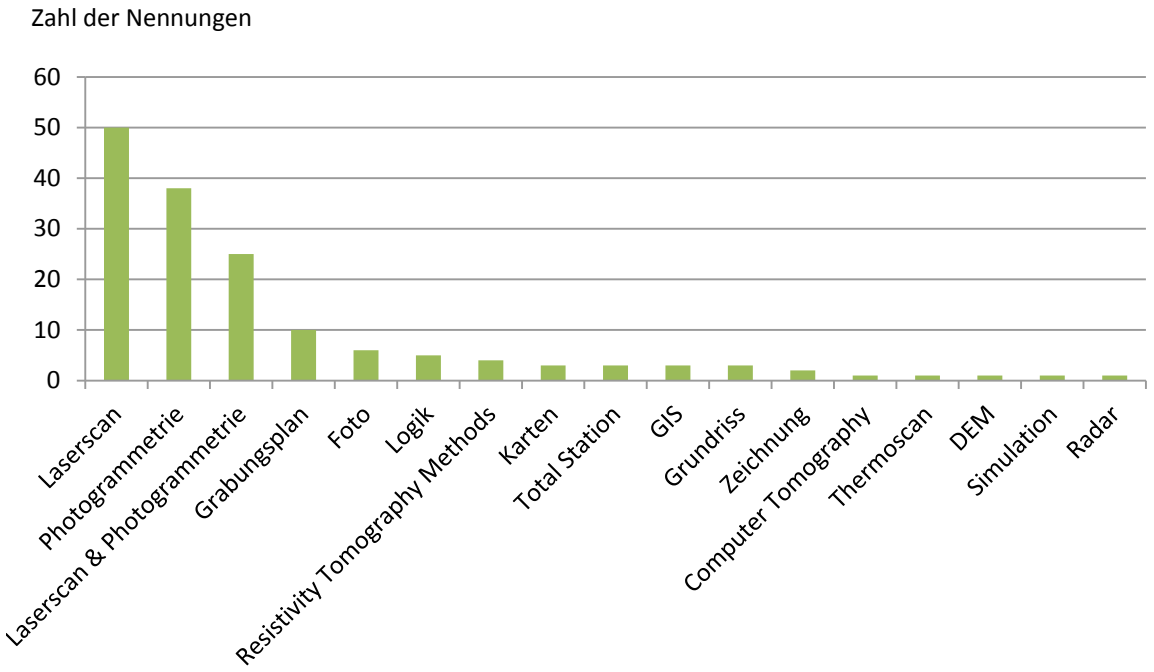


Abbildung 19 – Verwendete Techniken zur Datenerfassung

In den beschriebenen Projekten am häufigsten eingesetzt werden photogrammetrische Verfahren sowie Laserscans (Abbildung 19). Der Verfahrensansatz des Laserscannings subsumiert eine ganze Reihe von Techniken zur Ermittlung von Punktwolken mittels Laserlicht. Als Grundprinzip wird dabei von einem – zumeist fixen – Punkt Laserlicht emittiert, das die Oberfläche des zu messenden Objektes reflektiert, wobei sich anhand der Laufzeit des Lichtes die Entfernung des Messpunktes vom Ursprungspunkt ermitteln lässt. Zur Ermittlung der Objektgeometrie wird eine zumeist große Zahl derartiger Punkte mit jeweils abweichendem Emissionswinkel gemessen. Die verschiedenen Methoden unterscheiden sich insbesondere mit Blick auf die Größe der zu ermittelnden Objekte. Für großräumige Fernerkundungen kommen Verfahren wie LIDAR zum Einsatz.

Demgegenüber ermitteln photogrammetrische Verfahren Objektgeometrie anhand fotografischer Bilder. Dabei wird ein Parallaxenversatz der Bilder zur Gewinnung einer Tiefeninformation und damit zur Ermittlung von dreidimensionaler Proportion genutzt (Hildreth, Ando et al. 1995; Rockwood und Winget 1997). Einen Sonderfall stellt die Beleuchtung zumeist kleinerer Artefakte mittels strukturiertem Licht und dessen fotografische Erfassung dar (Hassebrook, Casey et al. 2009).

Prinzip bedingt weisen beide Verfahren eine Reihe von Schwächen auf. So erzeugen Laserscans einerseits eine hohe Datendichte, weisen durch das Abtastraster und Messungenauigkeiten weder saubere Grenzkanten noch plane Fläche auf und enthalten per se keine Farbinformationen. Photogrammetrische Verfahren sind durch die begrenzte Auflösung und Abweichungen bei der fotografischen Erfassung zumeist deutlich ungenauer als laserbasierte Verfahren.

Häufig werden beide Verfahren daher in Kombination oder in Verbindung mit anderen Methoden eingesetzt. Punktuell kommen zudem weitere Erfassungsmethoden zum Einsatz. So verbinden Total-Station-Messsysteme (Campbell 2009) die Positionsbestimmung mittels Theodoliten mit automatischen Distanzermittlungsmethoden. Neben derartigen Verfahren zur Erhebung numerischer Daten finden zahlreiche weitere Quellen Eingang in eine Rekonstruktion, was im folgenden Kapitel 5 noch näher betrachtet wird.

Eine Vielzahl von Publikationen thematisiert die praktische Bewertung verschiedener Verfahren der Datenerfassung.[166] So beschreiben Remondino et al. die Kombination verschiedener Methoden zur Erfassung und Modellierung von Burganlagen (El-Hakim, Whiting et al. 2005; Remondino, El-Hakim et al. 2009). Fassi (Fassi 2007) vergleicht und

[166] PIERACCINI, M., GUIDI, G. und ATZENI, C.: 3D digitizing of cultural heritage, in: Journal of Cultural Heritage 2 (2001), S. 63–70; REMONDINO, F., EL-HAKIM, S., GIRARDI, S., RIZZI, A., BENEDETTI, S. und GONZO, L.: 3D Virtual reconstruction and visualization of complex architectures - The 3D-ARCH project, in: REMONDINO, F., EL-HAKIM, S. & GONZO, L. (Hrsg.): 3D-ARCH 2009, Zürich 2009; GUIDI, G., FRISCHER, B., RUSSO, M., SPINETTI, A., CAROSSO, L. und MICOLI, L. L.: Three-dimensional acquisition of large and detailed cultural heritage objects, in: Machine Vision and Applications 17 (2006), S. 349-360.

bewertet die Verwendung photogrammetrischer Verfahren und laserbasierter Methoden zur Digitalisierung von Innenräumen. Einen methodischen Überblick zu Ansätzen und Verfahren zur dreidimensionalen Nachbildung gesamter Landschaftsräume bietet Gruen (Gruen 2008). Speziell mit Methoden und Technologien zur Erfassung kleinerer Objekte beschäftigt sich ebenfalls eine Reihe von Publikationen, beispielsweise vor dem Hintergrund einer Erfassung von Statuen mittels 3D-(Laser-)Scanning (Bruno, Bruno et al. 2010). Mit Blick auf eine Rekonstruktion nicht mehr existierender Objekte bieten die Arbeiten von Yin et al. (Yin, Wonka et al. 2008) zu einem automatischen Rekonstruktionsprozess anhand von grafischen Plänen interessante Ansätze, ebenso die von Stojakovic (Stojakovic und Tepavcevic 2009) zur Rekonstruktion anhand von historischen, fotografischen Quellen, welche eine (semi-) automatische Modellierungstechniken anhand historischer Quellen vornehmen.

4.3.1.3 Dargestellte Inhalte

Unabhängig von der Überlieferung eines Referenzobjektes sind aktuell vor allem statische Objekte Gegenstand der 3D-Modellierung. Erst in jüngster Zeit zeichnet sich, wie in Abschnitt 4.3.4 noch thematisiert wird, ein neuer Trend zur Vermittlung komplexer und lebendiger Eindrücke historischer Alltagsszenen ab. Die dargestellten Projekte widmeten sich in erster Linie architektonischen Strukturen, wobei besonders häufig Sakralbauten wie Tempel und Kirchen virtuell nachgebildet wurden (Abbildung 20). Im Rahmen von Digitalisierungsprojekten wurden darüber hinaus häufig noch existierende Kunstgegenstände wie beispielsweise Skulpturen und die Oberflächenstruktur von Gemälden virtuell dreidimensional nachgebildet. Vereinzelt waren darüber hinaus Alltagsgegenstände, Charaktere sowie die Rekonstruktion oder Digitalisierung von historischen Landschaften und Schiffen Gegenstand einer Modellierung.

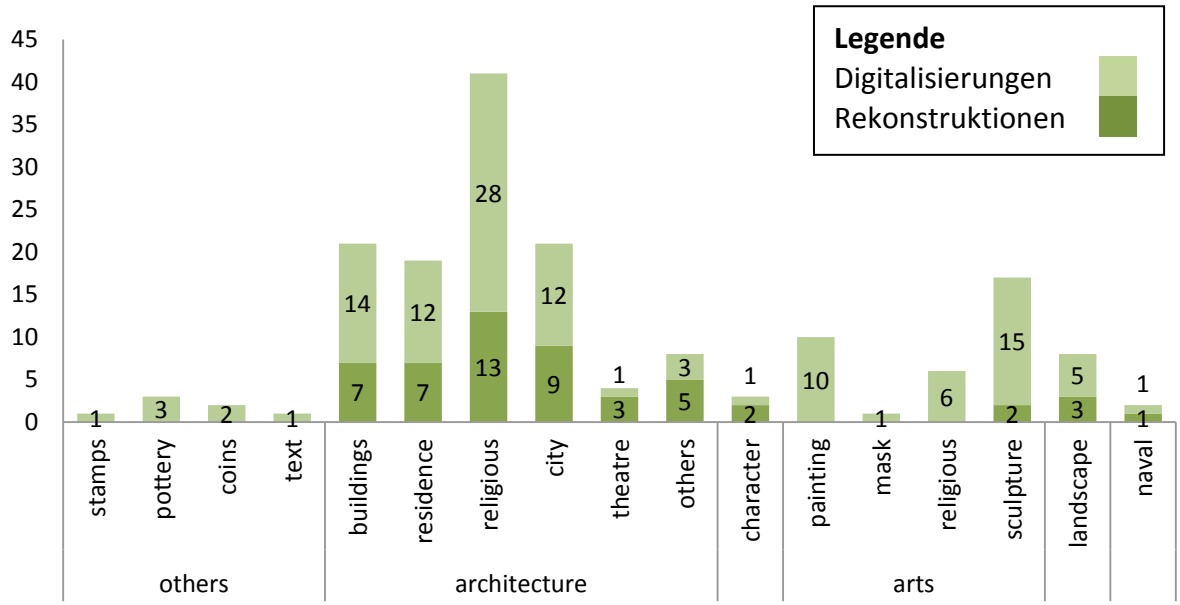


Abbildung 20 – Rekonstruierten Objekttypen

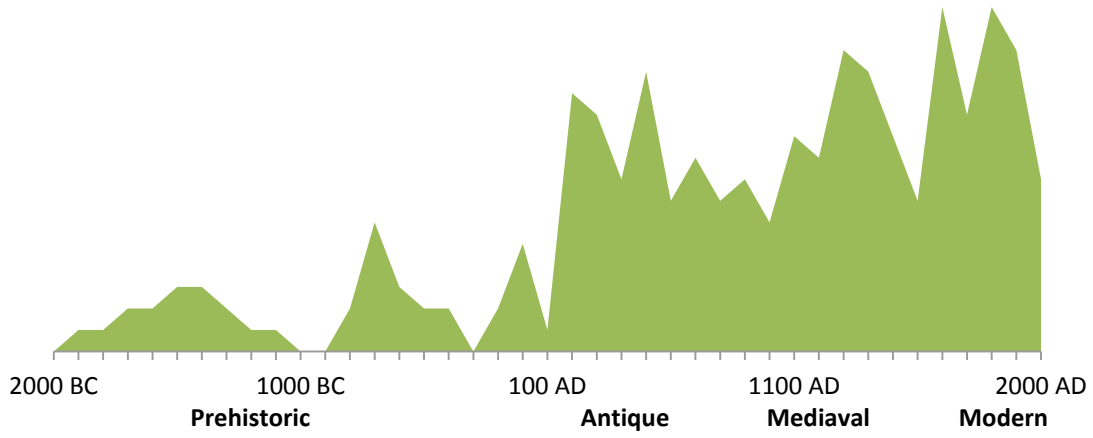


Abbildung 21 – Entstehungszeitpunkt der rekonstruierten Objekte

Hinsichtlich einer Datierung stammen die meisten der nachgebildeten Objekte aus der römischen Kaiserzeit, dem Spätmittelalter sowie der Zeitgeschichte (Abbildung 21).[167] Die virtuell nachgebildeten Objekte sind beziehungsweise waren ursprünglich vor allem in Südeuropa, namentlich in Italien, Spanien und Griechenland, lokalisiert (Abbildung 22).

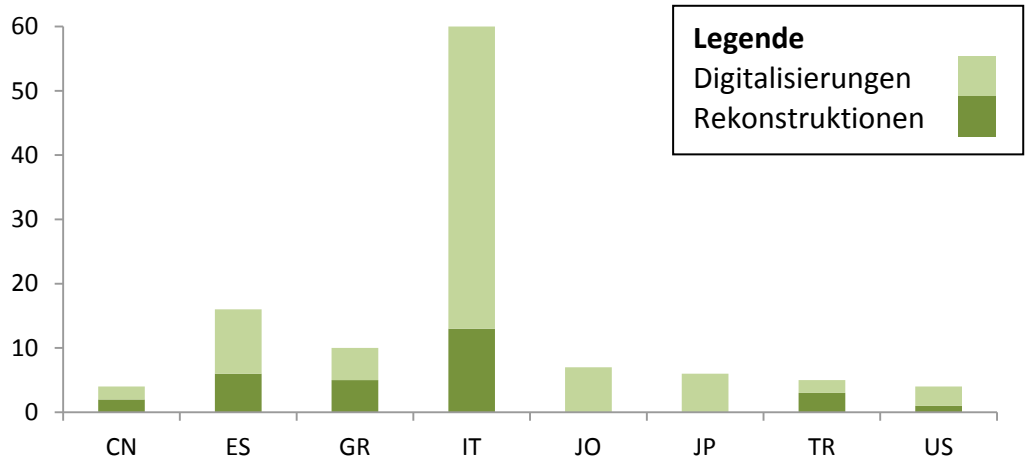


Abbildung 22 – Herkunftsorte der rekonstruierten Objekte (TOP 8)

4.3.2 Autoren

Während im vorherigen Abschnitt die Inhalte der untersuchten Publikationen und die darin vorgestellten Projektvorhaben klassifiziert und quantifiziert wurden, wird in diesem Untersuchungsschritt die nationale und disziplinäre Verortung der Publikationsautoren beleuchtet. Dies scheint nicht zuletzt mit Blick auf die Frage interessant, welche Disziplinen und Nationen einen wissenschaftlichen Diskurs im Fachgebiet prägen.

[167] Dabei ist zu beachten, dass viele Rekonstruktionsprojekte Objekte nicht nur zu einem bestimmten Zeitpunkt nachbilden, sondern häufig verschiedene Zeitschnitte und zeitliche Entwicklungen umfassen.

In den Publikationen wurden insgesamt 1120 Autoren namentlich aufgeführt, wobei zahlreiche Personen mehrfach als Autoren in Erscheinung traten. Den wesentlichen Indikator zur Identifikation von Autoren stellte deren Name dar. Dabei wurden Autoren jeweils anhand des Nachnamens und des Vornamens oder – sofern dieser nicht angegeben war – der Initialen kodiert. Für eine eindeutige Identifikation wurden zusätzlich Informationen wie die beschäftigende Einrichtung und deren geografische Verortung herangezogen. In Fällen von Abweichungen wurde anhand der Institutswebseiten oder der Biographie des Autors geprüft, ob es sich um dieselbe oder um unterschiedliche Personen handelt.[168] Ziel der Untersuchung war dabei, jede einzelne Autorschaft in die Betrachtung einzubeziehen. Eine diesbezügliche forschungsmethodische Entscheidung bestand darin, das bei Autorenkollektiven jeder einzelne Autor berücksichtigt wurde. Ebenso kommt es bei Beteiligung eines Autors an mehreren Publikationen zur mehrfachen Zählung dieses Autors.

4.3.2.1 Nationalität der Autoren

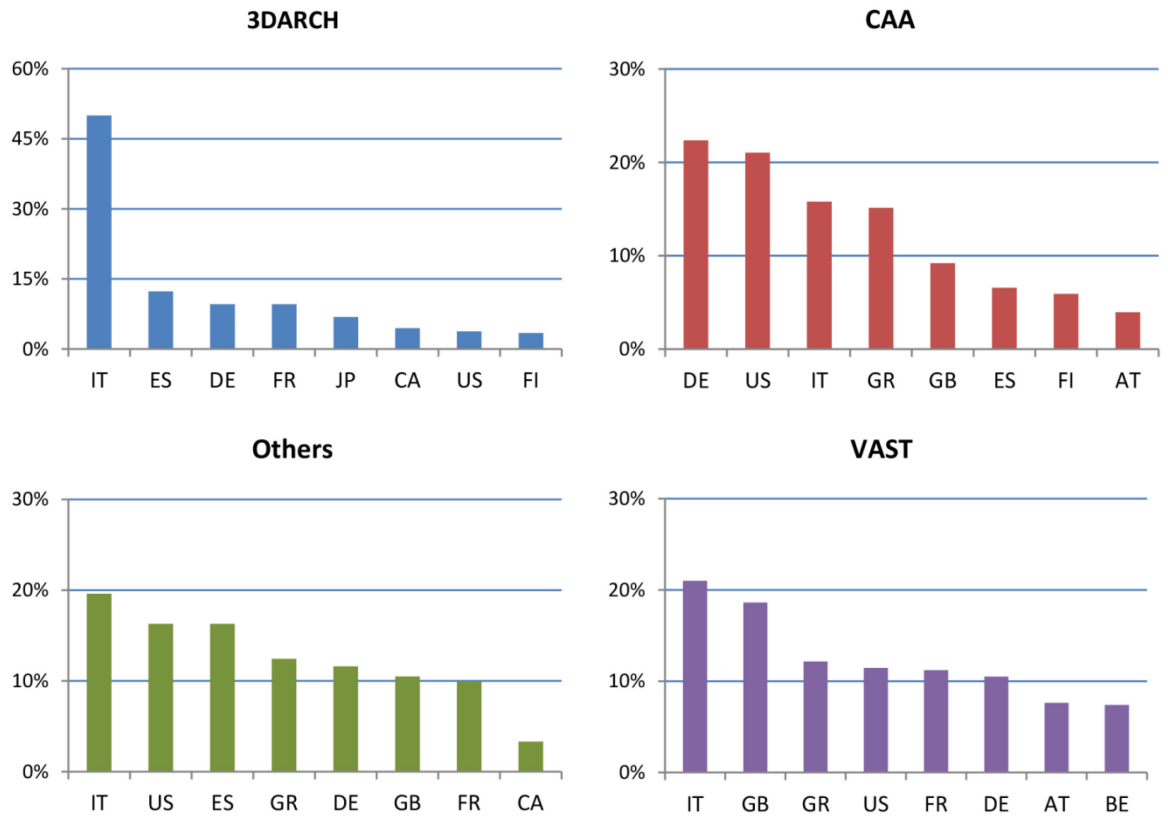


Abbildung 23 – Nationale Herkunft der Autoren (n = 1555, TOP 8)

[168] Einen alternativen Ansatz zeigen Wooding et al. auf. Hierbei werden Autoren in mehreren filterbasierten Iterationen anhand ihrer Einbindung in Autorenbeziehungen identifiziert. Jedoch schien die Anwendung einer derartigen Methode aufgrund der vergleichsweise geringen Zahl von Namensdopplungen im Sample unnötig. Hierzu: WOODING, S., WILCOX-JAY, K., LEWISON, G. und GRANT, J.: Co-author inclusion. A novel recursive algorithmic method for dealing with homonyms in bibliometric analysis, in: Scientometrics 66 (2006), S. 11-21.

Bei der Betrachtung der nationalen Verortung der Autoren wurde die in den Publikationen angegebene Korrespondenzadresse herangezogen. Hinsichtlich der nationalen Zuordnung ist konferenzübergreifend eine große beziehungsweise die größte Zahl der Autoren an italienischen Einrichtungen beschäftigt (Abbildung 23). Die genauen Anteile schwanken dabei je nach Konferenz zwischen ca. 15 % bei der CAA und etwa 50 % bei der 3DARCH-Konferenz. Dieser Befund spiegelt auch die Ergebnisse einer Studie zu nationalen Hintergründen von an EU-Forschungsprojekten zum Thema *Digital Heritage* beteiligten Institutionen wider, nach der italienische Institutionen – gefolgt von Deutschland – einen Spitzenplatz einnehmen (European Commission 2011, S. 23 ff.). Ebenfalls in allen Konferenzen relativ stark vertreten sind Autoren aus Einrichtungen in Deutschland, den USA und Spanien. Vergleichsweise starke Unterschiede hinsichtlich der Teilnahme an den einzelnen Konferenzen gibt es bei in britischen, griechischen und französischen Institutionen beschäftigten Autoren. Insgesamt sind im Untersuchungssample Autoren aus 38 Nationen vertreten, wobei diese mehrheitlich an Institutionen in europäischen Nationen beschäftigt sind.

4.3.2.2 Disziplinäre Zuordnung der Autoren

Eine notwendige Vorarbeit für die disziplinäre Zuordnung der Autoren bildete die Entwicklung eines geeigneten Klassifikationsschemas der Wissenschaftsdisziplinen. Ansatzpunkte einer derartigen Schematisierung bieten die in Abschnitt 2.2.1 bereits vorgestellten Klassifikationssysteme. Neben derartigen, vorrangig deduktiv anwendbaren Schemata thematisieren zahlreiche Ansätze eine induktive, datengeleitete Entwicklung von Wissenschaftsklassen (Vargas-Quesada und Moya-Anegón 2007). Für die hier vorliegende Untersuchung wurde ein hybrider Ansatz verwendet, bei dem eine Klassifikation zunächst induktiv aus den untersuchten Materialien gewonnen und anschließend mit bestehenden Klassifikationsansätzen abgeglichen wird. In Anlehnung an die bereits ausgeführte Systematik wurden für diese Untersuchung insgesamt neun Klassen gebildet. Während die meisten dieser Kategorien *Felder* oder Disziplinen repräsentieren, wurde insbesondere zur Untersuchung einer Institutionalisierung der Verwendung digitaler Methoden in den historischen Wissenschaften die vergleichsweise kleinteilige Unterscheidung zwischen *Humanities* und *Digital Humanities* getroffen.

Methodisch erfolgte eine disziplinäre Zuordnung der Autoren anhand des fachlichen Schwerpunktes der in der Korrespondenzadresse angegebenen Einrichtung.[169] Bei einer aus der Bezeichnung nicht ersichtlichen Schwerpunktsetzung wurden die Webseiten der jeweiligen Institution konsultiert. Ebenfalls wurde bei einer möglichen doppelten Zuordnung, wie beispielsweise im Fall der Geoinformatik, die jeweilige Zugehörigkeit der Institution zu einem übergeordneten Fachbereich, beispielsweise zu einer Fakultät für Geowissenschaften, herangezogen. In ca. 20 % der Fälle ließ sich auch unter Einbeziehung dieser Informationen keine verlässliche disziplinäre Zuordnung der Institution vornehmen. Auch darüber hinaus

[169] Ankerbeispiel: Eine Zugehörigkeit des Autors zu einem „department for cartography“ würde zu einer Zuordnung zur Geographie führen.

bleibt eine disziplinäre Zuordnung vergleichsweise unscharf. So sagt eine Zuordnung anhand der Institution nichts über den individuellen fachlichen Hintergrund des Autors aus. Beispielsweise ist denkbar, dass ein Informatiker in den Geowissenschaften tätig ist. Ebenso unterscheiden sich Ausrichtungen und Profile namentlich ähnlicher Einrichtungen mitunter deutlich. Beispielsweise kann bei einer Einrichtung im Bereich der Medieninformatik der institutionelle Schwerpunkt auf der Programmierung liegen oder demgegenüber eher Designaspekte priorisieren.

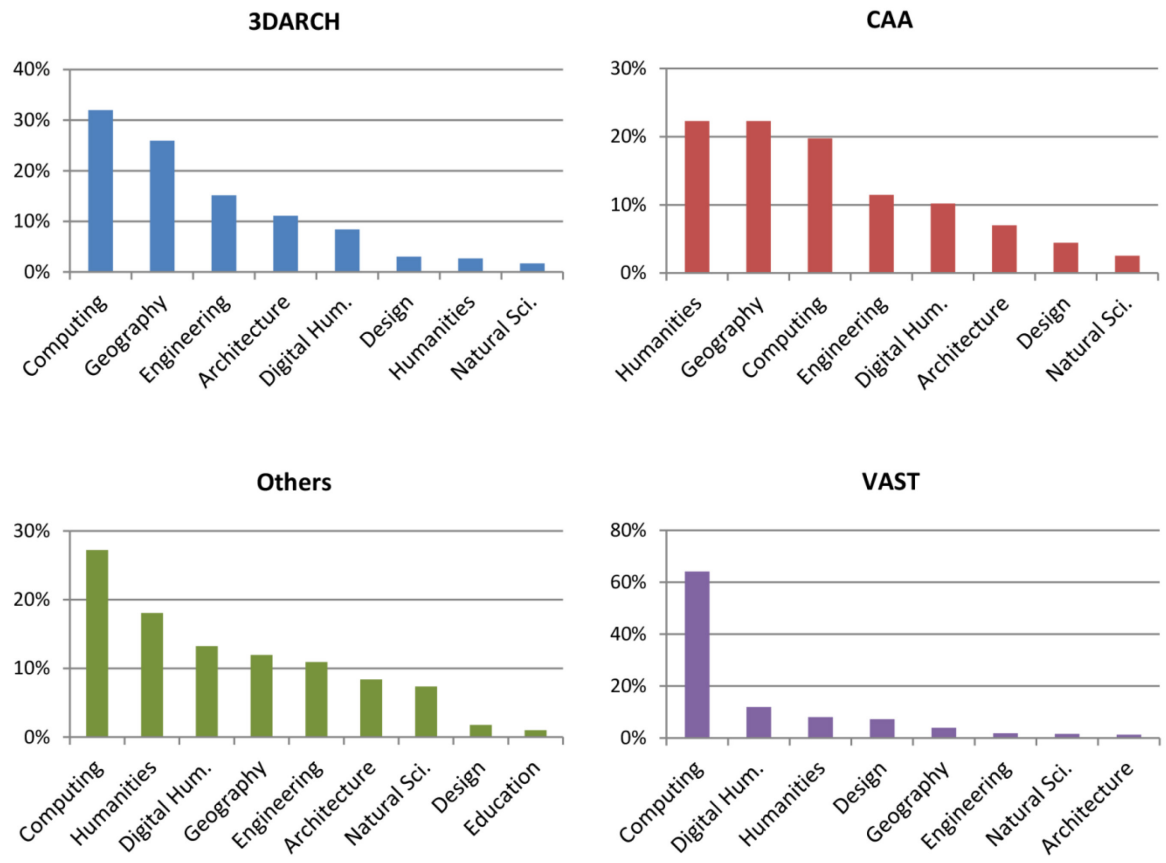


Abbildung 24 – Disziplinäre Herkunft der Autoren (n = 1283)

Bei allen untersuchten Konferenzen kommt eine große Zahl der Autoren aus Institutionen mit Schwerpunkt im Bereich der Informatik (Abbildung 24). Besonders hoch ist dieser Anteil mit ca. 70 % bei der VAST-Konferenz. Darüber hinaus bemerkenswert sind der große Anteil von Geschichts- sowie Geowissenschaftlern unter den CAA-Autoren. Als Konsequenz aus der sich mitunter deutlich unterscheidenden disziplinären Zusammensetzung der Autorschaft der einzelnen Konferenzen kann zudem vermutet werden, dass die Konferenzen jeweils unterschiedliche disziplinäre Zielgruppen adressieren. Gerade vor dem Hintergrund der in Abschnitt 2.3.2 ausgeführten Darstellung der *Digital Humanities* als emergente Forschungsdisziplin ist bemerkenswert, dass Autoren aus Einrichtungen mit einem Schwerpunkt im Bereich der *Digital Humanities* inzwischen einen insgesamt ähnlich hohen Anteil wie jene aus Einrichtungen der *Humanities* stellen.

Zu beachten ist, dass die Datenbasis nur Rückschlüsse auf eine professionelle Anbindung des Autors zulässt und keine Informationen zu Geburts-, Wohn- oder tatsächlichem Arbeitsort gibt. In Einzelfällen lassen sich anhand der Daten auch Änderungen der institutionellen Zuordnungen der Autoren beobachten, die jedoch nicht zuletzt aufgrund der eingeschränkten Datenbasis nicht weiterführend untersucht wurden.

4.3.2.3 Multiple Autorschaft

Zur Rubrik einer kennziffernbasierten Untersuchung von Autorschaft gehört auch die Untersuchung der Zahl von Publikationen pro Autor. Auf Alfred Lotka (Lotka 1926) geht die Entwicklung einer Verteilungsfunktion zur Publikationshäufigkeit einzelner Autoren zurück. Deren schiefe Verteilungskurve beschreibt, dass einer großen Zahl von Autoren mit nur einer Publikation eine sehr kleine Zahl von Autoren mit mehreren Publikationen gegenübersteht. Eine Variation erfuhr die Verteilungsfunktion 1957 durch Shockley (Shockley 1957), der bei Autorenkollektiven jeden Autor nur anteilig in einer Berechnung berücksichtigte. Diese Alternative wurde jedoch von späteren Untersuchungen nicht durchgehend aufgegriffen.[170]

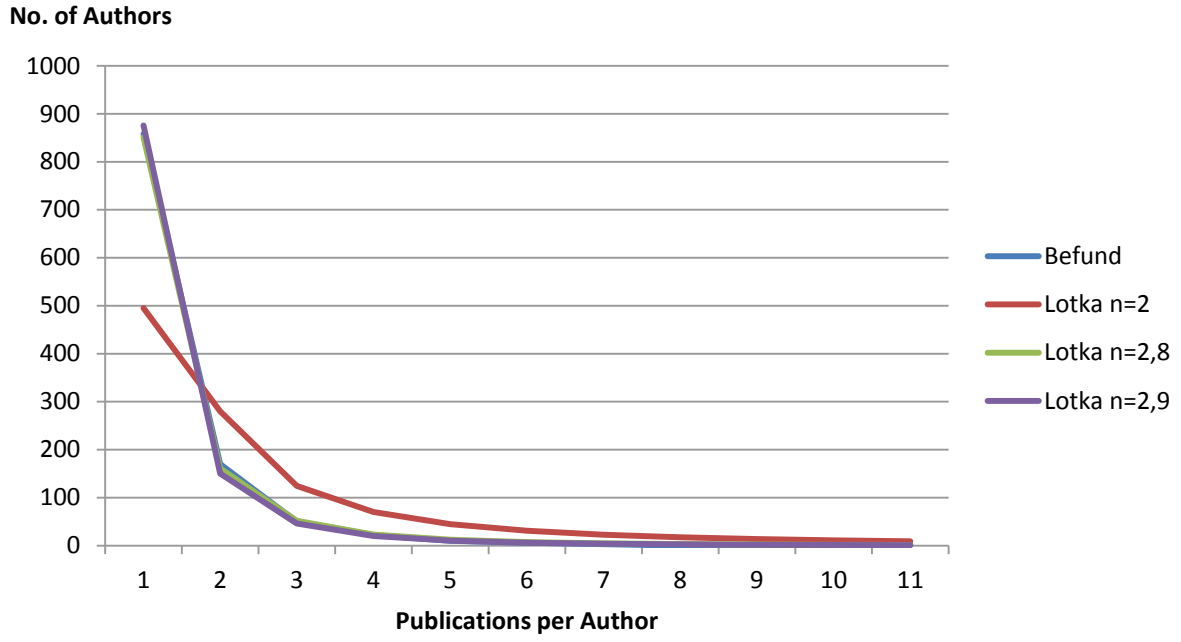


Abbildung 25 – Verteilungskurven zur Publikationshäufigkeit

Für eine Betrachtung der vorliegenden Publikationsdaten ergab bereits eine klassische Lotka-Verteilung eine weitgehende Deckungsgleichheit (Abbildung 25). Diese folgt der Formel

$$\mathbf{Y} = \boldsymbol{C}/\boldsymbol{X}^{\boldsymbol{n}}$$

wobei *C* die Gesamtzahl der einbezogenen Autoren (n = 1120) und *X* die Zahl der Publikationen der jeweiligen Kohorte (Autoren mit 1, 2, … Publikationen) angibt. Der

[170] Zur Ideengeschichte: HAVEMANN, F.: Einführung in die Bibliometrie, Berlin 2009, S. 13 sowie S. 18 f.

Exponent *n* stellt eine Konstante dar. Lotka setzte ausgehend von seinen Untersuchungen dafür im Mittel den Wert n = 2 an, der je nach Fachgebiet und Anwendung mitunter deutlich variiert (Egghe und Rousseau 1990; Egghe 2000). Die Verteilungsfunktion der untersuchten Publikationen deckt sich bei n = 2,8 … 2,9 weitgehend mit dem empirischen Befund. Die damit verbundene Schlussfolgerung stellt dar, dass die Verteilungskurve multipler Autorschaft einer beinahe idealtypischen Lotka-Verteilung folgt.

Jedwede weiterführende Interpretation der Werte muss vor dem Hintergrund des vergleichsweise kleinen und hinsichtlich der Auswahl potenziell fehlerbehafteten Samples gesehen werden (siehe auch Kap. 8). Im Vergleich zu den in der Literatur genannten, zumeist niedrigeren Mittelwerten des Exponenten (Chung und Kolbe 1992; Pulgarín 2012) deutet der überdurchschnittlich hohe Exponent jedoch auf eine im Vergleich zur gesamten Forschungslandschaft niedrige Publikationsproduktivität hin, womit überproportional viele Autoren an nur einer einzelnen Publikation beteiligt waren. Ein solcher Befund legt einen noch geringen Etablierungsgrad und eine damit verbundene nur unscharfe Abgrenzung eines Forschungsgebietes nahe, zu dem eine Vielzahl der Autoren nur punktuellen Bezug besitzen. Diese Einschätzung ist mit Blick auf den Untersuchungsgegenstand jedoch vor dem Hintergrund zu sehen, dass nach Pulgarín gerade im Bereich der *Humanities* generell eine geringe Publikationsproduktivität existiert (Pulgarín 2012, S. 44.). Hinsichtlich der Fehlerbetrachtung ist anzumerken, dass – wie die Untersuchung von Chung und Cox (Cox und Chung 1991) am Beispiel der Wirtschaftswissenschaften zeigt – die Werte des Exponenten stark streuen, sobald statt eines gesamten Forschungsgebietes nur einzelne Publikationsorgane beziehungsweise kleinere Kohorten von Publikationsorganen untersucht werden.

4.3.2.4 Autorenkooperationen

Eine der nach De Solla Price (De Solla Price 1963) wesentlichen Eigenschaften moderner Forschung stellt die große Zahl der an einer einzelnen Publikation beteiligten Autoren dar. Während De Solla Price hinsichtlich einer Entwicklung für das Jahr 1900 auf einen Einzelautoren-Anteil von mehr als 80 % hinwies (De Solla Price 1963, S. 99 f.) und für 1980 bei einem Großteil der Publikationen die Beteiligung von drei bis vier Autoren prognostizierte, wies eine Untersuchung (Glänzel und Schubert 2004) von primär naturwissenschaftlichen Artikeln der Datenbank „Science Citation Index“[171] für das Jahr 2000 eine durchschnittliche Beteiligung von 4,2 Autoren pro Artikel nach, wobei der Anteil von Einzelautoren nur noch 11% betrug. Vor dem Hintergrund naturwissenschaftlicher Forschung werden dafür insbesondere der durch die Arbeit mit Forschungsgroßgeräten bedingte hohe Grad an Arbeitsteilung sowie die Beteiligung einer Vielzahl von Einzelpersonen an der Erbringung der Forschungsleistung angeführt (Newman 2001c; Hornbostel, Klingsporn et al. 2009). An den im Kontext dieser Arbeit untersuchten

[171] http://ip-science.thomsonreuters.com/cgi-bin/jrnlst/jloptions.cgi?PC=K, besucht am 15. 09. 2012.

Publikationen waren durchschnittlich 3,4 Autoren beteiligt. Unter dem Blickpunkt interdisziplinärer sowie internationaler Kooperation scheint insbesondere die disziplinäre Zugehörigkeit der Autorenkollektive interessant, wobei in der in Abbildung 26 dargestellten Aufstellung Autoren mit unklarer fachlicher Einbindung ausgeklammert wurden.[172] Generell wurde ein übergroßer Teil der untersuchten Publikationen von Autoren oder Autorenkollektiven verfasst, die demselben Forschungsgebiet angehören.[173] Nur ein vergleichsweise kleiner Teil der Projektberichte wurde interdisziplinär verfasst, wobei der Anteil interdisziplinärer Publikationen bei Vorhaben zur Digitalisierung noch existierender Objekte deutlich höher als bei Rekonstruktionsprojekten nicht mehr existierender oder nie geschaffener Referenzobjekte liegt. Im Fall interdisziplinär verfasster Publikationen sind häufig Autoren aus drei Wissenschaftsbereichen beteiligt, wobei eine Autorenkooperation von Personen aus nur zwei Fachbereichen deutlich seltener erfolgt.

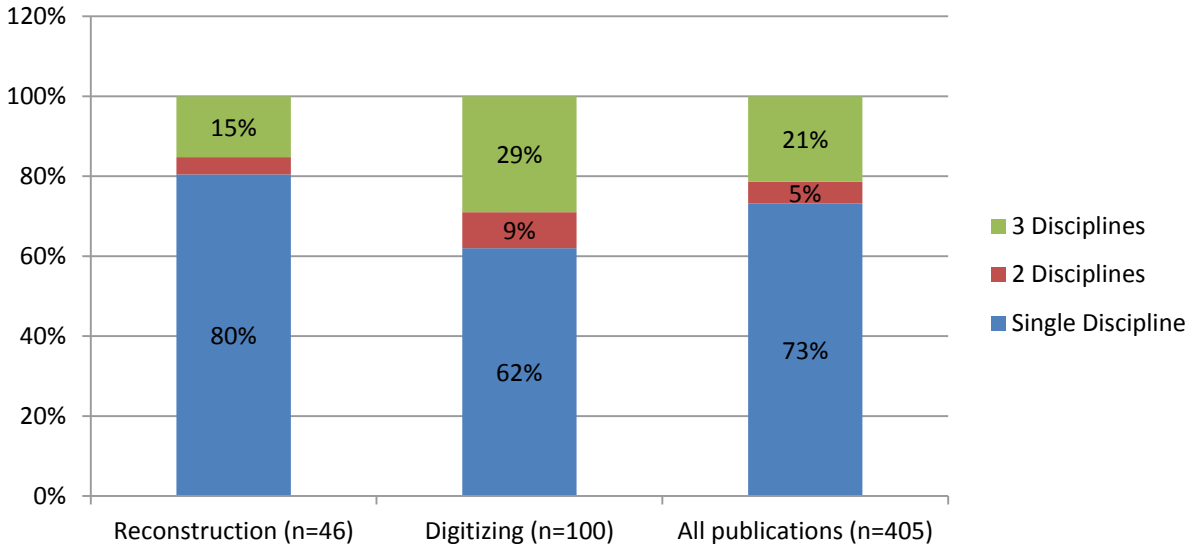


Abbildung 26 – Anzahl beteiligter Fachdisziplinen

[172] Die Nichteinbeziehung von Autoren mit unklarer disziplinärer Zuordnung stellt auch die Ursache für die Abweichungen in Grundgesamtheit und den Anteilen von Digitalisierungs- sowie Rekonstruktionsvorhaben dar.

[173] In diese Kategorie fallen naturgemäß auch jene aus untersuchungsmethodischen Gründen nicht ausgeklammerten Publikationen, die von nur einem Autor verfasst wurden. Analog können Publikationen, die nur von zwei Autoren verfasst wurden, maximal zu zwei Fachdisziplinen Bezüge aufweisen.

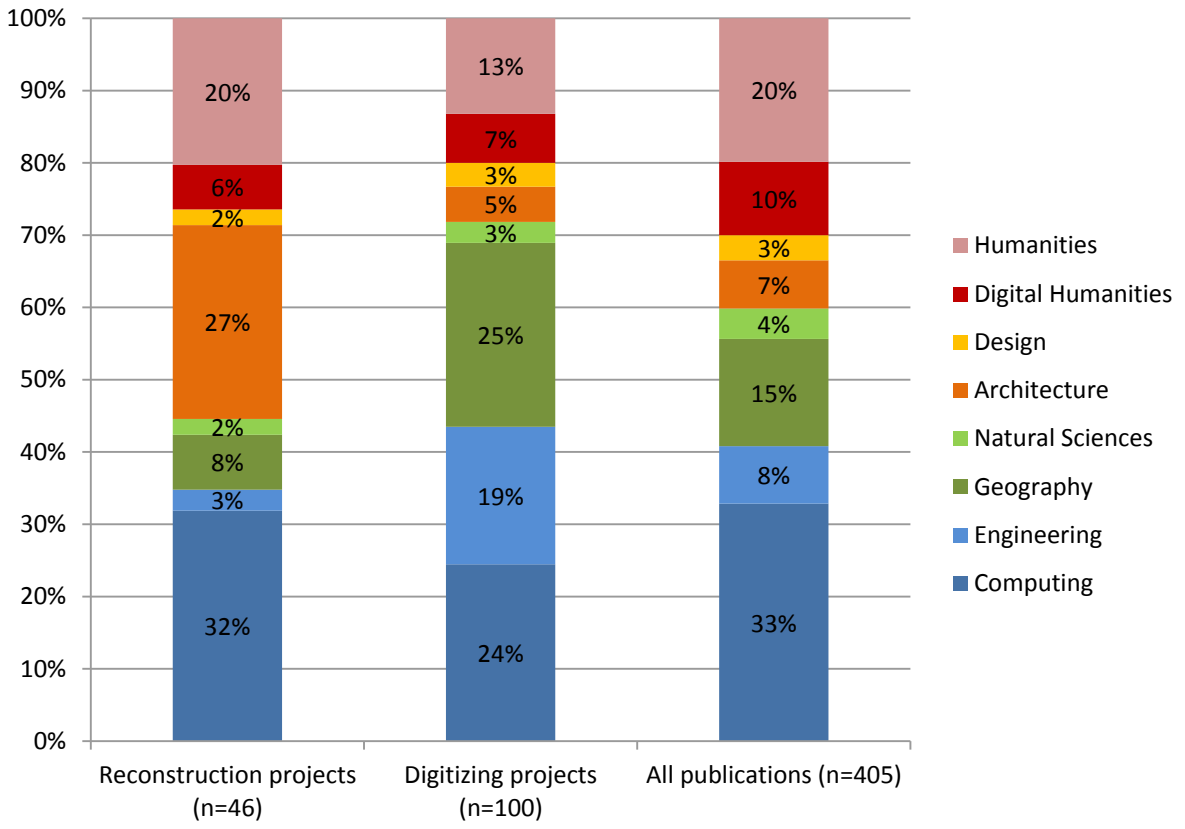


Abbildung 27 – Disziplinäre Herkunft der Publikationsautoren

Aufschlussreich ist auch der Blick auf die disziplinäre Anbindung der Publikationsautoren in Abhängigkeit vom Projekttypus. In der in Abbildung 27 gezeigten Aufstellung wurden interdisziplinäre Kooperationen jeweils anteilig einbezogen.[174] Generell verschieben sich disziplinäre Gewichte bei einer Betrachtung von einzelnen Publikationen gegenüber der in Abbildung 24 dargestellten gleichgewichteten Betrachtung aller beteiligten Autoren mitunter deutlich. Dies lässt wiederum Rückschlüsse auf die Zahl der beteiligten Autoren zu: So sind im Bereich der Informatik deutlich mehr Autoren an einem Artikel beteiligt als beispielsweise in den Geschichtswissenschaften. Bemerkenswert scheint, dass ein überproportionaler Anteil der Artikel zu Rekonstruktionsprojekten von Autoren aus Institutionen im Bereich der Architektur verfasst wurde, während Publikationen zu Digitalisierungsvorhaben überdurchschnittlich oft aus den Ingenieurs- und Geowissenschaften stammen. Eine plausible Erklärung bieten die Kompetenzprofile der jeweiligen Fachbereiche. So stellen

[174] Eine Publikation, bei der alle Autoren der gleichen Disziplin zugeordnet waren, wurde für die Disziplin mit dem Wert „1“ gezählt. Vereinfachend wurde bei Kooperationen zwischen mehreren Fachdisziplinen die Publikation jeder der Fachdisziplinen zu gleichem Verhältnis (1/ Zahl der beteiligten Disziplinen) zugeordnet, wobei ein genaues Mischverhältnisse der jeweiligen Autorenkooperation unberücksichtigt blieb. So wurde bspw. ein Artikel von drei Autoren aus dem Bereich der Informatik und „nur“ einem Historiker jeweils mit dem Wert „0,5“ für Informatik und *Humanities* gewertet. Vor dem Hintergrund der bereits ausgeführten großen Zahl potenzieller Fehlerquellen einer disziplinären Zuordnung scheint eine genauere Kalkulation ebenso wie die Frage einer Berücksichtigung der Autorenzahl des jeweiligen Artikels übertrieben.

Fernerkundungsverfahren einen Arbeitsschwerpunkt der Geowissenschaften dar, während im Bereich der Architektur umfangreiches Know-how sowohl zu Baugeschichte als auch zur CAD-Modellierung vorhanden ist. Der Graph in Abbildung 28 zeigt, welche Fachgebiete miteinander kooperieren. Dabei steht jeder Knoten für eine einzelne Publikation und jede Kante für die disziplinäre Zuordnung der beteiligten Autoren.[175] Daraus ist beispielsweise ersichtlich, dass vor allem Autoren aus Institutionen der *Digital Humanities* vergleichsweise häufig interdisziplinäre Autorenkooperationen eingehen. Bevorzugte Kooperationspartner sind dabei Autoren aus Institutionen im Bereich der Informatik, während eine gemeinsame Publikation mit Autoren aus den *Humanities* tendenziell selten stattfindet. Nicht zuletzt zeigt sich mit Blick auf den in Abschnitt 4.3.2.2 ausgeführten Befund eines in etwa gleich hohen Anteils von Autoren aus den *Humanities* und den *Digital Humanities*, dass sich dies nicht unmittelbar in der Gesamtzahl der Publikationen und Publikationsbeteiligungen aus diesen Fachbereichen widerspiegelt. Dabei ist ein diesbezüglicher Anteil sowohl bei der in Abbildung 27 dargestellten, nur anteilig gewichteten Einbeziehung von interdisziplinären Publikationsbeteiligungen als auch bei einer gleichgewichteten Einbeziehung wie in den der Abbildung 28 zugrunde liegenden Daten geringer als jener der *Humanities.*

[175] Zur Methodik siehe auch Abs. 4.3.3.2.

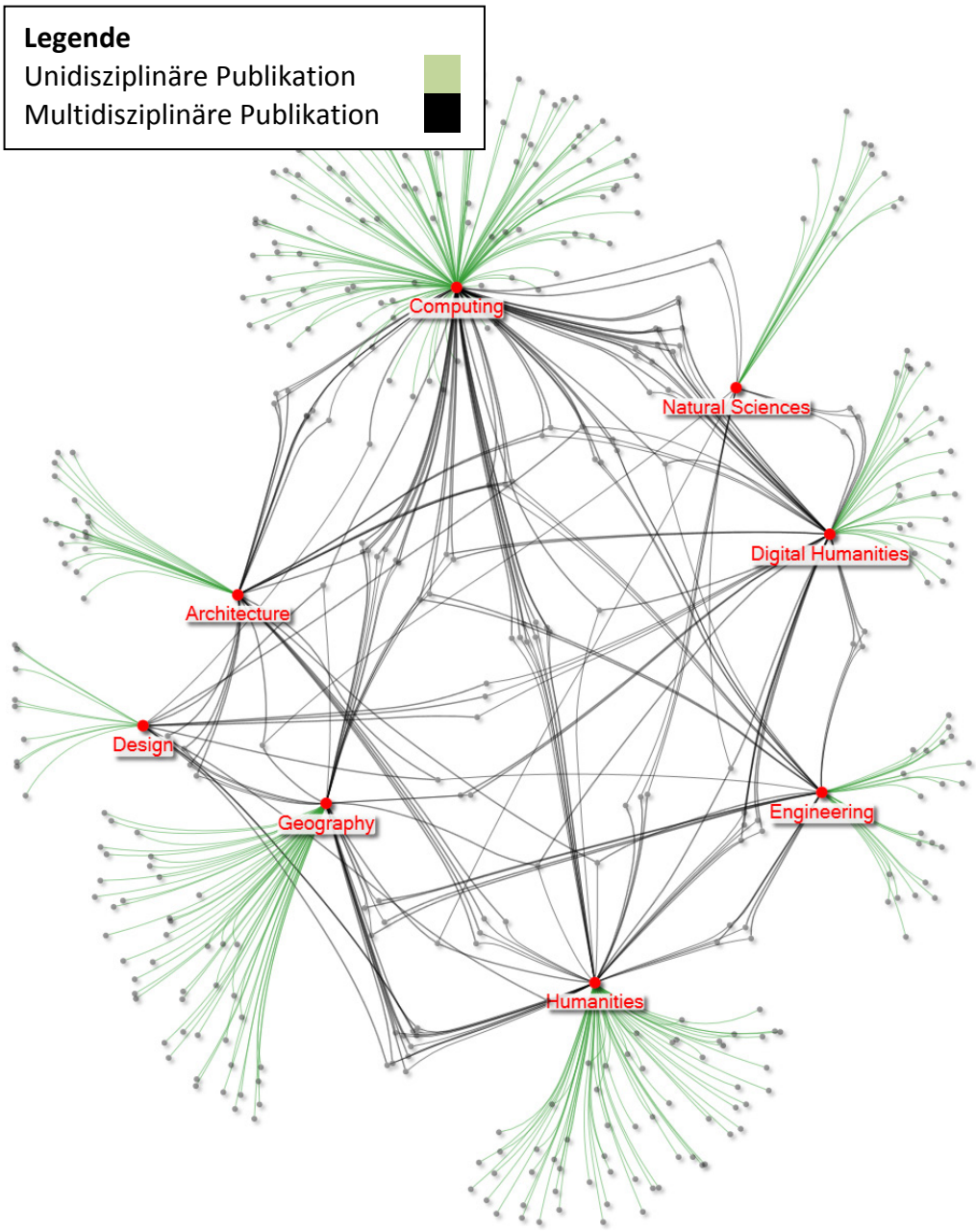


Abbildung 28 – Interdisziplinäre Autorschaft

Wie in Abbildung 29 dargestellt, stammt eine Vielzahl der Veröffentlichungen von Autoren, deren Instititutionen sich in der selben Nation befinden. Eine ganze Reihe von Untersuchungen weist auf einen in den vergangenen Jahrzehnten tendenziell steigenden Anteil internationaler Publikationen in vielen Bereichen der Wissenschaft hin,[176] wobei in aktuellen Publikationen disziplinenübergreifend ein durchschnittlicher Anteil derartiger

[176] Eine umfangreiche Beschreibung vorheriger Untersuchungen zum Thema liefert: ABRAMO, G., D'ANGELO, C. A. und SOLAZZI, M.: The relationship between scientists' research performance and the degree of internationalization of their research, in: Scientometrics 86 (2010), S. 629-643.

internationaler Autorenkooperationen von 35 % benannt wird (Acosta, Coronado et al. 2010). Demgegenüberliegt liegt der Anteil internationaler Publikationen im untersuchten Sample mit 18 % deutlich niedriger. Analog zur Betrachtung von Multidisziplinarität kommen auch internationale Autorenkooperationen bei Digitalisierungsvorhaben noch existierender Artefakte überdurchschnittlich häufig vor, während sie bei Rekonstruktionsvorhaben nur 8 % der Publikationen ausmachen.

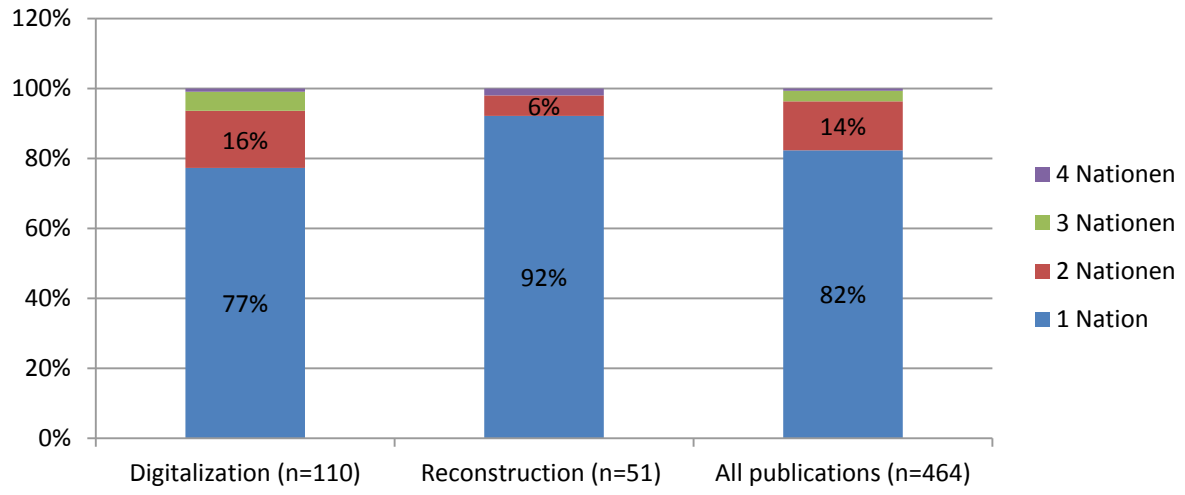


Abbildung 29 – Anteile multinationaler Autorenkooperationen

4.3.3 Multiplikatoren

4.3.3.1 Forschungsansatz

Mit Blick auf die Forschungslandschaft stellt sich neben den ausgeführten quantifizierenden Betrachtungen von Themen- und Projektschwerpunkten sowie der disziplinären und nationalen Verortung von Publikationsautoren die Frage nach Protagonisten innerhalb einer wissenschaftlichen *Community*.

Diesbezüglich wurde bereits im Zuge der theoretischen Betrachtung zu sozialen Netzwerken in Abschnitt 3.2.4 die Überlegung ausgeführt, dass ein Austausch von Informationen aus relationaler Sicht durch eine Verbindung beziehungsweise einen Kontakt zwischen Personen befördert wird. Zudem nehmen aus struktureller Sicht eine Reihe von Akteuren Schlüsselpositionen innerhalb derartiger Netzwerke ein.

Dem im Folgenden ausgeführten Untersuchungsschritt liegt die Annahme zugrunde, dass die im Kontext dieser Arbeit als *Multiplikatoren* bezeichneten Personen strukturell als Bindeglied zwischen Autorengruppen beziehungsweise Autorennetzwerken fungieren, dabei potenziell Informationen zwischen den Gruppen transferieren und somit zu einem Austausch wissenschaftlichen Wissens beitragen können.

Hinsichtlich der in Abschnitt 4.2 beschriebenen methodischen Zugangsmöglichkeiten sowie Erklärungsmodelle lassen die Ausgangsdaten ausschließlich eine strukturorientierte Analyse

zu. Ein tatsächlicher Informationsfluss im Zuge kooperativer Autorschaft kann in der ausgeführten Untersuchung nur vermutet werden (Vgl. Abs. 3.2.4.3).

Dieser Untersuchung liegt ferner die Annahme zugrunde, dass kooperative Artikel und Vorträge eine gegenseitige Kenntnisnahme, Absprache sowie Zusammenarbeit unter den Beteiligten erfordern, wobei Art und Umfang dieser Kooperation anhand des vorhandenen Materials nicht rekonstruiert werden können. Dabei muss jedoch ungeprüft bleiben, ob ein *Multiplikator* aufgrund des zeitlichen Versatzes der unterschiedlichen Publikationen überhaupt zu allen Gruppen gleichzeitig in Verbindung steht. Zudem gibt es eine Vielzahl von weiteren Möglichkeiten zum Austausch oder Erwerb wissenschaftlichen Wissens, die sich nicht in einer kooperativen Autorschaft widerspiegeln.

Eine Identifikation von *Multiplikatoren* wurde mit Hilfe der Netzwerkanalyse vorgenommen. Dabei wurde eine gemeinsame Autorschaft in einer Publikation als Verbindung (*edge*) zwischen Personen definiert. Keine Berücksichtigung fanden Personen, die ausschließlich als Einzelautoren in Erscheinung traten.[177]

4.3.3.2 Methodik der Netzwerkanalyse

Die Netzwerkanalyse stellt traditionell eines der Kernverfahren zur szientometrischen Analyse dar.[178] Gemeinsam mit dem ihr zugrunde liegenden mathematischen Ansatz der Graphentheorie bietet sie eine Reihe von Werkzeugen zur Analyse und Visualisierung von Netzwerken (Wellman 1988; Scott 1991; Wasserman und Faust 1994; n. b. 2011). Elemente derartiger Graphen sind Knoten (*vertices*) und Kanten (*edges*), wobei im Kontext sozialer Netzwerkanalyse Personen und deren Interaktion betrachtet werden. Die Netzwerkanalyse beinhaltet gleichermaßen numerische Analyseverfahren als auch Visualisierungsalgorithmen. Für die hier vorgenommene Analyse sind insbesondere die folgenden Maße relevant.[179]

Degree

Der *Degree* einer Person bezeichnet die Zahl ihrer Verbindungen zu anderen Personen.[180] Mit Blick auf die im Rahmen dieser Arbeit durchgeführte Analyse kooperativer Autorschaft

---

[177] Die in die Darstellung einfließende Zahl der insgesamt veröffentlichten Publikationen berücksichtigt mit Blick auf Personen, die nicht ausschließlich als Einzelautoren auftraten, sowohl die kollektive als auch die einzelne Autorschaft.

[178] WELLMAN, B.: Structural Analysis. From Method and Metaphor to Theory and Substance, in: WELLMAN, B. & BERKOWITZ, S. D. (Hrsg.): Social Structures: A Network Approach, Princeton 1988, S. 19-61, S. 23. Als historische Grundlage: WHITE, H. C., BOORMAN, S. A. und BREIGER, R. L.: Social structure from multiple Networks. I. Blockmodels of Roles and Positions, in: American Journal of Sociology 81 (1976), S. 730-780.

[179] Ausführlich in: HANSEN, D., SHNEIDERMAN, B. und SMITH, M.: Analyzing Social Media Networks. Learning by Doing with NodeXL, Maryland 2009, S. 25 f.; WASSERMAN, S. und FAUST, K.: Social Network Analysis, Cambridge 1994.

[180] Eine Beziehung kann dabei zusätzlich hinsichtlich der Zielrichtung unterschieden werden. Als Beispiel nennen Hansen et al. die Einladung zu einer Party: Diese kann von einer Person an viele Personen verschickt

stellt eine solche Verbindung beispielsweise eine gemeinsame Publikation dar. In dieser Arbeit nicht gesondert berücksichtigt wurde dabei eine *Intensität* der Verbindung, welche die Zahl der Publikationen bemisst, die zwei Autoren gemeinsam verfasst haben.

Zentralitätsmaße

Zentralitätsmaße besitzen eine wesentliche Bedeutung bei der Beschreibung und Analyse der Qualität des Beziehungsgeflechts. Neben den klassischen Zentralitätsmaßen zur Bewertung von Autorenbeziehungen innerhalb des Gesamtnetzwerks bieten eine Reihe von Studien alternative Berechnungsmodelle an, die beispielsweise die Reichweite beziehungsweise *extensity* eines Autors außerhalb seiner *Community* (Lu und Feng 2009) einbeziehen.

Betweenness Centrality

Als Maßzahl beziffert *Betweenness Centrality* die Anzahl der kürzesten Verbindungen zwischen zwei beliebigen Knoten innerhalb des Netzwerkes, die durch einen bestimmten Knoten verlaufen.[181] Für eine Analyse sozialer Strukturen bezeichnet *Betweenness Centrality* die Funktion einer Person als Bindeglied eines sozialen Netzwerkes. Mit Blick auf eine Wissenschaftslandschaft kann dabei die Wichtigkeit beziehungsweise Unersetzlichkeit einer Person zur Verbindung von Forschergruppen gesehen werden.

Closeness Centrality

Closeness Centrality bezeichnet die Erreichbarkeit einer Person in einem Netzwerk. Konkret bemisst dieser Wert die durchschnittliche Zahl der benötigten Schritte, mit denen eine Person alle anderen Personen des Netzwerks erreichen kann.

Eigenvektor-Zentralität

Die *Eigenvektor*-Zentralität bewertet Verbindungen nicht nur hinsichtlich ihrer Zahl, sondern auch anhand der Popularität des Gegenübers. So werden gemeinsame Autorschaften mit wichtigen *Multiplikatoren* höher bewertet als mit für ein Netzwerk weniger bedeutenden Personen.

Strukturbeschreibung

Darüber hinaus existiert beispielsweise mit dem *Clustering Coefficient* als Maß für die Clusterbildung beziehungsweise die Struktur einer Vernetzung innerhalb eines Netzwerkes

---

werden („Out-Degree“) oder eine Person erhält viele Partyeinladungen („In-Degree“). Hierzu: HANSEN, D., SHNEIDERMAN, B. und SMITH, M.: Analyzing Social Media Networks. Learning by Doing with NodeXL, Maryland 2009, S. 25.

[181] Zum Berechnungsalgorithmus: BRANDES, U.: A Faster Algorithm for Betweenness Centrality, in: Journal of Mathematical Sociology 25 (2001), S. 163-177.

eine Reihe von Kennziffern zur Beschreibung von Netzwerkstrukturen. Wie in der bereits in Abschnitt 4.2 angeführten Studie von Newman (Newman 2001c) dargelegt, lassen sich anhand derartiger Strukturmaße potenziell eine ganze Reihe von Rückschlüssen beispielsweise auf einen Etablierungsgrad einer Wissenschaftsgemeinschaft ziehen. Wie in Absatz 4.3.2.3 dargelegt, wurde im Rahmen dieser Arbeit mit Blick auf das für eine aussagekräftige Analyse zu kleine Sample auf eine weiterführende Untersuchung dieser Aspekte verzichtet.

4.3.3.3 Ergebnisse

Autoren

Knapp 3000 Relationen zwischen Autoren fanden Eingang in die vorliegende Untersuchung. Unter den im vorherigen Abschnitt aufgezeigten Strukturmaßen besitzt mit Blick auf das Forschungsinteresse insbesondere das Maß der *Betweenness Centrality* als Indikator für die Bedeutung einer Person als Bindeglied zwischen Gruppen Relevanz. Für einen vermuteten Informationsaustausch spielt daneben der *Degree* als Anzahl der Verbindungen zu anderen Personen eine wichtige Rolle. Vor dem Hintergrund unterschiedlicher Größen von Autorenkollektiven lässt die Zahl der Verbindungen einer Person zu anderen Personen jedoch nur wenige Rückschlüsse auf eine Häufigkeit der Publikationstätigkeit zu. Daher wurde neben *Degree* und *struktureller Bedeutung* der Verbindung auch die Zahl der Publikationen in eine Bewertung einbezogen.

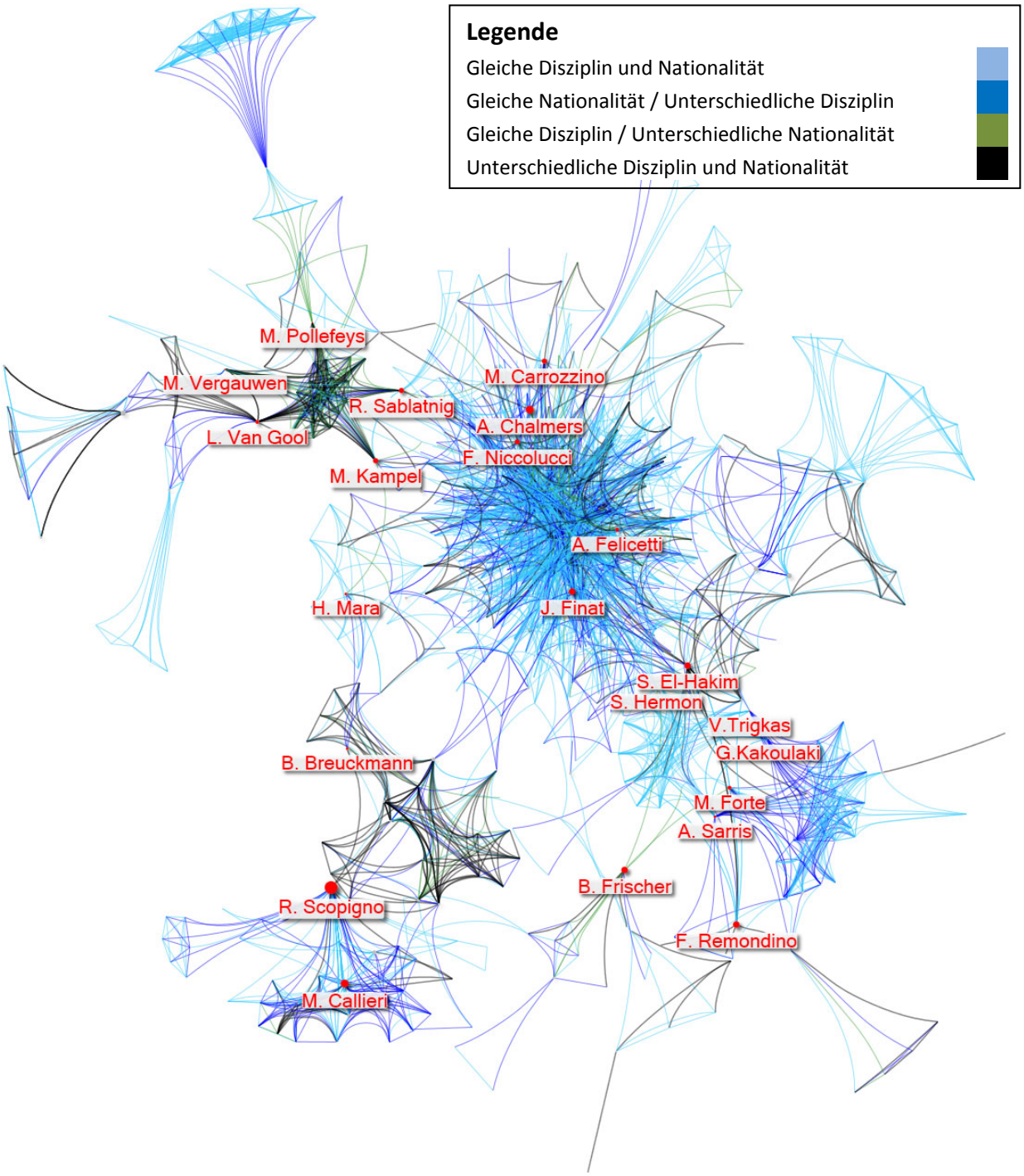


Abbildung 30 – Kooperative Autorschaften: Personen

Autor	Institution	Pub.	Eigen-vektor	Close-ness	Degree	Between-ness
M. Callieri	CNR Pisa (IT)	7	0,000	0,001	25	49,385
G. Kakoulaki	F.O.R.T.H. (GR)	2	0,000	0,019	26	52,692
V. Trigkas	F.O.R.T.H. (GR)	2	0,000	0,021	26	243,333
A. Sarris	F.O.R.T.H. (GR)	3	0,000	0,020	29	130,692
F. Remondino	ETH Zurich (CH)	6	0,000	0,010	9	120,200
J. Finat	Univ. Valladolid (ES)	6	0,000	0,063	16	77,250
S. El-Hakim	NCR Ottawa (CA)	6	0,000	0,014	19	309,700
A. Chalmers	Uni. Bristol	7	0,000	0,036	12	150,000
M. Carrozzino	Adv. S. Inst. Lucca (IT)	7	0,000	0,083	10	27,400
M. Vergauwen	Uni. Leuven (BE)	2	0,041	0,001	24	899,210
B. Frischer	Uni. Virginia (US)	6		0,001	12	2297,000
R. Sablatnig	Uni. Vienna (AT)	5	0,041	0,002	27	3122,347
L. Van Gool	Uni. Leuven (BE) / ETH Zurich (CH)	5	0,042	0,001	32	3162,206
M. Forte	Uni. California (US)	4	0,000	0,001	16	3226,345
M. Pollefeys	ETH Zurich (CH)	3	0,043	0,001	27	3632,846
S. Hermon	Uni. Florence (IT)	3	0,000	0,001	7	5397,000
R. Scopigno	CNR Pisa (IT)	11	0,000	0,001	36	5489,385
B. Breuckmann	Breuckmann GmbH (DE)	3	0,000	0,001	6	5586,000
A. Felicetti	Uni. Florence (IT)	4	0,000	0,001	7	6027,000
H. Mara	Uni. Heidelberg (DE)	4	0,002	0,001	6	6129,000
F. Niccolucci	Cyprus Inst. (CY)	6	0,004	0,002	11	8518,050
M. Kampel	Uni. Vienna (AT)	5	0,043	0,002	27	9201,896

Tabelle 19 – Maßzahlen: Autoren

Im Graphen in Abbildung 30 namentlich aufgeführt wurden Personen, die sich unter den Top 10 in den Kategorien *Degree*, *Betweenness Centrality* oder *Publikationszahl* befanden. Die jeweiligen numerischen Werte für diese Personen sind in Tabelle 19 verzeichnet. Darüber hinaus interessieren internationale und interdisziplinäre *Multiplikatoren* im Sinne von Personen, die eine Vernetzung über disziplinäre und nationale Grenzen hinaus ermöglichen. Im Graphen wurden daher insgesamt vier Typen derartiger Verbindungsqualitäten farblich kodiert.

Mit Blick auf Internationalität und Interdisziplinarität lassen sich innerhalb des Netzwerkes eine Reihe einzelner Cluster bestimmen. Insbesondere aus der Zusammenarbeit zwischen Autoren der Technischen Universität Wien, der Universität Leuven sowie der Technischen Hochschule Zürich[182] sind eine ganze Reihe sowohl interdisziplinärer als auch internationaler Publikationen hervorgegangen. Ein weiteres, jedoch kleineres Cluster ist zwischen an

[182] Lokalisiert ist dieses im Bereich zwischen L. Van Gool und R. Sablatnig.

französischen und italienischen Institutionen beschäftigten Personen gespannt, es umfasst jedoch auch Autoren aus Einrichtungen aus Japan sowie Deutschland.[183]

Hinsichtlich der benannten *Multiplikatoren* weisen innerhalb der *Community* insbesondere Personen aus dem Bereich der datenbasierten Visualisierung große Vernetzungsgrade sowie einen hohen Publikationsoutput auf. Die Personen mit der größten Bedeutung als Bindeglieder der *Scientific Community* sind Franco Niccolucci[184] und Martin Kampel. Letzterer ist am Computer Vision Lab an der Technischen Universität Wien unter Leitung von Robert Sablatnig beschäftigt und war in eine Reihe kooperativer Publikationen des bereits ausgeführten internationalen und interdisziplinären Clusters bestehend aus TU Wien, KU Leuven sowie ETH Zürich involviert.[185] Über Hubert Mara und Bernd Breuckmann, den Gründer und Leiter der auf industrielle Bildverarbeitung und Automation spezialisierten Breuckmann GmbH,[186] besteht strukturell eine Verbindung zum Forschungscluster um Roberto Scopigno am CNR Pisa.[187] Vor dem Hintergrund, dass diese Verbindungskaskade jeweils auf eine einmalige Autorenkooperation zurückgeht, scheint dies jedoch ein eher schwacher Indikator für intensiven Forschungstransfer. Roberto Scopigno weist als Leiter des Institutes für Computer Science and Technologies des Italian National Research Council (CNR) in Pisa die mit Abstand meisten Publikationsbeteiligungen auf,[188] ebenso verfügt er über die im Sample größte Zahl von direkten Kontakten zu anderen Autoren. Dabei sind an den meisten seiner Publikationen ausschließlich italienische Autoren beteiligt, die häufig unterschiedlichen Disziplinen angehören.

Institutionen

Eine Betrachtung kooperativer Autorschaften liegt auch einer Untersuchung der institutionellen Wissenschaftslandschaft zugrunde. Dafür wurden alle von Mitarbeitern einer jeweiligen Institution verfassten Publikationen akkumuliert. Im Gegensatz zur Betrachtung der Einzelautoren finden bei dieser Analyse Autorenkooperationen innerhalb einer Einrichtung keine Berücksichtigung. Zusammengefasst wurden in dieser Aufstellung außerdem einzelne Fachgebiete innerhalb einer Einrichtung.

Analog zur Betrachtung der Einzelautoren wurden in dem in Abbildung 31 dargestellten Graphen Institutionen mit einem *Degree* von mindestens zehn Verbindungen zu anderen Institutionen oder einer *Betweenness Centrality* von mindestens 1000 durch diese

[183] Lokalisiert ist dieses Cluster im Bereich zwischen B. Breuckmann und R. Scopigno.

[184] http://www.cyi.ac.cy/index.php/starc/about-the-center/center-overview.html, besucht am 15. 09. 2012.

[185] http://www.caa.tuwien.ac.at/cvl/people/kampel/publications.html, besucht am 15. 09. 2012.

[186] http://www.meersburg.de/ceasy/modules/cms/main.php5?cPageId=127&view=publish&item=company&id=26, besucht am 15. 09. 2012.

[187] Ich danke Dr. Hubert Mara für das persönliche Gespräch und die Bestätigung dieser Vermutungen.

[188] http://vcg.isti.cnr.it/~scopigno/, besucht am 15. 09. 2012.

Einrichtungen laufenden kürzesten Verbindungen benannt. Die jeweiligen numerischen Werte für diese Einrichtungen sind in Tabelle 20 vermerkt. Hinsichtlich einer Markierungsfarbe wurden im Graphen daneben nationale und internationale Verbindungen unterschieden.

Institution	Degree	Betweenness Centrality
TU Vienna (AT)	13	506,054
Uni. Leuven (BE)	13	588,554
NCR Ottawa (CA)	13	1049,367
Uni. Graz (AT)	10	984,795
Cyprus Inst. (CY)	5	1153,158
CNR Rome (IT)	10	1220,233
CNR Pisa (IT)	16	1262,550
CNR Trento (IT)	10	651,342
Uni. N. Carolina (US)	4	1365,942
Uni. Virginia (US)	7	1386,608
F.O.R.T.H. (GR)	7	1656,242
Uni. Florence (IT)	21	2434,275
ETH Zurich (CH)	16	2384,975

Tabelle 20 – Maßzahlen: Institutionen

Mit Blick auf eine Interpretation der Ergebnisse korrelieren Aktivitätsgrad einer Einrichtung und deren Bedeutung als Bindeglied im Netzwerk häufig. Eine Ausnahme stellen dabei beispielsweise die *Research Laboratories of Archaeology* an der *University of North Carolina* dar, die zwar nur durch eine geringe Zahl gemeinsamer Publikationen mit anderen Institutionen verbunden sind, damit jedoch als einzige Institution im Netzwerk mit einer Gruppe von Forschern an der *Kentucky University* in Verbindung stehen. Zudem spiegelt sich die Bedeutung einzelner Personen häufig in der Institutionsperspektive wider. Vor dem Hintergrund eines Vergleiches der Betrachtung von Einzelautoren und der akkumulierten Institutionsbetrachtung scheint bemerkenswert, dass sich die höchsten *Betweenness-Centrality*-Werte zwischen beiden Perspektiven mitunter deutlich unterscheiden. So spiegelt sich beispielsweise die für eine Reihe von an der TU Wien tätigen Autoren attestierte große Bedeutung als Bindeglieder der *Scientific Community* nicht in einer institutionellen Betrachtung wider. Dies lässt die Vermutung zu, dass entweder die Anbindung einer aktiven Forschergruppe an die *Scientific Community* über eine Einzelperson erfolgt oder, wie im Fall der TU Wien wahrscheinlich, in gemeinsame Publikationen nicht eingebundene Forscher an den Partnereinrichtungen mit weiteren gut vernetzten Institutionen kooperieren. Nicht zuletzt spiegelt sich hier der Umstand wider, dass Institutionen mit großem Publikationsoutput oder großer Strukturrelevanz zumeist in starkem Maße international vernetzt sind. Dies betrifft das bereits in einer Autorenbetrachtung ausgeführte Cluster von TU Wien, KU Leuven sowie ETH Zürich ebenso wie die internationalen Verbindungen des römischen CNR sowie der Universität Florenz.

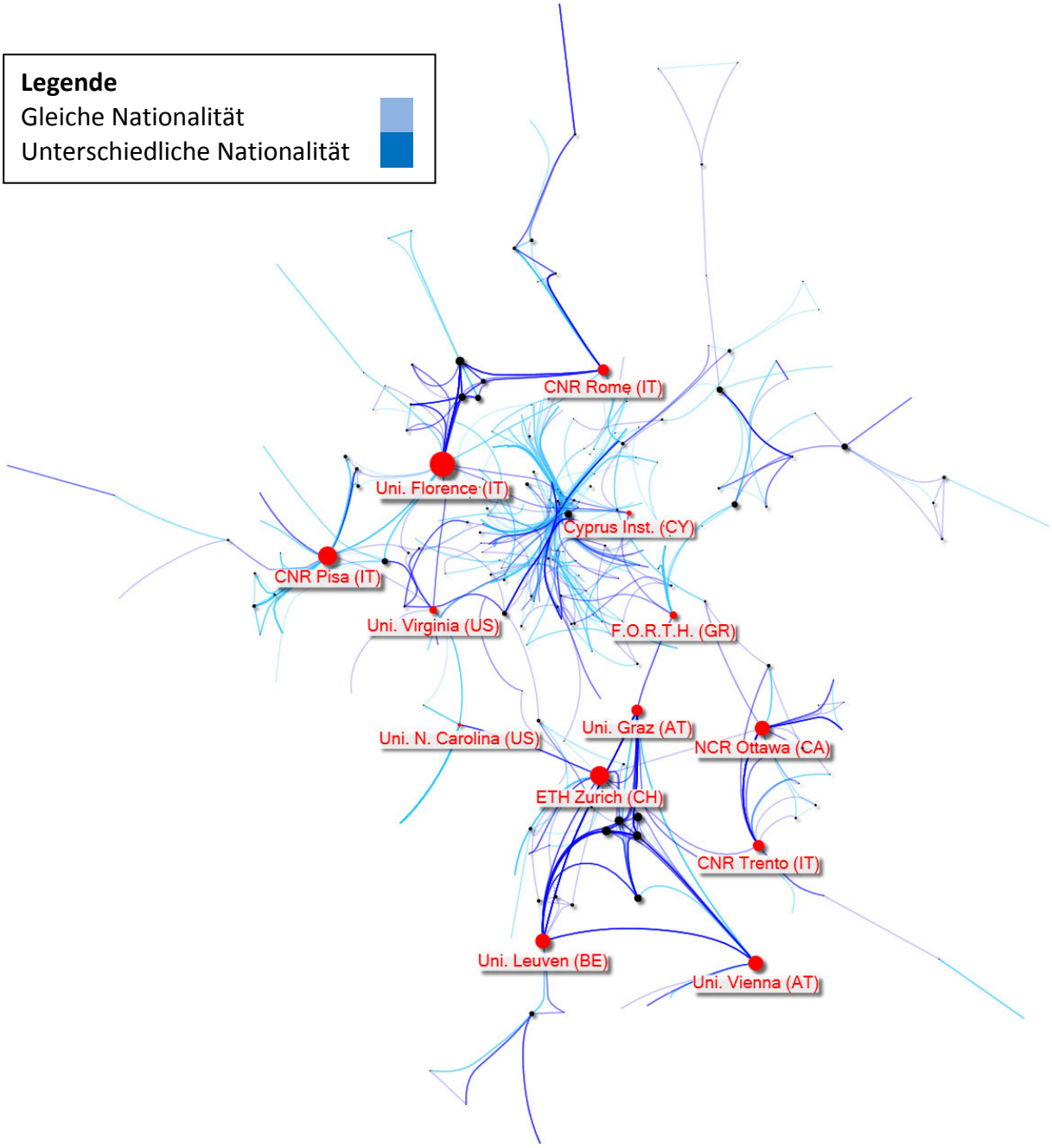


Abbildung 31 – Kooperative Autorschaften: Institutionen

Multiplikatoren im Bereich der 3D-Rekonstruktion

Um die Ergebnisse dieser Analyse zu validieren, wurden sie auf einer Reihe von Konferenzen und Workshops präsentiert sowie mit nationalen und internationalen Experten diskutiert.[189]

Hinsichtlich der ermittelten Rangliste wurde insbesondere die vergleichsweise schlechte Platzierung deutscher, britischer und spanischer Akteure und Institutionen aus dem Bereich der 3D-Rekonstruktion beanstandet. Nach Ansicht der befragten Wissenschaftler wäre dabei zu erwarten gewesen, dass beispielsweise das King's College als Initiator und Kurator der London Charter ebenso wie der Fachbereich Architekturgeschichte an der TU Darmstadt vordere Plätze einnehmen.

Einen möglichen Erklärungsansatz liefert der Blick auf die inhaltliche Struktur der Publikationen. So spiegelt die Strukturanalyse aufgrund des hohen Anteils derartiger Beiträge primär die *Scientific Community* der 3D-Digitalisierung wider. Zur Prüfung dieser Hypothese wurden in einer gesonderten Betrachtung ausschließlich Publikationen zu Rekonstruktionsprojekten einbezogen. Wie in Tabelle 21 dargestellt, publizieren speziell an 3D-Rekonstruktionen beteiligte Institutionen durchaus kooperativ mit anderen Institutionen. Jedoch lässt sich anhand der Datenbasis keine über einzelne gemeinsame Publikationen hinausgehende Vernetzung dieser Institutionen nachweisen.

Institution	Degree
NCR Ottawa (CA)	3
ETH Zurich (CH)	3
Arizona State Uni. (US)	3
Uni. Leuven (BE)	3
Uni. Cottbus (DE)	3
Uni. Carleton (CA)	3
Bill Reid Foundation (CA)	3
CNR Rome (IT)	3

Tabelle 21 – Maßzahlen: Institutionen (3D-Rekonstruktionsprojekte, TOP 8)

Bereits im Zuge der initialen Expertenbefragung in Abschnitt 4.2 wurde die Vermutung geäußert, dass eine Kommunikation derartiger Vorhaben häufig auf nationalen Konferenzen beziehungsweise in nationalen Publikationsorganen stattfindet. Derartige Formate stellen im deutschsprachigen Raum beispielsweise die aus den Reihen der Baugeschichte initiierten Workshops zur historischen Bauforschung (Riedel, Heine et al. 2006; Heine, Rheidt et al.

[189] Ich danke neben vielen anderen insbesondere Prof. Jean Bourgeois, Prof. Reinhart Förtsch, Prof. Jiri Zara, Prof. Andreas Georgopoulos, Dr. Mario Santana-Quintero sowie Dr. Hubert Mara und Dr. Hugh Denard für ihre hilfreichen Hinweise und die Diskussion der Ergebnisse.

2012) ebenso wie die Veranstaltungen des Kollegs Morphomata[190] sowie der EVA-Workshops zum „Historischen Objekt im digitalen Modell“ dar.[191]

Wie ebenfalls bereits in Abschnitt 4.2 thematisiert, schloss das Selektionskriterium einer Onlineverfügbarkeit sämtliche Beiträge der *Visualisation in Archaeology* (VIA)-Workshops (Gibbons 2012) aus. Ein Fokus dieser Workshop-Reihe liegt auf der Anwendung archäologischer Visualisierungstechniken, die neben digitalen 3D-Techniken auch graphische Illustrationstechniken umfassen und anders als die in die Untersuchung einbezogenen Konferenzen einen deutlichen Akzent im Bereich manueller Rekonstruktion vermuten lassen.[192]

Resümierend muss festgehalten werden, dass sich diese Vermutungen anhand der für diese Untersuchung verwendeten Datenbasis sowie der damit verbundenen Untersuchungsstrategie nicht suffizient prüfen lassen.

4.3.4 Trends und Diskurse

Während bisherige Untersuchungsschritte die Quantifizierung und strukturelle Analyse des Forschungsfeldes zum Gegenstand hatten, werden im Folgenden exemplarisch einige anhand der Publikationen ersichtliche aktuelle Trends und Schwerpunkte vorgestellt. Auch bei dieser Betrachtung ist zu vermuten, dass die Befunde primär Trends und Diskurse zur Digitalisierung widerspiegeln. Ausgeklammert wurden spezifisch im Kontext der Digitalisierung anzusiedelnde Themen wie beispielsweise die Nutzung von unbemannten Flugobjekten zur photogrammetrischen oder laserbasierten Erfassung (hierzu beispielhaft Brumana, Oreni et al.) historischer Objekte.

Auf dem Weg zur Alltagstechnik …

Wie bereits in Abschnitt 2.3.2 thematisiert, werden derzeit große Anstrengungen unternommen, 3D-Technologien als Alltagstechnik ins Repertoire von Forschern einfließen zu lassen. Die Entwicklung von kostengünstigen Werkzeugen, Arbeitsprozessen und Standards wurde in den letzten Jahren in europäischen Ländern durch umfangreiche Forschungsprogramme wie beispielsweise die EU-ICT-Förderrichtlinie unterstützt.[193] Von diesen Bestrebungen zeugt eine Vielzahl in aktuellen Konferenzbeiträgen vorgestellter

---

[190] http://hsozkult.geschichte.hu-berlin.de/termine/id=15139, besucht am 15. 09. 2012.

[191] http://www.eva-berlin.de/index.php?article_id=73&clang=0, besucht am 15. 09. 2012.

[192] Einen ähnlichen verbindenden Ansatz zwischen digitalen sowie analogen 3D- bzw. 2,5D-Rekonstruktionstechniken verfolgte auch der Palatium- Workshop, hierzu insbesondere: RYKL, M.: Überblick über die Rolle virtueller Rekonstruktionen in der Bauforschung und Baugeschichte in Tschechien, in: HOPPE, S., BREITLING, S. & FITZNER, S. (Hrsg.): Virtual Palaces II: Lost Palaces and Their Afterlife. Virtual Reconstruction Between Science and Media. Proceedings of the European Science Foundation Research Networking Programme PALATIUM meeting at Munich, 13.- 15. 4. 2012, Im Druck.

[193] http://3dcoform.eu/index.php#&panel1-1, besucht am 15. 09. 2012.

Werkzeuge und Workflows. Jedoch scheinen diese aktuell noch weit vom Ideal einer universell verwendbaren, simpel zu bedienenden Alltagstechnologie entfernt zu sein. Vielmehr bieten aktuelle Werkzeuge entweder hoch automatisierte Workflows für sehr spezielle Anwendungsfälle oder erfordern viel Anpassungsarbeit erfahrener IT-Operatoren.

Rasche Übernahme neuer Technologien

Speziell im Bereich 3D-Modellierung und Visualisierung gab es in den letzten Jahren eine Fülle technologischer Neuerungen, die tendenziell rasch in Projekte im Bereich historischer 3D-Modellierung Eingang finden. In den untersuchten Publikationen wird eine Vielzahl an Technologien beschrieben, die im Kontext geschichtswissenschaftlicher Modellierung genutzt werden. Dazu gehört auch eine Adaption von originär für andere Anwendungskontexte entwickelten Technologien wie beispielsweise die medizinische Computertomographie (Granero, Díaz et al. 2009) zur Datenerfassung oder CAVE-ähnliche Umgebungen für die Visualisierung geschichtswissenschaftlicher Sachverhalte. Auch technologische Trends wie Smartphones oder Web 2.0 werden ebenso wie aktuelle sozio-technologische Trends wie Crowdsourcing oder Mobile Computing zumeist zeitnah sowohl in den Publikationen als auch in den darin beschriebenen Projekten thematisiert und eingesetzt.[194]

Standardisierung und Nachhaltigkeit?

Häufig werden in den Publikationen auch Aspekte von Standardisierung und Nachhaltigkeit wie beispielsweise Qualitätsstandards, Kompatibilität oder Metadaten aufgegriffen. Die Publikationen stellen eine Vielzahl prototypischer Workflows, Richtlinien und Strategien für die Erstellung von 3D-Modellen vor. Zu diesen gehört beispielsweise die ursprünglich 2006 verabschiedete Londoner Charta (Beacham, Denard et al. 2006; Kommentar: Denard 2012), die 2010 zur Sevilla Charta (Sociedad Española de Arqueología Virtual 2010) erweitert wurde und eine Reihe von Leitlinien zur Erstellung virtueller 3D-Modelle enthält. Obwohl gerade die Londoner Charta in Darstellungen zum Forschungsgebiet als einer der maßgeblichen Qualitätsstandards benannt wird (bspw. Arnold und Geser 2008, S. 123 ff.; Bentkowska-

[194] Beispielhaft für ein Crowdsourcing geschichts- (wissenschafts) bezogener Modellierung soll auf das *Castle Construction Kit* verwiesen werden: GERTH, B., BERNDT, R., HAVEMANN, S. und FELLNER, D. W.: 3D Modeling for Non-Expert Users with the Castle Construction Kit v0.5, in: MUDGE, M., RYAN, N. & SCOPIGNO, R. (Hrsg.): 6th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Cultural Heritage (VAST 2005), Pisa 2005, S. 49-57; HAVEMANN, S. und WAGENER, O.: Castles and their Landscape. A case study towards parametric historic reconstruction, in: HOPPE, S., BREITLING, S. & FITZNER, S. (Hrsg.): Virtual Palaces II: Lost Palaces and Their Afterlife. Virtual Reconstruction Between Science and Media. Proceedings of the European Science Foundation Research Networking Programme PALATIUM meeting at Munich, 13.- 15. 4. 2012, Im Druck. Als theoretisches Konzept für eine partizipative geschichtswissenschaftliche Datenbank: LABRADOR, A. M. und CHILTON, E. S.: Re-locating Meaning in Heritage Archives. A Call for Participatory Heritage Databases 37th Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology Conference, 22.- 26. 3. 2009, Williamsburg 2009.

Kafel, Denard et al. 2012), wurden deren Konventionen und Richtlinien bisher nur in einigen prototypischen Projekten konsequent umgesetzt (Niccolucci, Beacham et al. 2010). Ein ähnliches Phänomen eingeschränkter Praxisumsetzung lässt sich bei Vorhaben zur Vorgabe technischer Standards und Formate für eine 3D-Modellierung beobachten, die beispielsweise das Minerva-Projekt bietet (Fernie, Francesco et al. 2008, insbes. S. 44 f.). Darüber hinaus finden sich in den Publikationen eine ganze Reihe von Leitlinien für die Abläufe von Digitalisierungsvorhaben (Dunn, Gold et al. 2007; Arnold und Geser 2008; Bruno, Bruno et al. 2010) sowie Konventionen für eine Präsentation und Visualisierung geschichtswissenschaftlicher 3D-Modelle (Frischer und Stinson 2007; hierzu auch: Münster 2011a), deren Anwendung jedoch zumeist auf einzelne Projektvorhaben beschränkt bleibt.

Während Metadaten als genereller Standard zur Ergebnisdokumentation im akademischen Diskurs als weitgehend akzeptiert scheinen, werden hinsichtlich einer Verwendung eine Vielzahl unterschiedlicher Schemata propagiert (Fernie, Gavrilis et al. 2010). Auch wenn mit CIDOC-CRM einer dieser Standards im untersuchten Fachgebiet eine gewisse Verbreitung erzielen konnte (Niccolucci und D'Andrea 2006; Niccolucci, Beacham et al. 2010; Niccolucci 2012, S. 25; Hoppe und Schelbert 2012), ist ein einheitlicher Standard aktuell nicht absehbar.[195] Während eine derartige Dokumentation der Projektergebnisse in den untersuchten Publikationen häufig thematisiert wird, finden Ansätze zur Dokumentation eines Erstellungsprozesses geschichtswissenschaftlicher 3D-Rekonstruktionen – wie in den Abschnitten 4.5 und 5.3.5 noch thematisiert wird – kaum Berücksichtigung.

Präsentation und Publikation

Ein weiteres prominentes Thema der untersuchten Publikationen ist die Präsentation der erstellten 3D-Modelle. Häufig und kontrovers diskutiert werden dabei die in Absatz 3.2.3.3 theoretisch behandelten und in Abschnitt 5.3.4 anhand empirischer Befunde thematisierten Aspekte einer kontextabhängigen Verwendung fotorealistischer sowie schematischer Darstellungsmethoden.

Wie in Abschnitt 3.2.3.3 angeführt, wird in einzelnen Vorhaben neben zumeist statischen Objektdarstellungen seit einiger Zeit die Visualisierung komplexer und lebendiger Eindrücke historischen Lebens angestrebt. Dies umfasst einerseits die Rekonstruktion und Darstellung historischer Alltagsszenen, wie dies in den Publikationen beispielsweise für das historische Angkor Vat (Feneley, Chandler et al. 2008; Chandler, Im Druck), das antike Pompeij (Maim, Haegler et al. 2007) oder ein römisches Amphitheater (de Heras Ciechomski, Ulicny et al. 2004; de Heras Ciechomski, Schertenleib et al. 2005) ausgeführt wird. Zum anderen umfasst

[195] Ein Kompendium aktueller Metadaten-Standards: BECKER, D. und RILEY, J. L.: Seeing Standards. A Visualization of the Metadata Universe, in: BÖRNER, K. & STAMPER, M. J. (Hrsg.): 7th Iteration: Science Maps as Visual Interfaces to Digital Libraries, Chapel Hill 2010. Eine diesbezüglich wesentliche Anmerkung stellt nicht zuletzt dar, das seine Bezugnahme auf CIDOC-CRM in den untersuchten Publikationen keine Rückschlüsse auf die Qualität und Intensität einer Implementierung in der Projektpraxis zulässt.

dies die interaktive Vermittlung von historischen Ereignissen und Lebenssituationen, die in den Publikationen beispielsweise anhand als virtueller Zuschauer erfahrbarer antiker olympischer Spiele (Gaitatzes, Christopoulos et al. 2004) oder am Beispiel der Kultur vorzeitlicher Stämme (Ancona, Mascardi et al. 2010) ausgeführt wurde.

Für eine Präsentation der Inhalte werden zunehmend interaktive Web-Präsentationsumgebungen wie beispielsweise Google Earth (Erving, Rönnholm et al. 2009; Remondino, El-Hakim et al. 2009) genutzt. Dabei spiegelt eine Publikationslandschaft mit einem gewissen zeitlichen Versatz auch technologische Hypes wie beispielsweise die temporäre Prominenz von virtuellen Welten wie Second Life (bspw. Salmon, Nie et al. 2010; Camara, Murteira et al., Im Druck) wider. Nicht zuletzt zeichnen sich als aktuelle Trends die Präsentation geschichtswissenschaftlicher 3D-Modelle im Kontext von *Augmented-Reality*-Anwendungen[196] sowie eine (Re-)Materialisierung von virtuellen 3D-Modellen mittels *Rapid-Prototyping*-Verfahren ab (Grellert und Haas, Im Druck).

Zusammenfassung

Die im Rahmen dieses Abschnitts vorgestellten Trends und Diskurse werfen lediglich ein Schlaglicht auf im Rahmen der Untersuchung evident zu Tage getretene Themen und können damit keinesfalls in Konkurrenz zu den in Abschnitt 2.3.2 beschriebenen elaborierten und umfassenden Statusberichten wie beispielsweise der im Rahmen des EPOCH-Projektes insbesondere zwischen 2003 und 2006 entwickelten Forschungsagenda treten (Arnold und Geser 2008, S. 21 f.). Gerade mit Blick auf die im Rahmen des EPOCH-Projektes identifizierten Forschungsschwerpunkte ist bemerkenswert, dass sich eine ganze Reihe der darin identifizierten Problemfelder – wie beispielsweise die Überführung von 3D-Technologien in ein Alltagsrepertoire von Geschichtswissenschaftlern oder die Dokumentation von 3D-Objekten (Arnold und Geser 2008, S. 46 ff. und S. 76 ff.) – in den im Rahmen dieser Arbeit identifizierten Diskursschwerpunkten wiederfinden.

[196] Erste prototypische Ansätze gingen dabei von Desktop- oder Laptop-Systemen aus: VLAHAKIS, V., PLIAKAS, T., DEMIRIS, A. und IOANNIDIS, N.: Design and Application of an Augmented Reality System for continuous, context-sensitive guided tours of indoor and outdoor cultural sites and museums, in: ARNOLD, D., CHALMERS, A. & NICCOLUCCI, F. (Hrsg.): 4th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Cultural Heritage (VAST 2003), Brighton 2003, S. 155-164. Aktuell finden vor allem Smartphones als technische Basis Verwendung. Einen interessanten Ansatz stellt dabei die Einblendung historischer Modelle im Kamerabild dar. Ausgeführt bspw. in: ZÖLLNER, M., BECKER, M. und KEIL, J.: Snapshot Augmented Reality - Augmented Photography, in: ARTUSI, A., JOLY-PARVEX, M., LUCET, G., RIBES, A. & PITZALIS, D. (Hrsg.): 11th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Cultural Heritage (VAST 2010), Paris 2010, S. 53-56. Ebenfalls ausgeführt in: GONGLI, L., JIN, S. und HUILIAN, C.: A mobile Application for Virtual Heritage and UGC Public Sharing, in: ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences XL-5/W2, 2013, XXIV International CIPA Symposium, 2.- 6. 9. 2013, Strasbourg (2013), S. 187-190, und: PRECHTEL, N., MÜNSTER, S., KRÖBER, C., SCHUBERT, C. und SEBASTIAN, S.: Presenting Cultural heritage Landscapes - From GIS via 3D Models to Interactive Presentation Frameworks, in: ebd., S. 253-258.

Während einige infrastrukturelle und organisationale Zielsetzungen wie beispielsweise eine nachhaltige Datenhaltung oder die Entwicklung von geeigneten interdisziplinären Schulungskonzepten bis zum heutigen Tag akut und ungelöst scheinen (Arnold und Geser 2008, S. 117 ff. und S. 180 ff.), sind mit Blick auf den rasanten technologischen Fortschritt beispielsweise bei der Entwicklung von mobilen Endgeräten eine ganze Reihe der im EPOCH-Bericht ausgeführten technologischen Forschungs- und Entwicklungsziele (bspw. Arnold und Geser 2008, S. 115 ff.) obsolet geworden, während gleichzeitig durch die Technologien des *Rapid Prototyping* neue, zum Zeitpunkt der Erstellung der Forschungsagenda noch nicht absehbare Möglichkeiten sowie Herausforderungen entstanden.

Nicht zuletzt ist die dieser Untersuchung zugrunde liegende Datenbasis zum Zeitpunkt der Fertigstellung dieser Arbeit bereits einige Jahre alt und lässt damit im Jahr 2013 aktuelle Diskurse beispielsweise zu einer Bereitstellung und Nutzung frei verfügbarer Forschungsdaten (Ioannides, Hadjiprocopis et al. 2013; Kansa 2013) unbeachtet.

4.4 Zusammenfassung

Zusammenfassend lässt sich für diesen Untersuchungsschritt zunächst festhalten, dass ein internationaler Diskurs zum Fachgebiet insbesondere durch Problemstellungen aus den Bereichen der Archäologie und des *Cultural Heritage* geprägt wird, während der Diskurs zu spezifisch geisteswissenschaftlichen Aspekten der 3D-Rekonstruktion zumindest zum jetzigen Zeitpunkt vermutlich vor allem auf nationaler Ebene stattfindet. Wie bereits in der methodischen Betrachtung in Abschnitt 4.2 dargelegt, lassen sich 3D-Rekonstruktion und 3D-Digitalisierung in diesem Untersuchungsteil nur schwer voneinander trennen, so dass übergreifend 3D-Modellierungen beleuchtet wurden.

Die untersuchten Konferenzbeiträge bilden ein breites Spektrum an Themenstellungen ab, das jedoch nur bei etwa 60 % der Publikationen einen unmittelbaren Bezug zur 3D-Modellierung erkennen lässt (Vgl. Abs. 4.3.1.1). Dabei werden in den diesbezüglich relevanten Publikationen neben einzelnen Projektvorhaben vor allem technische Aspekte wie Datenhaltung, Modellierung oder Präsentation von 3D-Modellen thematisiert.

Mit Blick auf die in diesen Publikationen thematisierten Projekte beschäftigen sich 75 % der beschriebenen Vorhaben mit einer vornehmlich semi-automatischen Digitalisierung noch existierender Inhalte anhand von Daten. Wie in Absatz 4.3.1.2 dargelegt, wurden dafür primär Methoden des Laserscannings sowie photogrammetrische Verfahren zur Geometrieerstellung anhand fotografischer Bilder genutzt. Nur 25 % der Projektdarstellungen rücken die virtuelle 3D-Rekonstruktion in den Mittelpunkt. Ein Großteil dieser Rekonstruktionen erfolgte anhand historischer Quellen sowie mittels manueller virtueller Modellierungsmethoden.

In Absatz 4.3.1.3 wurde ausgeführt, dass in erster Linie architektonische Strukturen und Bauwerke Gegenstand der Nachbildung sind, zudem werden mitunter Kunstwerke digitalisiert. Die nachgebildeten Objekte stammen vor allem aus dem Mittelmeerraum und

datieren zumeist aus der Zeit nach Christi Geburt, wobei Schwerpunkte insbesondere auf der römischen Kaiserzeit, dem Spätmittelalter sowie der Zeitgeschichte liegen.

Mit Blick auf eine in den Absätzen 4.3.2.1 und 4.3.2.2 betrachtete nationale und disziplinäre Verortung der Publikationsautoren ist bemerkenswert, dass konferenzübergreifend eine große Zahl der Autoren an italienischen Einrichtungen beschäftigt ist. Ebenso stammt eine große Zahl der Autoren aus Institutionen mit einem Schwerpunkt im Bereich der Informatik. Dabei variiert die disziplinäre Zusammensetzung der Autoren bei den einzelnen Konferenzen mitunter deutlich – ein Hinweis darauf, dass die untersuchten Konferenzen jeweils unterschiedliche disziplinäre Zielgruppen adressieren.

Die in Absatz 4.3.2.3 vorgenommene Untersuchung der Verteilungsfunktion zur Publikationshäufigkeit deutet auf eine im Vergleich zur gesamten Forschungslandschaft niedrige Publikationsproduktivität im Forschungsgebiet hin. Auch wenn die große Zahl potenzieller Fehlerquellen eine allenfalls vorsichtige Interpretation der Ergebnisse zulässt, liefern die Befunde ein Indiz für einen zurzeit noch geringen Etablierungsgrad sowie eine nur unscharfe Abgrenzung des Fachgebietes. Die letztgenannte Vermutung wird durch die Befunde der in Absatz 4.3.2.4 thematisierten Untersuchungen der disziplinären Herkunft der Publikationsautoren gestützt, nach der ein mit 30 % nur vergleichsweise geringer Anteil der Autoren aus Einrichtungen mit Schwerpunkten im Bereich *Humanities* oder *Digital Humanities* stammt. Ungeachtet des bereits ausgeführten Befundes, dass an Informatikeinrichtungen beschäftigte Personen den größten Anteil der Publikationsautoren stellen, scheint bemerkenswert, dass bei einer Betrachtung aller Publikationen ein überproportionaler Anteil der Artikel zu Rekonstruktionsprojekten von Autoren aus Institutionen im Bereich der Architektur verfasst wurde, während Publikationen zu Digitalisierungsvorhaben überdurchschnittlich oft aus den Ingenieurs- und Geowissenschaften stammen.

Mit Blick auf die Unterscheidung zwischen *Humanities* und *Digital Humanities* lässt der Befund aufmerken, dass die *Digital Humanities* hinsichtlich der Gesamtzahl der publikationsbeteiligten Autoren einen ähnlich hohen Anteil wie die *Humanities* erzielen. Auch wenn die Gesamtzahl der Publikationen und Publikationsbeteiligungen aus diesem Fachbereich noch etwas unter den Zahlen der *Humanities* liegen, scheint dieser Befund gerade mit Blick auf die in Abschnitt 2.3.2 getroffene Einschätzung einer zurzeit noch andauernden disziplinären Etablierung der *Digital Humanities* bemerkenswert. Darüber hinaus konnte ermittelt werden, dass gerade Autoren aus Institutionen der *Digital Humanities* vergleichsweise häufig interdisziplinäre Autorenkooperationen eingehen.

Mit Blick auf eine in Abschnitt 4.3.3 vorgestellte Struktur kooperativer Autorschaften lassen sich eine Reihe – im Kontext dieser Arbeit als *Multiplikatoren* bezeichnete – Akteure identifizieren, die strukturell als Bindeglied zwischen Autorengruppen beziehungsweise Autorennetzwerken fungieren und dabei Informationen zwischen den Gruppen transferieren und somit zu einem Austausch wissenschaftlichen Wissens beitragen können. Eine

Untersuchung betrachtete dabei sowohl einzelne Personen als auch Institutionen. Im Ergebnis sind sowohl Personen als auch Einrichtungen mit großem Publikationsoutput oder großer Strukturrelevanz zumeist in starkem Maße international sowie – bei Untersuchung einzelner Autorenkooperationen – zudem häufig interdisziplinär vernetzt. Untersuchungsmethodik und Datenbasis lassen jedoch keinen Nachweis zu, dass Akteure, die strukturell eine Schlüsselposition innerhalb der *Scientific Community* innehaben, auch in der Realität wichtige Bindeglieder des Informationsaustausches sind.

Die namentlich ermittelten Multiplikatoren spiegeln nach Ansicht von befragten Experten die *Scientific Community* der Digitalisierung relativ gut wider, lassen jedoch mutmaßlich wesentliche Akteure aus dem Bereich der 3D-Rekonstruktion vermissen. Eine weiterführende Untersuchung dieser Problematik anhand der Datenbasis dieser Untersuchung führte zu keinem Ergebnis. Zu vermuten bleibt, dass ein Austausch zur Rekonstruktion – ähnlich wie bereits zu Beginn dieses Abschnitts für geisteswissenschaftliche Disziplinen ausgeführt – nur in geringem Maße über die als international bedeutsam geltenden Plattformen stattfindet.

Mit Blick auf die in Abschnitt 4.3.4 thematisierte Betrachtung von Trends und Diskursen lässt sich zusammenfassen, dass neue Technologien und Trends zumeist rasch in prototypischen Anwendungen zur 3D-Modellierung geschichtswissenschaftlicher Sachverhalte und Objekte aufgegriffen werden. Jenseits derartiger prototypischer Anwendungen steht jedoch sowohl für 3D-Rekonstruktionen als auch für 3D-Digitalisierungen eine Überführung von 3D-Technologien ins Alltagsrepertoire geschichtswissenschaftlicher Disziplinen noch aus. Schon länger und häufig werden daneben Standards für Ergebnisqualität und Dokumentation thematisiert. Während diese Themen gerade in Betrachtungen zum Forschungsgebiet häufig auftauchen, findet eine praktische Anwendung über einzelne Prototypen hinaus deutlich seltener statt. Eine Ausnahme stellen Metadaten als Standard der Ergebnisdokumentation dar, die im akademischen Diskurs inzwischen weitgehend akzeptiert scheinen. Mit CIDOC-CRM konnte einer der Standards im untersuchten Fachgebiet eine gewisse Prominenz erzielen. Mit Blick auf die im Rahmen des EPOCH-Projektes (Vgl. Abschn. 1.3) entwickelte elaborierte und umfassende Forschungsagenda, spiegeln sich die darin benannten Forschungsschwerpunkte in den anhand der untersuchten Publikationen identifizierten Diskursschwerpunkten wider. Während eine Reihe der benannten technologischen Zielsetzungen der Forschungsagenda durch den rapiden technologischen Fortschritt gerade im Bereich mobiler Endgeräte inzwischen obsolet geworden sind, scheinen einige der insbesondere infrastrukturellen und organisationalen Themengebiete noch immer als Desiderate. Ein solches Gebiet stellt nicht zuletzt die – vor dem Hintergrund der Fragestellung dieser Arbeit – besonders interessierende Thematik interdisziplinärer Kooperation in den Geschichtswissenschaften dar.

Neben den bereits für die jeweiligen Untersuchungsaspekte aufgeführten Unsicherheiten und Grenzen weist der methodische Ansatz auch generell eine Reihe möglicher

Fehlerquellen auf (Vgl. auch Kap. 8). So ist mit Blick auf eine Datenauswahl keine vollständige Übersicht über das Forschungsgebiet gegeben, ebenso grenzt das Selektionskriterium, nur englischsprachige und online publizierte Artikel einzubeziehen, eine Vielzahl potenziell relevanter Publikationen in anderen Sprachen oder ohne derartige Zugriffsmöglichkeit aus. Auch wenn derartige Fehlerquellen durch einen Abgleich mit bereits publizierten Befunden und die Einbeziehung von Experten reduziert werden konnten, beinhaltet nicht zuletzt das gewählte qualitative Untersuchungsparadigma zur Kategorisierung die Gefahr subjektiver Entscheidungen bei Kategorienbildung und Zuordnung.

Mit Blick auf Ansatzpunkte zukünftiger Forschungspotenziale wäre eine weitergehende Validierung der Ergebnisse ebenso wünschenswert wie eine Untersuchung tatsächlicher Informationstransfers zwischen den in der Untersuchung ausschließlich unter struktureller Perspektive ermittelten *Multiplikatoren*. Ansatz einer derartigen Forschung könnte dabei vor allem eine Befragung der Akteure darstellen.

4.5 Anknüpfungspunkte für die Forschungsmethodik

Mit Blick auf das Untersuchungsinteresse an Interdisziplinärer Kooperation bei der Erstellung virtueller geschichtswissenschaftlicher 3D-Rekonstruktionen lässt sich zunächst feststellen, dass Rekonstruktionsprojekte innerhalb der untersuchten Publikationen nur eine kleine Kohorte umfassen, die sich thematisch beinahe ausschließlich mit der Rekonstruktion nicht mehr existierender Bauwerke beschäftigt. Bemerkenswert scheint mit Blick auf die in Absatz 4.3.2.4 durchgeführte Betrachtung, dass diese Publikationen in deutlich geringerem Maße als bei Digitalisierungsvorhaben von interdisziplinären und internationalen Autorenkooperationen verfasst werden. Dies lässt dreierlei Vermutungen zu: einen nur geringen Grad an interdisziplinären Kooperationen innerhalb derartiger Projekte, ein bei Vertretern einer Disziplin liegendes wissenschaftliches Primat oder einen nur geringen wissenschaftlichen Kommunikationswert derartiger Rekonstruktionsvorhaben. Diese Frage kann anhand des vorliegenden Datenbestandes nicht erschöpfend beantwortet werden und wird daher in Kapitel 5 aufgegriffen.

Die Untersuchung lässt keine Rückschlüsse von den ermittelten Strukturen auf tatsächliche Informationstransfers zu. Auch wenn mit Blick auf das Forschungsinteresse diesbezügliche Antworten eher exemplarisch als mit Blick auf die gesamte *Scientific Community* gesucht werden sollen, stellt die Frage nach Informationstransfers und Kommunikation ein wesentliches Erkenntnisinteresse der nächsten Untersuchungsschritte dar.

Ungeachtet des Betrachtungsgegenstandes werden Aspekte der Kooperation innerhalb des Erstellungsprozesses von 3D-Modellen in den Publikationen nur selten thematisiert. Dabei betonen Arnold und Geser (Arnold und Geser 2008) im Abschlussbericht des EPOCH-Projektes ebenso wie die bereits ausgeführte Londoner (Beacham, Denard et al. 2006) und Sevilla Charta (Virtual 2010) die unbedingte Notwendigkeit eines Primates der

Quellenqualität und ein damit verbundenes transparentes Modellerstellungsvorgehen sowie dessen Qualitätssicherung (Arnold und Geser 2008, S. 135).

Diese Aspekte sollen ebenso wie Fragen nach Verwendungskontexten und Qualitäten im Zuge der weiteren Untersuchung detailliert Beachtung finden. In einem nächsten Untersuchungsschritt in Kapitel 5 wird ein genauer Blick auf Projektberichte interpretativer Rekonstruktionsvorhaben geworfen, um Bandbreite und Abläufe derartiger Projekte aufzuzeigen sowie für einen Kooperationsprozess relevante Phänomene und Merkmale zu identifizieren. Im Anschluss bleibt in Kapitel 6 anhand von Fallstudien die Frage zu klären, inwieweit sich die angeführten Kooperationsstrukturen und -strategien ebenso wie die benannten Diskurse in der Projektpraxis widerspiegeln.

5 Qualitative Literaturanalyse[197]

5.1 Zielsetzung

Fragestellung für die qualitative Literaturanalyse

- Mit welchen Zielen werden historische Entitäten interpretativ dreidimensional, virtuell rekonstruiert?
- Was sind aktuelle wissenschaftliche Diskurse im Untersuchungsfeld?
- Wie sieht der Produktentwicklungsprozess aus?
- Wie sehen Zusammenarbeitsprozesse aus?

5.1.1 Anknüpfungspunkte

Zielstellung dieses Untersuchungsteils ist die Darstellung von Typen sowie von Abläufen von digitalen 3D-Rekonstruktionsprojekten. Eine wesentliche methodische Vorüberlegung besteht darin, dass die damit verbundene Kategorienbildung den forschungsleitenden Rahmen für die im nächsten Kapitel ausgeführte Untersuchung von Fallstudien bilden soll.

5.1.2 Untersuchungsbasis

Die Basis der Untersuchung bilden Konferenzberichte, Vorträge und Zeitschriftenartikel zur interpretativen Rekonstruktion nicht mehr existierender Entitäten. Die Ermittlung interessierender Projekte erfolgte anhand stichwortbasierter Suche und Empfehlungen sowie Verweisen von Gesprächspartnern. Zudem wurden drei der bereits im Zuge der bibliometrischen Analyse hinsichtlich ihrer Themenstellung untersuchten Konferenz-Publikationen aufgrund einer besonders ausführlichen Darstellung des Projektvorgehens (Guidi, Frischer et al. 2007; Arriaga and Lozano 2009; Chevrier, Maillard et al. 2009) in die weiterführende Analyse einbezogen.[198]

Das Selektionskriterium zur Auswahl relevanter Publikationen bestand in der darin erfolgenden umfassenden Darstellung von wissenschaftlichen Projekten und einem diesbezüglichen Arbeitsvorgehen, bei dem eine Modellierung mittels manuellen 3D-Rekonstruktionstechniken erfolgte und welches die Nachbildung nicht mehr existierender Entitäten zum Inhalt hatte. Eine Abgrenzung zu Digitalisierungsprojekten noch existierender Objekte erwies sich, wie bereits in Abschnitt 4.2 für die bibliometrische Analyse ausgeführt, nicht immer als einfach, da in vielen Projekten noch vorhandene und digitalisierbare Objektbestandteile wie beispielsweise Grundmauern mit zu rekonstruierenden nicht mehr

[197] Teile dieses Kapitels wurden publiziert in: MÜNSTER, S.: Entstehungs- und Verwendungskontexte von 3D-CAD-Modellen in den Geschichtswissenschaften in: MEISSNER, K. & ENGELIEN, M. (Hrsg.): Virtual Enterprises, Communities & Social Networks, Dresden 2011a, S. 99-108; MÜNSTER, S.: Militärgeschichte aus der digitalen Retorte - Computergenerierte 3D-Visualisierung als Filmtechnik, in: KÄSTNER, A. & MAZERATH, J. (Hrsg.): Mehr als Krieg und Leidenschaft. Die filmische Darstellung von Militär und Gesellschaft der Frühen Neuzeit (Militär und Gesellschaft in der frühen Neuzeit, 2011/2), Potsdam 2011c, S. 457-486.

[198] Vgl. auch Fußnote 159.

vorhandenen oder nie realisierten Objektbestandteilen kombiniert waren. Kriterium war in diesem Fall das am ausführlichsten beschriebene Vorgehen. Neben 20 Publikationen mit Schwerpunkt 3D-Rekonstruktion wurden kontrastierend drei Projektberichte von überwiegend datengeleitet ausgeführten 3D-Modellierungen noch existierender Objekte (Guidi, Frischer et al. 2007; Arriaga und Lozano 2009; Chevrier, Maillard et al. 2009) und drei Überblicksdarstellungen zur manuellen 3D-Rekonstruktion nicht mehr existenter Objekte ohne spezifischen Projektbezug (Favro 2006; Haselberger, Humphrey et al. 2006; Boschung und Nußbaum 2010) einbezogen. Die Autoren der untersuchten Publikationen waren von ihren fachlichen Hintergründen her zumeist Kunsthistoriker, Archäologen, Informatiker sowie Architekten, in einem Fall wurden die Geowissenschaften genannt.

5.2 Untersuchungsmethodik

Publikationen als Datenbasis finden in der sozialwissenschaftlichen Forschung zumeist im Rahmen einer quantitativ-statistischen Auswertung und weniger als Basis einer systematischen qualitativen Untersuchung Verwendung, was insbesondere mit den bei einer solchen Sekundärnutzung nicht ersichtlichen oder nicht standardisierten Datenentstehungskontexten zu erklären ist. Methodisch handelt es sich beim hier gewählten Forschungsansatz um ein *Review* (Bortz und Döring 2009, S. 672). Zur Strukturierung des Materials wurde zunächst ein Kategorienschema induktiv aus dem Material entwickelt. Als Methodik diente eine qualitative Inhaltsanalyse nach Mayring. Mit Blick auf die Anschlussfähigkeit der daraus resultierenden Ergebnisse für einen in Kapitel 6 folgenden Untersuchungsschritt einer *Grounded-Theory*-Analyse anhand von Fallstudien sieht Mayring hierbei sowohl hinsichtlich ihrer Logik als auch der verwendeten Techniken eine weitgehende Übereinstimmung zu Techniken des offenen Kodierens der *Grounded Theory* (Mayring 2008, S. 76) – eine ausführlichere Diskussion dieser Verknüpfung erfolgt im Kontext einer Diskussion der *Grounded Theory* in Abschnitt 6.2.4.1.

Qualitative Inhaltsanalyse nach Mayring

Generell entstammt die Methodik der Inhaltsanalyse ursprünglich dem Methodenkanon der quantitativen beziehungsweise quantifizierenden empirischen Sozialforschung (Mayring und Hurst 2005, S. 436). Analysegegenstand sind Texte, die sowohl hinsichtlich inhaltlicher als auch struktureller und formaler Aspekte untersucht werden können und insbesondere Angaben zu statistischen Signifikanzen wie beispielsweise einer Häufigkeit von bestimmten Termini oder Konstrukten ermöglichen. Mit Blick auf den in diesem Kapitel dargestellten Untersuchungsschritt bot sich der Ansatz der qualitativen Inhaltsanalyse insbesondere mit Blick auf die Möglichkeit an, ein Strukturierungsschema induktiv aus dem Untersuchungsmaterial heraus zu entwickeln.

Der diesbezüglich genutzte Ansatz einer qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring stellt in seiner Gesamtheit weniger ein statisches Auswertungsschema als vielmehr eine Reihe von Werkzeugen beziehungsweise Techniken zur inhaltsanalytischen Auswertung dar.

Wesentliche Grundlagen einer Untersuchung sind in der folgenden Übersicht zusammengefasst (Mayring und Hurst 2005, S. 438):

- *Einordnung in ein Kommunikationsmodell*: Wie bereits vor dem Hintergrund einer Betrachtung von Quellen ausgeführt (Vgl. Abschn. 2.3.3), lassen Texte und Textbestandteile Rückschlüsse auf einen Entstehungskontext sowie eine subjektive Motivation zu, welche für eine Einordnung in einer inhaltsanalytischen Untersuchung Relevanz besitzen.
- *Kategoriengeleitetheit*: Inhaltsanalysen streben keine vollständige Auswertung an, sondern fokussieren durch die Entwicklung eines Kategorienschemas auf ein Set relevanter Untersuchungsaspekte.
- *Regelgeleitetheit*: Eine Untersuchung erfolgt anhand einer festzulegenden und einzuhaltenden Methodik, die beispielsweise Analyseeinheiten wie Abschnitte, Sätze oder Wörter festlegt.

Hinsichtlich eines Ablaufs unterscheidet Mayring zwischen zwei Vorgehensweisen: der induktiven und der deduktiven Kategorienbildung (Mayring 2008, S. 75 f.):

1. *Induktive Kategorienbildung:* Leitet Kategorien direkt aus dem Material ab.
2. *Deduktive Kategorienbildung:* Kategorien werden i. S. einer Operationalisierung aus (theoretischen) Voruntersuchungen entwickelt, beispielsweise anhand der Ergebnisse einer induktiven Kategorienbildung

Für die hier durchgeführte Untersuchung ist insbesondere eine induktive Entwicklung von Kategorien von Interesse (Abbildung 32). Art, Umfang und Kontexte der in diesen Untersuchungsschritt einbezogenen Publikationen wurden bereits zu Beginn des Kapitels ausgeführt. Analyseeinheit stellten dabei einzelne, thematisch abgrenzbare Textabschnitte dar (Mayring 2008, S. 53). Insofern dies das Material zuließ, wurden Typisierungen nominal sowie Daten wie Personenzahl, Dauer oder Zeitpunkten ordinal erfasst.

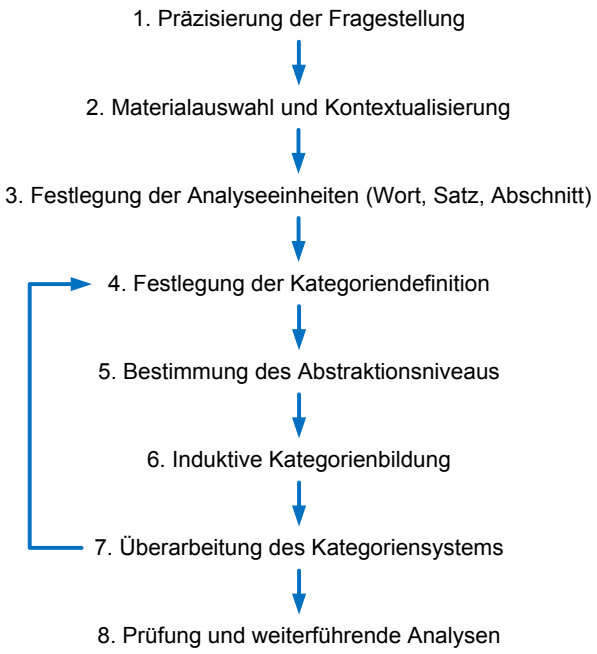


Abbildung 32 – Ablaufmodell induktiver qualitativer Inhaltsanalyse[199]

5.3 Ergebnisse

5.3.1 Rekonstruktionsprojekte

Im Untersuchungssample wird auf insgesamt 24 Projekte verwiesen, wobei gleiche Projekte mitunter von unterschiedlichen Publikationen aufgegriffen wurden. Die in den Publikationen genannten Projekte wurden vor allem in den USA, Deutschland sowie Großbritannien realisiert. Die vorgestellten Projekte entstammten allesamt einem akademischen Kontext und wurden bis auf eine in Abschnitt 5.3.5 noch ausgeführte Ausnahme durch akademische Institutionen realisiert. Dies überrascht insbesondere vor dem Hintergrund, dass inzwischen eine ganze Reihe von spezialisierten Dienstleistungsunternehmen die Realisierung von Auftragsarbeiten für Museen, Fernsehen, aber auch Computerspiele (Lenhard 2010) anbietet. Etwa die Hälfte der Publikationen enthielt Angaben zu Bearbeitungszeiträumen. Die untersuchten Projekte wurden zwischen 1989 und 2010 realisiert, wobei es sich häufig um mehrjährige Projekte handelte.

[199] MAYRING, P. und HURST, A.: Qualitative Inhaltsanalyse, in: MIKOS, L. & WEGENER, C. (Hrsg.): Qualitative Medienforschung. Ein Handbuch., Konstanz 2005, S. 436-444, S. 440.

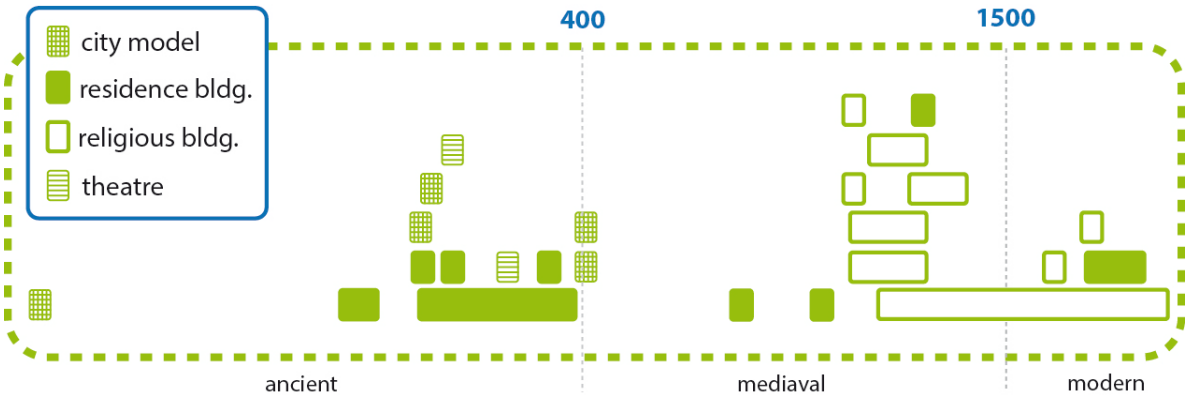


Abbildung 33 – Zeitstrahl: Projektinhalte und dargestellte Zeiten

Bei den in den Berichten dargestellten Projekten handelte es sich ausschließlich um Rekonstruktionsvorhaben architektonischer Strukturen wie Sakralbauten, Herrschaftsbauten, Theater oder Stadtmodelle (Abbildung 33), was nicht zuletzt mit dem bereits in Absatz 4.3.1.3 dargelegten Befund der bibliometrischen Analyse im Einklang steht, dass vor allem Bauwerke im Fokus von 3D-Rekonstruktionsvorhaben stehen. Diese datieren in den hier untersuchten Publikationen zumeist in Antike und Mittelalter, in nur vier Projekten wurde ein neuzeitlicher Bauzustand rekonstruiert. Die inhaltsgebenden Disziplinen waren in der Mehrheit der Fälle Archäologie und Kunstgeschichte.

5.3.2 3D-Modellerstellung[200]

Quellen	Historische Quellen
	Zeitgenössische Quellen
	Logische „Quellen“
Modellierung	Manuelle Modellierung
	Prozedurale Modellierung
	Semi-Automatische Modellierung
Qualität	Richtlinien
	Umgang
	Kontrolle

Tabelle 22 – Kategorienschema: 3D-Modellerstellung

Mit Blick auf eine 3D-Modellerstellung wurden in den untersuchten Publikationen insbesondere Quellensituation und Modellierungsvorgehen thematisiert (Tabelle 22). Nur vereinzelt wurden daneben Aspekte des Qualitätsmanagements (Vgl. Abs. 3.3.4.1) beleuchtet.

Quellen

Bemerkenswert ist, dass in allen untersuchten Projekten die Zielsetzung einer quellengetreuen Rekonstruktion bestand. Quellen besaßen somit in allen Projekten als

[200] Zu Teilen veröffentlicht in: MÜNSTER, S., JAHN, P.-H. und WACKER, M.: Die Bedeutung von Bildern für die interpretative digitale 3D Rekonstruktion historischer Bauwerke, in: AMMON, S. & HINTERWALDNER, I. (Hrsg.): Bildlichkeit im Zeitalter der Modellierung, Im Druck-a.

Grundlage der Rekonstruktion entscheidende Bedeutung. Neben historischen Bildquellen waren vor allem zeitgenössische Bilder und Daten als Primärquellen Grundlage des Rekonstruktionsprozesses, wobei diese beispielsweise überlieferte Gebäudefragmente wie Grundmauern oder ein Straßenraster beschrieben. Ebenso fanden zahlreiche Sekundärquellen wie Grabungspläne oder bereits existierende geschichtswissenschaftliche Rekonstruktionen Eingang. Neben derartigen physischen Quellen wurden insbesondere bei Lücken und Unklarheiten im Quellenmaterial logische Überlegungen zur Interpolation beziehungsweise Extrapolation des Quellenmaterials einbezogen. Solche „logischen" Quellen fußen beispielsweise auf Architektursystemen und Vergleichsobjekten, aber auch auf modelllogischen Aspekten wie beispielsweise bautechnischen und -physikalischen, insbesondere statischen Gesetzmäßigkeiten, zeittypischen Erschließungssystemen und gebäudetypologischen Konstanten (näher ausgeführt in: Münster, Jahn et al., Im Druck).

Modellierung

Eine Modellierung erfolgte bei einem überwiegenden Teil der untersuchten Projekte mittels manueller Modellierungsverfahren. Dabei kam sowohl CAD- als auch Animations- beziehungsweise VR-Software zum Einsatz (vgl. Abschn. 2.5.2), in einem Fall wurde ein *Geoinformationssystem* (GIS) als Modellerstellungswerkzeug genutzt. Grundsätzlich beinhaltete das beschriebene Arbeitsvorgehen aus technischer Perspektive die bereits ausgeführten Schritte einer Visualisierungserstellung (vgl. Abschn. 3.4.2), jedoch wurden genaue Paradigmen und Abfolgen von einem Gros der Publikationen nicht thematisiert (demgegenüber bspw.: Grellert 2004). In zwei Projekten wurden noch existierende Teile des Objektes mittels Laserscans erfasst und in eine Rekonstruktion integriert (Guidi, Frischer et al. 2007; Styliadis, Akbaylar et al. 2009). Wie bereits im vorherigen Kapitel in Abschnitt 4.3.1 ausgeführt, erfolgte die Modellerstellung in diesem Fall mittels Algorithmen weitgehend automatisiert. In einem weiteren Fall wurde ein Architektursystem in ein Regelsystem überführt und somit eine idealtypische Konstruktion (Chevrier, Maillard et al. 2009) anhand von Parametern ermöglicht.

Qualität

Richtlinien

In vergleichsweise geringem Umfang wurden in den untersuchten Publikationen einem Vorgehen zugrunde liegende Leit- und Richtlinien thematisiert. Mit Blick auf Prozessqualitäten umfassten die beschriebenen Grundsätze den Anspruch transparenter Prozessabläufe, die Dokumentation von Geneseprozessen ebenso wie die Einhaltung wissenschaftlicher und architektonischer Akkuratesse (Favro 2006). Während für eine Ergebnisqualität digitalisierter, noch existierender Strukturen Genauigkeiten beziehungsweise zu erreichende Standardabweichungen im Fall einer vorrangig digitalisierenden Modellerstellung numerisch angegeben wurden (Arriaga und Lozano 2009), blieben Vorgaben zu Qualitäten bei manuellen 3D-Rekonstruktionen zumeist sehr vage.

Diesbezügliche Vorgaben stellten die Zielsetzung eines „Massenmodells“, als grobe Nachbildung der Gebäudekubatur und Raumordnung (Wulf und Riedel 2006), sowie die Zielsetzung einer Umsetzung charakteristischer und für eine Wiedererkennbarkeit relevanter Elemente dar, was in den untersuchten Publikationen jedoch nicht weiter ausgeführt wurde.[201]

Interpolation unsicheren Wissens

Der Umgang mit unsicherem Wissen wird in sieben der untersuchten Publikationen thematisiert. Dabei wird insbesondere im Bereich historischer Stadtmodellierung auf den geringen Anteil „sicheren“ Wissens und den großen Anteil von Analogieschlüssen als logische „Quellen“ im Modell verwiesen (Favro 2006; Heinzelmann 2010). Übereinstimmend bemerkten die Publikationen, dass ohne derartige Interpolationen und Analogieschlüsse keine kohärente historische Rekonstruktion möglich ist. Diesbezügliche Ansätze stellten in den Publikationen eine Füllung von Lücken mit schematisierten Mustern (Förtsch 2010), die Darstellung einer einzelnen Rekonstruktionshypothese oder die Integration mehrerer Rekonstruktionsalternativen (Heinzelmann 2010) in ein 3D-Modell dar.

Kontrolle

Der Aspekt der Kontrolle von Qualität wird nur in zwei Publikationen thematisiert. Für die Qualitätssicherung wurden in beiden Fällen externe Komitees (Frischer, Abernathy et al. 2006; Heinzelmann 2010) eingesetzt, welche die erstellten Rekonstruktionen inhaltlich prüften. Zudem erfolgte in einer der Darstellungen die Qualitätskontrolle durch eine mit Projektbeteiligten besetzte Redaktion (Heinzelmann 2010).

5.3.3 Verwendungskontexte

Ausgabe	Interaktive Anwendungen
	Bilder und Animationen
	Museumsinstallationen
Einsatzzweck	Lehre und Veranschaulichung
	Forschung
	Dokumentation

Tabelle 23 – Kategorienschema: Verwendungskontexte

Häufig thematisiert wurden in den untersuchten Publikationen die Verwendungskontexte der erstellten 3D-Rekonstruktionen (Tabelle 23), was Aspekte einer visuellen Ausgabe ebenso wie die eines intendierten Einsatz- und Verwendungszwecks umfasst.

[201] Ausführlich thematisiert den Aspekt der Wiedererkennbarkeit von architektonischen Strukturen im 3D-Modell eine vom Autor betreute Diplomarbeit: WELLER, H.: Generalisierte 3D-Gebäuderepräsentation im Spannungsfeld von Primärinformation, Modellierungsaufwand und Wiedererkennbarkeit am Beispiel eines 3D-Stadtmodells von Dresden um 1940 (Diplomarbeit), Dresden 2013.

Ausgabe

In allen Fällen erfolgte eine visuelle Ausgabe beziehungsweise Abbildung des erstellten Models. Als Formate überwiegen dabei Bilder und Animationen, in einem Fall wurden diese visuellen Formate durch Ton zu audiovisuellen Medien angereichert (Favro 2006). In vielen Fällen erfolgte eine Präsentation der visuellen Ausgaben im Rahmen von Ausstellungen. Als häufigste Zielstellung wurde benannt, Architektur für Betrachter erfahrbar zu machen. Ein in einer ganzen Reihe von Publikationen thematisiertes Ziel war außerdem, Betrachtern einen Eindruck von räumlichen Dimensionen, beispielsweise historischer Gebäudearrangements in Relation zu heutigen Stadtlandschaften (Heinzelmann 2010), oder Größenverhältnissen (Favro 2006) zu vermitteln. Die Präsentation der Visualisierungsergebnisse erfolgte zumeist losgelöst vom eigentlichen Objektstandort, eine Besonderheit stellte in zwei Projekten die maßstäbliche *1:1-Projektion* der Rekonstruktion am tatsächlichen Standort dar (Haselberger, Humphrey et al. 2006; Arriaga und Lozano 2009). Vier der Projekte hatten die Erstellung interaktiver Anwendungen zum Ziel. Für diese wurden entweder eigene Visualisierungsumgebungen beziehungsweise Frameworks entwickelt (Heinzelmann 2010; Frischer, Abernathy et al. 2006; Styliadis, Akbaylar et al. 2009), beziehungsweise in einem Fall Google Earth als bereits existierende Visualisierungsumgebung genutzt (Förtsch 2010).

Verwendungskontext

In den Publikationen nimmt die Diskussion von Verwendungskontexten des digitalen Modells breiten Raum ein. In den meisten Fällen werden mehrere Funktionen wahrgenommen, wobei sich Funktionen und Zielstellungen im Laufe des Bearbeitungsprozesses ändern können. Bemerkenswert scheint, dass eines der untersuchten Projekte zunächst ohne definiertes Verwendungsziel gestartet wurde (Heinzelmann 2010).

Lehre und Veranschaulichung

Hinsichtlich ihrer Aufgabe werden 3D-Modelle in vielen Publikationen als Substitut für klassische, analoge Modellierungsverfahren betrachtet. Eine Hauptaufgabe der 3D-Rekonstruktionen liegt dabei in der Vermittlung und Veranschaulichung von Inhalten. Häufig werden Visualisierungsaufgaben wie die Darstellung von Blickbeziehungen, Raumeindrücken sowie Größenverhältnissen thematisiert. Als Zielgruppe werden in der Mehrzahl der Publikationen gleichermaßen Studierende der jeweiligen Fachdisziplin genannt sowie darüber hinaus in Ausstellungskontexten ein weites Publikum angesprochen.

Forschung

Hinsichtlich eines Forschungsbeitrags der 3D-Modellierung wird in vielen Publikationen betont, dass im Laufe einer 3D-Rekonstruktion eine intensive Auseinandersetzung mit Quellen und Theorien stattfindet. Die Zusammenführung von Quellinformationen, Analogieschlüsse sowie Modelllogik soll der Wissensgenese sowie der Verifikation

beziehungsweise Falsifikation existierender Theorien dienen.[202] Nicht zuletzt wird in diesem Zusammenhang auf die einfache Editierbarkeit virtueller Modelle sowie die Möglichkeit zur Integration und Prüfung von Gestaltungsalternativen für einen wissenschaftlichen Diskurs verwiesen.

Dokumentation

In einigen Fällen werden 3D-Modelle als Teil eines Informationsspeichers angesehen. Dabei dient das 3D-Modell zum einen als dreidimensionaler Lageplan zur Strukturierung und räumlichen Verankerung von weiteren Informationen und Quellen wie beispielsweise Grabungsbefunden (Wulf und Riedel 2006). Nutzung und Einsatz solcher Systeme erfolgen neben der in dieser Publikation thematisierten Verwendung zur Archivierung von archäologischen Befunden vor allem im Rahmen des *Digital Heritage Managements* (Fregonese und Taffurelli 2009). In einer weiteren Funktion dient das 3D-Modell der Archivierung eines aktuellen Zustandes existierender Objekte. Dies steht häufig in Verbindung mit 3D-Erfassungstechniken wie Laserscans, die im Gegensatz zur CAD-Modellierung hoch korrespondierend mit dem Original sind (Guidi, Frischer et al. 2007).

5.3.4 Ergebnisqualitäten

Design	Realismus
	Dynamik
Interaktion	Interaktionsgestaltung
Informationsintegration	Metadaten
	Hypertext
	Kodierung im Bild

Tabelle 24 – Kategorienschema: Ergebnisqualitäten

Eng mit den im vorherigen Abschnitt vorgestellten Verwendungskontexten sind die in diesem Abschnitt vorgestellten Ergebnisqualitäten verbunden (Tabelle 24). Diesbezüglich in den untersuchten Publikationen thematisierte Aspekte umfassten eine visuelle Gestaltung und ein Interaktionsdesign ebenso wie die Integration und Darstellung von Quellinformationen.

Informationsintegration

Zentrale Bedeutung wird von vielen Publikationsautoren der Kenntlichmachung und Abgrenzung der zugrunde liegenden Quellinformationen und deren Qualitäten beigemessen. Ansätze zur wissenschaftlichen Anschlussfähigkeit bieten sich sowohl hinsichtlich einer geeigneten Kennzeichnung von Quelldaten als auch der Kompatibilität der Modelldaten. Zur Hinterlegung von Informationen im Modell werden sowohl Metadaten als auch Taxonomien in einer Vielzahl der beschriebenen Projekte thematisiert und eingesetzt. Art und Umfang dieser Angaben präsentieren sich in den Publikationen als wenig standardisiert, wenngleich

[202] Weiterführend in: POTIER, S., MALTRET, J. L. und ZOLLER, J.: Computer graphics. assistance for archaelogical hypotheses, in: Automation in Construction 9 (2000), S. 117-128.

eine ganze Reihe von Forschungsarbeiten generische Ansätze zu Erstellung (Styliadis, Akbaylar et al. 2009), Integration (Baldissini, Manferdini et al. 2009) und Struktur (Ogleby 2007; Apollonio, Gaiani et al. 2013) insbesondere von Taxonomien präsentieren. Eine Nachnutzbarkeit der Modelle für einen wissenschaftlichen Diskurs wird sowohl im Rahmen einer projektübergreifenden Leitlinienentwicklung (Fernie, Francesco et al. 2008) als auch in vielen der betrachteten Publikationen als wesentlich dargestellt. Gleichsam wird nur für ein Projekt die wissenschaftliche Aufarbeitung und Untersuchung eines existierenden (physischen) 3D-Modells dokumentiert (Guidi, Frischer et al. 2007). Möglichkeiten zur Einbindung von Quellinformationen beziehungsweise die Darstellung von Metadaten in der Visualisierung werden für eine Reihe interaktiver oder dynamischer Visualisierungen thematisiert, wobei eine Diskussion insbesondere zur gestalterischen Einbindung ohne störenden Einfluss auf eine 3D-Darstellung geführt wird (Hoppe und Scheer 1999). Einen ähnlichen Aspekt greift die aktuelle Kontroverse über Notwendigkeit und Möglichkeiten der Darstellung unterschiedlicher Gütegrade der Quellinformationen in der Visualisierung i. S. einer Kodierung im Bild auf. Dabei prallen die Forderung nach einem kohärenten Gesamtbild und die ausschließliche Darstellung von sicherem oder wahrscheinlichem Wissen aufeinander (hierzu bspw.: Packer 2006, S. 319; Styliadis, Akbaylar et al. 2009, Abschn. 4.2.4).

Design

Ein in einem Großteil der untersuchten Publikationen thematisierter Aspekt war die Gestaltung beziehungsweise das Design der visuellen Ausgabe. Ein wesentlicher Diskurs entzündete sich an der Frage nach einer fotorealistischen beziehungsweise nicht fotorealistischen Darstellung, was einerseits visuelle Berechnungs- beziehungsweise Renderqualitäten (vgl. Abschn. 3.4.2), andererseits die Einbeziehung von Elementen wie Texturen, Beleuchtung u. Ä. einschloss. Daran schließt sich der Diskurs zur Frage an, ob abstrahierende beziehungsweise schematische Darstellungen (vgl. Abs. 3.2.3.3) eine fachwissenschaftliche Beurteilung unterstützen, während realistische Anmutungen eine Rezipierbarkeit durch Laien tendenziell erhöhen (u. a. ausgeführt in Roussou und Drettakis 2003, Favro 2006, S. 329; Münster, Jahn et al., Im Druck).

Hinsichtlich der Darstellung fokussierten alle untersuchten Projekte auf eine Rekonstruktion statischer, baulicher Strukturen. Auch wenn in einigen der Projekte eine Betrachtungsperspektive im Sinne eines virtuellen Rundgangs durch den Betrachter interaktiv verändert werden konnte, blieben die dargestellten Objekte zumeist unverändert. Lediglich in einem der Projekte wurde eine Szenerie durch veränderliche Elemente wie Jahreszeiten oder „Alltagsleben“ angereichert, um einen Eindruck vom historischen Kontext zu vermitteln (Favro 2006). Daneben wurden in einigen Projekten im Sinne einer abstrahierenden Darstellung (vgl. Abs. 3.2.3.2) zusätzliche Informationen, beispielsweise zu Bauphasen (Horst 2009; Horst 2012), oder Falschfarbdarstellungen als visuelle Strukturierungshilfe (Wulf und Riedel 2006) direkt im Bild kodiert.

Interaktion

Insbesondere bei interaktiven Anwendungen und Installationen wurde eine Nutzerinteraktion in den gesichteten Projektbeschreibungen zumeist umfangreich beschrieben. Dies umfasste zumeist Darstellungen von Funktionalitäten, aber auch zu Interaktions- und Installationskonzepten. Die Bandbreite derartiger Konzepte reichte von interaktiven Webanwendungen (Packer 2006) bis hin zu einer Installation, welche die historische Farbgebung einer Kirchenapsis in Originalgröße sowie am Originalort nachbildete (Arriaga und Lozano 2009).

5.3.5 Kooperation

Projekt	Projektstruktur
Team	Teamstruktur
	Teamgröße
Zusammenarbeit	Arbeitsteilung
	Entscheidungsprozesse
	Wissensvermittlung

Tabelle 25– Kategorienschema: Kooperation

Im Folgenden werden die im Fokus dieser Arbeit stehenden Aspekte einer Kooperation thematisiert (Tabelle 25). Diesbezügliche Darstellungen umfassten in den untersuchten Publikationen Aspekte der Projektstruktur, der Struktur der beteiligten Arbeitsteams sowie der Zusammenarbeit.

Projekt

Generell wurden Aspekte der Arbeitsorganisation und Kooperationsprozesse in den Publikationen selten thematisiert. Wie bereits ausgeführt, handelte es sich bei den Projekten zumeist um akademische Projekte. In einem Fall kooperierten eine Universität und eine Kommune (Packer 2006), in einem weiteren Fall war neben einer akademischen Institution eine kommerzielle Firma beteiligt (Grellert 2004).

Team

Teamgröße

Mit Blick auf publizierte Projektberichte handelt es sich bei den untersuchten 3D-Rekonstruktionsvorhaben in beinahe jedem Fall um interdisziplinäre Projektarbeit – nur in einem Fall wurde ein Projekt durch einen einzelnen Bearbeiter erstellt beziehungsweise fortgesetzt (Wieczorek 2010). Die benannten Teamgrößen variierten zwischen einem einzelnen Bearbeiter und insgesamt mehr als 40 Beteiligten (Grellert 2004), die jedoch vermutlich in diesem Umfang nicht über die gesamte Projektdauer beteiligt waren. Neben festangestellten Mitarbeitern waren an den akademischen Projekten zumeist auch studentische Mitarbeiter beteiligt (Hoppe und Scheer 1999). Projektübergreifend überstieg

die Zahl der mit einer Modellierung betrauten Personen die der involvierten geschichtswissenschaftlichen Bearbeiter zumeist deutlich.

Teamstruktur

In einer Vielzahl der Projekte wurden Aussagen zu den kooperierenden Institutionen getroffen. Dabei fand die Zusammenarbeit zumeist zwischen einer im Sinne der eingangs aufgestellten begrifflichen Einhegung (vgl. Abschn. 2.3) geschichtswissenschaftlichen Disziplin wie Kunstgeschichte, Baugeschichte, Archäologie und einer modellierungstechnischen Disziplin wie Informatik, Architektur oder auch Geoinformatik statt. In zwei Fällen waren beide Funktionen auch innerhalb einer Forschungseinrichtung institutionalisiert (Frischer, Abernathy et al. 2006; Packer 2006). Bis auf eine Ausnahme (Grellert 2004) oblag die Gesamtleitung des Projektes einem Geschichtswissenschaftler. Generell waren die Projektbeteiligten hinsichtlich der Funktion beziehungsweise der entsendenden Institution in einzelne Gruppen eingeteilt. Nur in einem Bericht wurde die Struktur einer Gruppe von Modelleuren beschrieben (Grellert 2004), die sich wiederum hierarchisch in eine Teilgruppenleitung sowie ausführende Bearbeiter gliederte.

Zusammenarbeit

Arbeitsteilung

Eine Aufgabenteilung findet zumeist zwischen der geschichtswissenschaftlichen Bearbeitung und der Modellerstellung statt (ausgeführt in: Münster 2011a, S. 102 f.). In einzelnen Fällen waren darüber hinaus – beispielsweise für die Interaktionsgestaltung – noch weitere Personen oder Institutionen involviert (Heinzelmann 2010).

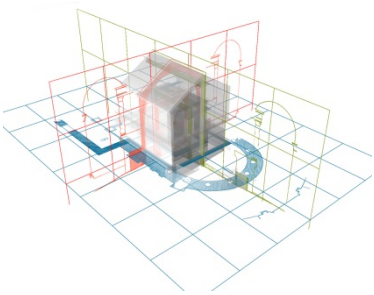
Entscheidungsprozesse

Entscheidungsprozesse werden zwar in sechs der untersuchten Projektdarstellungen thematisiert, jedoch blieben diesbezügliche Darstellungen zumeist vage und auf den Verweis reduziert, dass Entscheidungsfindungen in diesen Projekten kooperativ erfolgten. Einen wesentlichen Aspekt stellte die Dokumentation von Entscheidungsprozessen, beispielsweise durch einfache Protokollierungsstrategie (Grellert 2010) oder die Archivierung der Projektkorrespondenz (Heinzelmann 2010), dar.

Wissensvermittlung

In einer Reihe von Fällen wurden Projekte direkt in die studentische Ausbildung integriert. Damit verbunden waren bei zwei Projekten begleitende Seminarangebote zur Vermittlung inhaltlicher sowie modellierungstechnischer Kompetenzen (Hoppe und Scheer 1999). In einem Fall wurde auch die Erstellung der 3D-Modelle als Praxislehrveranstaltungen in die studentische Ausbildung integriert (Grellert 2004).

5.4 Zusammenfassung



Quellen

Historische Quellen
- hist. Bilder: Panoramen, Pläne
- Sonstige hist. Quellen: z. B. Text

Zeitgenössische Quellen
- Bilder: Pläne, Photographien
- Daten: Höhenreliefs, Straßenpläne

Logische „Quellen"
- Architektursysteme
- Analogien
- Modelllogik

Modellierung

Semi-automat. Modellierung
algorithmische Rekonstruktion

Prozedurale Generatoren

Manuelle CAD/VR Modellierung

Ausgabe

Statische Bilder bzw. Renderings

Animationen

Interaktive Visualisierung:
bspw. VR-Anwendungen

Datenausgabe:
bspw. für eine Fertigung oder datenbasierte Analysen

Abbildung 34 – Klassifikationsschema: Quellen, Modellierung, Visualisierung[203]

Speziell interpretative Rekonstruktionsvorhaben im Bereich der Geschichtswissenschaften werden zumeist von interdisziplinären Projektteams arbeitsteilig erstellt. Derartige Arbeitsteams bestehen zumeist aus geschichtswissenschaftlichen Verantwortlichen, andererseits technischen oder Modellierungsmitarbeitern. Bei akademischen Projekten werden diese Funktionen zumeist durch unterschiedliche Institutionen und Gruppen von Verantwortlichen wahrgenommen. Analog zu den Befunden der ersten Untersuchungsstufe beinhalteten die hier betrachteten Projekte ausschließlich eine Rekonstruktion von Architektur und hatten zumeist mehrjährige Laufzeiten.

Als Zielstellungen werden am häufigsten die Untersuchung von Forschungsfragen sowie die Informationsvermittlung im Rahmen von Ausstellungen oder akademischer Lehre benannt, wobei 3D-Modelle zumeist nicht nur einer singulären Zielstellung dienen, sondern eine multiple Verwendung angestrebt ist. Wie in Abbildung 34 dargestellt, beinhaltet ein allgemeiner Modellierungsablauf die Erstellung eines virtuellen 3D-Modells anhand von

[203] Basierend auf: HERMON, S.: Reasoning in 3D. A critical appraisal of the role of 3D modelling and virtual reconstructions in archaeology, in: FRISCHER, B. (Hrsg.): Beyond illustration: 2D and 3D digital technologies as tools for discovery in archaeology, Oxford 2008, S. 36-45, S. 40, sowie: DE FRANCESCO, G. und D'ANDREA, A.: Standards and Guidelines for Quality Digital Cultural Three-Dimensional Content Creation, in: IOANNIDES, M., ADDISON, A., GEORGOPOULOS, A. & KALISPERIS, L. (Hrsg.): Digital Heritage: Proceedings of the 14th International Conference on Virtual Systems and Multimedia, Budapest 2008, S. 229-233.

Quellen, Daten sowie unter Einbeziehung von Wissen als logischer „Quelle“ und einem vor allem manuellen Modellaufbau (Münster 2013b). Als Hauptergebnis werden überwiegend statische, bewegte oder interaktive Modellabbildungen beziehungsweise Visualisierungen erstellt. Im Vergleich zu Inhalten, Technologien sowie Ergebnissen nahmen Beschreibungen von Arbeits- und Kooperationsprozessen in den untersuchten Projektdarstellungen wenig Raum ein. Falls diese thematisiert wurden, waren zumeist Arbeitsorganisation sowie die Faktoren der Qualitätskontrolle Inhalt.

Die untersuchten Projektdarstellungen stützen den bereits im ersten Untersuchungsteil aufgestellten Befund, dass 3D-Rekonstruktionen insbesondere zur Nachbildung von Architektur Verwendung finden (vgl. Abs. 4.3.1.3). Darüber hinaus wird in den Publikationen mit Blick auf das Untersuchungsinteresse zwar eine Reihe von Phänomen angeführt. Jedoch bleiben derartige Beschreibungen häufig kursorisch und hinsichtlich ihrer Bedeutung für den Projektprozess schwer bewertbar. Eine Vorstellung dieser bisher identifizierten Phänomene erfolgt ebenso wie eine nähere Betrachtung dieser Fragestellung zu Beginn eines nächsten Untersuchungsschrittes in Abschnitt 6.1.

6 Fallstudien[204]

6.1 Zielsetzung

Fragestellung für die Analyse der Fallstudien

- Welche generellen Abläufe und Prozesse lassen sich bei interpretativen 3D-Rekonstruktionsprojekten beobachten?
- Welche Phänomene lassen sich im Kontext von 3D-Rekonstruktionsvorhaben identifizieren?
- Welche Strategien und Abläufe haben sich in den Projekten herausgebildet und bewährt?

Nachdem in den vorhergehenden Kapiteln Forschungsfeld sowie typische Erstellungs- und Verwendungskontexte geschichtswissenschaftlicher 3D-Rekonstruktionen beleuchtet wurden, widmet sich dieser Untersuchungsteil anhand von Fallbeispielen und mittels sozialwissenschaftlicher Methodik praktischen Handlungsweisen in interdisziplinären 3D-Rekonstruktionsprojekten nie gebauter beziehungsweise nicht mehr existenter historischer Bauwerke. Ausgehend von den Befunden der bisherigen Untersuchungsschritte bilden zwei Annahmen die Grundlage der weiterführenden Untersuchung:

- *3D-Rekonstruktion stellt eine iterative Technik dar:* Eine Rekonstruktionserstellung ist ein Prozess. Innerhalb dieses Prozesses lassen sich – wie bereits in der Theorieübersicht in Abschnitt 3.4 ausgeführt – verschiedene Arbeitsabschnitte identifizieren und gegeneinander abgrenzen.
- *3D-Rekonstruktionen werden arbeitsteilig erstellt:* Diese Annahme geht zum einen davon aus, dass 3D-Rekonstruktionen in den historischen Wissenschaften zumeist nicht von Einzelpersonen, sondern von Teams erstellt werden. Zudem wird angenommen, dass diese Teams Arbeitsgruppen mit interdisziplinärer und funktional-arbeitsteiliger Struktur sind.

Wie bereits in der Einleitung dieser Arbeit in Abschnitt 1.4 dargestellt, sind Ziele dieses Untersuchungsteils die induktive Entwicklung eines Prozessmodells virtueller 3D-Rekonstruktionsprojekte sowie die Identifikation von Phänomenen, Strategien und damit verbundenen Handlungsempfehlungen. Diesbezüglich lassen die in den vorigen Kapiteln

[204] Teile dieses Kapitels beziehen sich auf: MÜNSTER, S.: The role of images for a virtual 3D reconstruction of historic artifacts, International Communication Association (ICA) Annual Meeting, 17.- 21. 6. 2013, London 2013a; MÜNSTER, S.: Workflows and the role of images for a virtual 3D reconstruction of no longer extant historic objects, in: ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences XL-5/W2, 2013, XXIV International CIPA Symposium, 2.- 6. 9. 2013, Strasbourg (2013b), S. 197-202; MÜNSTER, S., JAHN, P.-H. und WACKER, M.: Die Bedeutung von Bildern für die interpretative digitale 3D Rekonstruktion historischer Bauwerke, in: AMMON, S. & HINTERWALDNER, I. (Hrsg.): Bildlichkeit im Zeitalter der Modellierung, Im Druck-a.

untersuchten Publikationen eine Reihe von Hypothesen zu, wobei sich mit Blick auf die zumeist nur schwache Befundlage (bspw. ausgeführt in Abschnitt 5.3.5) die Frage stellt, in welchem Umfang und mit welchem Stellenwert sich derartige Aspekte in der Projektpraxis widerspiegeln.

- *Kooperative Aushandlungsprozesse*: Eine diesbezügliche Annahme stellt dar, dass keine einzelne Person oder Institution Gesamtverantwortung und Entscheidungshoheit über das Projekt hat, sondern eine Projektstrategie vielmehr über Treffen und Aushandlungsprozesse zwischen einzelnen Projektteilgruppen entwickelt wird.
- *Wenig Augenmerk auf Workflowentwicklung*: Zumindest anhand des Umfangs der diesbezüglichen Ausführungen in den untersuchten Publikationen lässt sich vermuten, dass eine zielgerichtete und systematische Entwicklung von Funktionsabläufen und Kooperationsstrategien in der Projektpraxis eine nur geringe Priorität besaß.
- *Wenig Orientierung an bestehenden „Guidelines“*: Ähnlich lässt sich anhand der Ergebnisse sowohl der bibliometrischen Untersuchung als auch der qualitativen Literaturanalyse vermuten, dass existierende Richtlinien und Vorgehensmodellen zur geschichtswissenschaftlichen 3D-Rekonstruktion nur in geringem Maße genutzt wurden.
- *Bilder als Medien sind enorm wichtig*: Es ist zu vermuten, dass Bilder und ikonische Darstellungen sowohl als Quellen und Ergebnisse als auch für die Kommunikations- und Entscheidungsunterstützung innerhalb des Produktionsprozesses große Bedeutung besaßen.
- *Kaum Richtlinien bzw. Vorgaben zu angestrebten Qualitäten:* Zumindest in den untersuchten Publikationen wurden Richtlinien und Vorgaben nur selten thematisiert und blieben für alle interpretativen Rekonstruktionen hinsichtlich einer Definition sehr vage.
- *Nachhaltigkeit und Anknüpfbarkeit besitzen geringe Priorität:* Vieles spricht dafür, dass Aspekte der Nachhaltigkeit, Kompatibilität sowie Anknüpfbarkeit in der praktischen Arbeit nur geringe Priorität besaßen.

Wie im folgenden Abschnitt 6.2 und mit Blick auf eine Untersuchungsmethodik noch ausgeführt, besteht ein wesentliches Interesse dieses Untersuchungsschritts darin, den Untersuchungsgegenstand in seiner Komplexität zu erfassen und zu betrachten. Entsprechend dienen die hier ausgeführten Hypothesen gemeinsam mit dem im vorherigen Kapitel 5 identifizierten Kategoriensystem lediglich als Rahmen einer Untersuchung und werden im Zuge einer Zusammenfassung und Kontextualisierung der Untersuchungsbefunde in Abschnitt 6.5 wieder aufgegriffen.

6.2 Methodik

Die Anforderungen an eine Forschungsstrategie werden einerseits von der erwarteten Komplexität des Untersuchungsgegenstandes, andererseits von dessen bisher geringem sozialwissenschaftlich-empirischem Erkundungsniveau determiniert. Wie bereits in Kapitel 3 ausgeführt, bedeutet dies jedoch keinesfalls einen Mangel an theoretischen Bezügen und Anknüpfungspunkten. Vielmehr wird das Thema von einer Vielzahl theoretischer Erklärungsmodelle und -ansätze umrahmt, die jedoch hinsichtlich ihrer Relevanz und ihres Bezugs zum gewählten Forschungsgegenstand empirisch bisher zumeist ungeprüft sind. Methodisch bieten sich für eine Untersuchung daher vergleichsweise wenig standardisierte, qualitative Instrumente zur Datenerhebung an, mit denen einerseits individuell vorhandenes beziehungsweise überliefertes Wissen erfragt, andererseits Prozessabläufe aufgezeichnet und strukturiert werden können.

Mit Blick auf diese Einordnung weist der Forschungsgegenstand eine Reihe von Besonderheiten auf. Das methodische Vorgehen sollte berücksichtigen, dass bisherige deduktive Ansätze einer Entwicklung von Handlungsempfehlungen zum Forschungsgebiet anhand bestehender Ansätze, Theorien oder von Erfahrungswissen, wie in Abschnitt 4.3.4 anhand der „Londoner Charta“ ausgeführt, bisher nur geringe Praxisrelevanz erlangten. Eng damit verbunden ist die Problematik, dass existierende Arbeiten zum Thema ihre Betrachtung zumeist auf Einzelaspekte oder Schemata beschränken. Daraus resultiert für die in diesem Kapitel ausgeführte deskriptive Untersuchung das Interesse, den Untersuchungsgegenstand in seiner Komplexität zu erfassen und zu betrachten. Dabei soll auch den vielschichtigen theoretischen Anknüpfungspunkten der Themenstellung Rechnung getragen werden.

6.2.1 Untersuchungsmethodik: Fallstudien

Vor dem Hintergrund dieser Anforderungen stellen Fallstudien ein probates Mittel zur Analyse komplexer und multidimensionaler Phänomene und insbesondere von Prozessen als „Zeitabschnitt […] bezogen auf eine Person, eine Personengruppe oder eine Organisation“[205] dar. Yin (Yin 2003) verweist auf drei wesentliche analytische Modi („dominant modes of analysis“). Leitmotiv aller Untersuchungsmodi sind der Vergleich beziehungsweise die Kontrastierung von empirischen Befunden mit anderen empirischen Befunden oder mit einem bestehenden theoretischen Konstrukt.

- Bei *Pattern matching*-Strategien werden bestehende oder aus vorherigen Untersuchungsschritten abgeleitete Theorien empirisch überprüft.
- In Zeitreihen bzw. *Time series* bilden die zeitlichen Unterschiede zwischen einzelnen Befunden die Vergleichsgrundlage.

[205] TÖPFER, A.: Erfolgreich Forschen. Ein Leitfaden für Bachelor-, Master-Studierende und Doktoranden, Berlin [u. a.] 2010, S. 243.

- *Explanation-Building* bezeichnet nach Yin ein induktives Verfahren, bei dem anhand empirischer Befunde ein theoretisches Konstrukt entwickelt und ggf. formalisiert wird.

Mit Blick auf diese Untersuchung ist insbesondere die Theorieerstellung als *Explanation-Building* relevant. Kritikpunkt an dieser Form der Theorieerstellung stellt dabei dar, dass diese häufig in narrativer Form erfolgt und somit nach Ansicht von Yin (Yin 2003, S. 114) unpräzise ist. Als Lösung empfiehlt er die Aufbereitung der Ergebnisse als *Best Practice* („recommendations") für zukünftige Programme oder als (sozialwissenschaftliche) Theoriebausteine. Einen weiteren Aspekt sieht er bei diesem Ansatz in der Gefahr einer Entfernung vom eigentlichen Forschungsinteresse. Lösungsansätze stellen hier Aspekte einer einheitlichen Materialhaltung und der damit verbundenen Möglichkeit zur Revision der Ergebnisse durch Dritte sowie einer Einhaltung und Explanation einer stringenten Auslegung („chain of evidence") dar.

6.2.2 Untersuchungsfälle und Material

Die Auswahl der Forschungsobjekte sowie die Durchführung der Datenerhebung erfolgten in mehreren Schritten zwischen 2009 und 2013. Als erschwerend hinsichtlich einer objektiven und zielbezogenen Selektion von Beispielprojekten erwies sich dabei, dass nur eine sehr geringe Zahl relevanter Rekonstruktionsprojekte bekannt und zugänglich war. Die primäre Datenbasis bildeten zwei Fallbeispiele interdisziplinärer 3D-Rekonstruktionsvorhaben (Tabelle 26; Tabelle 27). Beide liefen zum Untersuchungszeitpunkt bereits seit einigen Jahren beziehungsweise waren bereits abgeschlossen. Zusätzlich wurde eine als Dissertation publizierte Darstellung eines Rekonstruktionsprozesses einbezogen (Tabelle 28). Weitere Informationen zu diesem Projekt wurden durch Interviews gewonnen. Auch dieses Vorhaben war zum Untersuchungszeitpunkt bereits seit einigen Jahren abgeschlossen Als viertes Untersuchungsprojekt bot sich ein vergleichsweise kompaktes Rekonstruktionsprojekt an, an dem der Autor als 3D-Modelleur aktiv beteiligt war (Tabelle 29). Auch wenn eine Untersuchung unter aktiver Beteiligung eines Forschers im Sinne einer vollständig teilnehmenden Beobachtung (Lamnek 2005, S. 592 ff.) eine zulässige beziehungsweise in einigen Fällen wie einem „action research" (Töpfer 2010, S. 246; Kromrey 2002, S. 531 ff.) sogar erwünschte Forschungsmethode darstellt, scheint dieses Vorgehen durchaus problematisch. Dies betrifft vor allem eine möglicherweise mangelnde Objektivität und ein im Sinne des erwünschten Forschungsergebnisses möglicherweise opportunistisches Handeln (Bortz und Döring 2009, S. 324). Um eine möglichst objektive Erfassung der Projektabläufe zu erzielen, umfasste ein Forschungsvorgehen im Kontext dieses Fallbeispiels die umfassende Protokollierung der Projektvorgänge und die Archivierung der während des Projektes aufgelaufenen Korrespondenz (vgl. Bachmann 2002, S. 339 ff.). Dadurch kann der bereits aufgeführte Kritikpunkt eines möglicherweise opportunistischen Handelns allerdings nicht entkräftet werden. Daher werden Befunde dieses Fallbeispiels insbesondere in Fällen, wo diese singuläre Aussagen darstellen, gesondert gekennzeichnet.

Projekt P1: (Re-) Konstruktion nie realisierter Bauentwürfe einer Schlossanlage

Inhalt des Projektes 1 stellte die Konstruktion beziehungsweise Rekonstruktion von insgesamt 13 nie realisierten Planungsentwürfen sowie einer bis zum heutigen Tag erhaltenen Bauausführung für eine Schloss- und Gartenanlage dar, die im Wesentlichen zwischen dem 17. und 19. Jahrhundert entstanden. Zum Untersuchungsbeginn 2010 lief das Projektvorhaben bereits seit mehreren Jahren, eine Begleitung des Vorhabens erfolgte bis zum vorläufigen Projektabschluss im Jahr 2013.

Teilnehmende Beobachtung			
Code	Zeitpunkt	Item	Erhobene Daten
P1-6	3. Mai 2011, 16.10–19.20 Uhr	Projekttreffen	Audiomitschnitt (transkribiert), Fotos, Notizen, Sitzungsprotokoll
P1-5	31. Mai 2011, 16.30–18.50 Uhr	Projekttreffen	Audiomitschnitt (nicht transkribiert), Fotos, Notizen, Sitzungsprotokoll
P1-7	12. Dez. 2011, 17.00–19.30 Uhr	Projekttreffen	Notizen
P1-4	2. April 2012, Teilnahme von 17.00–18.30 Uhr	Treffen zur Endabnahme der einzelnen Modellstände	Notizen
Interviews			
Code	Zeitpunkt	Item	Erhobene Daten
P1-1	18. Mai 2010, 15.50–16.50 Uhr	Leitfadenbasiertes Interview mit dem geschichtswissenschaftlichen Berater	Audiomitschnitt, Notizen
P1-2-1 P1-2-2	07. September 2011, 18.05–19.05 Uhr	Leitfadenbasiertes Interview mit beiden operativen Projektkoordinatorinnen (jeweils durch die Endziffer angegeben)	Audiomitschnitt, Notizen
P1-3	2. April 2012, 18.00–18.30 Uhr	Unstrukturiertes Interview mit dem Projektleiter	Notizen
Publikationen			
Code	Zeitpunkt	Item	Erhobene Daten
P1-10	2012	Publikation zum Projektablauf	
P1-11	2011	Publikation zu wissenschaftlich-inhaltlichen Projektergebnissen	
Sonstige Daten			
Code	Zeitpunkt	Item	Erhobene Daten
P1-9		Änderungsprotokolle	
P1-8		Grafische Produktionspläne	

Tabelle 26 – Material: Projekt P1

Projekt P2: Rekonstruktion eines antiken Stadtmodells

Im Rahmen dieses Projektes wurde eine komplette, nicht mehr erhaltenen Stadtlandschaft um die Zeitenwende rekonstruiert. Das Projekt startete im Jahr 2005 und endete 2010. Der

Kontakt zum Projektteam kam über einen Vortrag zu den Projektergebnissen erst nach Projektende im Jahr 2010 zu Stande.

		Interviews	
Code	Zeitpunkt	Item	Erhobene Daten
P2-1	4. November 2011, 11:00–12:00 Uhr	Leitfadenbasiertes Interview mit dem leitenden Modelleur	Audiomitschnitt, Notizen, Fotos
P2-2	4. November 2011, 13:30–14:45 Uhr	Leitfadenbasiertes Interview mit der archäologischen Koordinatorin	Audiomitschnitt, Notizen, Fotos
P2-3	20. April 2011, 17.45–19.00 Uhr	Telefonisches, leitfadenbasiertes Interview mit dem Projektleiter	Gedächtnisprotokoll
P2-4	24. Mai 2011, 15.30–16.20 Uhr	Unstrukturiertes Telefongespräch mit der archäologischen Koordinatorin	Gedächtnisprotokoll
		Publikationen	
Code	Zeitpunkt	Item	Erhobene Daten
P2-6	2012	Publikation zu Projektablauf und Projektergebnissen	
		Sonstige Daten	
Code	Zeitpunkt	Item	Erhobene Daten
P2-7		Bildfundus	
P2-5	9. Juli 2009, 9.00–17.00 Uhr	Protokoll der Überarbeitung des Modellprototypen (angefertigt durch die archäologische Koordinatorin)	

Tabelle 27 – Material: Projekt P2

Projekt P3: Rekonstruktion frühmittelalterlicher Grabanlagen

		Publikationen	
Code	Zeitpunkt	Item	Erhobene Daten
P3-1	2009	Publizierte Dissertationsschrift	
		Sonstige Daten	
Code	Zeitpunkt	Item	Erhobene Daten
P3-2	02.05.2013, 16.00–16.45 Uhr	Unstrukturiertes Telefongespräch mit der leitenden Modelleurin	Gedächtnisprotokoll
P3-3	14.05.2013, 15.00–18.00 Uhr	Leitfadenbasiertes Gespräch mit der leitenden Modelleurin	Schriftliche Protokollierung während des Gesprächs

Tabelle 28 – Material: Projekt P3

Das Projekt umfasste die Rekonstruktion von insgesamt vier chinesischen Kaisergräbern aus dem 7. Jahrhundert und wurde im Wesentlichen zwischen 2004 und 2006 durch ein chinesisch-deutsches Projektteam bearbeitet. Der Autor wurde im Jahr 2012 durch ein Gespräch mit einem der damaligen Projektbeteiligten auf das Projekt aufmerksam. Als Begleitforschung wurden anhand des Projektes im Zuge eines Dissertationsvorhabens Dokumentationstechniken für 3D-Rekonstruktionen entwickelt und prototypisch angewandt.

Als Konsequenz wurden sowohl das Vorhaben als auch die damit verknüpften Forschungsinhalte umfangreich dokumentiert.

Projekt P4: (Re-) Konstruktion eines nie realisierten Sakralbaus

Das vierte Projekt beinhaltete die 3D-Rekonstruktion eines in dieser Form nie gebauten Planungsstandes für einen Kirchenbau aus dem 17. Jahrhundert. Während der virtuell rekonstruierte Planungsstand so nie realisiert wurde, ist eine in den Grundzügen nur mäßig abweichende Version bis zum heutigen Tag erhalten. Das Projekt wurde zwischen 2010 und 2011 bearbeitet. Der Autor war in diesem Projekt für die Erstellung des 3D-Modells verantwortlich. Mit Blick auf das hier geschilderte Untersuchungsvorhaben war intendiert, sowohl sämtliche Kommunikationsartefakte wie beispielsweise E-Mail-Korrespondenzen zu archivieren als auch ein ausführliches Protokoll der Änderungen und Arbeitsschritte anzulegen.

		Publikationen	
Code	Zeitpunkt	Item	Erhobene Daten
P4-4	2011	Bildpublikation der Projektergebnisse	
		Sonstige Daten	
Code	Zeitpunkt	Item	Erhobene Daten
P4-3		Bildfundus	
P4-1		Änderungsprotokoll der Modellierung	Gedächtnisprotokoll
P4-2		E-Mail-Korrespondenz	

Tabelle 29 – Material: Projekt P4

Anonymisierung der Datenbasis

Bei den betrachteten Projekten handelte es sich um reale Projektvorhaben, bei denen die hier beschriebene Untersuchung nur als Begleitforschung fungierte. Eine derartige Untersuchung war mit einer Ausnahme für die betroffenen Projekte im ursprünglichen Projektkontext nicht vorgesehen. Als Konsequenz wurden Personen- oder Projektbezüge in den erhobenen Daten mit Blick auf datenschutzrechtliche Anforderungen sowie in Absprache mit den Befragten weitgehend anonymisiert. Ziel war es, das jeweilige Projekt sowie Personenbezüge für Außenstehende nicht identifizierbar zu machen.[206] Dabei erfolgten folgende Anonymisierungen:

- Anonymisierung von Personen- und Institutionsnamen,
- Anonymisierung von Projektinhalten.

Einen Sonderfall stellte der Umgang mit aus den Projekten heraus erfolgten Publikationen dar. Obwohl sie öffentlich zugänglich sind, wurden diese in allen Fällen kodifiziert. Darüber hinaus ist eine Reihe von Daten aufgrund der Zuordenbarkeit von Aussagen zu

[206] Vgl. auch: LAMNEK, S.: Qualitative Sozialforschung. Lehrbuch, Weinheim 2005, S. 385.

Projektteilnehmern nach Ansicht des Autors sowie auf Wunsch der Interviewten generell von einer Publikation auszunehmen. Nicht beziffert wurden daher beispielsweise Finanzdaten.[207] Sämtliches Quellenmaterial liegt dem Autor vor.

6.2.3 Datenerhebung

Ein wesentliches Merkmal von Fallstudienuntersuchungen ist die Integration und Kombination unterschiedlichen Datenmaterials innerhalb einer Untersuchung (Eisenhardt 1989). Yin unterscheidet diesbezüglich zwischen sechs Quellenarten[208]:

- Dokumentation,
- Archivalien und Überreste,
- Befragungen,
- Aktionsbeobachtung („Direct Observation“),
- Akteursbeobachtung („Participant Observation“),
- Artefakte.

Eingang in die Untersuchung fanden Befragungen in verschiedenen Interviewformen, Artefakte des Erstellungsprozesses wie Fotografien, Protokolle oder Korrespondenz, durch den Autor dieser Arbeit erstellte sowie durch die Projektbeteiligten angefertigte Dokumentationen und Beobachtungen beteiligter Akteure. Alle Beobachtungen und Interviews wurden vom Autor durchgeführt. In Anlehnung an die von Yin postulierten Empfehlungen zur Datensammlung und Dokumentation[209] wurden für die Untersuchung zudem unterschiedliche Datenquellen verwendet und diese in einer QDA-Datenbank erfasst und prozessiert. Während die Datenbasis bereits in Abschnitt 6.2.2 vorgestellt wurde, werden in den folgenden Absätzen die in dieser Untersuchung genutzten Verfahren und Prinzipien der Datenerhebung thematisiert. Namentlich umfasst dies Interviews (Abs. 6.2.3.1), Beobachtungen (Abs. 6.2.3.2) sowie die Einbeziehung verschiedener Dokumente (Abs. 6.2.3.3).

6.2.3.1 Interviews

Mit Blick auf die Datenerhebung bietet sich für eine Untersuchung von Erfahrungen und Projektabläufen die Durchführung leitfadenbasierter Interviews in Form von problemzentrierten Interviews (Witzel 2000) an. Diese Form der Befragung stellt ein vergleichsweise gering strukturiertes, qualitatives Verfahren dar. In der vorliegenden Untersuchung wurden über teilnehmende Beobachtungen (P1), eine publizierte Projektdarstellung (P3) sowie Gespräche mit den Projektleitern (P2) zunächst für einen

[207] Erläuterungen sowie Ergänzungen zum Textverständnis sind im Zitat mit „Anm. S. M.“, Umschreibungen mit „Umschreibung S. M.“ gekennzeichnet.

[208] YIN, R. K.: Applications of case study research, Thousand Oaks 2003, S. 85 ff.

[209] Yin empfiehlt die Kombination multipler Quellen sowie eine Prüfung dieser hinsichtlich Koinzidenz zur Gewinnung reliabler Aussagen. Zur Archivierung und Dokumentation soll eine Fallstudien-Datenbank dienen, die sowohl beobachtete Daten als auch Notizen des Beobachters umfasst. Vgl. ebd. S. 91 ff.

Arbeitsprozess wesentliche Projektakteure identifiziert und anschließend anhand eines Gesprächsleitfadens befragt. Dabei fanden aufgrund der räumlichen Entfernung sowie aus logistischen Gründen verschiedene Szenarien Anwendung.

- *Telefonisches Interview:* Ein telefonisches Interview wurde mit dem Interviewpartner im Vorfeld terminlich abgesprochen. Die eigentliche Interviewdurchführung erfolgte anhand eines Gesprächsleitfadens, eine Protokollierung mittels handschriftlicher oder elektronischer Mitschrift wesentlicher Punkte. Diese Punkte wurden beim Wechsel zwischen Gesprächspunkten vom Interviewer im Gespräch mündlich kurz zusammengefasst. Unmittelbar nach dem Gespräch wurden zudem Angaben zur Gesprächssituation sowie ggf. während des Gesprächs nicht notierte Aspekte ergänzt.
- *Unstrukturiertes Interview:* In einigen Fällen ergab sich ohne vorherige Planung die Gelegenheit einer telefonischen oder persönlichen Befragung bzw. zu Nachfragen. Eine Befragung erfolgte in diesen Fällen ohne vorherigen Leitfaden, eine Protokollierung von Gesprächssituation und Inhalten entweder bereits als Mitschrift während des Gesprächs oder unmittelbar nach dem Gespräch.
- Geplante, *semi-strukturierte Interviews* wurden den Beteiligten im Vorfeld angekündigt und erfolgten in allen Fällen in den Räumlichkeiten der Interviewten. Die Interviews wurden anhand eines Leitfadens durchgeführt und jeweils mittels zweier Diktiergeräte aufgezeichnet. Von den Interviewten herangezogene Dokumente wie beispielsweise Abbildungen oder Quellen wurden fotografisch dokumentiert. Im Nachgang des Gesprächs wurden Angaben zur Gesprächssituation ergänzt.

Aus den benannten Gründen war nur für einen Teil der Interviews eine Audioaufzeichnung möglich. Alle aufgezeichneten Interviews wurden mittels der Software „f4“[210] manuell transkribiert. Eine Überführung in Text erfolgte unter Beachtung des von Bohnsack und Przyborski erstellten Transkriptionsrichtlinienschemas „Talk in Qualitative Social Research (TIQ)“ (Przyborski und Wohlrab-Sahr 2010, S. 164 ff.).[211]

6.2.3.2 Teilnehmende Beobachtung

Neben der bereits ausgeführten Differenzierung hinsichtlich des Objektes einer Beobachtung unterscheidet Lamnek Formen der Beobachtung anhand des Grades der Einbeziehung des Beobachters (Lamnek 2005, S. 592 ff.). Im Rahmen der Untersuchung waren dabei insbesondere die Formen der *Vollständigen Beobachtung* sowie der *Vollständigen Teilnahme* relevant.

[210] http://www.audiotranskription.de/f4.htm, besucht am 26. 06. 2013.

[211] Als Kurzzusammenfassung: http://www.audiotranskription.de/audiotranskription/upload/Bohnsack1.pdf, besucht am 26. 06. 2013.

- *Vollständige Beobachtung:* Dieser Typus bezeichnet eine reine Beobachtung durch den Forscher „ohne Interaktion mit den Informanten“. Dabei ist für eine Forschung irrelevant, ob den Probanden eine Beobachtung von vornherein bekannt ist.
- *Vollständige Teilnahme:* Bei dieser Form der Beobachtung nimmt der Forscher selbst am Feldgeschehen teil oder ist ein Element des sozialen Feldes. Dabei ist der Forscher primär Teilnehmer bzw. Pseudoteilnehmer der Situation und erst sekundär Beobachter.[212]

Wie bereits in Abschnitt 6.2.2 ausgeführt, waren zwei der in eine Untersuchung einbezogenen Projektvorhaben zum Zeitpunkt der Datenerhebung bereits abgeschlossen. Entsprechend war nur im Projekt P1 eine *Vollständige Beobachtung* der Projekttreffen möglich, während im unter aktiver Beteiligung des Autors entstanden Projekt P4 eine *Vollständige Teilnahme* erfolgte.

Audioaufzeichnung

Zwei der begleiteten Projektsitzungen im Projekt P1 wurden mittels zweier Diktiergeräte vollständig aufgezeichnet.[213] In Absprache mit den an den Projekttreffen Beteiligten erfolgte ein Beginn der Aufzeichnung mit Beginn der Veranstaltung, ein Aufzeichnungsende synchron zum Ende der Veranstaltung. Eventuelle vorherige oder nachfolgende Absprachen wurden nur als Notizen erfasst. Aufgrund der Länge der aufgezeichneten Sitzungen und einer im Sinne der Forschungsfrage insgesamt eher geringen Informationsdichte wurde nur eine der aufgezeichneten Sitzungen gemäß des bereits in Absatz 6.2.3.1 beschriebenen Vorgehens transkribiert.

Fotografische Erfassung

Die begleiteten Projektsitzungen wurden nicht nur mittels Tonaufnahmen, sondern auch fotografisch dokumentiert. Mit Blick auf Prozessbeobachtungen empfiehlt Dabbs, wichtige Charakteristika des Prozesses fotografisch zu dokumentieren (Nach: Yin 2003, S. 84 ff., mit Verweis auf Dabbs 1982). Das Leitmotiv einer fotografischen Erfassung während der teilnehmenden Beobachtungen bestand darin, nicht als Ton überlieferte Informationen wie beispielsweise die Gegenstand einer Diskussion bildenden visuellen Medien zu dokumentieren. Eine Aufzeichnung umfasste insbesondere:

- Tafelbild und projizierte Dokumente,
- Raum- und Sitzordnung,

[212] Beides indirekt zitiert nach: LAMNEK, S.: Qualitative Sozialforschung. Lehrbuch, Weinheim 2005, S. 592 ff.

[213] Eine generelle Schwierigkeit bei der Bearbeitung derartiger Aufzeichnungen stellte zudem die klare Zuordnung von Sprechern sowie deren Verständlichkeit aufgrund mehrerer simultaner Dialoge dar, wodurch eine Transkription zahlreiche Lücken aufweist.

- Beispiele zur Mediennutzung.[214]

Mitschriften

Während der vollständig beobachteten Projekttreffen des Projektes P1 wurden neben einer Tonaufzeichnung sowie einer fotografischen Dokumentation sowohl Rahmenbedingungen als auch mittels der beschriebenen Dokumentationsverfahren nicht erfassbare Sachverhalte aufgezeichnet (Tabelle 30).[215]

Metainformationen	- Anwesende: Namen, Anwesenheit - Raum: Gestaltung, Präsentationstechnik
Aufzeichnung	- Medien: Einblendungen von Bildmaterialien/Notation von Zeiten - Medien: nonverbale Kommunikation (Zeigen auf Bilder, …) - Anfertigung von Notizen - Struktur/Tagesordnungspunkte: Bearbeitungsdauer, Zeitpunkte

Tabelle 30 – Aufzeichnungsschema der Mitschriften

Während diese Mitschriften im Falle der vollständigen Beobachtung während eines Prozesses durchgeführt wurden, erfolgte eine Protokollierung im Fall *vollständiger Teilnahme* im Projekt P4 erst im (unmittelbaren) Nachgang.

6.2.3.3 Dokumente

Neben selbst aufgezeichneten Daten flossen in die Untersuchung verschiedene andere Daten ein, insbesondere Prozessartefakte wie Fotografien, Protokolle oder Korrespondenz sowie darüber hinaus in einem Fall eine publizierte Dissertationsschrift (P3-1). Die Nutzbarkeit von derartigen heterogenen Datenkonvoluten als Primärquellen für eine Untersuchung stellt eine der methodischen Stärken der im folgenden Abschnitt 6.2.4 vorgestellten und in diesem Untersuchungsteil als Auswertungsparadigma genutzten *Grounded Theory* dar (Strauss und Corbin 1996, bspw. S. 34 und 38). Gleichsam ergaben sich mit Blick auf eine Zweitverwendung derartiger originär für andere Zwecke produzierter Materialien einige Herausforderungen. Dies betrifft insbesondere, dass derartige Materialen originär für einen anderen Adressaten und Zweck hergestellt wurden und somit mit Blick auf das Untersuchungsinteresse dieser Arbeit wesentliche Aspekte unbeantwortet bleiben. Zudem geben derartige Überreste als Quellen (vgl. Abschn. 2.3.3) einer Untersuchung ohne Informationen zum Kontext zumeist ein nur unvollständiges Bild wieder. Daher wurden die

[214] Die Dokumentation erfolgte mit dem Ziel, eine Bandbreite bzw. Arten und Kontexte genutzter Medien zu erfassen und umfasste somit nicht jede einzelne Mediennutzung.

[215] Lamnek empfiehlt mit Verweis auf Jahoda und Deutsch die Aufzeichnung „struktureller“ Informationen wie Teilnehmer, Mittel, Ort bzw. Umgebung und zeitliche Aspekte i.S. von Dauer und Häufigkeit bzw. Wiederholung sowie eine Abfolge der Interaktion i.S. von Stimuli, gesellschaftlichen Normen und Abweichungen sowie Konsequenzen der Interaktion. LAMNEK, S.: Qualitative Sozialforschung. Lehrbuch, Weinheim 2005, S. 619 f., mit Verweis auf: JAHODA, M., DEUTSCH, M. und COOK, S. W.: Beobachtungsverfahren, in: KÖNIG, R. (Hrsg.): Beobachtung und Experiment in der Sozialforschung, Köln [u. a.] 1966, S. 77-96.

genutzten Materialien in der hier ausgeführten Untersuchung zumeist in Kombination mit weiteren Erhebungen wie beispielsweise Interviews verwendet.

6.2.4 Datenauswertung

Wie im vorherigen Abschnitt 6.2.2 ausgeführt, fand ein heterogenes Datensample Eingang in die Untersuchung. Einen wesentlichen Faktor bei der Wahl eines geeigneten Auswertungsparadigmas stellte die bereits in Abschnitt 6.2.2 ausgeführte kleine Zahl der untersuchten Fälle dar. Bereits zu Beginn dieses Kapitels wurde eine Reihe von Anforderungen an ein Untersuchungsinstrument formuliert, die auch für die Datenauswertung relevant sind. Unter der Vielzahl von Auswertemethoden (bspw. ausgeführt in Flick 2000; Lamnek 2005; Mikos und Wegener 2005; Bortz und Döring 2009) und in Anlehnung an Vorgehensweisen der bereits einleitend in Abschnitt 1.3 vorgestellten Untersuchungen zu vergleichbaren Themenstellungen sowie anhand ähnlicher Untersuchungsgrundlagen bietet sich als Auswertungsparadigma für diesen Untersuchungsschritt die *Grounded Theory* an.

6.2.4.1 Die Grounded Theory als qualitatives Forschungsparadigma

Definition

Die *Grounded Theory* als Instrument zur „gegenstandsbegründeten oder datenverankerten Theoriebildung“[216] stellt per se keine Methode, sondern vielmehr ein Forschungsparadigma beziehungsweise einen qualitativen „Forschungsstil“ dar (vgl. Steinke 1999, S. 71). Mit der Zielsetzung einer Theoriegenese kann eine Theorieerstellung unabhängig von der Menge des zugrunde liegenden Datenmaterials erfolgen. So ist bereits anhand kleiner und zudem hinsichtlich der Datenerhebung heterogener Samples eine Theorieaufstellung zulässig (Glaser und Strauss 2008, S. 48 f.). Die *Grounded Theory* geht davon aus, dass derartige Theorien hinsichtlich ihrer Übertragbarkeit vorläufig sind und sich im Kuhnschen Paradigmen-Sinne (Kuhn 1976, siehe auch Fußnote 69) durch Einbeziehung weiterer Daten entwickeln.

Entstehungsgeschichte

Maßgebliche Begründer und ideengeschichtliche Protagonisten der *Grounded Theory* sind Anselm L. Strauss, Barney Glaser sowie J. Corbin. Diese haben seit den 1960er Jahren in unterschiedlichen Konstellationen und stellenweise konträr die Evolution der *Grounded Theory* vorangetrieben.[217] Als derzeit mit Blick auf den Elaborierungsgrad höchste Entwicklungsstufe der *Grounded Theory* sieht Strübing (Strübing 2002) die von Strauss und

[216] STRAUSS, A. L. und CORBIN, J. M.: Grounded theory. Grundlagen qualitativer Sozialforschung, Weinheim 1996, S. IX.

[217] Hierzu: KELLE, U.: Die Bedeutung theoretischen Vorwissens in der Methodologie der Grounded Theory, in: STROBL, R. & BÖTTGER, A. (Hrsg.): Wahre Geschichten? Zu Theorie und Praxis qualitativer Interviews, Baden-Baden 1996, S. 23-47.

Corbin 1996 veröffentlichte Version, die insbesondere hinsichtlich einer adäquaten Einbeziehung sowie des Umgangs mit Vorwissen des Forschers ein „tragfähiges Konzept entwickelt“ (Gücker 2007, S. 125).

Ideengeschichtlich steht die *Grounded Theory* in der Tradition von Interaktionismus sowie Pragmatismus (hierzu: Gücker 2007, S. 125 f.) und ordnet sich damit vor dem wissenschaftstheoretischen Hintergrund sozialer Wirklichkeit als Konstruktion ein. Auch wenn die *Grounded Theory* ursprünglich aus Sicht der Soziologie heraus entwickelt wurde, findet sie inzwischen in allen Bereichen qualitativ sozial empirischer Forschung Verwendung.[218]

Paradigmen der *Grounded Theory*

Diese Popularität liegt nicht zuletzt in der Flexibilität des Paradigmas begründet. Der Leitgedanke besteht in der Aufstellung gegenstandsbezogener Hypothesen, wobei die *Grounded Theory* neben dem selten erreichten Endziel einer gegenstandsbezogenen Theorie verschiedene subsidiäre Integrationsniveaus, beispielsweise eine Typenbildung oder Kategorisierung, zulässt. Explizit und im Gegensatz zu quantitativen Paradigmen wird dabei eine Theoriegenese und nicht eine Verifikation als Zielstellung gesehen (Strauss und Corbin 1996).

Wechsel zwischen Theorie und Empirie

Die Abfolge von Datenerhebung, -analyse und Theoriebildung geschieht in der *Grounded Theory* nicht linear – vielmehr stellen Datensammlung und Datenanalyse eng verwobene Prozesse dar. Dieser sogenannte *analytische Mikrozyklus* umfasst mehrere Iterationen des systematischen Erhebens, Analysierens sowie der Theorieintegration von Daten.[219]

Theoretisches Sampling

Dieser Arbeitsablauf bedingt, dass statt eines im Vorfeld der Auswertung festgelegten statischen Datensamples eine Datengrundlage i. S. eines sogenannten *Theoretical Sampling* dynamisch und in Abhängigkeit von den Zwischenergebnissen der Analyse angepasst erhoben wird (Strauss und Corbin 1996, S. 40). Der Prozess beginnt mit der Auswertung einzelner Fälle zur Aufstellung eines initialen Kategorienschemas. In weiteren Schritten erfolgt dann eine Erweiterung der Kategorien durch Untersuchung ähnlicher Fälle sowie eine Auslotung der Bandbreite beziehungsweise Sättigung einer Kategorie möglicher

[218] Bspw. GÜCKER, R.: Wie E-Learning entsteht. Untersuchung zum Wissen und Können im Beruf Medienautor/in, München 2007; WISSEN, U.: Virtuelle Landschaften zur partizipativen Planung. Optimierung von 3D-Landschaftsvisualisierungen zur Informationsvermittlung (Dissertation), Zürich 2007. Ebenso verwendet ein Großteil der in Abschnitt 1.3 als methodische Anhaltspunkte vorgestellten Untersuchungen Verfahren und Schemata der *Grounded Theory*.

[219] Ausgeführt in: LEGEWIE, H. und SCHERVIER-LEGEWIE, B.: Im Gespräch. Anselm Strauss, in: Journal für Psychologie 3 (1995), S. 64-75.

Ausprägungen durch Untersuchung kontrastierender Fälle (Glaser und Strauss 2008, S. 73). Das theoretische *Sampling* zielt auf die Erfassung relevanter Kategorien sowie einer damit verbundenen Bandbreite möglicher Merkmalsausprägungen ab.

Vergleiche und analytische Fragen

Charakteristisch für die *Grounded Theory* sind *kontrastive Vergleiche*, die der Auslotung von Bandbreite und Varianzen dienen. Über minimale und maximale Kontrastierung soll eine möglichst große Bandbreite von Einzelaspekten eines Gegenstandes abgebildet und untersucht werden. (Strauss und Corbin 1996, S. 44; Glaser und Strauss 2008, S. 48 ff.).

Kodierverfahren der *Grounded Theory*[220]

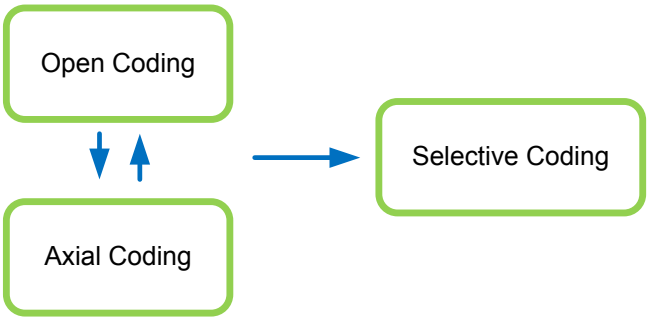


Abbildung 35 – Ablaufschema der *Grounded Theory*

Nach Strauss und Corbin beschreibt das Kodieren die Vorgehensweise, mittels derer die Daten aufgebrochen, konzeptualisiert und auf neue Art zusammengesetzt werden, um systematisch eine Theorie zu entwickeln (Strauss und Corbin 1996, S. 39 sowie S. 43). Die *Grounded Theory* kennt die drei Grundtypen des *offenen*, *axialen* und *selektiven* Kodierens. Diese bauen in der genannten Reihenfolge aufeinander auf. Es handelt sich jedoch nicht um strikt abgrenzbare Phasen (Abbildung 35). Vielmehr greifen die Grundtypen des Kodierens ineinander und sind flexibel beziehungsweise alternierend anzuwenden (Strauss und Corbin 1996, S. 40).

Offenes Kodieren

Das *offene Kodieren* hat ein Benennen und Kategorisieren der Phänomene mittels einer eingehenden Untersuchung der Daten zum Ziel (Strauss und Corbin 1996, S. 44, Tabelle 31). Dabei werden die erhobenen Daten in einzelne Teile aufgebrochen, auf Ähnlichkeiten und Unterschiede hin verglichen sowie Phänomene fragengeleitet und anhand der Daten entwickelt (Strauss und Corbin 1996, S. 44). Mittels Code-Notizen werden temporäre analytische Befunde wie Konzept- oder Kategorienamen, aber auch weiterführende Fragen als *Randnotizen* den Kodierungen hinzuzugefügt (Strauss und Corbin 1996, S. 54). Wie

[220] STRAUSS, A. L. und CORBIN, J. M.: Grounded theory. Grundlagen qualitativer Sozialforschung, Weinheim 1996, insbes. S. 39 ff.

methodisch in einem folgenden Abschnitt noch ausgeführt wird, wurde eine erste Phase des offenen Kodierens in dieser Arbeit weitgehend durch die Nutzung des bereits in Kapitel 5 mittels der qualitativen Inhaltsanalyse erstellten Kategorienschemas ersetzt. Dieses Schema bildete jedoch nur den Ausgangspunkt für weitere iterative Schritte abwechselnder offener und *axialer Kodierung*.

Arbeitsschritt	Beschreibung	Beispiel
Benennen der Phänomene bzw. Konzepte	Jede relevante Beobachtung, bzw. jeder Satz oder Abschnitt wird mit einem Code versehen	*Skizzieren eines Änderungswunsches im Gespräch, Zeigen und Erklären eines Sachverhaltes am Renderbild*
Entdecken von Kategorien	Ähnliche bzw. ein ähnliches Phänomen bzw. Konzept beschreibende Codes werden zu Kategorien zusammengefasst	*Zusammenfassung aller Konzepten, bei denen mit Bildern etwas kommuniziert werden soll*
Benennen einer Kategorie	Das Phänomen, das eine Kategorie repräsentiert, wird benannt	*Kategorie: „ikonische Kommunikation“*
Entwickeln von Kategorien in Bezug auf ihre Eigenschaften und Dimensionen	Eigenschaften (i. S. von Charakteristika oder Kennzeichen) einer Kategorie werden entwickelt, die mögliche Bandbreite (viel … wenig) dimensioniert.[221]	*Welche ikonischen Kommunikationsformen gibt es? → Zeigen am Rendering, Skizzieren von Änderungswünschen, …* *Wie häufig wird dies eingesetzt? wenig … viel*

Tabelle 31 – Schritte der *Grounded Theory – Offenes Kodieren*

Axiales Kodieren

Das *axiale Kodieren* bezeichnet einen Verfahrensschritt, bei dem Ähnlichkeiten und Unterschiede zwischen Kategorien beziehungsweise Subkategorien ermittelt und die beim *offenen Kodieren* erhobenen Daten neu zusammengesetzt und verknüpft werden (Tabelle 32).

[221] STRAUSS, A. L. und CORBIN, J. M.: Grounded theory. Grundlagen qualitativer Sozialforschung, Weinheim 1996, S. 50.

Arbeitsschritt	Beschreibung	Beispiel
Kategorien verknüpfen	Einzelne Kategorien werden mittels verknüpfender Fragen verbunden	*Warum wird ikonische Kommunikation genutzt? Was sind die Konsequenzen ikonischer Kommunikation?*
Fragegeleitete Verdichtung	Im Datenbestand wird nach Aussagen gesucht, welche die Fragen bestätigen, widerlegen, Befunde verdichten oder Variation abbilden	*Welche Aussagen zur Verständlichkeit von Informationsvermittlung werden in anderen Quellen getroffen?*
Typenbildung und -prüfung	Zusammenfassung der dimensionalen Ausprägung eines Phänomens zu Typen	*Bsp.: unterschiedliche Verwendung von bildlicher und sprachlicher Informationsvermittlung*

Tabelle 32 – Schritte der *Grounded Theory – Axiales Kodieren*

Das Paradigmatische Modell

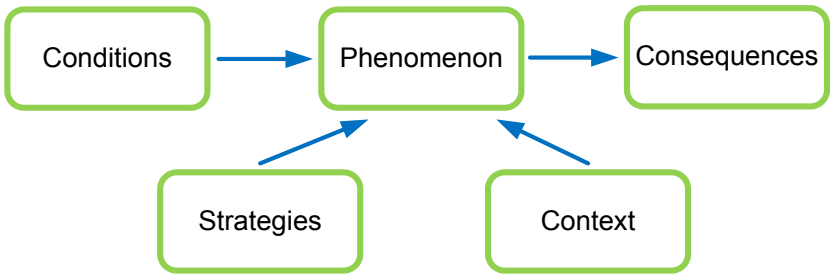


Abbildung 36 – *Paradigmatisches Modell*[222]

Ein methodisches Hilfsmittel zur Systematisierung und Verknüpfung von Kategorien bietet das sogenannte *Paradigmatische Modell* (Abbildung 36). Dieses dient als generisches Modellschema, das die Beziehungen von Kategorien, die ein Phänomen beschreiben, anhand ihrer Funktion und Zeitlichkeit in Relation setzt. Namentlich unterscheidet das Modell dabei zwischen einem Phänomen und den damit verknüpften Bedingungen, Kontexten, Handlungs- und interaktionalen Strategien sowie Konsequenzen (Strauss und Corbin 1996, S. 78 ff.).

[222] STRAUSS, A. L. und CORBIN, J. M.: Grounded theory. Grundlagen qualitativer Sozialforschung, Weinheim 1996, S. 78 ff.

Selektives Kodieren

Arbeitsschritt	Beschreibung	Beispiel
Findung der Kernkategorie	Identifikation und Benennung des Hauptproblems	*Strategien der Informationsvermittlung,* *Kernkategorie: interdisziplinäre Verständlichkeit* *<u>Dimensionale Ausprägung</u>* *Abstraktionsgrad* *niedrig … hoch* *Quellentreue* *wenig …viel* *Kommunikationsmedium ikonisch, sprachlich, …*
Gruppierung der Kategorien um die Kernkategorie mittels Paradigma	Ordnen der Kategorien durch Narration	*Bsp. (analytisches Diagramm):* *Arbeitsteilung und unterschiedliche Vorbildung bedingen eine „interdisziplinäre Verständlichkeit" der Kommunikation*
Verbindungen systematisieren und verfestigen	Findung von Typen bzw. Kombinationen	*„Interdisziplinäre Verständlichkeit"* *Wenig abstrakter, wenig quellentreuer ikonischer Kontext (bspw. Rendering)* *abstrakter, quellentreuer, ikonischer verlaufender, Kontext (bspw. Redoute)*
Entwurf der Theorie	Formulierung von Aussagen, die die Beziehungen zwischen jeder der Kategorien bezeichnen sowie Beschreibung von Kategorien und Ausprägungen	*Arbeitsteilung und unterschiedliche Vorbildung bedingen eine „interdisziplinäre Verständlichkeit" der Kommunikation, die bspw. ikonische Medien wie Renderings unter Verlust der Quellentreue unterstützen*

Tabelle 33 – Schritte der *Grounded Theory* – Selektives Kodieren

Der Arbeitsschritt des *selektiven Kodierens* umfasst zunächst die Festlegung einer Kernkategorie (Tabelle 33). Eine solche Kernkategorie bezeichnet den zentralen und alle anderen Teilaspekte umfassenden Betrachtungsgegenstand einer Untersuchung. Eine Theorieentwicklung erfolgt dabei mittels systematischer Verknüpfung der Kernkategorie mit anderen Kategorien anhand des bereits ausgeführten *Paradigmatischen-Modell*-Schemas. Eine gegenstandsbezogene *Grounded Theory* stellt eine vorrangig textuelle Beschreibung der Kategorien und Ausprägungen sowie insbesondere des Beziehungssystems zwischen den Kategorien dar (Strauss und Corbin 1996, S. 94).

6.2.4.2 Qualitätssicherung eines Grounded Theory-Vorgehens

Sowohl der Ansatz der *Grounded Theory* als auch ein qualitatives Forschungsvorgehen im Allgemeinen bieten in vieler Hinsicht Angriffsfläche für Kritik. Einen generellen Kritikpunkt an qualitativer Forschung stellt die Subjektivität von Argumentationsketten sowie Forschungsentscheidungen dar (vgl. auch Kapitel 8). In der Literatur findet sich eine ganze Reihe von Vorgehensweisen zum Umgang mit derartigen Phänomenen. Mit Blick auf die vorliegende Arbeit sind insbesondere die Dokumentation und schlüssige Nachvollziehbarkeit

einer derartigen Argumentationskette wichtig (Yin 2003, S. 91 ff.). Dies soll einerseits durch die Untersetzung von Argumentationen durch Zitate ermöglicht werden. Zudem scheint sowohl bei einer Beschreibung von Phänomenen als auch bei einer Dokumentation von Handlungsempfehlungen relevant, die Häufigkeit derartiger Phänomene aufzuführen, um eine Verallgemeinerbarkeit und Übertragbarkeit derartiger Befunde abschätzbar zu machen.

Speziell mit Blick auf diesen Kritikpunkt stellen Strauss und Corbin verschiedene Qualitätskriterien sowohl für den Forschungsprozess als auch für die gegenstandsverankerte Datenexploration der *Grounded Theory* auf (Strauss und Corbin 1996, S. 214 ff.; Lampert 2005, S. 522). Strauss und Corbin beschreiben eine Reihe von Anforderungen an das methodische Vorgehen der *Grounded-Theory*-Analyse.

Kriterium 1: Auswahl und Begründung der Hauptstichprobe
Kriterium 2: Entwicklung und Kontext der Hauptkategorien
Kriterium 3: Grundlage eines *Theoretical Sampling*
Kriterium 4: Darlegung von Arbeitshypothesen
Kriterium 5: Auswahl der Kernkategorie

Tabelle 34 – Qualitätskriterien eines *Grounded-Theory*-Forschungsprozesses[223]

Mit Blick auf die in Tabelle 34 ausgeführten Kriterien wurde eine Auswahl der Hauptstichprobe bereits in Abschnitt 6.2.2 dieses Untersuchungsteils vorgestellt. Eine Darlegung der Kernkategorie sowie eines *Sampling*-Vorgehens erfolgt im Absatz 6.2.4.3 und eine Aufstellung und Betrachtung von aus dem Material entwickelten Arbeitshypothesen im Zuge einer Darlegung der Forschungsbefunde in den Abschnitten 6.3 und 6.4. Die in Tabelle 35 vorgestellten weiteren Kriterien thematisieren zudem die empirische Verankerung von theoretischen Konzepten in einer *Grounded-Theory*-Untersuchung. Diese Kriterien bildeten in der vorliegenden Untersuchung leitende Elemente einer Exploration des Datenbestandes und einer noch folgenden Theoriedarlegung.

Kriterium 1: Genese der Konzepte im Sinne der *Grounded Theory*
Kriterium 2: Systematische Verknüpfung von Konzepten
Kriterium 3: Konzeptuelle Dichte und gute Entwicklung der Kategorien
Kriterium 4: Darlegung einer Bandbreite von Phänomenen und Hypothesen
Kriterium 5: Erklärung von Randbedingungen
Kriterium 6: Beachtung der Prozessaspekte
Kriterium 7: Signifikanz der Ergebnisse

Tabelle 35 – Kriterien einer empirischen Verankerung[224]

6.2.4.3 Heuristischer Bezugsrahmen der Untersuchung

Neben dem grundsätzlichen methodischen Problem eines potenziell subjektiven qualitativen Vorgehens bildete einen wesentlichen Kritikpunkt an der ursprünglichen Grounded Theory nach Glaser und Strauss deren Versuch, den Startpunkt derartiger Forschung als *Tabula rasa*

[223] In Anlehnung an: GLASER, B. G. und STRAUSS, A. L.: Grounded theory. Strategien qualitativer Forschung, Bern 2008, S. 217.

[224] In Anlehnung an: ebd., S. 218 ff.

zu betrachten (Glaser und Strauss 2008). Diese Kritik war auch einer der wesentlichen Gründe für die Herausbildung verschiedener Stilrichtungen innerhalb der *Grounded Theory*. Während der 1990 veröffentlichte Ansatz von Strauss und Corbin (Strauss und Corbin 1996) von einer Einbeziehung von Vorwissen des Forschers spricht, verfolgt der als Replik dazu von Glaser 1992 (Glaser 1992) vorgestellte Ansatz eines *Grounded-Theory*-Arbeitsvorgehens das ursprüngliche Ideal einer Ausblendung von Vorwissen und externen Einflüssen für die Entwicklung einer *Grounded Theory*. Jedoch nehmen auch Strauss und Corbin in ihren Ausführungen nicht direkt Stellung zur Integration von existierenden Theorien. Vielmehr beschränken sich Empfehlungen auf die forschungsbegleitende Nutzung von Fachliteratur (Strauss und Corbin 1996, S. 31 ff.). Diese werden zusammen mit Erfahrungen des Forschers als zu integrierendes Vorwissen aggregiert (Lampert 2005).

Die Kombination aus *Heuristischem Bezugsrahmen* und *Grounded Theory*

Gerade vor dem Hintergrund komplexer Phänomene birgt eine mangelnde Fokussierung des Untersuchungsinteresses durch ein rahmendes Vorwissen die Gefahren entweder mit Blick auf die gestellten Untersuchungsfragen nur bedingt relevanter Befunde oder einer überbordenden Untersuchungskomplexität. Einen Ansatz für die vorgeschaltete Fokussierung des Forschungsinteresses bietet beispielsweise das Konzept des *Heuristischen Bezugsrahmens*.[225] Als Vorwissen im Sinne von *heuristic devices* können Theorien mit „geringem empirischen Gehalt“[226] ebenso wie solche mit allgemeiner Verständlichkeit einbezogen werden.[227] Diese stellen dann initiales ein Kategorienschema für eine folgende *Grounded-Theory*-Untersuchung bereit. Wie bereits zu Beginn dieser Arbeit in Abschnitt 1.3 aufgezeigt, nutzt eine ganze Reihe von Untersuchungen zu verwandten Themenstellungen eine derartige methodische Kombination als Untersuchungsinstrument. Eine ausführliche Diskussion zu Einsatz und Kombination qualitativer Methoden zur Analyse von Wissensintegrationsphänomen im Kontext von Arbeitsprozessen liefert beispielsweise Lembke (Lembke 2005). Vor dem Hintergrund der bereits aufgeführten Kritikpunkte an der *Grounded Theory* schlägt Lembke ein kombiniertes Verfahren vor, nach dem eine empirische Theorieentwicklung induktiv anhand eines vorher entwickelten *Heuristischen*

[225] Hierzu auch: KUBICEK, H.: Heuristische Bezugsrahmen und heuristisch angelegte Forschungsdesigns als Element einer Konstruktionsstrategie empirischer Forschung, in: KÖHLER, R. (Hrsg.): Empirische und handlungstheoretische Forschungskonzeptionen in der Betriebswirtschaftslehre, Stuttgart 1977, S. 3-36.

[226] Als Beispiel für eine Theorie mit „geringem empirischen Gehalt“ führt Kelle die *Rational Choice Theory* (vgl. Abs. 3.3.5.1) auf, die ohne Vorannahmen bzw. „auxiliary assumptions“ keinen empirischen Inhalt aufweist. Als Gegenbeispiel einer Theorie hohen empirischen Gehalts führt Kelle die Annahme „bessere[r] Chancen von Kindern aus der Mittelschicht gegenüber Arbeiterkindern auf ein Universitätsstudium“ auf. Diese letztgenannte Annahme ist einfach operationalisierbar und empirisch messbar. Aus: KELLE, U.: The Developement of Categories Different Approaches in Grounded Theory, in: BRYANT, A. & CHARMAZ, K. (Hrsg.): The SAGE Handbook of Grounded Theory, 2010, S. 191-213, S. 207 sowie S. 209.

[227] Beispiele für derartige allgemein verständliche *Common sense*-Kategorien stellen „Arbeit“ oder „Schule“ dar. Vgl.: ebd., S. 210.

Bezugsrahmens erfolgt (Lembke 2005). Eine ähnliche Methodenkombination verwenden Kirchhof für seine Untersuchung informellen Lernens (Kirchhof 2007) oder Hilligoss und Rieh (Hilligoss und Rieh 2008) zur Untersuchung von *Wertschätzung*.

In Anlehnung an diese methodischen Ansätze dient auch in der vorliegenden Untersuchung ein Bezugsrahmen einer der *Grounded-Theory*-Analyse vorgelagerten Strukturierung des Untersuchungsgegenstands sowie zur Identifikation relevanter Untersuchungsaspekte. Mit Blick auf die zu Beginn dieses Kapitels ausgeführten Untersuchungsfragen soll ein derartiger theoretischer Rahmen in einem ersten Untersuchungsschwerpunkt die Identifikation und Skizzierung von Phasen und Brüche eines zeitlichen Projektverlaufes unterstützen. In einem zweiten Schwerpunkt sollen dann Einflussgrößen, Phänomene sowie Strategien innerhalb von 3D-Rekonstruktionsvorhaben Betrachtung finden.

Theoretischer Rahmen: Projektphasen

Wie bereits ausgeführt, wurde mit Ausnahme des vom Autor als 3D-Modelleur bearbeiteten Projektes P4 keines der Projekte über die gesamte Projektlänge begleitet. Entsprechend ist eine Rekonstruktion von Projektphasen nur anhand von Überresten des Modellierungsprozesses sowie Aussagen der Beteiligten möglich. Im Zuge der Betrachtung theoretischer Zugänge (vgl. Abschn. 3.3.1) wurde bereits postuliert, dass 3D-Rekonstruktionen im Kontext von Projekten als Form temporärer Arbeitsorganisation stattfinden. Dabei weisen Projektabläufe eine Reihe von charakteristischen Phasen auf. Diese Phasen sind auch für akademische Projekte relevant, wenngleich Schrittfolgen dort je nach Projekt mitunter variieren (Schophaus, Dienel et al. 2003, S. 27).

Insbesondere mit Blick auf Brüche und Zäsuren eines Arbeitsflusses wird das soziologische Konzept des *Arc of Work* interessant. Ein wesentliches Instrument ist dabei die induktive Ermittlung von Phasen als „formalen Brüchen“ eines Arbeitsablaufs. Derartige Brüche können zum einen geplante Zäsuren wie Meilensteine und Arbeitspakete sein, zum anderen sind aber auch ungeplante Zäsuren zu erwarten, beispielsweise aufgrund personeller Veränderungen. Ebenso interessant scheint die Frage, ob ein tatsächlicher Projektablauf mit der vorherigen Planung übereinstimmt. Es wird angenommen, dass eventuelle Abweichungen, wie in Abschnitt 3.3.1 vermutet, daraus resultieren dass notwendige Schritte zur Zielerreichung und erreichbare Ergebnisqualitäten bei Rekonstruktionsprojekten nicht von Anfang an überschaubar sind, sondern erst im Zuge der Projektbearbeitung entwickelt und sichtbar werden.

Mit Blick auf die in Abschnitt 3.4 ausgeführten Prozessmodelle des jeweiligen fachwissenschaftlichen Vorgehens scheint zudem interessant, ob und inwieweit sich diese Abfolgen in einem kooperativen und interdisziplinären Arbeitsprozess widerspiegeln. Nicht zuletzt ist damit auch das Interesse verbunden, in der Praxis bewährte Strategien und Vorgehensweisen zu identifizieren und zu dokumentieren.

Theoretischer Rahmen: Phänomene einer 3D-Rekonstruktion

Kooperation	3D-Modellerstellung	Ergebnisqualitäten	Verwendungskontext
Team	**Quellen**	**Design**	**Einsatzzweck**
Teamgröße	Historische Quellen	Realismus	Lehre und
Teamstruktur	Zeitgenössische Quellen	Dynamik	Veranschaulichung
	Logische „Quellen“		Forschung
Projekt		**Interaktion**	Dokumentation
Projektstruktur	**Modellierung**	Interaktionsgestaltung	
	Semi-Automatisch		**Ausgabe**
Zusammenarbeit	Prozedurale Modellierung	**Informationsintegration**	Webanwendung
Wissensvermittlung	Manuelle Modellierung	Hypertext	Bilder und Animationen
Arbeitsteilung		Metadaten	Museumsinstallation
Entscheidungsprozesse	**Qualität**	Kodierung im Bild	
	Interpolation		
	Richtlinien		
	Kontrolle		

Tabelle 36 – Kategorienschema anhand der qualitativen Literaturanalyse[228]

Neben einer derartigen Untersuchung von Projektphasen stellen im Kontext einer 3D-Rekonstruktion auftretende Phänomene einen Betrachtungsschwerpunkt dar. Grundlegend wurde dazu im Zuge der Untersuchung von publizierten Darstellungen von 3D-Rekonstruktionsvorhaben mittels einer induktiven qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring im vorigen Kapitel das in Tabelle 36 vorgestellte Kategorienschema entwickelt. Es liefert – wie von Mayring (Mayring 2008, S. 76) vorgeschlagen – den theoretischen Bezugsrahmen und Ausgangspunkt für die Untersuchung der Fallbeispiele.

Entwicklung der Hauptkategorien

Aus diesem Bezugsrahmen leitete sich auch eine Ausgangshypothese für die Entwicklung der Hauptkategorien ab. Diese erfolgte dabei induktiv und in mehreren Etappen während des gesamten Untersuchungsverlaufs. Leitlinien einer Entwicklung beziehungsweise Zuordnung bildeten das bereits in Absatz 6.2.4.1 ausgeführte *Paradigmatische Modell* sowie die ebenfalls von Strauss und Corbin vorgeschlagene Bedingungsmatrix (Strauss und Corbin 1996, S. 133 ff.) als Modifikation des Modells. Als Arbeitshypothese diente das in Tabelle 37 vorgestellte Schema.

	Beschreibung	Zeit	Gestaltbar?
Phänomen	Beschreibung der im Zentrum des Interesses liegenden Handlung sowie deren Merkmale	Gleich	Durch Strategien
Bedingungen	Motivationen sowie Ursachen einer Handlung	Davor	Nein
Kontext	Umgebungsbedingungen einer Handlung	Gleich	Nein
Strategie	Gestaltungsansätze einer Handlung	Gleich	Ja
Konsequenz	Resultate bzw. Ergebnisse einer Handlung	Danach	Nein

Tabelle 37 – Arbeitsschema: *Paradigmatisches Modell*

[228] Siehe Kapitel 4.

Eine Zuordnung der jeweiligen Hauptkategorien war dabei nicht in jedem Fall trennscharf möglich und insbesondere eine Unterscheidung zwischen ursächlichen beziehungsweise intervenierenden Bedingungen und Kontexten einer Handlung wird von Strauss und Corbin nur unscharf vorgenommen. Als diesbezügliche Arbeitshypothese bezeichnen *Bedingungen* in dieser Arbeit zeitlich bereits vor einer Handlung liegende Motive und Ursachen, während der *Kontext* für die im Gegensatz zu einer Strategie nicht gestaltbaren Einflussfaktoren eines Prozesses steht. Dabei blieb eine Zuordnung anhand des gewählten Schemas zumindest für einige der zentralen Kategorien unscharf. Beispielsweise bilden Ressourcen zwar einerseits einen unveränderlichen Rahmen für eine Handlung, sind jedoch über Akquise-Strategien für neue Mittel in einigen Fällen veränderbar.

Entwicklung einer Kernkategorie

Eine Kernkategorie stellte dabei mit Blick auf die aufgeworfene Forschungsfrage die „Kooperative 3D-Modellerstellung“ dar. Auch diese Kernfrage entwickelte sich erst im Laufe der Untersuchung und bildete den „roten Faden einer Geschichte“ (Strauss und Corbin 1996, S. 98f.) beziehungsweise war mit Blick auf die beleuchteten Praxisbeispiele das Phänomen, dem die größte Aufmerksamkeit der in den Projekten Handelnden gewidmet war. Dies überraschte nicht zuletzt vor dem Hintergrund, dass das Modell – wie noch in Absatz 6.4.6.1 ausgeführt wird – im Gegensatz zu visuellen Darstellungen weder als Motiv noch als Ergebnis eines Rekonstruktionsprozesses eine große Bedeutung besitzt.

Theoretical Sampling

Wie bereits in Abschnitt 6.1 ausgeführt, war eine theoriegeleitete Auswahl von Projekten aufgrund der nur geringen Zahl für eine Untersuchung nutzbarer Projekte nur eingeschränkt möglich. Die untersuchungsleitende Idee des *Samplings* war, sowohl Projekte zu untersuchen, in denen die Beteiligten noch keine Vorerfahrung bei der Bearbeitung derartiger Themenstellung besaßen, als auch Projekte mit derartiger Vorerfahrung der Beteiligten. Neben diesen Erwägungen hinsichtlich der Auswahl von Fallbeispielen stellt sich mit Blick auf das *Sampling* zudem die Frage, welche Daten zur Untersuchung eines Fallbeispiels erhoben oder herangezogen werden. Priorität hatte die Intention, in allen Projekten insbesondere für das Vorhaben wesentliche Projektmitarbeiter aus allen beteiligten Disziplinen zu befragen. Zudem sollte anhand praktischer Beobachtungen des Prozesses untersucht werden, inwieweit sich die geschilderten Phänomene in der praktischen Arbeit widerspiegelten. Dabei waren einige der untersuchten Projekte zum Untersuchungszeitpunkt bereits beendet beziehungsweise zu Teilen abgeschlossen, so dass eine derartige Beobachtung nur für die Projekte P1 und P4 möglich war. Ebenso war in den untersuchten Projekten P1, P2 und P3 ein Zugriff insbesondere auf bereits ausgeschiedene Beteiligte nur noch bedingt möglich. Hinsichtlich der Abfolge von Datenerhebungs- und Auswertungsschritten erfolgte eine initiale Untersuchung anhand der Beobachtungen und Interviews des Projektes P1. Bereits vor dem Hintergrund erster diesbezüglicher Auswertungsresultate wurden Interviews und Befragungen im Kontext von Projekt P2

durchgeführt. In beiden Fällen wurden Fragen, welche von den Projektbearbeitern nicht zu beantworten waren, zudem den Projektleitern gestellt. Da eine ganze Reihe der geschilderten Phänomene der Kooperation in diesen Projektteams einer möglicherweise fehlenden Vorerfahrung zuzuschreiben sind, wurde in einem nächsten Schritt das Projekt P3 als Vorhaben von Beteiligten mit umfassender Vorerfahrung herangezogen. Dieses wurde zunächst nur anhand eines ausführlichen Projektberichtes betrachtet, die sich dabei ergebenden Lücken und Fragen bei zwei Gesprächs- beziehungsweise Interviewterminen mit der Modellierungsleiterin besprochen. Bei diesem Projekt war ein Gespräch weder mit dem – inzwischen leider verstorbenen – Projektleiter, noch aufgrund sprachlicher Barrieren mit den geschichtswissenschaftlichen Bearbeitern möglich. Das Projekt P4, das unter Beteiligung des Autors durchgeführt wurde, diente abschließend dazu, konkrete Projektabläufe eines Projektes von Beteiligten mit Vorerfahrung zu beobachten.

Identifikation von Handlungsempfehlungen

Mit Blick auf die ausgeführte Unterscheidung zwischen *Good Ideas*, *Good Practice* und *Best Practice* (Vgl. Abs. 3.3.4.2) lassen das kleine Untersuchungssample und eine breite Fokussierung dieser Arbeit keine generalisierenden Aussagen oder Bewertungen im Sinne von branchenübergreifender *Best Practice* zu. Hingegen decken sich die zur Erhebung vorgeschlagenen Methoden einer vergleichenden Untersuchung und Reduktion auf einzelne Kennziffern beziehungsweise Variablen (O'Dell und Grayson 1998, S. 172) zumindest in den Grundzügen mit Methoden und Vorgehen der *Grounded Theory*. Da in keinem der untersuchten Beispiele *Good Practices* systematisch erhoben oder transferiert wurden, bildeten zum Teil ex post getroffene qualitative Einschätzungen zum Erfolg von Strategien und Methoden die Grundlage für die Bewertung. Wenn im Folgenden vor dem Hintergrund der empirischen Befunde von *Good Practices* gesprochen wird, so fußt eine derartige Bewertung auf qualitativen Daten und nicht auf quantifizierenden Benchmarks (O'Dell und Grayson 1998, S. 169 f.). Entsprechend soll in der empirischen Untersuchung weder von *Good-* noch von *Best Practice* die Rede sein. Identifiziert und dargelegt werden diese vielmehr als *Handlungsempfehlungen*.

6.2.4.4 Zusammenfassung

Eine Untersuchung der Fallbeispiele soll einerseits mit Blick auf zeitliche Abläufe des Rekonstruktionsprozesses, andererseits hinsichtlich der mit einem Rekonstruktionsprozess verbundenen Phänomene erfolgen. Bereits ausgeführt wurde, dass ein Erkenntnisinteresse dieser Untersuchung neben einer verhaltens- und handlungsorientierten Perspektive (vgl. von Rosenstiel, Molt et al. 2005, S. 83) und dem damit verbundenen Blick auf Elemente und Abläufe des Rekonstruktionsprozesses auf einer Untersuchung damit verbundener Kooperation und sozialer Interaktion liegt (vgl. auch Strauss 1985, S. 11).

Methodische Erwägungen

Kerngedanke der methodischen Überlegung war, dass eine Untersuchung der Fallbeispiele an die bereits absolvierten Untersuchungsschritte anknüpft. Somit erscheint die in der ursprünglichen Lesart der *Grounded Theory* geforderte Unvoreingenommenheit des Forschers (vgl. Abs. 6.2.4.2) weder möglich noch sinnvoll. Andererseits gründet ein Untersuchungsinteresse dieser Arbeit gerade darin, den Gegenstand in seiner Komplexität zu durchdringen. Als untersuchungsleitendes Paradigma bietet sich daher die von Kelle (Kelle 2010, S. 207 ff.) vorgeschlagene Kombination aus *Grounded Theory* und einem theoretischen beziehungsweise *Heuristischen Bezugsrahmen* an. Der Bezugsrahmen orientiert sich an den in einer theoretischen Betrachtung dargelegten Arbeitsprozessmodellen (Vgl. Abschn. 3.4) ebenso wie an dem im Zuge der qualitativen Literaturanalyse mittels induktiver, qualitativer Inhaltsanalyse aufgestellten Kategorienschema (vgl. Kap. 5 sowie Abs. 6.2.4.3). Mayring (Mayring 2008, S. 76) schlägt die Nutzung eines solchen inhaltsanalytisch aufgestellten Kategorienschemas als theoretischer Bezugsrahmen und Substitut einer ersten Stufe des *Offenen Kodierens* explizit vor.

Sicherung der Untersuchungsqualität

Sowohl Glaser als auch Strauss und Corbin (Strauss und Corbin 1996, S. 25 ff.) bringen berechtigte Bedenken hinsichtlich einer unvoreingenommenen Untersuchung und *Theoretischen Sensibilität* bei einem allzu intensiven Bezug auf bestehende und entwickelte Theorien und Konzepte vor. Eine mit Blick auf die Untersuchungsqualität wesentliche Randbedingung besteht daher darin, dass ein theoretischer Bezugsrahmen nur den Ausgangspunkt und keine Determinante der Forschung bildet. Mit Blick auf die Anforderung einer schlüssigen Nachvollziehbarkeit von Argumentationsketten sollen Ausführungen weitest möglich durch Zitate belegt werden. Ebenso erfolgte eine durch Yin geforderte dauerhafte Dokumentation und Zusammenführung aller relevanten Quelldaten und Prozessartefakte in einer QDA-Datenbank (Yin 2003, S. 91 ff.).

S 1…4	Handlungsempfehlungen bzw. Strategien	Nach Ansicht der Beteiligten bewährte Strategien mit Angabe zur Zahl der damit in Verbindung stehenden Projekte
B 1…4	Phänomene bzw. Befunde	Phänomene mit Angabe zur Zahl der damit in Verbindung stehenden Projekte

Tabelle 38 – Kodierschema: Phänomene und Handlungsempfehlungen

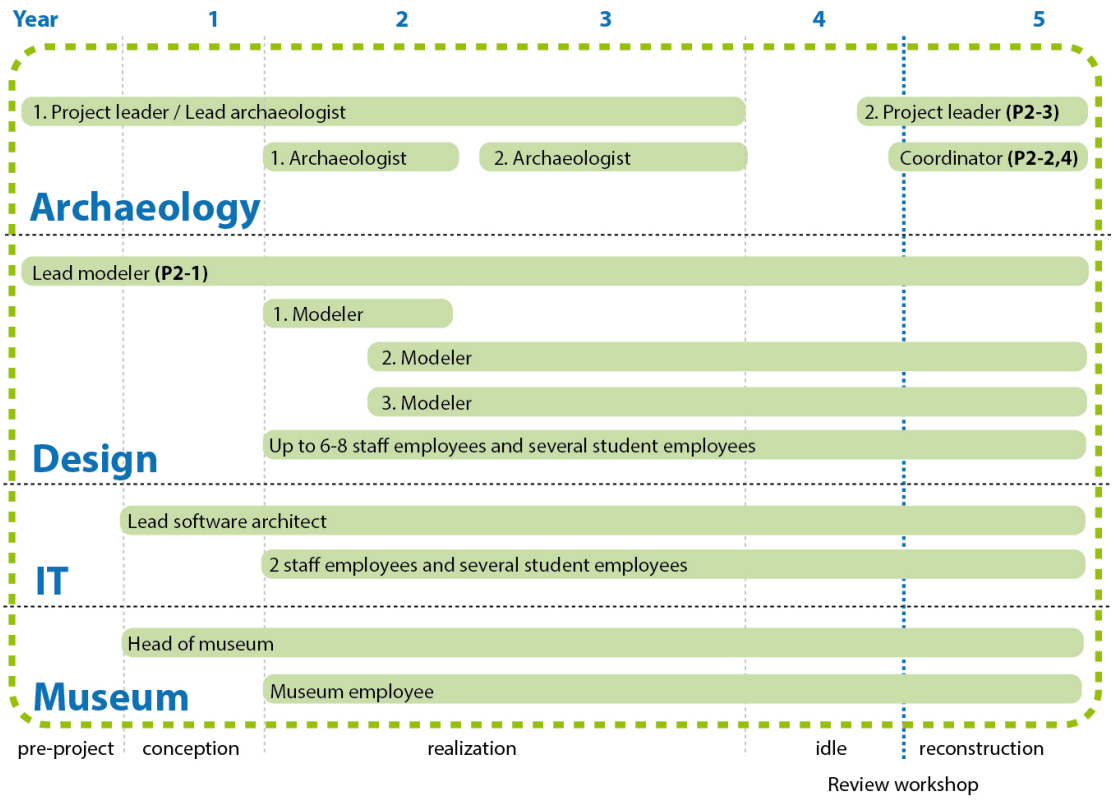
Wie in Tabelle 38 dargestellt, werden identifizierte Phänomene und Handlungsempfehlungen im Text zudem mit Angaben zur Anzahl der damit in Verbindung stehenden Projekte versehen. In der überwiegenden Zahl der Fälle werden Phänomene und Handlungsempfehlungen nur von jeweils einem Projektmitarbeiter benannt. Daher wurde im Text gesondert vermerkt, wenn derartige Aussagen von mehreren Projektbeteiligten getroffen wurden. Ebenso werden diesbezüglich widersprüchliche Aussagen vermerkt und dargelegt.

Nachdem in diesem Abschnitt sowohl das Untersuchungssample als auch die Untersuchungsmethodik aufgezeigt wurden, stellen die folgenden Abschnitte die Befunde der Untersuchung vor. Die Darstellung thematisiert zunächst Befunde zu Phasen und Prozessabläufen der untersuchten Vorhaben, während Abschnitt 6.4 Einflussfaktoren und Phänomene eines 3D-Rekonstruktionsprozesses im Sinne des in Absatz 6.2.4.1 vorgestellten *Paradigmatischen Modells* der *Grounded Theory* beleuchtet. Damit verbunden werden in beiden Abschnitten für die jeweiligen Themenstellungen relevante Strategien und Handlungsempfehlungen vorgestellt.

6.3 Befunde: Projektphasen

6.3.1 Empirische Befunde: Projektphasen und Zäsuren

Projekt P2



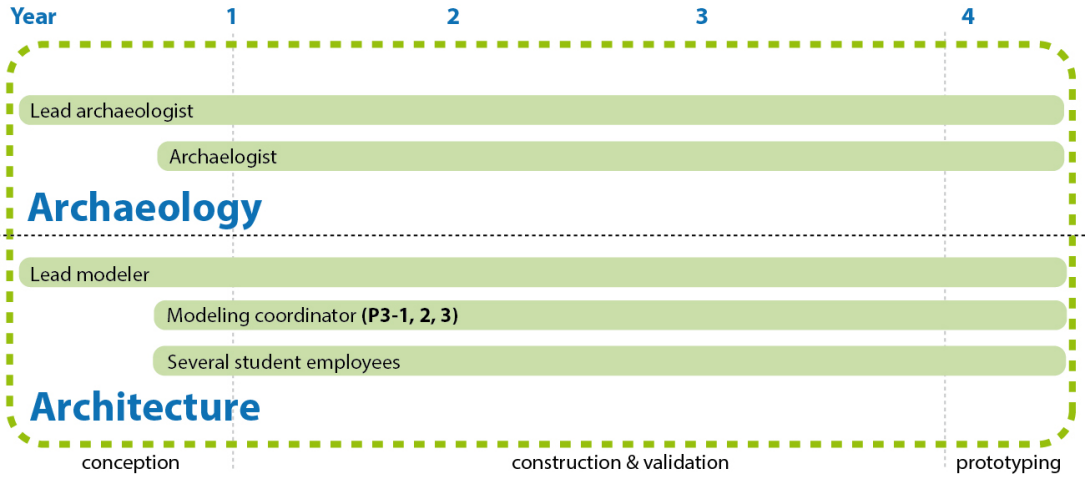
Projekt P4

Abbildung 37 – Projektabläufe und Projektbeteiligte P2 & P4 (schematisch)

In einer Selbstdarstellung grenzen alle beobachteten Projekte unterschiedliche Phasen gegeneinander ab. Eine Unterteilung findet beispielsweise anhand von Arbeitsschritten, Modellumfang, charakteristischen Projektphasen, aber auch mit Blick auf Zäsuren statt. Um eine diesbezügliche Übersicht zu zeitlichen Abläufen und an den Projektvorhaben beteiligten Personen zu geben, stellen Abbildung 37 und Abbildung 38 anhand der erhobenen Daten die Struktur der untersuchten Projekte schematisch dar. Dabei werden in den abgebildeten

Diagrammen sowohl die beteiligten Institutionen und die aus diesen Institutionen am Vorhaben beteiligten Mitarbeiter als auch die jeweiligen Projektlaufzeiten und die durch die Projektbeteiligten angegebenen Phasen sowie gegebenenfalls Zäsuren vorgestellt.

Projekt P3



Projekt P1

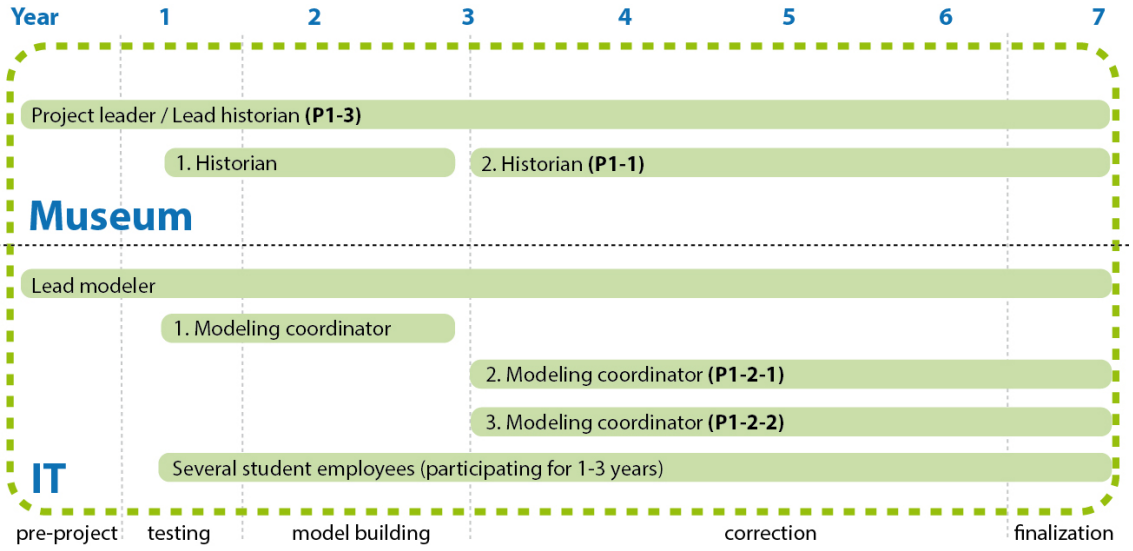


Abbildung 38 – Projektabläufe und Projektbeteiligte P1 & P3 (schematisch)

6.3.2 Empirische Befunde: Allgemeines Ablaufmodell

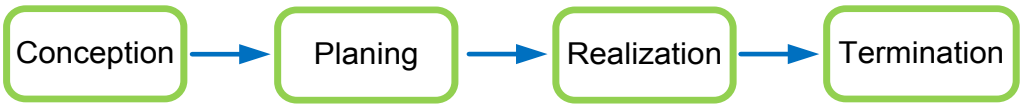


Abbildung 39 – Allgemeines Projektablaufschema[229]

Im Folgenden wird anhand der empirischen Befunde ein allgemeines Ablaufmodell entwickelt und vorgestellt. Bereits im vorherigen Abschnitt wurden die diesbezüglich in einer Datenbasis für jedes Projekt unterschiedlichen Angaben zu Phasen und Zäsuren ausgeführt. Projektübergreifend spiegeln die Befunde jedoch eine Reihe charakteristischer Phasen wider, die im Folgenden in Anlehnung an das im Zuge einer theoretischen Darlegung in Absatz 3.4.1.2 ausgeführte und in Abbildung 39 dargestellte generische Modell als Projektkonzeption (Abs. 6.3.2.1), Projektstart (Abs. 6.3.2.2), Projektrealisierung (Abs. 6.3.2.3) und Projektabschluss (Abs. 6.3.2.4) benannt werden.

6.3.2.1 Konzeptionsphase

Dem Projektbeginn ging in allen untersuchten Projekten eine Konzeptionsphase voraus. Ausgehend von einer initialen Vorstellung eines oder mehrerer der Beteiligten bildeten sich in dieser Phase Partnerkonstellationen und Vorstellungen zum Rekonstruktionsobjekt oder zum Format heraus. Es wurden zudem Erfahrungen mittels Vorprojekten aufgebaut und eine Finanzierung angestrebt.

Initial

Am Beginn der untersuchten Vorhaben stand zumeist eine Vision hinsichtlich der Darstellung bestimmter Artefakte wie beispielsweise Schlossbau, Kirche oder Grabanlage. Nur in einem der Projekte stellte der Wunsch nach einem gemeinsamen Kooperationsprojekt zwischen Hochschulen das initiale Motiv dar, wobei bereits am Anfang die historische Stadt als ein mögliches Betätigungsfeld gesehen wurde. In allen Projekten war darüber hinaus zumindest eine grobe Vorstellung und Information zu vergleichbaren 3D-Rekonstruktionsprojekte und deren Qualitäten vorhanden.[230]

➔ *B4: Bereits vor Projektbeginn war zumindest eine grobe Vorstellung zu anderen Projekten vorhanden.*

[229] Nach: MEREDITH, J. R. und MANTEL JR., S. J.: Project Management. A Managerial Approach, New York 2000, aus: HAVILA, V., MEDLIN, C. J. und SALMI, A.: Project-ending competence in premature project closures, in: International Journal of Project Management 31 (2013), S. 90-99, S. 91.

[230] Siehe auch Abs. 6.4.2.1.

Konzeptionsvorgehen

In Projekt P2 wurden bereits in einem frühen Konzeptionsstadium die Anforderungen der anvisierten Förderausschreibung einbezogen und daran Schritte wie die Partnersuche und die Konturierung angestrebter Ergebnisqualitäten ausgerichtet. Dagegen wurde bei P4 ein an der bereits im Vorfeld feststehenden Aufgabenstellung orientiertes Budget ausgehandelt. Beim Projekt P1 fand eine Finanzierung aus dem internen Budget der federführenden Institution statt.

➔ *S3: Das Projekt bereits frühzeitig an Budgets und Anforderungen der anvisierten Finanzierung ausrichten*

Vorprojekte

Bei allen größeren Projekten wurde im Vorfeld ein vergleichsweise kleines Vorprojekt durchgeführt (P1, P2, P3). Dies stellte im Fall von P1 und P2 ein eigenständiges Vorhaben dar, aus dem heraus letztlich auch die Idee zum hier untersuchten, größeren Vorhaben entstand. Im Fall von P3 war ein derartiges Vorprojekt als Machbarkeitsstudie zur Aufwandsabschätzung sowie zur Kooperationsentwicklung bereits von vornherein im Projektablauf eingeplant.

Partner

In allen untersuchten Fällen handelte es sich um Kooperationsprojekte, bei denen unterschiedliche Institutionen beziehungsweise Kompetenzträger zusammenwirkten. Dabei hatten die Projektinitiatoren bereits im Vorfeld ausnahmslos eine zumindest grobe Vorstellung, welche Kompetenzen beziehungsweise Eigenschaften für das Projekt benötigt werden, und suchten nach entsprechenden Partnern. Hinsichtlich des zeitlichen Ablaufs der Partnerfindung existierte in allen untersuchten Projekten ein Gründungskonsortium, in dem je ein geschichtswissenschaftlicher und (modellierungs-)technischer Partner vertreten war. Diese Partner waren sich bereits vor Projektbeginn bekannt und initiierten die Projektkonzeption zumeist gemeinsam.[231]

➔ *B3: Zumeist waren bereits in der Initialphase Kernkonsortium und Inhalt bekannt.*
➔ *B4: Eine Initialisierung der Projekte erfolgt durch Machtpromotoren.*

Neben diesem Kernteam wurden bei den Projekten P1 und P2 zumeist im Laufe der Projektkonzeption, teilweise jedoch erst während der Projektlaufzeit, weitere Partner

[231] Beispielsweise war im Vorfeld des Projektes P2 der spätere Leiter der Modellierung an den Leiter des archäologischen Institutes mit dem Vorschlag eines gemeinsamen Projektes herangetreten. Hierzu der leitende Modelleur: „[…] wir haben ja hier […] das archäologische Institut und dann hab ich dem [Institutsleiter, Umschreibung S. M.] eine Mail geschrieben und angefragt, ob er Lust hätte, mit uns zu kooperieren und er war da sehr aufgeschlossen und […] fand das gut und wir haben uns dann zu einem Treffen vereinbart und haben […] [aus] verschiedene[n] Themenbereiche[n] dann [das Vorprojekt, Umschreibung S. M.] ausgewählt […].“, P2-1:1, ähnlich dargestellt bei: P2-2:77.

herangezogen. Eine diesbezügliche Initiative ging dabei in den meisten Fällen vom Gründungskonsortium aus. Nur im Fall von P2 erfolgte die Einbeziehung eines Ausstellungspartners auf Anforderung des Fördergebers. Motivation für die Anwerbung weiterer Institutionen war zumeist die für die konkrete Projektbearbeitung benötigte Kompetenz des künftigen Partners. Bemerkenswert scheint, dass neben einer zielgerichteten Recherche potenziell geeigneter Partner in vielen Fällen persönliche Kontakte Initial einer solchen Anfrage darstellten. Eine wesentliche Rolle für solche Kontaktanbahnungen spielten in den untersuchten Projekten eher zufällig im Rahmen wissenschaftlicher Symposien oder Podien entstandene Bekanntschaften.[232] Nicht zuletzt vor dem Hintergrund derartiger persönlicher Horizonte wird in den Fällen von P1 und P2 darauf verwiesen, dass potenziell relevante Partner aufgrund fehlender Kenntnis über deren Notwendigkeit, aber auch aufgrund fehlender Kontakte nicht oder erst in späteren Phasen einbezogen wurden.[233]

Die Formulierung des Projektes

Den Abschluss der Konzeptionsphase bildet die Formulierung beziehungsweise Konzepterstellung des Projektes. Ein solches Konzept beschreibt das erwartete Ergebnis und enthält eine Kalkulation sowie Informationen zur geplanten Verwendung der Ergebnisse. Es diente bei den Projekten P3 sowie vermutlich auch P2 einer Beantragung von Fördermitteln[234] sowie als Arbeitsgrundlage für die Projektpartner. Die vor Konzepteinreichung erfolgte Grobplanung erwies sich häufig als nur bedingt praxistauglich. Dies resultiert einerseits vermutlich daraus, dass im Rahmen der Beantragung die Erfolgschancen nicht absehbar sind und somit nur begrenzte Zeit in eine Planung investiert

[232] Als Beispiel: Für die Realisierung des interaktiven Anwendungsprototyps wurde durch den späteren Modellierungsleiter des Projektes P2 ein Partner im Bereich Informatik gesucht. Angefragt wurden aufgrund persönlicher Kontakte zuerst der Fachbereich Informatik an der eigenen Hochschule, später im Nachgang einer Vortragsveranstaltung ein Forschungsinstitut und in Folge von Recherchen dann der letztlich einbezogene Projektpartner. Im Wortlaut: „[…] mein erster Kontakt […] [erfolgte] zum [auswärtigen Forschungsinstitut, Umschreibung S. M.] […]. [Nachdem eine Kooperation nicht zu Stande gekommen war, Anm. S. M.] […] hab ich weiterrecherchiert und […] bin auf [ein Visualisierungsprojekt, Umschreibung S. M.] […] und […] auf [den dortigen technischen Verantwortlichen, Umschreibung S. M.] gestoßen und dem hab ich dann [ei]ne Mail geschrieben. Und der war auch gleich begeistert […].“, P2-1: 46.

[233] Dies betraf in den Projekten P1 und P2 mit dem inhaltlichen Gegenstand „erfahrene“ Vertreter der Geowissenschaften, zu denen erst im Laufe der Projekte Kontakt aufgenommen wurde. Hierzu der leitende Modelleur des Projektes P2: „Ich hab dann später […] im Verlauf des Projekts [erfahren], dass es da jemand[en] gibt, der sich […] mit antiker Topografie [des rekonstruierten Ortes, Umschreibung S. M.] […] auskennt. Aber leider ist es dann nie [zu einer Zusammenarbeit, Anm. S. M.] […] gekommen.“, P2-1: 146. Ähnlich ausgeführt auch für das Projekt P1: P1-1: 178-181.

[234] Beim Projekt P3 dienten derartige Konzepte der Beantragung von Fördermitteln: „Die Einteilung der Meilensteine geht auf den Projektantrag zurück, der im Jahre 2004 [vom Projektträger] beim Bundesministerium für Bildung und Forschung gestellt und bewilligt wurde.“, P3-1, S. 93, Fußnote 233. Beim Projekt P2 wird darauf hingewiesen, dass sich ausgehend von einem Vorprojekt für eine Förderung beworben wurde (P2-1: 1,5).

wird. Andererseits sind in der Konzeptionsphase spezifische Anforderungen des Vorhabensgegenstandes nur schwer absehbar. So war eine weitere Konzeptbearbeitung beispielsweise im Projekt P2 als erstes Arbeitspaket nach Projektstart vorgesehen. [235]

6.3.2.2 Projektstart

Ein Start des Projekts erfolgte in den beobachteten Beispielfällen zumeist nach Sicherstellung der Finanzierung, beispielsweise durch Bewilligung einer Förderung oder eine Angebotsannahme. Erst in dieser Phase zeichnete sich das Vorhaben in den untersuchten Projekten konkret ab, beziehungsweise bekamen die Beteiligten „langsam [eine] Vorstellung, […], was wir uns vorgenommen haben.“[236]

Administrative Tätigkeiten

Eine Reihe damit verbundener und im Folgenden als „Administrative Tätigkeiten“ zusammengefasster Aufgaben beinhaltete beispielsweise die Akquise von Mitarbeitern und die Abstimmung der Vorstellungen der Projektpartner. Während die administrierenden Personen häufig bereits in der Konzeptionsphase feststanden und an einer Konzeption beteiligt waren, erfolgte – mit Ausnahme von P4 – in dieser Phase bei allen beobachteten Vorhaben eine Rekrutierung von Mitarbeitern zur operativen Bearbeitung der Projekte. Dies waren häufig studentische,[237] im Fall von P2 auch festangestellte Mitarbeiter. In allen Projekten wurden Mitarbeiter zunächst im eigenen Haus gesucht, erst danach wurden Stellen ausgeschrieben.[238] Gerade bei Projekten, bei denen nicht alle Projektbeteiligten bereits dem Gründungskonsortium angehörten, wurden in dieser Phase Vorstellungen zu

[235] Hierzu die geschichtswissenschaftliche Koordinatorin des Projektes P2: „Also es gab [ursprünglich] […] nicht dieses Konzept, [dass] es […] nachher im Museum verortet sein [muss]. Sondern das [Projekt] ist […] aus [ei]ner Idee entstanden. […] Und das war [hinsichtlich eines Verwendungszwecks, Anm. S. M.] relativ offen und […] hat sich erst im Laufe der Zeit herauskristallisiert. Wo soll´s denn eigentlich hingehen? Auch mit der Vorgabe [vom Fördergeber, Anm. S. M.]: Ja das muss im Museum verortet […] sein.“, P2-2: 324-326.

[236] P2-1: 5.

[237] Beispielsweise in den Projekten P3, P2, P1.

[238] Beispielsweise führte der leitende Modelleur des Projektes P2 hinsichtlich einer Besetzung einer Stelle als Modelleur aus: „[Der zuerst eingestellte Modelleur] war jemand, der auch als 3D-Grafiker […] gut war. Der ist mir vorher schon in Projekten aufgefallen.“, P2-1: 9. „[…] ich war [nach etwa einem Jahr, Anm. S. M.] überhaupt nicht zufrieden [mit dem Projektstand, Anm. S. M.]. [D]ann hab ich auch gemerkt, es geht nicht voran und hab ihm [gemeint ist der zum Projektbeginn eingestellte Modelleur, Anm. S. M.] einen zweiten Mitarbeiter [zur Seite gestellt, Anm. S. M.], den ich dann […] […] von außen geholt hab[e]. […] ich hab[e] diesmal wirklich sehr akribisch [ausgewählt, Anm. S. M.] […] [.] Ich hatte mehrere Bewerber und […] es gab lange Bewerbungsgespräche, ich wollte auch jetzt ganz sicher sein, dass […] der [eingestellte Mitarbeiter, Anm. S. M.] auch zu unser[e]m Projekt passt und sich auch mit […] unseren Zielvorstellungen identifizieren kann.“, P2-1: 11.

Zielqualität, Vorgehen und Detailgraden abgestimmt, wie beispielsweise im Projekt P2 im Rahmen bilateraler Gespräche oder Meetings aller Beteiligten.[239]

Vorbereitung der Modellerstellung

Einen wichtigen Arbeitsschritt aller Projekte stellte in dieser Phase die Vorbereitung des Quellenmaterials dar. Dies umfasste einerseits die Sichtung und Zusammenfassung des vorhanden Materials sowie der bisherigen Forschungsergebnisse, andererseits die Aufbereitung dieser Quellen für das Modellierungsvorhaben, wie eine Übergabe und Erklärung des Quellenmaterials (P4) oder die Anfertigung von Produktionsskizzen (P1). Ein zweiter Tätigkeitskomplex beinhaltete die Entwicklung von Modellierungsansätzen. Dies umfasste einerseits ein Experimentieren mit Modi zur Darstellung[240] sowie Modellierungsansätzen, andererseits eine Strukturierung des Modells beispielsweise anhand von Zeitschnitten (P1) oder durch Definition der Baugrenzen (P2).

6.3.2.3 Realisierung

Die eigentliche Realisierung des 3D-Modells nahm zeitlich in allen Projekten den größten Raum ein. In dieser Phase wurde das 3D-Modell erstellt und verfeinert. Dabei erfolgt die Realisierung des Modells in allen beobachteten Projekten nicht als lineare und stetige Abfolge von Arbeitsschritten, sondern zeichnete sich ihrerseits wieder durch eine Prozesshaftigkeit und charakteristische Arbeitsmodi aus. Der Fortschritt bei der Modellierung hing insbesondere von der Komplexität des Gegenstands und der Quellenlage ab.

Arbeitsmodi

Zur diesbezüglichen Gliederung eines Vorgehens schlägt die leitende Modelleurin des Projektes P3 in ihrer Dissertation eine Unterscheidung zwischen Konstruktions- und Korrekturphasen vor. Beim Projekt P3 ließen sich diese Phasen, vorgegeben durch den Projektablauf und den Wechsel zwischen Phasen selbstständiger und gemeinsamer Arbeit von geschichtswissenschaftlichen Bearbeitern und Modelleuren, zumindest laut Darstellung relativ klar voneinander abgrenzen.[241] Demgegenüber ließen sich die Phasen des Modellaufbaus sowie der Modellkorrektur in den anderen untersuchten Projekten zeitlich

---

[239] Hierzu führte der leitende Modelleur des Projektes P2 aus: „[…] wir [hatten] [zu Projektbeginn, Anm. S. M.] hier ein großes Meeting, […] wo wir uns […] gegenseitig vorgestellt haben. Wo auch jeder seine Vorstellung von dem Projekt vermittelt hat.“, P1-1: 50.

[240] Hierzu der geschichtswissenschaftliche Bearbeiter des Projekte P1: „[…] [Das] war [ei]ne Experimentierfrage zu schau[e]n, was ist überhaupt möglich, welche Modi der Darstellung gibt [e]s.“, P1-1: 88.

[241] „Im Verlauf des Projektes können immer wieder Lücken in der Quellenlage auftreten, die parallel zur Rekonstruktionsarbeit gefüllt werden müssen, so dass Quellenarbeit meist während des gesamten Projektes geleistet werden muss. Die anschließenden Rekonstruktions- und die Verifizierungsphasen treten im steten Wechsel während des Gesamtprojektes auf und unterliegen einem alternierenden Prozess.“ P3-1, S. 17.

nur sehr unscharf voneinander abgrenzen. Daher sollen im Folgenden zunächst weniger Phasen unterschieden als vielmehr unterschiedliche Arbeitsmodi betrachtet werden.

Konstruktionsarbeit

In diesem Modus wird ein 3D-Modell konstruiert beziehungsweise aufgebaut, was vor allem durch die Hinzufügung oder weitere Detaillierung von Elementen geschieht. Grundlage dieser Arbeit bilden häufig präzise und klare Vorlagen beziehungsweise Vorgaben, die eine zeiteffiziente und zielgerichtete Modellierung ermöglichen.[242] Als Attribute dieses Modus werden ein schneller Arbeitsfortschritt, wenig Notwendigkeit zur Abstimmung beziehungsweise Korrektur, klare, stimmige sowie für den Modelleur verständliche Angaben beziehungsweise Modellierungsgrundlagen benannt.

Interpretations- und Korrekturarbeit

Mit Blick auf eine Unterscheidung zwischen Interpretations- und Korrekturarbeit erfordert erstere eine einer Modellerstellung vorangehende geschichtswissenschaftliche Bearbeitung aufgrund fehlender, unvollständiger oder widersprüchlicher Quelleninformationen. Demgegenüber zeichnet sich Korrekturarbeit durch Änderung, Korrektur und Überarbeitung eines schon bestehenden 3D-Modells aus. Beide Modi erfordern einen hohen Abstimmungs- und Interpretationsaufwand sowie die Notwendigkeit zur iterativen Hypothesenprüfung. Diese Merkmale bedingen einen vergleichsweise langsamen Arbeitsfortschritt. Ein zugrunde liegender Überarbeitungsbedarf ergab sich in den untersuchten Projekten aus verschiedenen Ursachen (Tabelle 39).

Problemklasse	Ursachenbeispiele
Modellprobleme	• geänderte Qualitätsanforderungen • Fehler an Anschlüssen von Bauteilen
Quellenfehler	• widersprüchliche Quellinformationen • späte Hinzuziehung neuen Materials
Interpretationsfehler	• falsche Auslegung von Quellenmaterial • spekulative Extrapolation

Tabelle 39 – Ursachen für Korrekturbedarfe

Eine erste Klasse von Ursachen geht auf Probleme des 3D-Modells zurück. So wurde beispielsweise im Projekt P1 im Laufe der Bearbeitung festgestellt, dass die Qualität einiger zu Beginn erstellter Modelle einem inzwischen gestiegenen Qualitätsanspruch nicht mehr genügten, was mit Blick auf einen gewünschten kohärenten Eindruck der Modelle eine

[242] Hierzu eine der Modellierungskoordinatorinnen des Projektes P1: „[…] es ist […] immer ein Problem, wenn [et]was [in einer Vorlage, Anm. S. M.] nicht […] gut dargestellt ist“, P1-2-1: 57. Ähnlich führte der leitende Modelleur des Projektes P2 aus: „[…][Der zwischenzeitlich im Projekt beschäftigte geschichtswissenschaftliche Bearbeiter, Umschreibung S. M.] hat sich das [gemeint sind die Modellstände, Anm. S. M.] immer angeguckt und hat auch gesagt: […] so kann das nicht bleiben. [Er] […] hat das permanent [geprüft, Anm. S. M.], er war sehr akribisch. Das war für uns [Modelleure, Anm. S. M.] aber gut, weil wir präzise Anweisungen hatten.“, P2-1: 124.

Neubearbeitung notwendig machte.[243] Ähnlich erforderten spätere räumliche sowie zeitliche Erweiterungen mit Blick auf einen kohärenten Gesamteindruck auch Korrekturen an bereits fertiggestellten Modellen. In einigen Fällen wie beispielsweise beim Projekt P3 werden Fehler bei Anschlüssen zwischen einzelnen Modellteilen oder an Fügepunkten als Ursache umfassender Korrekturarbeiten benannt.[244]

Eine zweite Problemklasse geht auf Quellenfehler zurück. Häufige Ursache einer fehlerhaften Passung von Modellbestandteilen sind Fehler im Quellmaterial. Derartige Unstimmigkeiten im Sinne fehlender, fehlerhafter oder widersprüchlicher Informationen innerhalb der Quellenbasis traten bei allen untersuchten Projekten auf.[245] Weiterer Korrekturbedarf ergab sich dadurch, dass im Laufe der Bearbeitung neue Quellen oder Forschungsergebnisse auftauchten und in eine Modellierung einbezogen wurden. So kam bei P1 neues, primäres Material erst spät hinzu, was eine Überarbeitung der schon bestehenden Modelle erforderte.[246]

Eine dritte Problemklasse bilden Fehler bei der Interpretation des Quellenmaterials. Dieses Phänomen kam in allen Projekten häufig vor und ging beispielsweise auf eine Nutzung ungeeigneter Quelle als Modellierungsgrundlage oder eine fehlerhafte Ableitung von Modellproportionen aus einer Quelle zurück.[247] Ebenfalls in diese Kategorie fällt eine zu

---

[243] Hierzu der geschichtswissenschaftliche Bearbeiter des Projektes P1: „Und dann haben wir ja festgestellt, mit [ei]nem großen Schrecken, dass das [vorhandene Modell des existenten Kernbaus, Anm. S. M.] für die […] Nahsicht überhaupt nicht taugt, also, wenn man [he]ranzoomt, wäre [es] dann, [dass] die ganzen Baustrukturen zu Klumpen zusammenschrumpfen.[…]Und dieser Schock […] hat dann dazu geführt, dass wir jetzt erst seit vier, fünf Monaten allmählich anfangen, den [existenten Bau, Anm. S. M.] nachzubauen […].“, P1-1: 84.

[244] Hierzu: „Diese Phase beschreibt die in einer Digitalen Rekonstruktion immer wieder auftretenden Schwierigkeiten sobald die dritte Dimension hinzukommt. Während die zweidimensionale Darstellung Fehler verzeiht und nicht so schnell offenbart, werden in der Dreidimensionalität gerade an Fügepunkten Ungereimtheiten und Ungenauigkeiten schnell ersichtlich.“, P3-1, S. 56.

[245] Beispielsweise führte der geschichtswissenschaftliche Bearbeiter des Projektes P1 aus: „Wir haben ein sehr disparates Material. Wir haben Pläne, [wo] […] Grundriss-, Aufrisspläne […] nicht übereinstimmen, in vielen Fällen, wo es Diskrepanzen gibt. Wo man dann also [eine]n Mittelweg finden muss oder sich entscheiden, geh[e]n wir nach [de]m Grundriss, geh[e]n wir nach [de]m Aufriss. Was ist das weiter entwickelt[e] Planungsstadium? Und dann muss man eben definitiv Entscheidungen einfach treffen und sagen, […] das ist also die Hauptplanung und davon hängt alles Weitere ab.“, P1-1: 130.

[246] Hierzu eine der Modellierungskoordinatorinnen des Projektes: „[…] wir haben bei unserem Projekt […] das Problem gehabt, dass wir nicht von Anfang an das ganze Material, was wir benutzen wollten, da hatten […] sondern das dann immer noch Material hinzugekommen ist, besseres Material, nachdem dann doch lieber gearbeitet [gemeint ist ‚modelliert‘, Anm. S. M.] werden sollte, wodurch sich das [Projekt] […] sehr in die Länge gezogen hat.“, P1-2-1: 5.

[247] Dies passierte bspw. im Projekt P4, wo zunächst ein „falscher Zeitschnitt (Grundriss) als Vorlage gewählt“ wurde, P4-1: 50.

detaillierte, spekulative Extrapolation von Quellen, was beispielsweise im Projekt P2 einen Rückbau von bereits erstellten Modellen bedingte.[248]

Arbeitszyklus

Wie bereits einleitend ausgeführt, beschreiben die vorgestellten Modi vor allem Arbeitsweisen. Mit Blick auf einen zeitlichen Verlauf wurde in den beobachteten Projekten zu Beginn einer Realisierung tendenziell vor allem *Konstruktionsarbeit* geleistet, während zu einem späteren Zeitpunkt vor allem *Interpretations*- und *Korrekturarbeit* zu leisten war. Aus abstrakter Perspektive und mit Blick auf die in Abschnitt 2.3.4 getroffene Unterscheidung zwischen Digitalisierung und Rekonstruktion dominierten zu Beginn einer Realisierung *Digitalisierungsphasen,* in denen primär eine Übertragung von analogen Originalen beziehungsweise Vorlagen in digitale Modelle erfolgte, während im Projektverlauf *Rekonstruktionsphasen* an Bedeutung gewannen, welche vorrangig durch Interpretations- und Korrekturaufgaben bestimmt wurden.

Mit Blick auf ein arbeitspraktisches Vorgehen erfolgten bei allen Projekten iterativ die sich abwechselnden Schritte des Modellaufbaus und der Qualitätsbeurteilung. Dabei prüften und bewerteten Geschichtswissenschaftlicher das Modell und gaben Korrekturvorschläge, die anschließend umgesetzt und wiederum bewertet wurden. Die Häufigkeit und Intensität derartiger Zyklen unterschied sich zwischen den einzelnen Projekten. Während in allen Projekten während des gesamten Arbeitsprozesseses periodisch Qualitätskontrollen durch Projektbearbeiter stattfanden,[249] erfolgte im Projekt P2 in einem fortgeschrittenen Projektstadium eine umfassende geschichtswissenschaftliche Qualitätskontrolle durch ein externes Gremium, was zu einer umfangreichen *Rekonstruktions*- beziehungsweise „Änderungsphase“ führte (Vgl. Abs. 6.4.5.4).[250]

Motivation und Arbeitsfluss

Insbesondere Phasen mit einer Häufung von Korrekturarbeit wurden von allen Beteiligten als wenig motivierend gesehen.[251] Da häufig mehrere Versuche vonnöten waren und eine

---

[248] Dies betraf im Projekt P2 beispielsweise den Rückbau eines Tempels. Hierzu die geschichtswissenschaftliche Koordinatorin: "Also, beispielhaft am [Tempel, Umschreibung S. M.]. […] hier sieht man schon diese [in einem ersten Entwurf rekonstruierte, Anm. S. M.] Portikus, das sieht eher aus wie so [ei]ne barocke Gestaltung“, P2-2: 69.

[249] Hierzu der geschichtswissenschaftliche Bearbeiter des Projektes P1: „[…] in der Arbeitssitzung […] soll jeder quasi mit seinem Ergebnis drankommen, will jeder seine Kritik erfahren […].“, P1-1: 64.

[250] Hierzu die geschichtswissenschaftliche Koordinatorin des Projektes P2: „[…] im Endeffekt ging [dieses Vorgehen, Anm. S. M.] vielleicht sogar schneller […] weil da […] keiner geschrien hat nachher. […] sonst hätte man vielleicht ´ne zweite Änderungsphase haben müssen. So hatten wir nur eine Änderungsphase.“, P2-2: 91, ähnlich: P2-2: 298-299.

[251] So führte der geschichtswissenschaftliche Bearbeiter des Projektes P1 aus: „Und dann nach mei[ne]m Einstieg kam eben noch mal was [an Quellenmaterial und Modellierungsbedarf, Anm. S. M.] hinzu, […] kamen

Beurteilung des Korrekturvorschlags anhand dessen Wirkung im Modell erfolgte, stellte dies ein wenig effizientes und zeitintensives mehr „Rumprobieren“ als zielgerichtetes Arbeiten dar.[252] Nicht zuletzt wurden diese Überarbeitungsphasen – wie in den beobachteten Projekten P1 und P2 sowie für P4 beschrieben – zumeist unterschätzt beziehungsweise im Vorfeld gar nicht eingeplant.[253] Damit verbunden war nicht zuletzt im Projekt P1 der Wunsch der Beteiligten, diese möglichst schnell zu Ende zu bringen.[254]

6.3.2.4 Finalphase

In allen Fällen, in denen dazu eine Angabe erfolgte, wurde ein Modellierungsvorhaben nicht aufgrund vollständiger Zielerreichung beendet, sondern vielmehr aufgrund der Rahmenbedingungen abgebrochen. Gründe hierfür stellten zumeist Deadlines wie beispielsweise ein Ausstellungsbeginn oder eine Drucklegung oder aufgebrauchte Budgets dar.[255] In der Finalphase werden sowohl die bisherigen Modellierungsergebnisse gesichert als auch die benötigten Zielformate und -medien erstellt.

In den untersuchten Projekten fand in der Finalphase kaum noch eine Erweiterung des Modells statt.[256] Vielmehr wurden in dieser Phase zielgerichtet Korrekturen und

---

Korrekturen [hinzu, Anm. S. M.] […] jetzt wird versucht […] und das ist jetzt [ei]n sehr langer Abschnitt eben, der allmählich zur Zermürbung führt, weil er nicht zu Ende kommt, diese ganzen Zeitschnitte quasi fertig zu machen.“, P1-1: 88.

[252] Das Zitat stammt von einer der Modellierungskoordinatorinnen des Projektes P1. Im Kontext: „Also der größte Teil ist Rumprobieren, denk ich […]“, P1-2-1: 51-52, ähnlich ausgeführt auch bei: P2-1: 124.

[253] P2-2: 307-309; P1-1: 84, 88.

[254] Neben den beschriebenen Gründen wird im Fall des Projektes P1 neben dem Budgetlimit auf anderweitige Verpflichtungen insbesondere der studentischen Mitarbeiter verwiesen. Hierzu eine der Modellierungskoordinatorinnen: „[…] weswegen wir […] jetzt auch aufhören wollen [ist:] [V]iele von den [als Modeleure tätigen, Anm. S. M.] Bachelorstudenten […] gehen jetzt entweder auf´s Masterstudium zu oder machen […] [ein] Praktikum [oder] gehen in die Arbeitswelt […].“, P1-2-1: 20.

[255] Im Fall der Projekte P1 und P4 waren die Projektbudgets aufgebraucht. Eine der Modellierungskoordinatorinnen des Projektes P1 führte zu den Gründen einer Projektbeendigung aus: „[Eine Projektbeendigung, Anm. S. M.] ist hauptsächlich [ei]ne Budgetfrage. […] andererseits ist es auch immer wieder kompliziert, […] neue […] [Modelleure, Anm. S. M.] einzulernen.“ P1-2-1: 11. In den Projekten P2, P4, P3 waren Deadlines wie bspw. Ausstellungsbeginn oder Drucklegung vorhanden. Hierzu bspw. die geschichtswissenschaftliche Koordinatorin des Projektes: „[…] wir hatten dann [ei]ne richtige vorgegebene Deadline durch diese Ausstellungseröffnung.“, P2-2: 299-304, P4-1: 8, Für das Projekt P3: „Die finale Exponaterstellung fand ab Februar 2006 nach der letzten Workshopphase […] statt. Inhalte dieser Phase waren das Festlegen der finalen Kamerafahrten und des Lichtsets sowie das so genannte Rendering. Ebenfalls wurde der Filmschnitt durchgeführt und der finale Film beendet.“ P3-1, S. 94, auch P3-3: 30.

[256] Beispielsweise war aufgrund der Budgetgrenzen nach Einschätzung des geschichtswissenschaftlichen Bearbeiters gegen Ende des Projektes eine geschichtswissenschaftliche Quellenrecherche nur noch in geringem Maße möglich: „[…]ich soll ja möglichst meine Arbeitszeit [he]runterfahren, weil […] der Etat jetzt [zum Zeitpunkt des Gesprächs, Anm. S. M.] eben strapaziert ist. Und, also, ich kann mich da n[icht] stundenlang noch ins Projekt versenken.“, P1-1: 128.

Überarbeitungen durchgeführt. Dabei fand beispielsweise im Projekt P1 eine Ergebnissicherung durch Reduzierung des ursprünglich geplanten Umfangs zugunsten einer Fertigstellung der bereits begonnenen Arbeiten statt.[257] Zudem wurde zwischen Korrekturbedarf und Fertigstellung abgewogen: So wurden in der Abschlussphase des Projektes P1 Dinge „so gelassen“, auch wenn diese noch nicht „ganz optimal“[258] waren und nicht mehr alle Hypothesen geprüft werden konnten.[259]

Die Finalphase zeichnete sich im Allgemeinen durch schnelle, effiziente und zielgerichtete Korrekturarbeit aus.[260] Primär erfolgte dabei eine Ergebnissicherung, wobei die Fertigstellung der bereits begonnenen oder für die Zielsetzung unbedingt benötigten Arbeiten im Vordergrund stand, während eine Umsetzung noch nicht begonnener oder für eine Modellverwendung nicht zwingend benötigter Inhalte auf spätere Zeitpunkte und mögliche Folgeprojekte verschoben wurde.

Bestandsaufnahme und zielgerichtete Korrektur

Eine Phase der Fertigstellung war in den Projekten P1, P2 und P4 einerseits mit der Bestandsaufnahme des entstandenen Modells, andererseits mit knappen und definitiv nicht erweiterbaren Ressourcen verbunden. Im Rahmen der Bestandsaufnahme wurden in allen Projekten Modellfehler und ausstehende Erweiterungen erfasst. Anhand dieses Verzeichnisses wurde festgelegt, welche Arbeiten noch auszuführen sind und welche Schritte im Zuge des Projektes nicht mehr realisiert werden. In den Projekten P1 und P2 wurde daraus eine Liste der in Nachfolgeprojekten zu erledigenden Restarbeiten erstellt, im Projekt P4 bereits in dieser Phase eine konkrete Priorisierung abgeleitet. Damit verbunden war im Projekt P4, dass ein vergleichsweise rigides Budget zur Verfügung stand, dessen Rahmen den Umfang der zu leistenden Restarbeiten skalierte, während ein Abwägen zwischen Arbeitsumfang und Budgeteinsatz beispielsweise im Projekt P1 auch zu späteren Zeitpunkten noch verhandelt wurde und eine deutliche Erweiterung des für die Fertigstellung vorgesehenen Budgetrahmens bedingte.

---

[257] Beispielsweise wurde eine ursprünglich als Projektinhalt geplante Umlandmodellierung auf eine spätere Praktikumsarbeit verschoben: „[…] diese gesamte Umlandmodellierung [gemeint ist die das modellierte Bauensemble umgebende Stadtlandschaft, Anm. S. M.] […] wird jetzt [ei]ne Praktikantin anfangen, im nächsten Semester zu erstellen.“ P1-2-1: 27, ebenfalls ausgeführt in P1-1: 90.

[258] P1-2-1: 224.

[259] Hierzu eine der Modellierungskoordinatorinnen des Projektes P1: „In letzter Zeit wird [eher] entschieden, ‚Das wird […] so gelassen. […]‘, auch wenn man findet, dass es noch nicht so ganz optimal ist […].“, P1-2-1: 224.

[260] Zumeist wird von einem schnellen Fortschritt und effizienter Arbeit berichtet. Hierzu eine der Modellierungskoordinatorinnen des Projektes P1: „In letzter Zeit[…] geht [es] jetzt schnell […], hab ich das Gefühl.“ P1-2-1: 229, ähnlich auch: P2-2: 302. Bemerkenswert ist demgegenüber, dass eine der Modellierungskoordinatorinnen des Projektes P1 auch bemerkte, dass trotz gestellter Deadline wenig Fortschritte erzielt wurden: „[…] wir […] [Modelleure, Anm. S. M.] schreiben jetzt alle unser Diplom […] Und entsprechend wenig passiert […] in letzter Zeit [am Modell, Anm. S. M.].“, P1-2-1: 20-22, was vermutlich jedoch nur auf die unmittelbare Zeit vor dem Gespräch bezogen war.

6.3.2.5 Zäsuren

Während vorherige Absätzen charakteristische Arbeitsphasen der beobachteten Projekte vorstellten, werden in den folgenden beiden Absätzen Brüche und Abgrenzungen im Arbeitsprozess thematisiert. Diesbezüglich wurden mit einer Ausnahme in allen Projekten von den befragten Mitarbeitern Zäsuren gesehen.[261] Derartige Zäsuren wurden einerseits durch zumeist bereits im Vorfeld eingeplante Sequenzierung in Arbeitsphasen bedingt – so beispielsweise ein Wechsel zwischen Konstruktions- und Korrekturphasen im Projekt P3 oder eine regelmäßige Neubesetzung der studentischen Modelleure im Projekt P1.[262]

Andererseits führten sowohl in den Projekten P1, P2 und P4 einzelne ungeplante Zäsuren zu größeren Einschnitten im Projektablauf. In allen drei Projekten wurden die erreichten geschichtswissenschaftlichen, in einem Fall die technischen Qualitätsniveaus des Modells entweder durch die projektbeteiligten Geschichtswissenschaftler oder durch externe Institutionen als zu gering angesehen und eine entsprechende Revision eingeleitet. Diese Einschätzung ging wiederum häufig auf personelle oder institutionelle Umbesetzungen zurück, im Zuge derer die neu einbezogenen Akteure häufig eigene Anforderungen in den Arbeitsprozess einbrachten.[263]

---

[261] Bemerkenswert scheint eine unterschiedliche Bewertung von Ereignissen hinsichtlich deren Bedeutung als Zäsur. So wurde die zwischenzeitliche Änderung des Qualitätsniveaus im Projekt P1 vom geschichtswissenschaftlichen Bearbeiter als „Neustrukturierung“ (P1-1: 38) angesehen, während eine der Modellierungskoordinatorinnen nicht von Zäsuren, sondern von „ein[em] Prozess, in dem immer [Quellen-, Anm. S. M.] Material dazukam“ spricht, P1-2-1: 175.

[262] Hierzu eine der Modellierungskoordinatorinnen des Projektes P1: „Wir haben [...] mittlerweile schon drei [...] oder vier [...] Jahrgänge [von Studierenden, Anm. S. M.], die da [gemeint ist ‚am Projekt‘, Anm. S. M.] dran mitgewirkt haben.“, P1-2-1: 11.

[263] *Modellqualität:* Im Projekt P1 wurde im Jahr 2008 die Stelle des geschichtswissenschaftlichen Bearbeiters vakant und neu besetzt. Der neu eingesetzte Bearbeiter erachtete die technische Qualität der bisher fertiggestellten Modelle als zu gering und für eine Vermittlung eines Gesamteindrucks ungeeignet. Als Konsequenz wurden das „Programm neustrukturiert" (P1-1: 38) und optisch „imposantere" Zeitschnitte gewählt sowie die Detailgenauigkeit erhöht. Ähnlich erfolgte im Projekt P4 durch „Wegfall" der zeitlichen Begrenzung sowie der ursprünglichen Zielstellung eines groben und schematischen Modells eine nachträgliche Detaillierung des 3D-Modells.

Inhaltliche Qualität: Eine wesentliche Zäsur stellte im Projekt P2 die Ablehnung der Veröffentlichung des damaligen Arbeitsstandes der interaktiven Anwendung im Museum dar (P2-4: 17). Hierzu die geschichtswissenschaftliche Koordinatorin des Projektes P2: „[Der Museumsleiter, Umschreibung S. M.] hat […] gesagt: Es muss […] wissenschaftlich standhalten, dieses Modell. Also er möchte nicht [et]was im Museum verorten, wo[zu] dann eine Welle an Kritik ausbricht […].“, sowie „Also es gab ein 3D-Modell und dann kam [die Einschätzung:, Anm. S. M.] Wir müssen korrigieren […]. Ansonsten wird es nicht ausgestellt.“, P2-2: 75 und 35. Dieser Zäsur waren die zwischenzeitlich erfolgte Einbeziehung dieses Museums als Projektpartner sowie eine Umbesetzung der Stelle des geschichtswissenschaftlichen Bearbeiters vorangegangen (P2-1: 30). In Konsequenz blieb das Projekt zunächst für einige Zeit „liegen" (P2-2: 41), später erfolgten eine Neukonzeption des Vorhabens und die Einstellung einer Koordinatorin sowie die Einberufung einer Expertenkommission zur Erstellung eines Änderungsprotokolls, das dann „abgearbeitet“ wurde (P2-1: 26).

Die Konsequenzen ungeplanter Zäsuren in den Projekten waren sehr unterschiedlich und sollen im Einzelnen noch thematisiert werden. Dabei traten derartige Zäsuren in allen untersuchten Projekten auf, waren in den Projekten mit geringer Vorerfahrung der Beteiligten mit geschichtswissenschaftlicher 3D-Rekonstruktion jedoch tendenziell von größerer Tragweite. Unter Umständen ließen sich ungeplante Zäsuren durch eine von Anfang an konsequente Projektsteuerung und eine gute Skalierbarkeit der Projekte reduzieren. Nicht zuletzt mit Blick auf die Komplexität derartiger Projekte und deren Abhängigkeit von individuellen Konstellationen werden sich ungeplante Zäsuren jedoch vermutlich schwer komplett ausschließen lassen.

- ➔ *B3: In fast allen Fällen traten geplante oder ungeplante Zäsuren auf.*
- ➔ *B3: Ungeplante Zäsuren wurden vor allem durch Probleme bei Projektsteuerung, Kommunikation und mangelnde Skalierbarkeit des Konzeptes bedingt.*
- ➔ *B3: Ungeplante Zäsuren haben zumeist einen langen Vorlauf.*

6.3.2.6 Deadlines

Geplante Zäsuren gingen in den Projekten häufig mit Deadlines einher. Nach Einschätzung der geschichtswissenschaftlichen und technischen Bearbeiter sowohl in den Projekten P2 und P1 fördern Deadlines eine stringente und effiziente Arbeit. Sie sind einerseits einen „Ansporn"[264] für eine zielgerichtete und intensive Arbeit, bei der pragmatisch vor allem ein Ergebnis erreicht werden soll, während andere Tätigkeiten wie beispielsweise Dokumentation, Organisation oder auch Abstimmungsarbeit in dieser Zeit häufig in den Hintergrund treten. Andererseits kommt es ohne klare Terminstellungen zu einem „Eifer des Rekonstruktiven“ und einer ausufernden Bearbeitung.[265] Deadlines können einerseits Stichtage wie beispielsweise Ausstellungsbeginn, Drucklegung, aber auch Projektpräsentationen sein,[266] andererseits werden sie mitunter durch ein Aufbrauchen von Ressourcen und Budgets bedingt. Ein wichtiges Kriterium stellt die Flexibilität von Deadlines dar. Nicht alle Deadlines sind definitiv, häufiger sind demgegenüber selbst- oder im Projekt gesetzte Deadlines anzutreffen, die bei unzureichender Verbindlichkeit in den untersuchten

[264] Das Zitat stammt von einer der Modellierungskoordinatorinnen des Projektes P1. Im Kontext: „[…] man merkt ja [zum aktuellen Zeitpunkt, gegen Projektende, Anm. S. M.], wie das [gemeint ist ‚der Arbeitsfortschritt, Anm. S. M.] immer mehr stagniert, [so] dass [irgendwer] jetzt nochmal ‚als letzten Ansporn‘ gesagt hat, wir schaffen uns jetzt [ei]ne Deadline und dann ist [das Projekt beendet, Anm. S. M.].“, P1-2-1: 22.

[265] Hierzu der geschichtswissenschaftliche Bearbeiter des Projektes P1: „[…] mich treibt halt auch die […] Verführung zur Rekonstruktion. Man möchte [e]s ja möglichst perfekt machen. [Das ist] […] wie gesagt ein Abwägungsprozess […]. Der [Projektleiter, Umschreibung S. M.] versucht immer mehr zu bremsen, ich hab[e] eher so den Eifer des Rekonstruktiven.“, P1-1: 134.

[266] Hierzu die geschichtswissenschaftliche Koordinatorin des Projektes P2: „[Ein festgelegtes Präsentationsdatum des Prototypen war, Anm. S. M.] auch nochmal sehr gut, weil […] unter Druck arbeiten nochmal alle effektiver. [….] wir hatten dann [ei]ne richtige vorgegebene Deadline durch diese Ausstellungseröffnung.“, P2-2: 299-304. Ähnlich wird dies auch in den Projekten P2 und P3 ausgeführt.

Projekten in vielen Fällen verschoben oder überschritten wurden.[267] Dabei fanden sich definitive Deadlines in den Fallbeispielen tendenziell häufig am Ende der Bearbeitung, während selbstgewählte Deadlines beispielsweise aus der Präsentation des Modells im Rahmen von Arbeitstreffen resultierten.

- ➔ *S4: Deadlines fördern ein effizientes Arbeiten.*
- ➔ *S4: Effiziente Deadlines müssen verbindlich sein und Anreize bzw. Sanktionen beinhalten.*

Während in diesem Abschnitt sowohl Phasen als auch Brüche und Abgrenzungen eines Arbeitsprozesses im Fokus der Betrachtung standen, wird im folgenden Abschnitt 6.4 anhand der empirischen Befunde ein Modell der Einflussfaktoren im Kontext des zentralen Phänomens des Produktionsprozesses einer 3D-Rekonstruktion aufgestellt.

6.4 Der Produktionsprozess als Phänomen

6.4.1 Einleitung

In diesem Abschnitt wird ein Modell der Einflussfaktoren eines 3D-Rekonstruktionsprozesses aufgestellt. Eine gegliederte Darstellung der Befunde erfolgt dabei mithilfe des bereits vorgestellten *Paradigmatischen Modells* der *Grounded Theory* (vgl. Abs. 6.2.4.1). Ausgehend vom zentralen Phänomen des Produktionsprozess einer 3D-Rekonstruktion werden zunächst dessen Bedingungen (vgl. Abschn. 6.4.2), namentlich eine Intention sowie das historische Objekt, vorgestellt. Den Kontext (vgl. Abschn. 6.4.3) eines Produktionsprozesses bilden die verfügbaren Ressourcen und technischen Möglichkeiten ebenso wie die personellen Ressourcen und die ein Objekt beschreibenden Quellen. Eine Betrachtung des eigentlichen Phänomens (vgl. Abschn. 6.4.4) umfasst Modellierungsworkflow und -strukturierungsaspekte sowie die im Zusammenhang mit einer Modellierung stehende Entscheidungsfindung. Eine Betrachtung der im Zusammenhang mit dem Produktionsprozess stehenden Strategien (vgl. Abschn. 6.4.5) beinhaltet sowohl eine Betrachtung von Kommunikation, Lernaspekten, Dokumentation und Qualitätssicherung als auch die Fragen nach Zusammenarbeit sowie der Entwicklung von Strategien. Konsequenzen (vgl. Abschn. 6.4.6) eines Produktionsprozesses stellen zum einen die Ergebnisse und deren Qualitäten dar, darüber hinaus soll auch deren Nachhaltigkeit betrachtet werden.

6.4.2 Bedingungen

6.4.2.1 Intention

Bereits im vorhergehenden Abschnitt wurde darauf verwiesen, dass 3D-Rekonstruktionsprojekte in jedem der untersuchten Fälle auf Initiative von Einzelpersonen oder Personengruppen entstanden (Vgl. Abs. 6.3.2.1). Mit der Frage nach einer diesbezüglichen Intention verbunden sind Aspekte wie eine Motivation und Ausgangspunkt

[267] Für das Projekt P1 war ein Projektabschluss ursprünglich bereits für 2008/2009 geplant (P1-2-2: 8). Die Modellierungsarbeiten wurden demgegenüber erst 2012 weitgehend beendet (P1-3: 1).

der Projektinitiatoren ebenso wie Vorbilder, Referenzprojekte und eventuelle Abgrenzungen. Bei den Projekten P1, P2 und P4 standen die geschichtswissenschaftlichen Bearbeiter und Modellierungsleiter bereits vor Projektentstehung in Kontakt. Darüber hinaus existierte bei den Projekten P1 und P2 – für P3 lassen sich dazu keine Angaben machen – bereits früh die Absicht eines gemeinsamen Projektes und grobe Vorstellungen zum umzusetzenden Inhalt. Wie bereits in Absatz 6.3.2.1 gezeigt, folgte darauf aufbauend in den Projekten P1 und P2 und vermutlich auch P3 eine Konzeptionsphase, während der Projektentwicklung, Zielsetzung und Finanzierungsoptionen thematisiert wurden.[268] Demgegenüber war bei P4 von Anfang an eine konkrete Zielsetzung und Budgetierung vorgegeben, anhand derer ein Kooperationspartner gesucht wurde.

Entscheidung für 3D

Das 3D-Modell sollte in allen Projekten der Erstellung von Modellabbildungen dienen. Intendierte Zielformate stellten dabei Bild, Animation sowie im Fall von P2 eine interaktive Anwendung dar. Eine Entscheidung für die Erstellung von 3D-Modellen als geeignete Technologie wurde in allen Fällen durch die Projektinitiatoren bereits vor einer konkreten Projektkonzeption getroffen. Dabei wurden virtuelle 3D-Darstellungen insbesondere aufgrund ihrer „spektakuläre[n]“ Wirkung sowie einer didaktischen Eignung zur Vermittlung von Inhalten ausgewählt.[269] Als Zielgruppen waren in allen Fällen einerseits die breite Öffentlichkeit wie beispielsweise Museumsbesucher als auch ein Fachpublikum angedacht.[270] Damit eng verbunden war die Frage nach einer Vision. Diese bestand im Projekt P1 darin, eine „Vorstellung vo[…]m Ganzen“[271] zu vermitteln, im Projekt P2 „die [historische, Umschreibung S. M.] Stadt [zu] rekonstruieren und komplett [zu] zeigen“.[272]

---

[268] Hierzu der leitende Modelleur des Projektes P2: „[…] wir [haben] an unsere[m] [Vorprojekt, Umschreibung S. M.] weitergearbeitet […][.] Ich war dann auch selbst begeistert von dem Projektergebnis. Wir haben das [Projektergebnis, Anm. S. M.] dann […] mehrfach präsentiert[.] […] Nachdem wir diese Projektarbeit beendet hatten, gab [e]s [ei]ne Ausschreibung[,] […] [im Rahmen welcher, Anm. S. M.] interdisziplinäres Arbeiten […] bzw. Projekte […] gefördert werden [sollten].“, P2-1: 1.

[269] Hierzu der geschichtswissenschaftliche Bearbeiter des Projektes P1: „Da sollen dann ausgewählte, vor allem besondere Projekte [visualisiert werden] [gemeint sind hier ‚zu modellierende, an der Realisierung gescheiterte barocke Planungen‘, Anm. S. M.], also die auch natürlich für [das Publikum interessant sind; Anm. S. M.] – das Ganze ist ja ein museumsdidaktisches, auf Besucher ausgerichtetes Projekt [gemeint ist hier das 3D-Modellierungsprojekt, Anm. S. M.] – es werden natürlich spektakuläre Bauphasen oder Planungsphasen heran[gezogen, Anm. S. M.], also vor allem spektakuläre Planungsphasen herausgefiltert, und es ist nur eine Auswahl aus natürlich einer größeren Menge an Planungen […]“, P1-1: 18.

[270] Hierzu der geschichtswissenschaftliche Bearbeiter des Projektes P1: „Das ist eine breite, möglichst breite Zielgruppe, es soll eigentlich jeder was daraus gewinnen, sodass es selbst die Wissenschaftler [interessieren muss, Anm. S. M.], oder [alle, Anm. S. M.] die [speziell, Anm. S. M.] dran interessiert sind, sollen natürlich auch gewisse Aha-Effekte, Erkenntniseffekte daraus ziehen.“, P1-1: 26.

[271] P1-1: 34.

[272] P2-1: 36.

Dabei hatten alle Beteiligten zumindest eine vage Vorstellung von der Leistungsfähigkeit von 3D-Techniken in Vergleichsprojekten. Von anderen Institutionen bearbeitete Projekte galten zudem als Vorbild, deren Qualität man erreichen oder verbessern wollte, sowie zur Positionierung und Abgrenzung des eigenen Vorhabens.[273]

➔ *B3: Die Entscheidung für 3D fiel aufgrund der „spektakulären" Wirkung und didaktischen Eignung*

6.4.2.2 Historisches Objekt

Historisches Objekt	Projekt
Nie gebaute Architektur	P1, P4
Nicht mehr existierende Architektur	P2, P3

Tabelle 40 – Rekonstruktionsinhalte der Praxisprojekte

Alle betrachteten Projekte hatten die Nachbildung statischer Gebäude zum Inhalt. Im Fall der Projekte P1 und P4 handelte es sich dabei um nie gebaute Architektur, während P2 und P3 inzwischen nicht mehr existierende Bauten rekonstruierten (Tabelle 40). Dabei waren in allen Projekten zuvor Entscheidungen hinsichtlich einer örtlichen und zeitlichen Eingrenzung der zu rekonstruierenden Inhalte zu treffen.[274] Da insbesondere bei der Rekonstruktion nie realisierter Architektur zumeist unterschiedliche Planungsstände überliefert sind, mussten in den beiden Projekten P1 und P4 zusätzlich geschichtswissenschaftliche Auswahlentscheidungen zu den zu rekonstruierenden Entwurfsständen erfolgen. Eine diesbezügliche Auswahl erfolgte in allen Fällen bereits in einem frühen Entwurfsstadium durch die geschichtswissenschaftlich Verantwortlichen. Die Auswahlentscheidung war einerseits durch externe Vorgaben wie Ausstellungs- oder Buchinhalte, andererseits durch den Wunsch nach möglichst eindrucksvollen Inhalten bestimmt.[275]

6.4.3 Kontext

Umgebungsbedingungen (Vgl. Tabelle 37) des Produktionsprozesses einer 3D-Rekonstruktion stellten insbesondere die als Grundlage einer Modellerstellung verfügbaren Quellenbestände (Abs. 6.4.3.1) dar. Darüber hinaus waren auch technische Voraussetzungen (Abs. 6.4.3.4) sowie eine Teamkonstellation und die initialen Fähigkeiten der an einem Produktionsprozess beteiligten Mitarbeiter (Abs. 6.4.3.2) und deren Organisation (Abs.

[273] Der leitende Modelleur des Projektes P2: „Ich kannte natürlich auch die Rekonstruktion […] aus Darmstadt […]. Und […] diese Filme […] hatten [eine, Anm. S. M.] hohe Qualität, […] [und] diese Qualität wollt[e] ich erreichen. Ich wollte diese [visuelle, Anm. S. M.] Qualität, aber dann […] eine Anwendung, wo […] der […] Betrachter selber […] bestimmen kann, was er sich ansehen will […].", P2-1: 46.

[274] Hierzu der leitende Modelleur des Projektes P2: „Zielsetzung [des Projektes war, Anm. S. M.], das komplette [historische Stadtensemble, Umschreibung S. M.] zu visualisieren", P2-1: 9. Für das Projekt P3: „Das primäre Ziel des Forschungsprojektes […], eingebettet in den oben genannten Kontext, war die dreidimensionale Rekonstruktion und Simulation des Areals der Kaisergräber […].", P3-1, S. 88.

[275] Beispielsweise führte der historische Berater des Projektes P1 aus: „[…] es werden natürlich spektakuläre Bauphasen oder Planungsphasen […] herausgefiltert und es ist nur eine Auswahl aus […] einer größeren Menge an Planungen.", P1-1: 18.

6.4.3.3) sowie die dafür zur Verfügung stehenden Ressourcen (Abs. 6.4.3.5) nur bedingt gestaltbar.

6.4.3.1 Quellen

Mit Blick auf die Bedeutung von Quellen für einen Produktionsprozess ist bemerkenswert, dass in allen Projekten die – in Absatz 6.4.5.3 noch ausgeführte – Zielsetzung in einer quellengetreuen Rekonstruktion bestand. Quellen (vgl. Abschn. 2.3.3) besaßen somit in allen Projekten entscheidende Bedeutung als Grundlage für die Rekonstruktion.

6.4.3.1.1 Quellenarten

Mit Blick auf die verwendeten Quellenarten (vgl. Abschn. 5.3) fanden in allen Projekten sowohl historische, zeitgenössische als auch logische „Quellen“ Eingang. Dabei fand die eigentliche technische 3D-Modellierung primär anhand von Bildquellen statt.[276] Während bei den Projekten zur Modellierung nie gebauter Architektur insbesondere Planungsstände aus der Entstehungszeit Eingang fanden, stellten bei der archäologischen Rekonstruktion im Projekt P2 zum Großteil – wiederum historische – Grabungsunterlagen sowie eine in den 1920er Jahren erfolgte analoge Rekonstruktion Hauptquellen der Modellierung dar.[277] Daneben ließen in allen Projekten auch eine Reihe aktueller Befunde Rückschlüsse auf eine historische Bausituation zu. So ist eine topografische Situation selbst über längere Zeiträume zumeist nur geringen Änderungen unterworfen.[278] Zu derartigen Daten mit vergleichsweise großer Konstanz gehören zumindest in weiten Teilen Mitteleuropas auch Straßenraster.[279] Im Projekt P4 gab es daneben den Sonderfall, dass ein zumindest in Teilen ähnlicher Bauentwurf realisiert wurde und bis heute erhalten ist, womit zeitgenössische Fotos dieses Baus als Hilfsmittel verwendet werden konnten. Wie noch ausgeführt wird, genügten die vorhandenen historischen und zeitgenössischen Quellen nicht zur Rekonstruktionserstellung, so dass in allen Projekten logische „Quellen“ zur Inter- und Extrapolation dienten. Wesentliche Anhaltspunkte einer logischen Erweiterung des vorhandenen Quellenmaterials stellten in allen Projekten die jeweiligen Architektursysteme dar.[280] Beachtung verdient das

---

[276] Derartige Quellen stellten im Projekt P2 Ausgrabungsbefunde sowie eine frühere geschichtswissenschaftliche Rekonstruktion dar. Für das Projekt P1 umfasste dies im Wesentlichen Bilder und Pläne. Im Projekt P4 wurden Pläne, Ansichten und Fotos verwendet. Für das Projekt P3 bildeten „Gescannte Tuschepläne, Vermessungen vor Ort“ sowie „Vermaßte Zeichnungen“ die wesentliche Datengrundlage, P3-3: 11.

[277] Hierzu führte die geschichtswissenschaftliche Koordinatorin des Projektes P2 aus: „Man hat ja diesen Befundplan und das ist […] dann alles stückchenweise praktisch ins Modell eingegeben wurden.“, P2-2: 168.

[278] Derartige topografische Daten wurden sowohl im Projekt P2 als auch im Projekt P3 verwendet.

[279] Hierzu der Modellierungsleiter des Projektes P2: „Und […] dann hatten wir das Straßenraster. [Dieses ist, Anm. S. M.] […] bekannt und sehr gut […] rekonstruiert.“, P2-1: 142.

[280] Beispielsweise lieferte in den Projekten P1 und P4 das vitruvianische Architektursystem Anhaltspunkte für eine Rekonstruktion. Hierzu der geschichtswissenschaftliche Bearbeiter des Projektes P1: „Dann ist [da, Anm. S. M.] natürlich die Frage, kann man sie konstruieren, die Barockarchitektur, aufgrund ihrer Prinzipien von Systematik, von Symmetrie? [Dies] Lässt natürlich […] gewissen […] Spielraum für Rekonstruktionen, also für

damit verbundene Problem, dass derartige Quellen nur eine schematische Nachbildung zulassen, bei der eventuelle individuelle Abweichungen des Originals nicht reproduziert werden können, zudem werden derartige Quellen als gegenüber Befunden weniger verlässliche Beschreibungen des historischen Originals beschrieben.[281] Eine Quellenauswahl erfolgte in allen Projekten primär durch geschichtswissenschaftliche Experten, wobei eine Begutachtung der Quellen im Projekt P1 gemeinsam durch Modelleure und geschichtswissenschaftliche Bearbeiter erfolgte.[282]

Die Bedeutung ikonischer Quellen

In allen Projekten wurden bildbasierte Quellen als wichtigste Grundlage für eine Rekonstruktion angesehen. Anders als textliche Forschungsergebnisse erfordern 3D-Modelle für eine konzise Nachbildung äußerst komplexe Aussagen zur Gestalt eines historischen Objektes: „Wenn man so ein 3D-Modell baut […] wird man gezwungen, alle Fragen zu beantworten.“[283] Derartige Angaben sind in der benötigten Detaillierung zumeist nur in bildlichen oder dinglichen Quellen überliefert.[284] Als ideale Grundlage wurden in den untersuchten Projekten Planquellen benannt, wobei eine Kombination von stimmigen Grund- und Aufrissen als optimale Voraussetzung für eine Rekonstruktion beschrieben wird (vgl. auch Abschn. 3.4.2). Einen wesentlichen Vorteil stellt die unmittelbare Verwendbarkeit von orthoprojizierten Planquellen als Grundlage für eine Modellierung dar, die gegenüber

---

das Füllen von Lücken.“, P1-1: 130. Ähnlich basierte eine Rekonstruktion der Wohnhäuser im Projekt P2 weithin auf logischen Quellen. Hierzu der leitende Modelleur des Projektes: „Die ganze übrige Stadt […] [war] überhaupt nicht bekannt. […] Und dann ist aber klar [gemeint ist ‚wissenschaftlich erforscht‘, Anm. S. M.] […], wie die römische Wohnarchitektur ausgesehen hat. Und [der geschichtswissenschaftliche Bearbeiter] hat dann […] für uns mehrere Häuser […] schematisch erarbeitet. Wir haben dann überlegt, wie die[se] zusammengestanden haben könnten […] und das haben wir dann variiert und über die ganze Stadt verteilt. Und das haben wir dann, um nochmal auf den […] Abstraktionsgrad zurückzukommen, das haben wir dann sehr stark abstrahiert.“, P2-1: 142.

[281] Beispielhaft ausgeführt in P3-1: „‚Harte Quellen’ sind eindeutig nachweisbare Quellen, wie Ausgrabungsbefunde, historische Literaturquellen oder Planmaterial. Die sogenannten ‚Weichen Quellen’ sind Quellen, die einer Interpretation unterliegen oder nicht direkt mit dem zu rekonstruierenden Gebäude in Verbindung stehen, hierzu zählen beispielsweise Skizzen der Archäologen sowie Vergleichsbauten oder Erkenntnisse aus der Fachliteratur.“, P3-1, S. 112.

[282] Dieser Aspekt wird von einer der Modellierungskoordinatorinnen des Projektes P1 angesprochen, hinsichtlich Qualität und Arbeitsteilung jedoch nicht weiter ausgeführt: „[…] wir [haben im Projektteam] ja noch [eine]n Kunsthistoriker, der mit uns das gesamte Material aufarbeitet. Da ist ja sehr viel angefallen. Es gibt sehr viele Skizzen, Materialien, was nie realisiert wurde [gemeint ist ‚zu den nie realisierten Entwurfsständen‘, Anm. S. M.]. Und wir müssen dann […] entscheiden mit ihm zusammen, was soll davon umgesetzt werden, für welchen Schnitt entscheidet man sich dann als primäre Quelle [...].“, P1-2-1: 5.

[283] P2-1: 64.

[284] In einigen Fällen wurden 3D-Rekonstruktion auch beinahe ausschließlich anhand von Textquellen erstellt. Beispielhaft dafür sei auf die Rekonstruktion eines mittelalterlichen Ziboriums verwiesen: HORST, R.: Die Sakraltopographie der romanischen Jakobus-Kathedrale, Korb 2012.

den ebenfalls als wichtige Quelle für die Modellierung genutzten perspektivischen Ansichten eine unverzerrte Darstellung von Proportionen beinhalten.[285] Dagegen wurden Informationen aus Textquellen in den Projekten nur sporadisch als Rekonstruktionsgrundlage herangezogen beziehungsweise wie im Projekt P1 gar nicht erst recherchiert.[286] Anders als in Digitalisierungsprojekten (Vgl. Abschn. 4.3.1) spielten zudem aktuelle Datenquellen wie beispielsweise digitale Geländemodelle bei der Rekonstruktion des historischen Originals in den untersuchten Praxisprojekten keine Rolle.

- ➔ *B4: Quellengetreue Rekonstruktion als oberste Maxime*
- ➔ *B4: 3D-Rekonstruktionen als ganzheitliche Objektbeschreibungen widersprechen dem Leitbild einer Problemzentrierung in den Geschichtswissenschaften.*
- ➔ *B4: Ikonische Quellen sind die wichtigste historische Grundlage.*

6.4.3.1.2 Umgang mit Quellen

Grundständige Quellen waren in allen Projekten entweder bereits zu Projektbeginn bekannt und verfügbar oder wurden im Wesentlichen während einer ersten Projektphase recherchiert.[287] Die verwendeten historischen Pläne entstammten häufig aus Archiven und Museen, wobei von den Projektmitarbeitern von P1 und P2 unisono darauf verwiesen wurde, dass diese stellenweise schwer zu beziehen waren. Daneben wurde während der gesamten Projektlaufzeit in allen Projekten weiteres Quellenmaterial recherchiert und hinzugezogen.

Umgang mit einer schlechten Qualität und Quantität von Quellen

Sowohl im Projekt P1 als auch bei P2 waren zu den zu modellierenden Gebäuden stellenweise nur „ganz wenig[e]“ historische Quellen verfügbar.[288] Wie bereits im vorherigen Absatz ausgeführt, sind ideale Voraussetzungen dann gegeben, wenn sowohl Grund- als auch Aufriss eines zu modellierenden Gebäudes als Planquellen vorliegen. Auch in diesem Fall wiesen die verfügbaren Quellen jedoch häufig und in erheblichem Maße Inkonsistenzen

---

[285] Der geschichtswissenschaftliche Bearbeiter des Projektes P1: „Ich hatte jetzt zum Beispiel das [Forum, Umschreibung S. M.], das macht sehr große Probleme, […] [da] wir [bei diesem] die Perspektive [gemeint ist ‚eine historische perspektivische Darstellung‘, Anm. S. M.] quasi umsetzen.“, P1-1: 74.

[286] Der geschichtswissenschaftliche Bearbeiter des Projektes P1 führte diesbezüglich aus: „Ich konnte leider […] [keine] Schriftquellen auswerten. Also ich hab mich nur auf die Sekundärliteratur [beschränkt].“, P1-1: 154.

[287] Hierzu die geschichtswissenschaftliche Koordinatorin des Projektes P2: „Wobei man dazu sagen muss, dass [die rekonstruierte Stadt, Anm. S. M.] ja ganz gut schon erforscht war. […] Also man konnte ja auch schon […] [auf bestehende] Forschung[sergebnisse] […] zurückgreifen.“, P2-2: 316.

[288] Die geschichtswissenschaftliche Koordinatorin des Projektes P2: „Und da haben wir [bei einem Tempel, Umschreibung S. M.] […] ganz wenig nur im Befund“, P2-2: 356. Ähnlich führte der geschichtswissenschaftliche Bearbeiter des Projektes P1 aus „[Für ein Vorhaben gibt es, Anm. S. M.] im Extremstfall diese Bleistiftskizzen [des Königs, Umschreibung S. M.]. Diese ist dann sehr hypothetisch." P1-1: 146.

und Ungenauigkeiten auf, die zumeist erst durch die 3D-Modellierung aufgedeckt wurden.[289] Dies betraf einerseits Unstimmigkeiten innerhalb der einzelnen Pläne beziehungsweise Ansichten wie beispielsweise verzerrte Darstellungen oder Kaschierungen von geometrisch nicht zueinander passenden Gebäudeteilen, andererseits auch Abweichungen zwischen den einzelnen Quellen – beispielsweise mit Blick auf eine fehlende Deckungsgleichheit von Grund- und Aufriss oder die Darstellung unterschiedlicher Entwurfsstände.

Für eine Rekonstruktion standen in keinem Fall historische Originale, sondern ausschließlich – zumeist digitale – Reproduktionen zur Verfügung. Neben den benannten quellenimmanenten Problemen wiesen diese eine Reihe von technischen Limitationen auf – beispielsweise eine begrenzte Auflösung, Verzerrungen oder auch Farbverfälschungen. Während derartige Reproduktionsprobleme bei wichtigen Quellen in der Projektpraxis zumeist mit einer technisch hochwertigeren Kopie gelöst werden konnten, gestaltete sich der Umgang mit den beschriebenen Quellenfehlern schwieriger. Einen in den Projekten P1 und P4 praktizierten Lösungsansatz stellte die Priorisierung der verschiedenen Quellen hinsichtlich ihrer Bedeutung als Rekonstruktionsgrundlage dar.[290] Wie bereits mehrfach ausgeführt, erfolgte bei nicht vorhandenen Quelleninformationen eine Extrapolation anhand logischer Überlegungen wie beispielsweise Analogien, Architektursystem oder Modellkonsistenz.[291] Ziel war in allen Projekten die Darstellung eines einzelnen, konsistenten Modells. Nur in Ausnahmefällen ohne hinreichende Anhaltspunkte für eine klare Entscheidung wurden, wie beispielsweise beim Projekt P2, zwei Rekonstruktionsalternativen eines Objektes in das Modell integriert.[292]

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass Quellen wie generell bei geschichtswissenschaftlichen Forschung auch in den untersuchten Projekten den Dreh- und Angelpunkt einer Modellierung mit dem Anspruch einer historisch getreuen Nachbildung darstellten. Dabei sind auch die für eine Rekonstruktion als zumeist wichtigste Quelle

---

[289] Hierzu der geschichtswissenschaftliche Bearbeiter des Projektes P1: „Wir haben ein sehr disparates Material. Wir haben Pläne, die Grundriss-, Aufrisspläne, die nicht übereinstimmen, in vielen Fällen, wo [e]s Diskrepanzen gibt.“, P1-1: 130.

[290] Hierzu der Modellierungsleiter des Projektes P2: „[…] wir [gemeint sind die Projektbeteiligten, Anm. S. M.] haben […] während der Erstellung der 3D-Modelle [festgestellt], dass viele Rekonstruktionen überhaupt nicht stimmten. Das die[se] zwar [ei]ne Ansicht zeigten und ein[en] Grundriss […] und möglicherweise noch [eine]n Schnitt. Und wenn man das alles zusammengesetzt hat, hat das […] nicht gepasst.“, P2-1: 64.

[291] Hierzu eine der Modellierungskoordinatorinnen des Projektes P1: „[Der geschichtswissenschaftliche Bearbeiter, Umschreibung S. M.] überlegt […] sich […], wie sie [gemeint sind ‚Gebäudestrukturen, Anm. S. M.] weitergehen könnten. [...] [Beispielsweise] anhand des Grundrisses, wie man das Muster [gemeint ist ‚die Fassade‘, Anm. S. M.] fortsetzen könnte“, P1-2-1: 50.

[292] Hierzu der Modellierungsleiter des Projektes P2: „[Es gibt] zum Beispiel für [ein historisches Wohngebäude, Umschreibung S. M.] zwei Rekonstruktion[salternativ]en im Modell. Also eine eingeschossige und eine zweigeschossige, wo[mit] [...] deutlich wird, dass [...] die Befundlage [...] unterschiedliche Rekonstruktionen zulässt.", P2-1: 28.

bemühten historischen oder archäologischen Befunde der Notwendigkeit zur Quellenkritik unterworfen. Im Gegensatz zu textlichen Forschungsergebnissen ist selbst bei fehlenden oder inkonsistenten Befunden eine Entscheidung zur historischen Gestalt zu treffen. Dies bedingte und rechtfertigte insbesondere nach Ansicht der befragten geschichtswissenschaftlichen Projektmitarbeiter den überaus großen geschichtswissenschaftlichen Inter- und Extrapolationsaufwand mit logischen Schlüssen, Experten und Expertisen. Die selbst im Falle vorhandener Quellen im Zuge des Auswertungs- und Rekonstruktionsprozesses aufgedeckten Ungenauigkeiten weisen darauf hin, dass auch in diesen Fällen einer methodisch guten – archäologischen oder historischen – geschichtswissenschaftlichen Aufarbeitung große Bedeutung zukommt.

- ➔ *B4: Trotz fehlender Quellen ist eine eindeutige Entscheidung zur Modellgestalt zu treffen.*
- ➔ *B4: Historische Quellen weisen verschiedene inhaltliche und technische Defizite sowie Fehler auf, die zur Interpretation bzw. zum Rückgriff auf logische „Quellen“ zwingen.*
- ➔ *B4: Für eine wissenschaftliche Arbeit ist eine methodische historische bzw. archäologische Aufbereitung nötig.*

Einbeziehung zusätzlicher Quellen zu späteren Zeitpunkten

Einen weiteren Aspekt des Umgangs mit Quellen stellte deren Verfügbarkeitszeitpunkt dar. Wie bereits in Absatz 6.3.2.2 ausgeführt, war zu Projektbeginn meist nur ein Teil der in eine Rekonstruktion letztendlich einbezogenen Quellen verfügbar und aufbereitet. Ein Vorliegen aller benötigten Befunde und Forschungsergebnisse erleichtert nach Einschätzung von P2-2 eine schnelle und gezielte Modellerstellung,[293] zudem erfordern neue Befunde zumeist eine aufwendige Umarbeitung des Modells.[294] In der Praxis bedingten organisatorische und arbeitspraktische Gründe, dass zahlreiche weitere Befunde erst im Rahmen der Bearbeitung einbezogen wurden. So ermöglichten häufig erst die Projektfinanzierung und die Anlage der Projekte als Forschungs- und Rekonstruktionsprojekte eine umfangreiche Forschungs- und Recherchearbeit. In der Folge kamen häufig neue Informationen und Befunde erst während der Projektlaufzeit hinzu.[295] Zudem ist eine iterative Modellierung nach Einschätzung der geschichtswissenschaftlichen Bearbeiter von P1 und P2 ein wichtiger Katalysator des Forschungsprozesses, da erst im Zuge einer Modellierung Konsistenzprobleme der Quellen sichtbar oder durch die Anforderungen der Modellierung Quellenbedarfe absehbar werden.

---

[293] Hierzu bspw. die geschichtswissenschaftliche Koordinatorin des Projektes P2: „Also man konnte ja auch schon […] auf […]Forschung[sergebnisse] […] zurückgreifen. Also auf [existierende, analog erstellte, Anm. S. M.] Rekonstruktionen […]. […] [S]onst hätt[e] [e]s glaub ich noch länger gedauert, also das war schon [von] Vorteil.“, P2-2: 316.

[294] Dies trat bei den Projekten P2 und P1 auf.

[295] So spricht eine der Modellierungskoordinatorinnen des Projektes P1 von „ein[em] Prozess, in dem immer Material dazukam“ P1-2-1: 175.

Als Folge dieser Ambivalenz ergaben sich in den Projekten nur wenige generalisierbare Muster und Leitlinien. Eine dieser Empfehlungen aus dem Projekt P2 lautet, beispielsweise durch Einbeziehung von Fachexperten frühzeitig Informationen zum *State of the art* und über verfügbare und potenziell nutzbare Quellen und Befunde zu erlangen.[296]

- ➔ *B4: Vor Rekonstruktionsbeginn Befundlage klären*
- ➔ *S1: Über Einbeziehung von Experten Übersicht über verfügbare Quellen erlangen*
- ➔ *B2: Eine iterative Modellierung ist ein wichtiger Katalysator des Forschungsprozesses.*
- ➔ *S2: Redaktionsschluss für die Einbeziehung weiterer Quellen setzen*

Ein allgemeines Problem stellte die zeitliche und quantitative Limitierung einer Einbeziehung neuen Quellenmaterials dar. Gerade eine späte Einbeziehung von neuen Quellen und Befunden machte in den untersuchten Projekten häufig umfangreiche Modellrevisionen nötig.[297] Sowohl in den Projekten P1 als auch P4 wurde daher ein „Redaktionsschluss" eingeführt.[298] Dabei wurden nur bis zu einem bestimmten Zeitpunkt verfügbare Quellen in eine Modellerstellung einbezogen, während neuere Quellen zwar vermerkt, aber nicht mehr als Modellierungsgrundlage genutzt wurden. Ungeachtet dessen spiegelt eine Rekonstruktion in jedem Fall nur einen jeweils aktuellen Forschungs- und Quellenstand wider, der – wie mit Blick auf Nachhaltigkeit in Absatz 6.4.6.2 noch dargelegt wird – nach Projektende zumeist nicht mehr um neue Forschungsergebnisse erweitert wird.

Verfügbarkeit von Quellen

Der Zugang zu Quellenmaterial erfolgte zumeist über Archive und Museen. Sowohl in den Projekten P1 als auch bei P2 wird auf das Problem hingewiesen, dass Quellen schwer zugänglich waren und Quellenbeschaffungs- und Digitalisierungsprozesse mitunter sehr lange dauerten.[299] Ursachen werden von den Bearbeitern darin gesehen, dass Quellen häufig bei unterschiedlichen Stellen gelagert sind. Daneben gestaltete sich in der Praxis gerade bei

---

[296] Hierzu der leitende Modelleur des Projektes P2: „[…]wir haben uns [...] sehr auf die didaktische Anwendung konzentriert. Ich hab dann [...] im Laufe des Projekts gemerkt, […] dass wir ein bisschen das Pferd von hinten aufgezogen haben. Wir haben [...] [zuerst, Anm. S. M.] die Rekonstruktion erstellt und uns viel zu wenig um die Befundlage gekümmert. Also man hätte eigentlich erst die genaue Befundlage analysieren [...], die[se] modellieren müssen und […] daraus […] hätte man die Konstruktion ableiten müssen.“, P2-1: 17.

[297] Zu derartigen, erst im späteren Projektverlauf auftauchenden Quellen führte der geschichtswissenschaftliche Koordinator des Projektes P1 aus: „[…] wenn wir das Ganze [einbezogen hätten, Anm. S. M.] hätten wir wieder von vorne anfangen müssen.“ P1-1: 188.

[298] Hierzu eine der Modellierungskoordinatorinnen des Projektes P1: „[…] wir versuchen jetzt […] alles noch fertig zu bekommen, so schön, wie [es] eben möglich ist und werden dann noch [ei]ne Liste anfertigen mit Sachen, die uns selber noch aufgefallen sind, wo wir wissen, dass da noch Baustellen sind und händigen die[se] dann […] [dem Projektleiter, Umschreibung S. M.] […] aus.“, P1-2-1: 9.

[299] Hierzu der geschichtswissenschaftliche Bearbeiter des Projektes P1: „Die [Gemeint ist ein Archiv, Anm. S. M.] haben ein[en] großen Satz an Plänen […]. Das [ist] eben einfach schwierig […], Termine zu finden, wo uns die Pläne vorgelegt werden. Das sind alles so[lche] äußere[n] Einflüsse, die [die] Sache erschweren.“, P1-1: 158.

nicht originär für eine öffentliche Nutzung vorgesehenen Archiven wie beispielsweise Museumsarchiven eine Quellenzugänglichkeit dahingehend schwierig, als dass für eine Digitalisierung von Quellenmaterial keine Standardprozeduren existieren.[300]

Bemerkenswerterweise wird von derartigen Schwierigkeiten zumeist vor dem Hintergrund eines Zugangs beziehungsweise einer Digitalisierung von Quellen berichtet, während eine Findung beziehungsweise Informationserlangung über diese Quellen von den Projektbeteiligten nicht als problematisch beschrieben wird. Darüber hinausgehende generelle Strategien zur Lösung der beschriebenen Zugangsprobleme sind nicht übermittelt, jedoch wurde von den Projektbeteiligten punktuell darauf hingewiesen, dass sich persönliche Beziehungen oder Bekanntschaften mit Mitarbeitern der jeweiligen Institutionen als förderlich erwiesen. Zudem bewährte sich gerade im Projekt P2 die Einbindung der betroffenen Institution in das Projekt.

- ➔ *B2: Quellendigitalisate sind schwer beschaffbar.*
- ➔ *B4: Es wird in keinem Projekt unmittelbar von Schwierigkeiten bei der Findung von relevanten Quellen berichtet.*

Nachdem in diesem Absatz Aspekte und Handlungspraktiken einer Quellengrundlage thematisiert wurden, werden im nächsten Abschnitt am Produktionsprozess einer 3D-Rekonstruktion beteiligte Mitarbeiter sowie diesbezüglich relevante Befunde vorgestellt.

6.4.3.2 Mitarbeiter

Bei den untersuchten größeren Projekten, namentlich P1, P2 und P3, setzten sich die Arbeitsteams sowohl aus festangestellten, projektbeschäftigten als auch studentischen Mitarbeitern zusammen. Die Organisation und Strukturbildung innerhalb der Arbeitsteams wird im folgenden Absatz 6.4.3.3 thematisiert. Dem vorausgreifend ist bereits an dieser Stelle anzuführen, dass sich die an einem Projekt beteiligten Arbeitsteams im Sinne einer funktionalen Arbeitsteilung aus Gruppen geschichtswissenschaftlicher Bearbeiter und Modelleure zusammensetzten, neben denen in den Projekten P2 und P3 noch als weitere Arbeitsgruppen beispielsweise von Mitarbeitern der ausstellenden Museen und für eine Interaktionslogik verantwortlichen Informatikern involviert waren. Daneben waren verschiedene Personen zwar nicht in den Projektteams involviert, jedoch über *Stakeholder* wie beispielsweise Fördergeber, Ausstellungsort oder als konsultierte Experten in Projekt und Projektentscheidungen involviert.[301] Formal geleitet und administriert wurden die

[300] Hierzu der geschichtswissenschaftliche Bearbeiter des Projektes P1: „Wir haben bis heut[e] zum Beispiel von manchen Projekten noch keine Fotos, weil die nicht, weil die [Archive, Anm. S. M.] das nicht schaffen, zu fotografieren. […] Und dann lassen sie […] uns nicht fotografieren, lassen sie Amateurfotos nicht zu. Aus urheberrechtlichen Gründen.“, P1-1: 158-162.

[301] Ein Beispiel für den mitunter maßgeblichen Einfluss außerhalb des Projektes stehender *Stakeholder* stellt der Leiter des Museums dar, welches das im Projekt P2 entstandene interaktive Modell ausstellen sollte. Er knüpfte die Ausstellung der erstellten Anwendung an eine wissenschaftliche Kohärenz und bedingte damit maßgeblich eine umfangreiche Überarbeitung des Modells. Hierzu führte die geschichtswissenschaftliche

Projekte zumeist durch eine Reihe in den beteiligten Institutionen fest angestellter und nur temporär in das Projekt involvierter Personen. Entsprechend waren diese Personen zumeist mit zahlreichen externen Arbeitsaufgaben konfrontiert und mit nur geringem Zeitbudget in die Projekte involviert. Nicht zuletzt aus diesem Grund waren diesen formalen Projektleitern – mit Ausnahme des leitenden Modelleurs im Projekt P2 – häufig zusätzliche Koordinatoren auf operativer Ebene zur Seite gestellt beziehungsweise wurden von diesen eingestellt.[302]

Mitarbeiterakquise

Mit Blick auf den Zeitpunkt der Einbeziehung in die untersuchten Projekte waren insbesondere die auf Leitungsebene an den Projekten beteiligten Personen ausnahmslos bereits vor Projektbeginn in den jeweiligen Institutionen beschäftigt und häufig federführend an der Projektbeantragung beteiligt. Darüber hinaus beschäftigten die größeren Projekte P1, P2 und P3 eine Reihe von Mitarbeitern speziell zur Projektbearbeitung. Mit Ausnahme von studentischen Mitarbeitern wurden diese Projektangestellten fast ausnahmslos durch persönliche Kontakte sowie persönliche Fürsprache vermittelt oder eingestellt – nur im Projekt P2 wurde eine Stelle ausgeschrieben und durch einen externen Bewerber besetzt.[303] Daneben wurden mit Ausnahme von P4 in allen Projekten studentische Mitarbeiter beschäftigt, die zumeist über Lehrveranstaltungen für die Projekte interessiert und beispielsweise im Projekt P1 ohne größere Auswahlprozesse beschäftigt wurden.[304]

Koordinatorin aus: „[Der Museumsleiter, Umschreibung S. M.] hat auch gesagt: Es muss […] wissenschaftlich standhalten, dieses Modell. Also er möchte nicht [et]was im Museum verorten, wo[zu] dann eine Welle an Kritik ausbricht […].“, sowie „Also es gab ein 3D-Modell und dann kam [die Einschätzung:, Anm. S. M.] Wir müssen korrigieren […]. Ansonsten wird es nicht ausgestellt.“, P2-2: 75 und 35.

[302] Beispielsweise führte die geschichtswissenschaftliche Koordinatorin des Projektes P2 aus: „[Der Projektleiter, Umschreibung S. M.] hatte […] damals […] dafür gesorgt, dass […] so [ei]ne Koordinatorenstelle praktisch geschaffen wird, die ich dann innehatte.“, P2-2: 49, Ähnlich für die Modellierungskoordinatorinnen des Projektes P1 (zitiert wird der geschichtswissenschaftliche Bearbeiter): „Also die[se] sind beauftragt für die Projektkoordination. Den [Modellierungsleiter, Umschreibung S. M.] quasi zu entlasten von allem Administrativem […]“, P1-1: 48.

[303] So führte der leitende Modelleur des Projektes P2 als Motivation zur Einstellung des zuerst eingestellten Modelleurs aus: „[…] [Er] war jemand, der auch als 3D-Grafiker […] gut war. Der ist mir vorher schon in Projekten aufgefallen. ", P2-1: 9.

[304] Interessierten Studierenden wurde das Projekt P1 im Rahmen von Lehrveranstaltungen und in einem Einführungsworkshop vorgestellt. Interessierte konnten sich daraufhin zur Übernahme von Modellierungsaufgaben bereit erklären und waren somit am Projekt beteiligt. Hierzu eine der Modellierungskoordinatorinnen: „Und zu Beginn [einer Projektmitarbeit der befragten Modellierungskoordinatorin, Anm. S. M.] hatte [der Modellierungsleiter, Umschreibung S. M.] das […] [Projekt] in der Vorlesung vorgestellt und […] schon fertige Modelle gezeigt und [dies] sah […] einfach schön aus. [...] Klar macht man das [gemeint ist ‚eine Projektmitarbeit‘, Anm. S. M.] […] auch, damit man […] auf seine [für einen Studienabschluss relevanten, Anm. S. M.] Punkte kommt. [...], aber das [gemeint ist ‚der Projektinhalt‘, Anm. S. M.] war […] [ei]n Anreiz sich dann dafür zu entscheiden. Weil [e]s […] interessant klang“, P1-2-1: 69.

- ➔ *B3: Mitarbeiter wurden fast ausschließlich durch persönliche Kontakte und Fürsprache vermittelt.*
- ➔ *B3: Zumeist wurden neben angestellten Mitarbeitern studentische Mitarbeiter beschäftigt.*

Umstrukturierung

Für die Projekte P1 und P2 sind Umstrukturierungen und Neubesetzungen während der Projektlaufzeit bekannt. Am häufigsten betrafen derartige personelle Veränderungen studentische Mitarbeiter, wobei als Grund zumeist deren Studienende benannt wird. In mindestens vier Fällen wechselten Projektmitarbeiter beziehungsweise -leiter auf andere Positionen und beendeten damit häufig ihre Projektmitarbeit.[305] Obwohl Arbeitsergebnisse einzelner Mitarbeiter mitunter kritisch gesehen wurden, kam es nur in einem Fall zu einer Entlassung.[306]

Formale Qualifikation der Bearbeiter

Hinsichtlich der formalen Qualifikation handelte es sich bei den Projektleitern und den Leitern der einzelnen Arbeitsbereiche in den Projekten P2 und P3 um Professoren oder Universitätsdozenten, im Projekt P1 wurde das Projekt durch einen leitenden Angestellten eines Museumsverbundes in Kooperation mit einem Hochschulprofessor geleitet. Die beschäftigten geschichtswissenschaftlichen Bearbeiter waren beinahe ausschließlich Promovierende, Promovierte oder Habilitierte und somit formal hoch qualifiziert.[307] Dagegen handelte es sich bei den ausführenden technischen beziehungsweise gestalterischen Mitarbeitern häufig um Studierende[308] sowie teilweise um bereits diplomierte Gestalter, in Einzelfällen um Promovierende.[309] Gerade bei Modellierungs- und Gestaltungsaufgaben stellte eine formale Qualifikation nach Einschätzung der befragten Projektteilnehmer ein Kriterium von eher geringer Relevanz dar, vielmehr waren für eine

---

[305] Dies betraf bei einer Betrachtung der geschichtswissenschaftlichen Mitarbeiter im Projekt P2 den vorherigen Projektleiter sowie drei der vormaligen geschichtswissenschaftlichen Bearbeiter, im Projekt P1 ebenfalls eine vormalige geschichtswissenschaftliche Bearbeiterin. Bspw. führte die geschichtswissenschaftliche Koordinatorin für die Umbesetzung der Position des Projektleiters bei P2 aus: „Der neue Projektleiter, Umschreibung S. M.] ist […] Nachfolger von [dem ursprünglichen Projektleiter, Umschreibung S. M.], und dann hat er aufgrund […] dieser Position gesagt […]: Ich übernehm[e] das.", P2-2: 41-43.

[306] Dies betraf den zuerst eingestellten Modelleur des Projektes P2. Hierzu der leitende Modelleur: „Der [zum Projektbeginn eingestellte Modelleur, Anm. S. M.] […] hielt das [,] glaub[e] ich [,] gar nicht für möglich, diese Zielsetzung, die wir eigentlich hatten. [...] Ich hab ihn dann jedenfalls nach einem Jahr entlassen und […] dann ging das Projekt eigentlich sehr gut weiter [...].“, P2-1: 9-11.

[307] In einigen Fällen war eine Qualifikation der jeweiligen Person nicht bekannt.

[308] Dies betraf vor allem die Projekte P3 und P1. Im Projekt P2 waren sowohl studentische als auch festangestellte Mitarbeiter mit einer Realisierung betraut.

[309] Beispielsweise in den Projekten P3 und P4.

Projektbearbeitung Attribute wie Interesse, Fertigkeiten und individuelles Engagement der Modelleure relevant.[310]

- ➔ *B3: Geschichtswissenschaftliche Bearbeiter sind zumeist höher als gestalterische oder technische Mitarbeiter qualifiziert.*
- ➔ *B3: Die formale Projektleitung erfolgt durch Universitätsprofessoren, diesen sind häufig Koordinatoren zur Seite gestellt.*

Anreize und Motivation

Erwartungsgemäß unterschieden sich Anreize und Motivationen der Projektbeteiligten insbesondere mit Blick auf eine hierarchische Stellung. Neben den bereits benannten Initialen stellte auf Leitungsebene insbesondere die Umsetzung einer „Vision" ein wichtiges Motiv dar.[311] Jedoch spielten nach Ansicht der befragten Projektteilnehmer auch auf Ebene der Bearbeiter neben extrinsischen Anreizen wie Geld, Referenz oder Qualifikation zahlreiche intrinsische Motivationen – wie beispielsweise der Wunsch, das eigene Modell fertigzustellen oder vorherige Bearbeiter qualitativ zu übertreffen – eine wichtige Rolle.[312] Neben der individuellen Motivation unterlag auch die Gruppenmotivation verschiedenen Einflüssen, wobei insbesondere ein gutes Arbeitsklima und eine öffentliche Sichtbarkeit und Wahrnehmung des Projektes einen förderlichen Einfluss ausübten.[313]

---

[310] Beispielsweise mit Blick auf ein individuelles Engagement der Modelleure: „[…] weil die einzelnen [Modelleure] auch unterschiedlich viel Zeit haben. [Beispielsweise grade in Prüfungsphasen stecken oder irgendwas […] nebenbei machen und dann […] entsprechend[e] Motivation [gemeint sind vermutlich ‚Kapazitäten', Anm. S. M.] haben[,] dafür [gemeint ist ‚für das Projekt', Anm. S. M.] zu arbeiten […]", P1-2-1: 229.

[311] Hierzu: „Ich [gemeint ist ‚der Modellierungsleiter', Anm. S. M.] hatte von Anfang an […] die Vision von dem, was wir jetzt haben. […] Ich wollte die […] [historische, Umschreibung S. M.] Stadt rekonstruieren und komplett zeigen.", P2-1:36.

[312] Als extrinsische Motivationen wurden Referenzen, Geld, Qualifizierung sowie zu erbringende Studiennachweise benannt: „[…] soweit ich es durchschaue, sind [die Modelleure, Anm. S. M.] Studenten [des Modellierungsleiters, Umschreibung S. M.] […], die quasi in dieses Projekt […] zur einerseits Weiterqualifizierung [eingebunden sind, Anm. S. M.], und dann ist da natürlich auch eine kleine Entlohnung dabei, also eine Art Job mit weiterqualifizierenden Aspekten, die [in Form der 3D-Modelle, Anm. S. M.] […] die Studenten auch zur Eigenwerbung später vorzeigen dürfen.", P1-1: 44. Demgegenüber wurde als intrinsische Motivation benannt: „Man sieht ja dann nur das Schönste von den ganzen Sachen, denkt sich, okay das müsste schon mindestens drin [gemeint ist ‚realisierbar'] sein.", P1-2-1: 177. Eine Motivation zur Mitarbeit besteht für einzelne Modelleure auch, weil sie sich „dem Projekt anscheinend verbunden fühl[en]", P1-2-1: 131, sowie im Wunsch, „[…] dass ich […] mein eigenes Modell fertig kriegen will und dass ich […] schön finde, wenn das dann fertig dasteht. Und ich […] ungern irgendwas Halbfertiges […] rumstehen lassen würde.", P1-2-1: 69.

[313] So gab es bei den Modelleuren des Projektes P2 nach ca. einem Jahr ein Motivationstief: „[…] wir haben [zu Projektbeginn, Anm. S. M.] dann erstmal den [vom Interviewten benannten Tempel, Umschreibung S. M.] erstellt und hatten dann […] nach dem ersten Jahr so ein[en] Tiefpunkt im Projekt. Das [gemeint ist ‚der Arbeitsfortschritt', Anm. S. M.] ging so richtig nicht weiter und […] wir haben dann eine Pressekonferenz gegeben und diesen Tempel schon mal vorgestellt. Und auch das Projekt […] und unsere Ziele vorgestellt und

- ➔ *B3: Neben extrinsischen Anreizen gab es auf Mitarbeiter-Ebene häufig den Wunsch, etwas gut abzuschließen.*
- ➔ *S3: „Gesunder“ Wettbewerb, öffentliche Wahrnehmung und Gruppenmotivation befördern eine intrinsische Motivation.*

6.4.3.3 Arbeitsorganisation

Eng mit einem verfügbaren Mitarbeiterstamm sind die im Folgenden thematisierten Aspekte der Organisation und Strukturbildung innerhalb der Arbeitsteams verknüpft. Auch diese bildeten zumeist durch institutionelle Strukturen und ein Projektkonzept festgelegte Kontexte eines Produktionsprozesses einer 3D-Rekonstruktion.

Hierarchie

Alle untersuchten Projekte waren arbeitsteilig organisiert und im Falle größerer Vorhaben wie P1, P2 oder P3 umfangreich gestaffelt. Die oberste Hierarchieebene bildete dabei die Gesamtleitung, die mit Ausnahme des Projektes P3 von einer geschichtswissenschaftlichen Institution ausgeübt wurde. Bei allen beteiligten Institutionen gab es zudem einen für die Leitung des jeweiligen Aufgabenfeldes Verantwortlichen. Für eine operative Koordination der Arbeit in den jeweiligen Teilbereichen waren auf einer nächsten Hierarchieebene zumeist explizit für die Projektbearbeitung eingestellte Mitarbeiter verantwortlich. Gerade bei geschichtswissenschaftlichen Aufgaben waren diese Personen gleichsam für die eigentliche Bearbeitung zuständig, in den personell ungleich größeren Modellierungsbereichen erfolgte eine eigentliche Bearbeitung auf einer wiederum untergeordneten Hierarchiestufe.[314] Daneben waren in allen Projekten zahlreiche *Stakeholder* an den Erstellungsprozessen beteiligt. Diese waren zumeist nicht in die Teamstrukturen eingebunden, sondern wie beispielsweise konsultierte Fachexperten, Vertreter der Ausstellungsorte oder auch Finanzgeber punktuell mit den Projekten verbunden.

- ➔ *B4: Neben den Projektbeteiligten üben eine ganze Reihe weiterer Stakeholder Einfluss aus.*

Aufgabenarten

Leitungsaufgaben

Wie bereits ausgeführt, wurde die Projektleitung meist von den jeweiligen Leitern der am Projekt beteiligten Institutionen ausgeübt, wobei eine hierarchische Teilung zwischen einer Leitung des Aufgabenfeldes und einer Gesamtleitung des Projektes im Sinne eines Auftraggebers oder *Lead Partners* bestand. Originäre Aufgaben stellten zum einen die

---

[…] und das hat damals schon großes Aufsehen erregt, auch […] mit dem Tempel alleine […] [.] [U]nd dann war […] wieder Motivation da [,] weiterzumachen.“, P2-1: 11.

[314] Welche jedoch arbeitsrechtlich häufig der Leitungsebene unterstellt war.

Definition von strategischen Zielen wie Budgets, Zeitpunkten, *Stakeholdern* sowie Zielsetzungen, zum anderen Personalentscheidungen dar.

Geschichtswissenschaftliche Aufgaben

Eine ebenfalls in allen Projekten vorgesehene Aufgabenklasse war die geschichtswissenschaftliche Bearbeitung. Diese umfasste die Recherche und Aufbereitung von Quellen, eine Definition der zu rekonstruierenden Objekte, die Extrapolation von Quellen-„Lücken“[315] sowie die geschichtswissenschaftliche Kontrolle der erstellten Modelle. In den meisten Fällen wurden für diese Aufgaben Mitarbeiter in den Projekten beschäftigt, in Einzelfällen externe Experten oder *Stakeholder* einbezogen.

Modellierungsaufgaben

Die hinsichtlich des eingeplanten Budgets umfangreichste Aufgabe stellte die Modellierung der virtuellen 3D-Rekonstruktion dar. Dies umfasste Aufgaben wie Geometrieerstellung, Ausleuchtung sowie teilweise auch Texturierung und Animation. In allen Projekten wurde die technische Umsetzung einer Präsentation des Modells bereits zu Projektbeginn als gesonderte Arbeitsaufgabe berücksichtigt, häufig jedoch mit Modellierungsaufgaben kombiniert. Nur im Projekt P2 wurde aufgrund der Anforderungen einer interaktiven Präsentation für diese Aufgabe eine weitere Institution ins Projekt geholt, die den Modelleuren unterstellt war.

Koordinationsaufgaben

Zu den in den beobachteten Projekten hinsichtlich ihres Aufwands zumeist unterschätzten Aufgaben gehörten die Koordination und Organisation des Projektes auf operativer Ebene. Diese umfasste Aufgaben wie die Organisation von Arbeitstreffen und Besprechungen, die Koordination und Kommunikation von Teilaufgaben sowie Dokumentation und Abrechnung. Für derartige Aufgaben war zumindest in den Projekten P1 und P2 anfangs keine explizite Besetzung vorgesehen, vielmehr wurden die Organisationsfunktionen durch Projektmitarbeiter abgedeckt.[316] Erst für die Änderungsphase im Projekt P2 wurde eine

[315] Hierzu der geschichtswissenschaftliche Bearbeiter des Projektes P1: „Ich mach das wie [e]in Archäologe, wir flicken […] meistens die Lücken, die die Quellen nicht hergeben. Wir haben ein sehr disparates Material. Wir haben Pläne, die Grundriss-, Aufrisspläne, die nicht übereinstimmen, in vielen Fällen, wo [e]s Diskrepanzen gibt. […] Und dann muss man eben definitiv Entscheidungen einfach treffen und sagen, jetzt, das ist also die Hauptplanung und davon hängt alles weitere ab. […] Dann ist [da, Anm. S. M.] natürlich die Frage, kann man sie konstruieren, die Barockarchitektur aufgrund ihrer Prinzipien von Systematik, von Symmetrie? [Dies] Lässt natürlich […] gewissen […] Spielraum für Rekonstruktionen, also für das Füllen von Lücken.“, P1-1-130.

[316] Bei P1 sind zwei Modelleurinnen mit diesen Aufgaben betraut: „Also die sind beauftragt für die Projektkoordination. Den [Modellierungsleiter, Anm. S. M.] quasi zu entlasten von allem Administrativem, die Studenten […] einzuweisen und auch Protokoll zu führen bei den Sitzungen, Sitzungen vorbereiten und [zu] schauen, dass die Modelle rechtzeitig vor Sitzungsbeginn vorliegen. […] auch immer wieder die Kommunikation zu [gewährleisten, Anm. S. M.].“, P1-1: 48.

derartige Arbeitsaufgabe – in Kombination mit geschichtswissenschaftlicher Arbeit – explizit ausgeschrieben.

➔ *S2: Leitungs- und Koordinationsaufgaben sind zeitlich und personell zu untersetzen.*

Team als „Gemeinschaft“

Einen anderen Aspekt stellte die Gemeinschaftsbildung der Arbeitsteams dar. In allen Projekten duzten sich die beteiligten Projektbearbeiter und Koordinatoren. Darüber hinaus wurde eine stimmige „Chemie“ zwischen den Beteiligten als förderlich für die Arbeit angesehen,[317] allerdings nach Ansicht der Beteiligten nicht in jedem Fall zufriedenstellend erreicht. Dabei gab es in allen Projekten gemeinschaftsbildende Maßnahmen wie gemeinsame Museumsbesuche oder Grillabende. Deren Erfolge waren jedoch sehr unterschiedlich, wobei als befördernde Faktoren ein geringer Altersunterschied sowie umfangreiche zeitliche Berührungspunkte angesehen werden.

➔ *B2: Gemeinschaftsbildung hängt von gemeinsamer Zeit und ähnlicher Sozialisation ab.*

Anforderungen

Auch wenn sich projektbezogene Fähigkeiten und Kenntnisse – wie in Abschnitt 6.4.5.2 noch ausgeführt – bei den Beteiligten zumeist erst im Zuge der Projektbearbeitung entwickelten, erleichterten oder erschwerten die unterschiedlichen disziplinären Zugänge oder Domänen einen Umgang mit spezifischen Themenstellungen.[318] Nicht zuletzt variierten individuelle Fähigkeiten und Fertigkeiten auch zwischen einzelnen Personen innerhalb einer Domäne, wie beispielsweise den beteiligten studentischen Modelleuren, mitunter deutlich.[319] Als

[317] Hierzu: „Es hat […] irgendwie die Chemie gestimmt. [die Modelleure, Umschreibung S. M.] sind ja [in] mein[em] Alter […]. Und […] wir […] halten Kontakt und sind auch irgendwie befreundet. Also das ist […] schon wichtig.“ P2-2: 158. Demgegenüber: „Es entsteht aus dem Projekt keine Freundschaft […] vielleicht sind auch die Altersunterschiede zu groß. Das sind Studenten, so um die 20, 25 [Jahre alt, Anm. S. M.] maximal, wenn überhaupt. Wir sind […] dann doppelt so alt, hier von der Projektleitung.“, P1-1: 66.

[318] Ein Beispiel stellt die vor dem Hintergrund der Erfahrungen im Projekt P2 durch die geschichtswissenschaftliche Koordinatorin getroffene Einschätzung dar, dass „Bauhistoriker“ aufgrund ihrer Architektur-Ausbildung hinsichtlich Gebäudeaspekten wie bspw. Statik oder Materialverwendung sehr kompetent sind, während die Interpretation oder logische Schlussfolgerung Domäne der Archäologen ist: „Und grade, wenn´s um so [ei]ne 3D-Visualisierung geht, ist es oft so, dass […] Architekten mit dem […] Forschungsschwerpunkt antike Bauforschung engagiert werden. Das ist nichts Ungewöhnliches. […] Aber […] oft […] fehlt [diesen die Vorstellung] […] wie es dann wirklich in der Antike ausgesehen hat. Oder […] die Vergleiche [gemeint sind Vergleichsbauten, Anm. S. M.] fehlen.“, P2-2: 16-18.

[319] „[Es gibt, Anm. S. M.] einzelne Modellierer, die […] richtig gut sind. Also [im aktuellen Team, Anm. S. M.] zwei […] im Speziellen. [...] Die sind […] total gut und sehr schnell und haben […] viel Motivation, sich mit sowas auseinanderzusetzen, also mit Modellierung[spraktiken] an sich. […] [Diese Motivation, Anm. S. M.] haben, glaub ich, auch nicht so viele.“ P1-2-1: 231.

Lösung wurde in den beobachteten Projekten eine adäquate Besetzung beziehungsweise Aufgabenverteilung vorgeschlagen und stellenweise praktiziert. Offen bleibt, inwiefern der im Projekt P2 aufgrund der Notwendigkeit zur Neubesetzung mögliche Ansatz einer anders gearteten Aufgabenzuweisung bei der Einrichtung einer Koordinatorenstelle übertragbar ist. Ein bewährtes Modell stellte jedoch die bei P1 praktizierte Vergabe von Modellierungsaufgaben in Abhängigkeit von den jeweiligen Fähigkeiten dar.

➔ *S2: Aufgabenverteilung und Stellenbesetzung sollten in Abhängigkeit von benötigten und vorhandenen Kompetenzen erfolgen.*

6.4.3.4 Technik

Ein technischer Rahmen für den Erstellungsprozess von digitalen 3D-Rekonstruktionen wird insbesondere durch digitale Technologien bestimmt, die im Kontext von geschichtswissenschaftlichen 3D-Rekonstruktionsprojekten in zweierlei Hinsicht Bedeutung besitzen. So kommen bei der digitalen Modellerstellung sowie -abbildung hochkomplexe Softwareprogramme zum Einsatz, die hinsichtlich ihrer Bedienung hohe Anforderungen an einen Bearbeiter stellen. Daneben kommen im Arbeitsprozess verschiedene elektronische Medien als Kommunikations- und Organisationswerkzeuge zum Einsatz.

Softwarenutzung

Mit Blick auf die Konzeption einer geeigneten technologischen Grundlage ist bei der Entscheidung für eine Softwarebasis generell zwischen den Vorteilen einer einheitlichen Lösung und der Nutzung individueller Vorkenntnisse abzuwägen. Projektweite Festlegungen für einheitliche Softwarelösungen zur Kommunikation oder Bild- und Textverwaltung sind für keines der Projekte bekannt, zu vermuten ist allerdings, dass es diesbezüglich Abstimmungsprozesse gab. Unterschiedliche Philosophien verfolgten die Projekte hinsichtlich einer Vereinheitlichung der Software zur virtuellen Modellerstellung, wobei solche Festlegungen zumeist durch die Modellierungskoordinatoren oder -leiter getroffen wurden. Während bei studentischen Bearbeitern ohne Vorkenntnissen wie bei P3 oder anfangs im Projekt P1 die Schulung und Verwendung einer einheitlichen Lösung angestrebt wurde,[320] hatte bei Bearbeitern mit Vorkenntnissen wie im Projekt P2 die Verwendung der individuell präferierten 3D-Werkzeuge Priorität.

➔ *S2: Individuelle Softwareentscheidung bei Vorkenntnissen zulassen*

[320] „Von Anfang an stand […] [eine bestimmte 3D-Modellierungssoftware] fest, weil das auch das Programm ist, was uns in der Universität zur Verfügung steht […] [.] Dadurch das zu Hause manche Leute nur mit [de]m Mac [gemeint sind Computer mit dem Betriebssystem MAC OS, Anm. S. M.] arbeiten können […] kam […] Blender [eine andere 3D-Modellierungssoftware, Anm. S. M.] auf und […] [es folgte]: Wenn wir Blender nutzen, dann darf ich doch mit […] [einer weiteren 3D-Modellierungssoftware] […] modellieren. Und dann: Mach doch einfach [gemeint ist ‚nutze die Software deiner Wahl', Anm. S. M.] […].", P1-2-1: 173.

Datenaustausch

Eine wichtige Rolle spielte in allen Projekten der Transfer von Daten. Datentransfers umfassten einerseits den Austausch zwischen geschichtswissenschaftlichen Bearbeitern und Modelleuren, der zumeist Bild- und Textformate, in seltenen Fällen wie bei P2 – daneben in Absatz 6.4.4.3 noch thematisierte – 2D-CAD-Daten umfasste.

Zwischen den Modelleuren sowie im Projekt P2 zwischen Modelleuren und Informatikern wurden zudem 3D-Daten ausgetauscht. Derartige Daten wurden in der Arbeitspraxis bei einem Transfer zwischen Nutzern des gleichen 3D-Programms bevorzugt in dessen proprietärem – nur von diesem Programm verwendbaren – Format ausgetauscht, wodurch zumindest innerhalb einer Programmversion zumeist sämtliche Softwarefunktionalitäten unterstützt werden. Zudem weist dieses Format zumeist die geringsten Einschränkungen und Anpassungsbedarfe auf.

Durch die Verwendung unterschiedlicher Modellierungssoftware war in einigen Fällen die Nutzung eines generischen Austauschformates vonnöten. Diesbezüglich war im Projekt P2 ein Austausch zwischen unterschiedlichen Programmen bereits von Anfang an eingeplant, so dass die Evaluation eines geeigneten Formates bereits zu Projektbeginn durch Modelleure und Informatiker erfolgte. Im Projekt P1 stellte sich die Anforderung eines derartigen Formates hingegen erst im Laufe der Bearbeitung.[321] Zum Austausch zwischen unterschiedlichen Softwares wurden ausschließlich weit verbreitete und etablierte Standardformate genutzt.[322] Diesbezüglich scheint bemerkenswert, dass wichtigste Kriterien einer Formatwahl die einfache Nutzbarkeit und Zugänglichkeit für alle Beteiligten darstellte.

➔ *S3: Breit etablierte und für alle Beteiligten zugängliche Austauschformate nutzen*

Resümierend wurde von allen befragten Projekten ausgeführt, dass ein Datenaustausch zumeist keine Probleme bereitete.[323] Auch darüber hinaus wurde von den Projektbearbeitern vergleichsweise selten auf Technik als limitierenden Faktor des 3D-Modellbearbeitungsprozesses verwiesen. Eine Erwähnung technischer Schwierigkeiten stand zumeist in Zusammenhang mit den im Laufe der Projektbearbeitung zunehmend komplexeren 3D-Modellen, bei denen die Bildberechnung außerordentlich viel Zeit in Anspruch nahm und dadurch beispielsweise im Projekt P1 die – in Absatz 6.4.5.4 noch thematisierte – Präsentation des virtuellen 3D-Modells im Rahmen der Projekttreffen verhinderte.

---

[321] Siehe Fußnote 320.

[322] Gebräuchliche 3D-Formate waren Collada und *Object* (OBJ), gebräuchliche Pixelbildformate JPEG und TIFF.

[323] Frage des Interviewers: „Ist für euch Kompatibilität ein Problem?“, Antwort: „[...] eigentlich nicht, erstaunlicherweise. Weil das über diesen Export im Object-Format [gemeint ist ein 3D-Datenformat, Anm. S. M.] eigentlich relativ gut funktioniert.“, P1-2-1: 171.

6.4.3.5 Ressourcen

Eine weitere Rahmenbedingung für Produktionsprozesse einer 3D-Rekonstruktion stellen die für ein derartiges Vorhaben verfügbaren zeitlichen und monetären Ressourcen dar.

Zeit

Bei allen Projekten wurde bereits in der Konzeptionsphase ein zeitlicher Rahmen vereinbart. Diesbezüglich wurden in allen Projekten mehr oder minder verbindliche Ablaufplanungen mit Meilensteinen und Terminen aufgestellt (vgl. auch Abs. 3.3.1), wobei in der Projektpraxis – wie in Abs. 6.4.5.3.2 noch ausgeführt – die an diese Daten geknüpfte Verbindlichkeit eine wichtige Rolle für die Einhaltung von Zeitplänen spielte. Als derartige Termine wurden in den Befragungen und Darstellungen zum Projektverlauf der untersuchten Projekte vor allem die Daten des Projektabschlusses thematisiert. Diese stellten zum Teil definitive Endtermine – wie in den Projekten P3 und P4 die Ausstellungseröffnung oder ein Datum der Drucklegung – dar, während im Projekt P2 zunächst ein selbstgesteckter zeitlicher Rahmen ohne derartige externe Deadlines existierte. Wie in Absatz 6.4.6.1 noch ausgeführt, wurde im Zuge des Projektverlaufs auch im Projekt P2 durch eine Ausstellungseröffnung ein hartes Enddatum vorgegeben, während im Projekt P1 ein Budgetlimit das Projekt zeitlich begrenzte.

Budget

Die in den Projekten zur Verfügung stehenden Budgets unterschieden sich sehr deutlich. Während ein Budget im Projekt P4 500 Euro betrug, standen in den Projekten P1, P2 und P3 einige zehn- bis mehrere hunderttausend Euro zur Verfügung. Diese größeren Projekte wurden ausschließlich über Fördermittel oder von öffentlichen Auftraggebern finanziert, wobei eine derartige Finanzierung zumeist sowohl Anteile für eine wissenschaftlich Arbeit als auch für die Modellerstellung umfasste und unter der Auflage einer prominenten Veröffentlichung von Modellabbildungen, beispielsweise im Rahmen von Ausstellungen, erfolgte.[324] In den Projekten P2 und P3 waren die finanzierenden Institutionen nicht aktiv ins Projekt eingebunden – demgegenüber bei P1 und P4 als Auftraggeber jeweils auch für Gesamtleitung und Inhalte verantwortlich.

Budgetverteilung

Angaben zur Budgetverteilung zwischen den einzelnen Institutionen liegen nur für die Projekte P1 und P2 vor. In beiden Fällen überstieg der Budgetanteil für die 3D-Modellierung mit 55 % beziehungsweise 70 % den Budgetanteil für geschichtswissenschaftliche Arbeit

[324] „[…] wir [hatten] ja auch schon im Projektantrag […] formuliert, dass […] [die intendierte interaktive Visualisierung, Anm. S. M.] für das [...] Museum in Frage käme, als didaktisches Tool. Wir hatten aber auch darüber nachgedacht, dass es ein Forschungstool werden könnte, also […] man kann […], wenn man [ein] […] Modell hat, [unterschiedlich] damit arbeiten. Wir haben uns dann aber auf die Anwendung für [...] [das] Museum konzentriert.“, P2-1: 15.

deutlich.[325] Im Projekt P2 waren die diesbezüglichen Kontingente für die Beteiligten bereits im Projektantrag verankert, wurden jedoch über Folgeanträge beziehungsweise durch Nachforderungen im Rahmen der Projektlaufzeit nachjustiert. Eine Verteilung der Budgets in den jeweiligen Teilbereichen oblag den dortigen Leitern.

Kostensteigerungen

In den Projekten P1, P2 und P4 überstiegen die tatsächlichen Aufwände den ursprünglich geplanten Umfang deutlich. Als Gründe wurden dafür unisono die Erweiterung der ursprünglich gesteckten Ziele, die gestiegenen quantitativen und qualitativen Anforderungen sowie der unterschätzte Aufwand benannt. In den Projekten P1 und P2 wurden die zusätzlichen Kosten durch eine Budgeterhöhung beziehungsweise Anschlussförderung abgedeckt.

Personalkosten

In den Projekten kamen verschiedene Vergütungsformen für Mitarbeiter zum Einsatz. Zumeist wurden diese über die Projekte fest angestellt oder über Pauschalbeträge, beispielsweise als Honorarkräfte, beschäftigt. Im Projekt P1 erfolgte eine stundenbasierte Abrechnung der von den studentischen Modelleuren erbrachten Leistung. Ein vor diesem Hintergrund thematisiertes Problem war die mangelnde Kopplung von Vergütungen an die erbrachte Leistung. So wurde im Projekt P1 nach Ansicht der Bearbeiter stellenweise zu viel Geld in Modelle schlechter Qualität oder mit überbordendem Aufwand gesteckt.[326]

Nachdem in diesem Abschnitt die Rahmenbedingungen vorgestellt wurden, thematisiert der folgende Abschnitt das eigentliche Phänomen des Produktionsprozesses einer 3D-Rekonstruktion.

6.4.4 Phänomen

Wie bereits in Abschnitt 6.4.1 ausgeführt, steht der Produktionsprozess einer 3D-Rekonstruktion im Mittelpunkt dieser Untersuchung. Damit verbunden ist zum einen die Frage nach dem Modellierungsvorgehen beziehungsweise Modellierungsworkflow (Abs. 6.4.4.3), welcher bereits in Abschnitt 3.4.2 theoretisch und in Abschnitt 5.3.2 empirisch anhand publizierter Projektdarstellungen skizziert wurde. Damit eng verbunden sind nicht zuletzt Aspekte einer vorhergehenden Aufbereitung der einbezogenen Quellen (Abs. 6.4.4.2) und der Strukturierung des Modells (Abs. 6.4.4.1) sowie in Abschnitt 6.4.5 vorgestellte Strategien und Vorgehensweisen.

[325] Konkrete Budgetangaben liegen dem Verfasser vor.

[326] „[Es gab] teilweise […] Probleme [...] von wegen: […] das Modell [einzelner Modelleure, Anm. S. M.] sieht ja überhaupt nicht gut aus und da ist ja gar nichts passiert, wieso sind da so viele [Arbeits-]Stunden [angefallen]?“, P1-2-1: 78.

6.4.4.1 Strukturierung des Modells

Als vorbereitende Schritte einer Modellierung wurden in allen Projekten zunächst das vorhandene Quellmaterial aufbereitet und das Modell in geeigneter Weise strukturiert. Eine derartige Rasterung schuf gerade bei Projekten mit mehreren Modelleuren die Möglichkeit zur simultanen Bearbeitung mehrerer Bereiche, wobei die Passgenauigkeit der einzelnen Objektbereiche einerseits durch Angaben zu anvisierten Qualitätsniveaus, allen gemeinsame Vorgaben wie beispielsweise Farbsysteme und Höhenlinien, aber auch eine genaue Definition der Grenzen zwischen den Bereichen abgesichert wurde. Ein bei der Strukturierung des Modells berücksichtigtes Kriterium stellte die leichte Find- und Editierbarkeit von Modellbestandteilen dar.[327] Struktur, aber auch die Art der Modellierung sollten im Sinne einer Sollbruchstelle die leichte Umsetzung von erwartbaren Änderungswünschen unterstützen.[328]

Strukturierung des Vorhabens

Zur Sequenzierung des jeweiligen Modells entwickelte jedes der Projekte ein eigenes Strukturierungsschema. Ansätze zur Gliederung stellten die Unterteilung des Vorhabens in räumliche, zeitliche, aber auch arbeitspraktische Aspekte dar. So erfolgte bei P1, P2 und P4 eine Aufteilung des Gesamtareals in örtliche Bereiche. Bei P2 wurde beispielsweise der Stadtgrundrisses in einzelne Stadtbezirke beziehungsweise Quartiere aufgeteilt,[329] analog bei P1 ein Ensemble in seine einzelnen Gebäude. Vor dem Hintergrund der Einbeziehung unterschiedlicher zeitlicher Entwurfsstände wurden im Projekt P1 daneben einzelne Zeitschnitte unterschieden. Diese Unterteilung bildete die Grundlage für die Arbeitsteilung zwischen den Modelleuren.

Die genannten Unterteilungsparadigmen wurden meist bereits zu Projektbeginn angelegt und über den gesamten Projektzeitraum weitgehend beibehalten. Als wesentlich erwies sich in allen Projekten die exakte Anschlussfähigkeit der einzelnen Teilmodelle. Hierfür wurden in allen Modellen ein gemeinsames Geländemodell und Gebäudehöhenprofil sowie Grenzkanten zwischen den einzelnen Modellbestandteilen festgelegt. Dies erfolgt idealerweise bereits zu Beginn der Arbeit – im Fall einer späteren Ausführung ergaben sich

---

[327] Hierzu der geschichtswissenschaftliche Bearbeiter des Projektes P1: „[…] weil dann doch oft Änderungswünsche kommen [, konzipiert] man das [Modell] […] so [,] [dass man] schnell einfach alles zusammen verändern [kann] und […] nicht wieder jedes Objekt [gemeint ist jede Einzelstruktur, Anm. S. M.] einzeln anfasse[n muss].“ P1-2-1: 39.

[328] Dieses Vorgehen bzw. derartige Vorhersagen waren nach Ansicht der geschichtswissenschaftlichen Koordinatorin im Projekt P2 jedoch nur begrenzt zutreffend: „Also es gab [Modellteile] wo relativ einfach diese [gemeint ist ‚die gewünschten‘, Anm. S. M.] Änderungen vorgenommen werden konnten. Und dann bei anderen wieder nicht so.“, P2-2: 230.

[329] Beispielsweise führte der leitende Modelleur für das Projekt P2 aus: „Wir haben in einzelnen Modulen gearbeitet. Unsere Module können wir jederzeit austauschen und können […] unser Modell jederzeit […] aktuellen Forschungsergebnissen anpassen.“, P2-1: 86.

mitunter Abstimmungsprobleme und Korrekturaufwände.[330] Eine im Projekt P1 erst gegen Projektende eingeführte Praktik bestand darin, dass modelliertechnisch besonders schwierige Baugruppen wie beispielsweise Figuren oder Pflanzen von besonders geübten Modelleuren ausgeführt wurden. Diese Arbeitstechnik wird von den Interviewpartnern nicht explizit ausgeführt, konnte jedoch in den begleiteten Projekttreffen beobachtet werden.

Organisation des Modells

Die beschriebene räumliche und zeitliche Strukturierung des Gesamtvorhabens spiegelte sich zumeist auch in der Organisation und Gliederung des 3D-Modells beziehungsweise der 3D-Modelle wider. Darüber hinaus wurden die zumeist einzelnen Baukörper nochmals in Baugruppen unterteilt. Grundgedanke einer derartigen Unterteilung war häufig die Gliederung und Benennung anhand baulicher Bezeichnungen, beispielsweise von Stockwerken, Säulen oder Treppen. Derartige Modellsystematiken entstanden in den Projekten zumeist erst im Rahmen der Bearbeitung und wurden in den Projekten P1, P2 und P4 durch Mitglieder der Modellierteams anhand der jeweiligen Bedarfe entwickelt.[331] Eine Ausnahme bildete das Projekt P3, in dem eine Modellsystematik anhand einer vorausgehend systematisch entwickelt und wissenschaftlich begleitet wurde.[332]

In der praktischen Arbeit spielten daneben verschiedene modelliertechnische Überlegungen eine Rolle. So erfolgte eine „Entschlüsselung" und Strukturierung von komplexen Formen beispielsweise mit Blick auf Symmetrien und geometrische Grundformen. Ebenso wurden Gleichteile identifiziert beziehungsweise die Wiederverwendbarkeit von Teilen angestrebt. Dem kam zugute, dass kleinteilige Elemente mit Verzierungen oder Ornamenten in allen Projekten nur schematisch ausgeführt wurden und somit häufig identische Teile verwendet werden konnten. Für den Austausch derartiger 3D-Objekte wurde beispielsweise im Projekt P1 eine Teilebibliothek angelegt, in der beispielsweise schematisierte Kapitelle, Figuren oder auch Pflanzen und Fenster hinterlegt waren.[333]

---

[330] So wurde beispielsweise im Projekt P1 ein solches Höhenlinienschema erst im Laufe des Projektes angelegt, wodurch umfangreiche Änderungen an den bereits erstellten 3D-Modellen nötig wurden: „Jetzt haben wir einen dafür abgestellt, […] und dem haben wir dann den Auftrag gegeben, dass er die Höhenlinien definiert. […] Das soll dann quasi durchgängig sein. Das sollen Standards [sein], die fürs gesamte Projekt gelten.“, P1-1: 84-86.

[331] Als Beispiele für derartiges Erfahrungslernen: Frage des Interviewers: "Würdet ihr [die Modellierungskoordinatorinnen, Anm. S. M.] sagen, dass es jetzt vielleicht Dinge gibt, die ihr besser beherrscht als vorher? […], Antwort (Person 2): „[...] auf jeden Fall das Modellieren.“, P1-2-1, P1-2-2: 194 f. Ähnlich führte der leitende Modelleur des Projektes P2 aus: „Also wir [gemeint sind die Modelleure, Anm. S. M.] […] haben dann […] geguckt, was in dem Zusammenhang [gemeint sind ‚Vorgehensweisen‘, Anm. S. M.] sinnvoll ist und haben das dann versucht umzusetzen. Also wir hatten jetzt keine […] Beispiele.“, P2-1: 146.

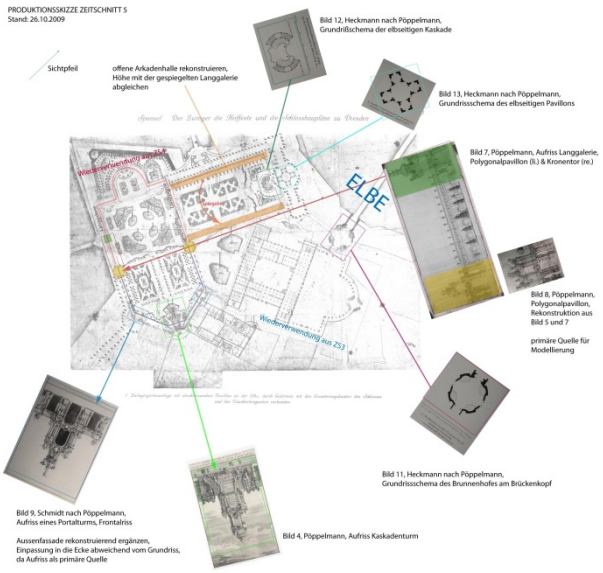
[332] Teil des Projektes war dabei aber ein begleitendes Forschungsvorhaben zu dieser Thematik.

[333] Nach Ansicht der Modellierungskoordinatorinnen im Projekt P1 ist eine derartige Koordination der Teileverwendung „eigentlich ziemlich kompliziert.“, P1-2-1: 71.

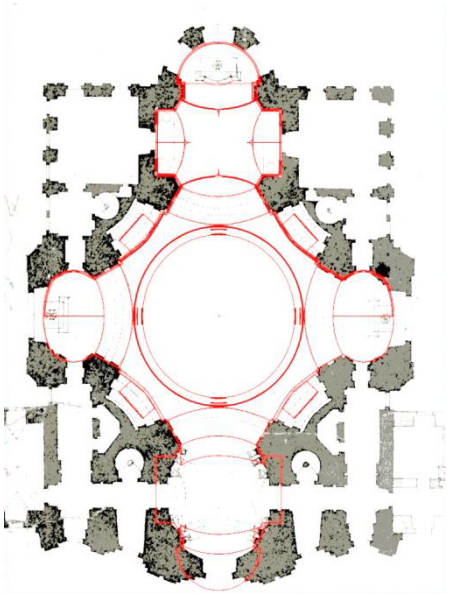
- ➔ *S4: Bei Strukturentwicklung eine einfache Find- und Editierbarkeit des Modells im Blick berücksichtigen*
- ➔ *S3: Modellsystematik und -struktur entwickeln, dokumentieren und einhalten*
- ➔ *S4: Gliederung des Modells anhand räumlicher, zeitlicher, funktionaler und modellorganisatorischer Aspekte*

6.4.4.2 Aufbereitung von Quellen für die Modellierung

Darüber hinaus bildete die vorherige Aufbereitung und Strukturierung des – bereits in Absatz 6.4.3.1 ausgeführten – Quellenmaterials eine wesentliche Grundlage für die Modellierung. Dies umfasste in den untersuchten Praxisprojekten Tätigkeiten wie die Auswahl und ggf. Bewertung der in die Modellierung einzubeziehenden Quellen und deren räumliche Zuordnung. Sowohl in den Projekten P1 und P4 als auch im Projekt P2 wurden dafür Generalpläne erstellt und verwendet, in denen alle für eine Rekonstruktion wesentlich scheinenden historischen Informationen verankert wurden (Abbildung 40). Bei P1 und P4 stellten dies sogenannte Produktionsskizzen dar. In diesen wurden von geschichtswissenschaftlichen und technischen Bearbeitern gemeinsam alle für eine Modellierung relevant scheinenden Bildquellen hinsichtlich ihrer Größenverhältnisse und Überdeckungen technisch angeglichen und entsprechend des dargestellten Gebäudebereiches auf einem Grundriss positioniert.



Produktionsskizze aus dem Projekt P1



Entschlüsselung geometrischer Grundformen im Projekt P4

Abbildung 40 – Quellenaufbereitung

Einen deutlich höheren Aufwand, jedoch auch eine sehr hohe Verständlichkeit und potenzielle wissenschaftliche Durchdringung, bedingte die vom ersten geschichtswissenschaftlichen Bearbeiter im Projekt P2 praktizierte Variante, sämtliche relevanten Quelleninformationen zu 2D-CAD-Plänen zusammenzufügen, was vor dem

Hintergrund der Darstellung der projektbezogenen Kommunikationsstrategien in Absatz 6.4.5.6.4 noch ausgeführt wird.

➔ *S3: Räumliche/zeitliche Sortierung und Verortung der vorhandenen Quellinformationen beispielsweise in Generalplänen*

6.4.4.3 Modellierungsworkflow

Wie bereits zu Beginn dieses Abschnitts ausgeführt, bildeten die Aufbereitung der einbezogenen Quellen und die Strukturierung des Modells die Grundlage für die eigentliche Modellerstellung, die mit Blick auf das Modellierungsvorgehen beziehungsweise einen Modellierungsworkflow im Folgenden thematisiert wird.

Modellierung

Bei der Erstellung der eigentlichen 3D-Geometrie verfolgten die Projekte sowie teilweise auch die einzelnen Modelleure unterschiedliche Vorgehensweisen. Ein diesbezügliches Unterscheidungsmerkmal zwischen den Projekten stellte die Wahl der Modellierungsmethodik dar,[334] die insbesondere durch die verwendete Modellierungssoftware und die angestrebte Ergebnisqualität beeinflusst wurde. Bei den Projekten P1 und P2 legte jeder Modelleur sein Vorgehen bei der Modellierung individuell fest. Wesentliche Pole waren dabei ein iteratives Vorgehen, bei dem zunächst alle Teilobjekte des Modells als Kubatur erstellt und erst später im Detail ausgearbeitet werden, gegenüber einer linearen Bearbeitung, bei der alle Teile nacheinander detailliert ausgefertigt werden. Nach Einschätzung von P2-1 ist ein iteratives Modellieren vor allem dann sinnvoll, wenn keine klare Vorstellung vom zu rekonstruierenden Objekt existiert, während eine lineare Bearbeitung zumeist deutlich schneller vonstatten geht, allerdings eine klare Vorstellung vom darzustellenden Inhalt fordert.[335] Unisono wird von den Modelleuren auf die besonderen Anforderungen der Architekturmodellierung verwiesen, die sich beispielsweise gegenüber einer Modellierung organischer Strukturen durch Attribute wie eine Nutzung von Plänen als Modellierungsbasis, eine insbesondere hinsichtlich ihrer Proportionen exakte Ausführung oder die Beachtung eines zugrunde liegenden Architekturschemas auszeichnet.[336]

---

[334] Als Modellierungsansätze wurde im Projekt P1 eine polygonbasierte Modellierung (hierzu: P1-2-2: 110) und im Projekt P4 eine NURBS-Modellierung verfolgt.

[335] „Also dieses […] vorsichtige Herangehen, das ist vielleicht notwendig […], wenn Leute […] die Rekonstruktion betreuen, die keine klare Vorstellung haben. Wenn es [ei]ne klare Vorstellung […] gibt, wenn jemand da ist, der das auch schon präzise formulieren kann, dann kann es auch direkt […] [im Modell umgesetzt, Anm. S. M.] werden.“, P2-1: 120.

[336] So beschreiben die Modellierungskoordinatorinnen des Projektes P1 die Besonderheiten der Architekturmodellierung wie folgt: „[Das Modell, Anm. S. M.] akkurat […] aufbauen zu müssen, [...] mit graden Linien und [...] Symmetrie, dass das […] auch alles in sich stimmig ist. […] man geht [bei einer Architekturmodellierung, Anm. S. M.] auch in der Modellierung einfach anders vor. [...] man gibt dann auch

Vorgehen

Wie bereits in Absatz 6.4.3.1 ausgeführt, stellten historische Quellen oder Überreste aus geschichtswissenschaftlicher Sicht die bevorzugten – weil abgesicherten – Grundlagen der Modellierung dar. Erst im Fall fehlender Quellen und Befunde wurden logische „Quellen“ wie Schlüsse oder Hypothesen bemüht. Eine Verfügbarkeit von Plan- und Bildquellen hatte – wie in Absatz 6.3.2.3 mit Blick auf die Arbeitsmodi ausgeführt – weitreichenden Einfluss auf das Modellierungsvorgehen. So wurden in allen Projekten zur Modellerstellung benötigte Werte vorrangig aus Bildvorlagen entnommen. Dies erfolgte einerseits und insbesondere bei vorhandenen Planquellen durch eine Nachmodellierung von – in der Bildvorlage sichtbaren – Grenzkanten, andererseits und insbesondere bei perspektivischen Darstellungen durch den Vergleich der Proportionen oder Zählungen. Häufig passten die dabei ermittelten Proportionen vor dem Hintergrund des Gesamtmodells nicht zueinander oder entsprachen nicht den Prinzipien des zugrunde liegenden Architektursystems – wenn beispielsweise Pläne bei zu erwartenden Symmetrien abwichen oder eine Bogenkrümmung nicht zum Rest des Gebäudes passte. Vor diesem Hintergrund waren auch bei vorliegenden historischen Quellen Entscheidungen und Interpolationen von Nöten.[337]

Fehlende Quellen: Entscheidungen durch „Probieren"

Wie in Absatz 6.3.2.3 bereits ausgeführt, wurden bei fehlenden historischen oder zeitgenössischen Quellen im Modellierungsprozess häufig iterativ verschiedene Lösungsansätze getestet, um zu einer schlüssigen Lösung zu gelangen. Derartige Prozesse fanden in allen Projekten statt. Eine Bewertung und Vorgabe von Varianten erfolgte dabei zumeist durch den geschichtswissenschaftlichen Bearbeiter, wobei in diesem Prozess – wie in den Absätzen 6.4.5.2 und 6.4.5.4 noch ausgeführt – neben *explizitem* Wissen um Vergleichsbeispiele häufig gerade *implizites* Wissen wie beispielsweise ein Gefühl für Proportionen und Freiheitsgrade des Baustils eine wichtige Rolle spielte. Die geschichtswissenschaftlichen Bearbeiter wiesen in den Interviews darauf hin, dass ihnen die Bewertung eines Lösungsansatzes häufig erst anhand des optischen Eindrucks im 3D-Modell möglich war.[338] Einen damit verbundenen Arbeitsstil stellt der von den Modelleuren im

---

genaue Zahlen ein, wie breit sollte das sein und wie hoch. Und […] [zu den Besonderheiten gehört auch die Notwendigkeit, Anm. S. M.] [zum] Verstehen von Zeichnungen.“, P1-2-1: 258-262.

[337] Hierzu die geschichtswissenschaftliche Koordinatorin des Projektes P2: „[…] man [kann Quellen, Anm. S. M.] nie so ganz eins zu eins umsetzen […]. [Man] muss […] sich dann […] entscheiden, wie´s am besten aussieht.“ P2-2: 54.

[338] So beschreibt die geschichtswissenschaftliche Koordinatorin die Überarbeitungsphase des Projektes P2 wie folgt: „Also es war ein sehr visueller Prozess […] an dem Bild [zu beurteilen,] nein, so kann´s eigentlich nicht ausgesehen haben. Das ist natürlich auch manchmal ein bisschen Bauchgefühl“. P2-2: 136. Eine ähnliche Aussage wird von den Modellierungskoordinatorinnen für das Projekt P1 getroffen: „[Der geschichtswissenschaftliche Bearbeiter, Umschreibung S. M.] möchte Sachen [gemeint ist ‚Objektteile modelliert haben‘, Anm. S. M.], die nicht auf dem Material dargestellt sind [. Dazu] überlegt er sich […], wie sie [gemeint sind ‚Gebäudestrukturen, Anm. S. M.] weitergehen könnten. [...] [Beispielsweise] anhand des

Projekt P2 vorgeschlagene Ansatz dar, bei einer fehlenden „klare[n] Vorstellung“ zu einer Objektgestalt zuerst ein grobes Modell zu erstellen und das Ergebnis als Diskussionsgrundlage anschließend von Experten bewerten zu lassen.[339] Ähnlich war es nach Ansicht der Bearbeiter des Projektes P1 zumindest bei unklaren Vorlagen hilfreich, „einfach […] los[zu]modellier[en]“ und Korrekturen später iterativ vorzunehmen.[340] Trotz derartiger Vorgehensmodelle wurde nicht in jedem Fall ein zufriedenstellendes Ergebnis erzielt und insbesondere bei schlechter Quellenlage oder schlechter Erkennbarkeit in der historischen Zeichnung stellte das Resultat nach Ansicht der Beteiligten nur eine „Alibilösung" dar.[341]

Entwicklung eines Modellierungsworkflows

Während die Projekte P3 und P4 auf Vorerfahrungen hinsichtlich bewährter Arbeitsstrategien zurückgreifen konnten, existierten in den Projekten P1 und P2 zunächst nur geringe Vorerfahrungen mit geschichtswissenschaftlicher 3D-Rekonstruktion. Die Entwicklung eines Vorgehensmodells erfolgte im Projekt P1 im Laufe der Projektbearbeitung, während im Projekt P2 die Entwicklung eines Workflows explizit als eine erste Projektphase eingeplant wurde.[342] Beide Ansätze haben sich nach Einschätzung der Verantwortlichen für das jeweilige Projekt bewährt.

Daraus eine generalisierende Empfehlung abzuleiten, scheint in jedem Fall schwierig. Vielmehr hängt ein individuelles Modelliervorgehen in starkem Maße von der Quellenlage und deren Erschließungsniveau sowie den individuellen Vorkenntnissen und Fertigkeiten des Teams ab, ebenso spielt das mit einem derartigen Entwicklungsprozess verbundene Erfahrungslernen eine wichtige Rolle beim Erwerb der benötigten Fähigkeiten (siehe auch Abs. 6.4.5.2). Jedoch scheint es gerade mit Blick auf die Erfahrungen der Projekte tendenziell empfehlenswert, einen Modellierungsworkflow auch im weiteren Prozess konsequent zu prüfen und ggf. zu korrigieren.

➔ *S2: Bei unklaren Quellenbefunden unterstützt ein erster Modellentwurf als „Diskussionsgrundlage“ die Entscheidungsfindung.*

Grundrisses, wie man das Muster [gemeint ist ‚die Fassade‘, Anm. S. M.] fortsetzen könnte und […] [der] Modellierer setzt das dann um und [der geschichtswissenschaftliche Bearbeiter, Anm. S. M.] stellt fest, naja, so richtig gut sieht das nicht aus, weil er muss das […] natürlich erstmal visualisiert sehen, kann sich das ja auch nicht alles vorstellen und [...] möchte dann halt wieder Änderungen […] [im Modell umgesetzt, Anm. S. M.] haben.“, P1-2-1: 50.

[339] P2-1: 120.

[340] Die Aussage wurde von einer der Modellierungskoordinatorinnen des Projektes P1 mit Blick auf schlecht erkenntliche Quellenbefunde getroffen: „Und dann versucht [man] aus den Schatten [gemeint sind ‚schlecht erkennbare Quellen‘, Anm. S. M.] […] [et]was zu deuten [...]. Und das hat schon geholfen […] [,] wenn man […] einfach mal losmodelliert und [sehen kann:, Anm. S. M.] das sieht jetzt aber irgendwie nicht so aus als würde der Balken irgendwas tragen können.“, P1-2-1: 264.

[341] P2-2: 105.

[342] „[…] [Es] war ja auch Teil des Projekts, [eine Vorgehensweise] sozusagen zu erarbeiten.“, P2-1: 146.

➔ *S4: Bei unklaren Befunden iterativ entscheiden*

Wie bereits zu Beginn dieses Abschnitts ausgeführt, sind die hier vorgestellten Befunde eng mit den im folgenden Abschnitt 6.4.5 vorgestellten Strategien und Vorgehensweisen verknüpft.

6.4.5 Strategien

Wie in Absatz 6.2.4.3 ausgeführt, bezeichnen Strategien nach der Arbeitsdefinition dieser Untersuchung Gestaltungsansätze des Produktionsprozesses einer 3D-Rekonstruktion. Dabei lassen sich derartige Strategien in der Untersuchungspraxis zumeist nur schwer von den in Abschnitt 6.4.3 ausgeführten, weitgehend unveränderbaren Rahmenbedingungen trennen. So sind beispielsweise Aspekte der Qualitätsplanung (Abs. 6.4.5.3) und der Qualitätskontrolle (Abs. 6.4.5.4) ebenso wie Entscheidungsprozesse (Abs. 6.4.5.3.2) und deren Dokumentation (Abs. 6.4.5.5) eng mit dem im vorangehenden Abschnitt 6.4.4 vorgestellten Modellierungsvorgehen verzahnt. Bereits im Zuge einer theoretischen Betrachtung in den Abschnitten 3.1 und 3.2.7 wurde zudem auf die Relevanz von Kommunikations- (Abs. 6.4.5.2) und Lernaspekten (Abs. 6.4.5.2) für einen Arbeitsprozess verwiesen. Als diesbezüglich übergreifende Thematik wird im folgenden Absatz jedoch zunächst eine Entwicklung von Strategien in den untersuchten Projekten beleuchtet.

6.4.5.1 Entwicklung von Strategien

Die Beteiligten in den beiden beobachteten Projekten P1 und P2 waren zuvor noch nicht in interdisziplinäre Modellierungsvorhaben zu historischer Architektur involviert. Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, wie Arbeitsstrategien entworfen wurden und sich über die Zeit bewährt oder auch entwickelt haben. Nach Aussage der Beteiligten beider Projekte wurde für die Entwicklung von Arbeitsstrategien nicht auf bestehende Vorlagen und Standard-Vorgehensmodelle zurückgegriffen.[343] Vielmehr flossen individuelle Vorkenntnisse und Vorerfahrungen ebenso wie Ideen der Beteiligten ein,[344] wobei sich konkrete Arbeitsstrategien häufig erst im Projektverlauf entwickelten.[345] Wenngleich Befunde für die Vergleichsprojekte P3 und P4 weniger aussagekräftig beziehungsweise mit Blick auf die aktive Beteiligung des Autors am Projekt P4 wenig reliabel sind, bildeten die in den

[343] Hierzu: „[…] zugegebenermaßen fast alles, was ich gesehen hab[e] 2005, also was im Vorfeld [des Projektes, Anm. S. M.] entstanden ist […] das fand ich alles miserabel schlecht. Und da war nichts Ansprechendes dabei […]. Und […] auch die [Modellierungs-, Anm. S. M.] Vorgehensweise […] [zu erarbeite] war ja auch Teil des Projekts, […] da hatten wir eigentlich keine Vorlagen.“, P2-1: 146.

[344] Beispielsweise lag die in der Überarbeitungsphase angewandte Kommunikationsstrategie „eigentlich auf der Hand" (P2-2: 190): „Also es war […] vorgegeben [vom Projektleiter, Anm. S. M.], dass wir die Änderungen auch immer präsentieren. Und dann haben wir […] jede Woche […] [ei]ne Mail mit den neuesten Änderungen [an alle Beteiligten geschickt, Anm. S. M.]. […] Damit […] dieser [Kommunikations-, Anm. S. M.] Prozess nicht unterbrochen wird. Und das hat dann eigentlich ganz gut funktioniert.“, P2-2: 194.

[345] „[...] ja das [gemeint ist ‚das Vorgehen‘, Anm. S. M.] kam halt einfach, […] Man merkt halt, wo`s klemmt oder überlegt […], wie könnte man das jetzt besser [machen]?“ P1-2-1: 235.

vorherigen Projekten gewonnenen Erfahrungen und als bewährt erachteten Strategien den Ausgangspunkt zur Entwicklung projektspezifischer Strategien.[346] Auch in diesen Projekten wurden Strategien im Projektverlauf darüber hinausgehend noch an die vorhabensspezifischen Erfordernisse angepasst.[347] Bemerkenswert scheint, dass in vielen Fällen einmal etablierte Strategien beibehalten und nur bei nicht zufriedenstellenden Strategien mehr oder minder systematisch nach Alternativen gesucht wurde.[348]

➔ *B2: Nur bei nicht zufriedenstellenden Strategien wird systematisch nach Alternativen gesucht.*

6.4.5.2 Lernen

Einen von allen Projektbeteiligten als wesentlich erachteten Aspekt stellt die Qualifikation der Projektbeteiligten dar. Dies umfasst einerseits bereits vorhandenes Vorwissen, andererseits auch die Vermittlung beziehungsweise den Erwerb von Wissen und Fähigkeiten während der Projektlaufzeit.

Vorwissen

Für die konkrete Projektbearbeitung relevantes Wissen beziehungsweise relevante Fähigkeiten bilden sich häufig erst im Rahmen eines Projektes heraus, wobei Vorkenntnisse den Zugang erleichtern. So wurden in den untersuchten Projekten relevante Modellierungsfertigkeiten gerade bei studentischen Mitarbeitern häufig erst im Rahmen des Projektes erworben beziehungsweise vermittelt, wobei diese jedoch auf bereits vorhandene Grundfertigkeiten aufbauen konnten.[349] Eine Ausnahme bildeten verschiedentlich konsultierte Experten, die häufig gerade aufgrund ihres Vorwissen beziehungsweise ihrer bereits vorhandenen Expertise beispielsweise in die in Absatz 6.4.5.4.1 noch ausgeführte Expertenrunde zur Kontrolle des Vorhabens P2 punktuell einbezogen wurden. Auch wenn dies nur von einem der Interviewpartner angesprochen wurde, ist davon auszugehen, dass disziplinäre Denkweisen beziehungsweise eine disziplinäre Prägung darüber hinaus auch als *implizites* Wissen eine wesentliche Bedeutung für eine Aneignung neuen Wissens und somit für den Projektverlauf besitzen. So verfügen nach Ansicht der geschichtswissenschaftlichen

---

[346] „Die Festlegung von Arbeitsphasen und deren Benennung basiert zum einen auf Erfahrungen, die im Laufe der Jahre durch die Arbeit am Fachgebiet [...] gesammelt wurden und zum anderen auf dem Erfahrungsaustausch mit Wissenschaftlern und deren Projekterfahrung.“, P3-1, S. 16.

347 So gab die leitenden Modelleurin an, man habe die Bedeutung von „Sprachunterschiede[n], kulturelle[n] Unterschiede[n], Entfernung“ im Vorfeld des Projektes unterschätzt. P3-3, 3.

348 Zur Organisationsform der Projekttreffen im Projekt P1 „[…] wurde bisher nie nach einer Alternative gesucht.“, P1-1: 80

[349] Hierzu führen die Modellierungskoordinatorinnen im Projekt P1 auf die Frage aus, ob es ihr erstes 3D-Projekt sei oder ob sie schon diesbezügliche Vorerfahrung hatten: Person 1: „Einführungs-, Grundlagen könnte man sagen.“. Person 2: „Das […] eigentliche Wissen haben wir uns da durch das Projekt [angeeignet].“, P1-2-1, P1-2-2: 28-34.

Bearbeiterin und ausgehend von den Erfahrungen im Projekt P2 Architekturhistoriker beziehungsweise „Bauforscher“ durch ihre Kenntnisse im Bereich der Statik sowie von Materialeigenschaften implizit über wichtige Grundkompetenzen für eine schlüssige Rekonstruktion von Gebäuden, während Archäologen auf die holistische Erfassung und Bewertung von Inhalten geschult sind und daher beispielsweise Rekonstruktionsfehler gut erfassen können.[350] Zu vermuten ist außerdem, dass eine einschlägige Vorbildung das Verstehen und Erlernen von Software oder Arbeitstechniken erleichtert.

- ➔ *B2: Erwerb des für die Arbeit erforderlichen Wissens und Könnens erfolgte bei Projekten mit geringer Vorerfahrung zumeist erst im Projektverlauf.*
- ➔ *B3: Disziplinäre Prägung besitzt wesentliche Bedeutung für die Aneignung neuen Wissens.*

Lernkonzepte

In allen Projekten fand Lernen in unterschiedlichen Formen statt. Dies umfasste einerseits formelle Konzepte zur gezielten und organisierten Schulung, andererseits auch informelles Lernen im Sinne von Erfahrungs- beziehungsweise selbstgesteuertem Lernen. Eine mit Blick auf die Untersuchung wesentliche Unterscheidung stellt dabei jene zwischen der Wissensvermittlung innerhalb einer Disziplin und der interdisziplinären Vermittlung von Wissen dar.

Wissensvermittlung innerhalb einer Disziplin

In den Projekten P1 und P3 erfolgte die Vermittlung von Modellierungs-Know-how an die zumeist studentischen Mitarbeiter in thematischen Lehrveranstaltungen durch Mitarbeiter der für die Modellierung zuständigen Institution. Neben diesen standardisierten Lehrformaten erfolgte beispielsweise im Projekt P1 eine Anleitung und Weitergabe von Wissen an neue Mitarbeiter durch erfahrene Projektbeteiligte. Dies umfasste einerseits die Vermittlung praxisrelevanten Wissens zu Modellierung und Modell, jedoch auch die Anleitung zu Organisations- und Administrationsaufgaben. Tendenziell kamen derartige Wissenstransfers eher bei der Vermittlung von Arbeitstechniken und weniger bei der Weitergabe von deklarativem Wissen zum Einsatz. Eine wesentliche Rolle spielten in allen Projekten Erfahrungs- und Selbstlernen. So wurden gerade Fertigkeiten wie ein Gefühl für Proportionen, aber auch Modelliertechniken von den Modelleuren erst im Laufe individuell erworben beziehungsweise verbessert,[351] ebenso betraf dies in den Projekten P1 und P2

[350] „[…] das Problem ist immer […] was sie studiert haben. Also klar haben die [Architekturhistoriker, Anm. S. M.] Architektur studiert, aber mit dem Forschungsschwerpunkt Baugeschichte. […] die haben dann […] Ahnung von der Statik usw. Aber […] was oft […] fehlt […] [ist die Vorstellung, Anm. S. M.] wie es […] in der Antike ausgesehen hat.“, P2-2: 16-18.

[351] Hierzu eine der Modellierungskoordinatorinnen des Projektes P1: „Ich denk[e] auch bei denen, die sich schon sehr lange damit beschäftigen […] ist auf jeden Fall ein großes Verständnis dafür [gemeint sind ‚die historischen Objekte und deren Proportionen‘, Anm. S. M.] entstanden, wo man sagt, ja da muss doch jetzt aber noch [ei]n Eckpilaster hin, sonst passt das […] einfach nicht und geht nicht auf von der Symmetrie. Und

eine primär autodidaktische Aneignung von Kompetenzen zur Projektorganisation und Personalführung durch die jeweiligen Verantwortlichen.

Interdisziplinäre Wissensvermittlung als „Schnittstellenkompetenz“

Gerade in Projekten, deren Beteiligte erstmals eine kooperative Modellierung geschichtswissenschaftlicher Inhalte betreiben, ist bei den Bearbeitern häufig wenig Vorwissen zu den jeweils anderen Fachgebieten vorhanden. Nach Ansicht der Beteiligten bedingte diese fehlende Sensibilität für Materie und Methoden eine Reihe von Problemen wie beispielsweise ein mangelndes Interesse der studentischen Modelleure für die „ästhetischen Aspekte",[352] oder, dass geschichtswissenschaftliche Bearbeiter den Zeitaufwand von „Wünsche[n] […] nicht einschätzen können.“[353] Zur Abhilfe wurden beispielsweise im Projekt P1 in einer frühen Projektphase formale Schulungskonzepte zur gegenseitigen Wissensvermittlung erprobt. Ein solcher Ansatz – beispielsweise ein Architektursystem vollständig zu erklären oder das Modellierungssystem Schritt für Schritt zu erklären – erwies sich jedoch nach Ansicht der Beteiligten als tendenziell wenig nachhaltig.[354]

Als probater Ansatz formalen, interdisziplinären Lernens hat sich dagegen die Vermittlung von Schnittstellenwissen erwiesen. Der Ansatz wurde in nahezu allen Projekten in unterschiedlichen Kontexten und Intensitäten praktiziert und umfasste einerseits die Vermittlung von Arbeitstechniken, beispielsweise zur Kommunikation, ebenso wie von Bewertungskompetenz – beispielsweise hinsichtlich der Funktionalität der Modellierung sowie zur Vermittlung von Sensibilität hinsichtlich der Relevanz der Ergebnisse für die Forschung. Dabei kamen verschiedene Formate zum Einsatz. Während im Projekt P3 bereits zu Beginn begleitende Lehrveranstaltungen eingeplant waren, in denen die studentischen

---

dann schaut man schon drauf, dass sich das alles ergibt [gemeint ist ‚schlüssig ist‘, Anm. S. M.] und schön aussieht von [den] Proportionen her.“, P1-2-1: 65.

[352] Hierzu der geschichtswissenschaftliche Bearbeiter des Projektes P1: „Das find ich eine[s] der großen Defizite des Projekts, dass das Interesse [bei den Modelleuren, Anm. S. M.] relativ gering ist, sich […] in die ästhetischen Aspekte einzuarbeiten.“, P1-1: 58.

[353] Der geschichtswissenschaftliche Berater des Projektes P1 empfand es als „Defizit, dass […] wir […], wenn wir unsere Kommandos geben, unsere Wünsche äußern […] nicht einschätzen können, was ist überhaupt möglich, wie viel Zeit braucht es.“, P1-1: 60.

[354] Hierzu der geschichtswissenschaftliche Bearbeiter des Projektes P1: „[…] ich versuche das [ästhetische Verständnis, Anm. S. M.] ja immer zu vermitteln, ich wurde auch schon harsch zurückgewiesen, dass das nicht interessieren würde, dass ich da zu ausführlich sei und die [Modelleure, Anm. S. M.] wollen also nur das [computergraphische, Anm. S. M.] Zeichnen und [damit] quasi die Arbeit abliefern. P1-1: 58. Demgegenüber sagte eine der Modellierungskoordinatorinnen des Projektes: „[…] wir [die Modelleure, Anm. S. M.] haben [zwischenzeitlich] auch immer mal […] versucht so zu erklären, was wir [bei einer Modellerstellung, Anm. S. M.] eigentlich machen, damit sie [die geschichtswissenschaftlichen Bearbeiter, Anm. S. M.] verstehen [...], wie schwierig das ist, was [in einem solchen Prozess, Anm. S. M.] umzusetzen [geht] oder eher nicht […]. Aber das ist […] komplex und […] so richtig wissen wollen sie [e]s [eigentlich] auch nicht.“, P1-2-1: 247.

Modelleure mit „Kunst und Kultur“[355] vertraut gemacht wurden, umfasste dies in anderen Projekten zum Teil individuelle Maßnahmen wie eine im Projekt P2 praktizierte Anleitung der geschichtswissenschaftlichen Bearbeiterin bei der Verwendung von CAD-Werkzeugen.[356] Hingegen erwarben die Beteiligten ihr Wissen zu komplexen Sachverhalten wie Proportionsfindung oder Modellierungsvorgehen zumeist erst im Zuge und aufgrund der im Projekt gemachten Erfahrungen.[357]

Mit Blick auf die Einschätzungen der Projektbeteiligten scheint eine über derartige Vermittlungen von Schnittstellenwissen hinausgehende, formale Wissensvermittlung zu projektbezogenen Aspekten interdisziplinärer Zusammenarbeit unter Umständen gar nicht nötig. So sind nach Ansicht der Modellierungskoordinatorinnen im Projekt P1 gegenseitige Schulungen nicht effektiv, da ein Lerneffekt geringer als der einer operativen und praxisbezogenen Wissensaneignung ist.[358]

- ➔ *B4: Anleitung, Erfahrungs- und Selbstlernen spielen eine wesentliche Rolle bei der Wissensvermittlung.*
- ➔ *S3: Bei interdisziplinärer Zusammenarbeit nur für die Zusammenarbeit relevante Kompetenzen bzw. „Schnittstellenwissen“ vermitteln.*

6.4.5.3 Rekonstruktionsqualität

In allen Projekten stellte das Qualitätsmanagement einen der wichtigsten Faktoren für den geschichtswissenschaftlichen 3D-Rekonstruktionsprozesses sowie dessen arbeitsteilige und interdisziplinäre Herstellung dar. Dieses umfasste die Definition, Umsetzung und Kontrolle der Qualität der erstellten 3D-Modelle (vgl. Abs. 3.3.4).

6.4.5.3.1 Leitlinien

Für die Erstellung der 3D-Modelle wurden in allen Projekten Leitlinien und Standards aufgestellt. Der wichtigste Anspruch war dabei projektübergreifend die Erstellung eines ansprechenden, kohärenten Modells bei gleichzeitiger Quellentreue und wissenschaftlicher Belastbarkeit der zugrunde liegenden geschichtswissenschaftlichen Interpretation.

---

[355] P3-1, S. 93.

[356] „Also, [der Modellierungsleiter, Umschreibung S. M.] hat gleich gesagt, das bring[en] wir dir bei, überhaupt kein Problem […]. Mit diesen CAD-Zeichnungen.“, P2-2: 148.

[357] So haben sowohl in den Projekten P2 als auch P1 die Modelleure im Projektverlauf durch die intensive Beschäftigung mit der Thematik ein „Gefühl“ für historische Proportionen erworben. So befand eine der Modellierungskoordinatorinnen im Projekt P1: „[…]ich find[e], man kriegt [e]s […] mit der Zeit mit“, P1-2-1: 253.

[358] „Also ich [eine der geschichtswissenschaftlichen Koordinatorinnen des Projektes P1, Anm. S. M.] glaub[e], wenn [der geschichtswissenschaftliche Bearbeiter, Anm. S. M.] […] [ei]ne Schulung halten […] und zwei Stunden reden [würde], [...] würde das auch nicht so wirklich hängen bleiben. [Ein Verständnis] […] entwickelt sich […] dadurch, dass man […] [am Objekt] dran arbeitet […] oder […] nachfragt, wenn man das nicht ganz versteht. Und das [gemeint ist ‚dieses Wissen‘, Anm. S. M.] […] auch braucht und wissen will.“, P1-2-1: 253.

Wissenschaftliche Qualität

Quellengetreue Rekonstruktion

Wie bereits mehrfach ausgeführt, kam der quellengetreuen Rekonstruktion in allen Projekten oberste Priorität zu. Die Modellierung folgte vorrangig dem Anspruch, eine quellenbasierte und geschichtswissenschaftlich korrekte virtuelle 3D-Rekonstruktion zu liefern,[359] was in der Praxis jedoch mit einer im Folgenden ausgeführten Reihe weiterer, stellenweise konkurrierender Qualitätsanforderungen sowie den bereits in Absatz 6.3.2.3 ausgeführten potenziellen Problemen mangelhafter Quellenverfügbarkeit und -qualität sowie bei der geschichtswissenschaftlichen und technischen Umsetzung korrelierte.

Genauigkeit

Die Genauigkeit der Modell-Reproduktion variierte weniger in Folge einer generellen Festlegung als vielmehr vor dem Hintergrund der für die Modellpassage vorhandenen Quellensituation. Entsprechend ließ sich für die in den Projekten erstellten 3D-Modelle nur selten ein einheitlicher Genauigkeitsgrad angeben. Während auf Plänen fußende Maße häufig mit einer Genauigkeit von einigen bis einigen zehn Zentimetern übertragen wurden,[360] bedingten Interpretationen wie beispielsweise die in Quellen nicht überlieferte Gestaltung der Wohnhäuser bei P2 eine deutlich stärkere Hypothesenhaftigkeit.[361]

Kohärente Optik

Die Quellenlage variierte in den untersuchten Projekten für einzelne Modellbestandteile mitunter deutlich. Entsprechend kollidierte der Anspruch einer quellengetreuen Rekonstruktion vielfach mit dem ebenfalls von allen Projekten benannten Wunsch nach einer schlüssigen und ästhetischen Darstellung.[362] Dabei sollten nach dem Willen der

[359] Bspw. für das Projekt P1: „der Anspruch [des geschichtswissenschaftlichen Bearbeiters, Anm. S. M.] ist eben, das historisch korrekt zu machen […], P1-2-1: 98, ähnlich für P2: „[…] es muss […] wissenschaftlich standhalten, dieses Modell.“, P2-2: 75.

[360] Der geschichtswissenschaftliche Bearbeiter führt für das Projekt P1 aus: „Ja, aber da haben wir ja auch gesagt, dass dies letztendlich nicht relevant ist, ob das dann auf [eine]n Millimeter genau stimmt.“, P1-1: 193. Überraschend ist der Kommentar der geschichtswissenschaftlichen Koordinatorin für die Korrekturphase im Projekt P2: „[…] man kann ja nicht sagen, so da zehn Zentimeter mehr und da weniger. Also das musste schon sehr konkret sein.“, P2-2: 156.

[361] Mit Blick auf nicht überlieferte Wohnbebauung führte der leitende Modelleur des Projektes P2 aus: „Die ganze übrige Stadt […] [war] überhaupt nicht bekannt. […] Und dann ist aber klar [gemeint ist ‚wissenschaftlich erforscht‘, Anm. S. M.] […], wie die römische Wohnarchitektur ausgesehen hat. Und [der geschichtswissenschaftliche Bearbeiter, Umschreibung S. M.] hat dann […] für uns mehrere Häuser […] schematisch erarbeitet. Wir haben dann überlegt, wie die[se] zusammengestanden haben könnten […] und das haben wir dann variiert und über die ganze Stadt verteilt.“ P2-1: 142.

[362] Diesbezügliches Ziel des geschichtswissenschaftlichen Bearbeiters des Projektes P1 stellte beispielsweise dar, „dass […] alles einheitlich wirkt und genau, dass man jetzt nicht optisch irgendwo [he]rausgerissen wird beim Betrachten.“, P1-1: 102.

Verantwortlichen der Projekte P1 und P2 keine „riesige[n] weiße[n] Flächen“ bleiben und „alles irgendwie rekonstruiert“ werden.[363]

Modellierungstechnische Standards

Darüber hinaus wurden in allen Projekten – vor dem Hintergrund der Modellstrukturierung in Absatz 6.4.4.1 ausgeführte – Standards hinsichtlich einer einheitlichen technischen Basis und Kompatibilität der Modellteile etabliert. Als Praxiskonzepte wurden beispielsweise in den Projekten P1 und P4 projektübergreifende Referenz-Höhenachsen beziehungsweise Höhenlinien definiert.[364] Einem ähnlichen Zweck dienten im Projekt P2 ein gemeinsames Geländemodell sowie eine genaue Definition der Grenzen zwischen den Modellarealen.[365]

Visuelle Qualität

Farbe

Weitere Festlegungen betrafen die Farbgebung des Modells. Zumeist waren für die historischen Vorlagen keine Informationen zu deren intendierter oder ursprünglicher Farbigkeit überliefert. In allen Projekten – wobei für P3 diesbezüglich keine Angaben vorhanden sind – wurden daher Vereinfachungen hinsichtlich der Farbgebung vorgenommen. Die Projekte P1 und P4 verfolgten den Ansatz, die Modelle als sogenannte *Weißmodelle* ohne Texturen darzustellen.[366] Demgegenüber wurde für die Modelle im Projekt P2 durch Modelleure und geschichtswissenschaftliche Bearbeiter gemeinsam ein einfaches, hypothetisches Farbschema entwickelt.[367]

Detailgrad

Einflussgrößen bei der Festlegung eines Detailniveaus der Modellierung waren die individuelle Vorstellungen der geschichtswissenschaftlichen Bearbeiter, die technischen

---

[363] P1-2-1: 98, P2-2: 358.

[364] Vgl. Fußnote 330.

[365] „Wir [die Modelleure, Anm. S. M.] sind dann auf die Idee gekommen, analog zu den [historischen Gebäuden], […] [ei]n Raster zu bilden. […] Und haben dann [für, Anm. S. M.] diese einzelnen Rasterteile […] genau die Grenzen definiert und […] uns überlegt, wie […] Übergänge [zwischen diesen Modellbereichen, Anm. S. M.] funktionieren, auch die topografischen Übergänge.“, P2-1: 146.

[366] Hierzu der geschichtswissenschaftliche Bearbeiter des Projektes P1: „Ja also [eines der Bauwerke, Umschreibung S. M.] sollte möglichst realistisch [he]rüberkommen. […] Aber ansonsten wollen wir das sehr reduziert machen, auch die Modelle dann in so weißem, in so [ei]ner weißen […] Styroporschaumgussanmutung […]“, P1-1: 106.

[367] „Wir [die Modelleure, Anm. S. M.] haben dann ein Farbsystem entwickelt […], wir haben uns dann auf ein[en] bestimmten Detailierungsgrad geeinigt und […] auf ein[en] bestimmten Abstraktionsgrad. Wir haben uns drauf geeinigt, dass wir nicht fotorealistisch werden, dass wir uns […] vom Look her an ein[em] Architekturmodell […] orientieren, also kein[en] Schmutz, keine Gebrauchsspuren, auch keine Menschen [darstellen], was ich sehr bedaure, aber das wär einfach auch nicht möglich gewesen.“, P2-1: 26.

Anforderungen an ein Resultat, die Quellensituation, das Budget sowie in Einzelfällen das individuelle Engagement des Modelleurs.[368] Eine Benennung konkreter Detailniveaus erfolgte in allen Projekten vergleichsweise unscharf. So wurde in den Projekten P1, P2 und P4 als Ziel die Erstellung eines Architekturmodells angestrebt, das einen Eindruck vom spezifischen Architekturstil vermitteln sollte.[369] Die Festlegung eines Detailniveaus erfolgte in der Projektpraxis häufig erst im Zuge der Bearbeitung sowie zumeist im Zuge von Aushandlungsprozessen zwischen geschichtswissenschaftlichen Bearbeitern und Modelleuren. Zudem änderten sich die anvisierten Detailgrade im Rahmen der Projektbearbeitung mitunter deutlich und bedingten mit Blick auf die bereits ausgeführte Zielsetzung eines kohärenten Modells beispielsweise im Projekt P1 eine aufwendige Neubearbeitung aller zuvor erstellten Modellteile.[370] Ebenso unterschied sich der in den einzelnen Projekten für die 3D-Modelle angestrebte Detailgrad deutlich und war in den Projekten P1 und P2 zudem stark vom individuellen Blick vor allem des geschichtswissenschaftlichen Bearbeiters abhängig. Während im Projekt P2 bereits zu einem frühen Zeitpunkt und nicht zuletzt mit Blick auf die Limitationen der interaktiven Darstellung sowie die schlechte Quellenlage entschieden wurde, auf eine allzu detaillierte Modellierung und beispielsweise auf die Darstellung unterschiedlicher Kapitelle zu verzichten,[371] wurde im Projekt P1 zumindest nach der Restrukturierung im Zuge eines Bearbeiterwechsels einige Zeitschnitte die Barockarchitektur nach Ansicht des geschichtswissenschaftlichen Bearbeiters als nicht abstrahierbar bewertet[372] und eine zumindest phänotypische Modellierung der unterschiedlichen Kapitelltypen vorgenommen.[373] Unisono verzichteten alle Projekte auf die Darstellung von feinen Zierstrukturen wie Ornamenten.

---

[368] Vgl. Fußnote 310.

[369] P1-1: 113.

[370] So wurde im Projekt P1 zunächst ein vergleichsweise grobes Modell erstellt und erst zu einem späteren Zeitpunkt ein höherer Detailgrad angestrebt. Hierzu der geschichtswissenschaftliche Bearbeiter: „Da haben wir ja hier in der Revision gesehen, das manche auch nicht brauchbar waren. Wir haben dann zwischendrin nochmal die Standards, quasi den Detailgrad nochmal geändert. Da haben wir auch gesehen, dass manche auch sehr rückschnittartig [gemeint ist: holzschnittartig, Anm. S. M.], grob waren, viel zu grob oder auch falsch proportional […]“, P1-1: 90.

[371] „Die ganze übrige Stadt [war] […] nicht bekannt. […] Das haben wir dann sehr stark abstrahiert. Also keine Ziegelstruktur, keine Fenster, keine Türen [nachgebildet], [sondern] sehr einfach schematisch rekonstruiert. [Damit] das […] als schematische Rekonstruktion sichtbar [gemeint ist ‚erkennbar‘, Anm. S. M.] wird.“, P2-1: 142.

[372] Dazu eine Einschätzung des geschichtswissenschaftlichen Bearbeiters des Projektes P1: „Also bei [einem der historischen Baumeister, Umschreibung S. M.] ist es ja wieder [ei]ne andere Sache. Also diesen Turm, diesen Brunnenturm, den so zu abstrahieren, da bleibt auch nix mehr übrig. Also zwangsläufig muss man da […] [ein bisschen] ins Detail gehen.“, P1-1: 114.

[373] Hierzu der geschichtswissenschaftliche Bearbeiter des Projektes P1: „[…] bei Kapitellen scheiden sich schon die Geister, soll man die erkennen oder nicht, also dass man noch die damals wichtige Unterscheidung, dorisch, ionisch, korinthisch wenigstens ungefähr erahnen kann.“, P1-1: 106.

Zweckorientierung eines Modells

Vor diesem Hintergrund stellt sich auch die Frage, inwieweit die Leitlinien einer Modellerstellung durch einen angestrebten Verwendungszweck des jeweiligen Modells beeinflusst wurden. Vereinfachungen betrafen in der Projektpraxis vor allem eine Verringerung der Detailtiefe als auch die Auslassung von Objektteilen.[374] Bei Projekt P2 wurde der Detailgrad der Darstellung mit Blick auf die technischen Limitationen der interaktiven Präsentation reduziert.[375] Im Vordergrund standen bei allen derartigen Ansätzen jedoch immer die Kohärenz des Modells und der einheitlicher Detailgrad. So wurden Vorgaben zum Detailgrad eines Modells oder zu Auslassungen stets global vorgenommen – namentlich umfasste dies beispielsweise den Verzicht auf die Modellierung entweder von Innenräumen oder aber Außenansichten.[376]

Bei den in den Projekten P1, P3 und P4 angestrebten Animationsfilm- und Bildausgaben sind nicht alle Teile und Details eines Modells im Resultat gleichermaßen sichtbar. In keinem der Projekte wurde das Detailniveau anhand des geplanten Zielmediums oder der Sichtbarkeit von Objektteilen im Ergebnis festgelegt.[377] Dies resultierte einerseits aus der – im Gegensatz zu kommerziellen Film- oder Bildprojekten – erst gegen Ende der Projektlaufzeit erfolgenden genauen Festlegung zu Kameraperspektiven und Sichtbarkeiten. Auch wenn eine weitere Verwendung der 3D-Modelle in den Projekten zumeist nicht absehbar war, spielte zudem der Wunsch nach einer potenziell uneingeschränkten Nachnutzbarkeit sowie nach wissenschaftlicher Konsistenz eine wesentliche Rolle.[378] Wie in Absatz 6.4.6.2 noch ausgeführt wird, fand eine tatsächliche Nachnutzung und Erstellung weiterer Animationsfilmausgaben jedoch nur in den Projekten P1 und P3 statt – wobei auch in diesen Fällen nur Teile des erstellten Modells gezeigt wurden und zudem in beiden Fällen vorher eine Modellaufbereitung stattfand.

---

[374] Beispielsweise wurde im Projekt P3 zwar möglichst alles „1:1 rekonstruiert“, jedoch gleichermaßen „nicht jeder Dachziegel rekonstruiert“ und das Umland nicht detailliert modelliert, P3-3: 26.

[375] Beispielsweise wurden im Projekt P2 Arbeitsstände während des gesamten Arbeitsprozesses mit den für eine technische Realisierung verantwortlichen Informatikern abgestimmt. Hierzu die geschichtswissenschaftliche Koordinatorin: „Also [die Informatik] hat dann gesagt, […], das [etwas] […] umsetzbar [ist] […] oder nicht. […] Und die haben dann […] versucht das [in der interaktiven Modellanwendung, Anm. S. M.] zu […] realisieren.“, P2-2: 132-134.

[376] So wurden in den Projekten P2 und P1 nur Außenansichten modelliert, im Projekt P4 hingegen nur Innenräume.

[377] Beispielsweise wurde im Projekt P3 das Modell zunächst ohne Anpassung des Detailgrades an das Zielmedium realisiert und „für [den] Film manches rausgeworfen“, P3-3: 26.

[378] So wird beispielsweise von den Modellkoordinatorinnen im Projekt P1 angeführt, dass ein solches Modell auch später noch alle Optionen zur Nachnutzung bieten soll: „[…] im Endeffekt möchte jetzt [der Auftraggeber, Umschreibung S. M.] einfach die Modelle haben. Und dann entscheiden, was damit zu tun ist, […].“, P1-2: 86.

Zusammenfassend lässt sich mit Blick auf Leitlinien und Standards festhalten, dass eine Synchronisierung der inhaltlichen und wissenschaftlichen Qualitätsvorstellungen aller Beteiligten eine mit Blick auf die Modellerstellung entscheidende Rolle spielte. Dies betraf zum einen konzeptionelle Frage wie den angestrebten Grad der Quellentreue und eine Vermittlungsintention,[379] zum anderen die technische Qualität der Modelle.[380] Eine mit Blick auf in allen Projekten aufgetretene, modellbedingte Korrekturbedarfe entwickelte Empfehlung lautet daher, Standards frühzeitig zu entwickeln und unter allen Beteiligten abzustimmen.

- ➔ *S3: Standards frühzeitig entwickeln und möglichst beibehalten*
- ➔ *S4: Qualitätsvorstellungen aller Beteiligten frühzeitig und permanent synchronisieren*
- ➔ *B2: Kohärenz und visuelle Qualität sowie wissenschaftliche Qualität sind konkurrierende Ziele.*
- ➔ *B4: Angestrebte Qualitätsniveaus orientieren sich zumeist an den am besten zu rekonstruierenden Objektteilen.*

6.4.5.3.2 Entscheidungen

Eng mit der Frage nach einer Entwicklung von Leitlinien verknüpft sind Aspekte einer Entscheidungskompetenz sowie eines Entscheidungsvorgehens. Ausgehend von den im vorherigen Absatz ausgeführten Leitlinien bestand ein wesentliches Dilemma bei der Entscheidungsfindung im Spagat zwischen Modellkonsistenz, Detailgrad und Quellensituation. Wie bereits ausgeführt, verstanden sich alle betrachteten Vorhaben als quellengeleitete Modellierungen, sodass der Quellentreue höchste Priorität zukam.

- ➔ *B4: Modellerstellung als „Spagat“ zwischen Modellkonsistenz, Detailgrad und Quellensituation*

Die Praxisbedeutung von Leitlinien

Wie im vorherigen Absatz ausgeführt, blieb die Festlegung von Standards und Leitlinien in allen Projekten zumeist vage, die konkrete Entscheidungsfindung erfolgte nahezu ausschließlich vor dem Hintergrund des Einzelfalls. Sowohl in den Projekten P1 als auch bei P2 stellte die Abstimmung zur praktischen Umsetzung von Leitlinien einen wesentlichen

---

[379] Ein Beispiel divergierender Meinungen von Modelleuren und geschichtswissenschaftlichen Bearbeitern stellt die im Projekt P2 aufgeworfene Frage dar, ob spekulative Modellbestandteile als Hypothese zulässig sind. So führte der leitende Modelleur aus: „[…] wenn man weiß, dass da Akrotere waren, aber nicht genau weiß, wie die im Detail […] [ausgesehen haben, Anm. S. M.], dann muss man die[se] vielleicht schemenhaft darstellen. Aber man muss sie darstellen, […] Und […] das war […] [ei]ne Frage, die wir [gemeint sind die Projektbeteiligten, Anm. S. M.] permanent diskutiert haben.“, P2-1: 22. Dazu die geschichtswissenschaftliche Koordinatorin: „[Die Modelleure haben den Rückbau spekulativer Modellteile, Anm. S. M.] so´n bisschen skeptisch beobachtet. Weil ja schon soviel […] modelliert wurde. […] Die haben ja gedacht […]wir finden das vollkommen in Ordnung so, wie´s aussieht.“, P2-2: 134.

[380] Die im Projekt P1 zunächst erstellten Modelle waren nach Einschätzung der Projektleitung zu grob strukturiert: „Da haben wir ja hier in der Revision gesehen, das manche […] nicht brauchbar waren.“, P1-1: 90.

Bestandteil der regelmäßigen Abstimmungstreffen dar. Die Verbindlichkeit der Vorgaben unterschied sich dabei deutlich. So wurden im Projekt P1 aufgrund der graduellen Unterschiede zwischen den für die einzelnen Modelle zur Vermittlung von Flair und Architektur benötigten Detailgraden Vorgaben nur „vage kommuniziert"[381] und den Modelleuren viel Freiraum hinsichtlich der Detailtiefe der Modelle gelassen. Als schwierig erwies sich dabei, das sich sowohl Modelleure als auch geschichtswissenschaftliche Bearbeiter bei einer Rekonstruktion mitunter „im Detail verloren"[382] sowie immer wieder Unklarheiten zu angestrebten Zielniveaus auftraten.[383] Tendenziell legten in den beobachteten Projekten zumeist die Modelleure Wert auf „schöne“ Bilder, während die geschichtswissenschaftlichen Bearbeiter für eine wissenschaftliche Exaktheit des Modells eintraten. Ein von den geschichtswissenschaftlichen Bearbeitern in den beobachteten Projekten beschriebenes Phänomen stellte die „Verführung zur Rekonstruktion“ dar.[384] Dieser „Zwang“,[385] ein attraktives Modell zu erschaffen, trat vermutlich insbesondere nach einiger Beschäftigung im Projekt auf. Der Wunsch nach einem schönen und kohärenten Modell verführte dabei einerseits zu gelegentlicher methodischer Unschärfe, wie der Einbeziehung noch nicht gesicherter neuester Forschungsergebnisse,[386] andererseits zu einer übergroßen Detaillierung des Modells.[387] Zumindest die Bearbeiter selbst sahen außer zeitlichen Mehraufwänden in den beobachteten Projekten jedoch keine gravierenden Auswirkungen auf die wissenschaftliche Qualität der Ergebnisse. Zu vermuten ist, dass

[381] P1-1: 112.

[382] P1-1: 104.

[383] „[…] es findet […] immer mal [wieder] so [ei]n Treffen statt, wo […] gesagt wird: […] wir [Modelleure] brauchen jetzt [ei]ne Vorgabe [zum angestrebten Detailgrad, Anm. S. M.] […]. Oder: Es wird hier alles viel zu detailliert, wir brechen jetzt ab. […] Wir müssen das jetzt einfach runterbrechen. Wir ziehen jetzt überall nur noch Mauern hoch, wo wir nichts [gemeint ist: ‚keine Quellen‘, Anm. S. M.] haben.“, P1-2-1: 181.

[384] Vgl. Fußnote 265.

[385] „Weil wir [die Projektbearbeiter, Anm. S. M.] einfach gesagt haben: Klar, wir wissen von allem [gemeint sind ‚historische Stadtareale‘, Anm. S. M.] wenig, aber da [gemeint ist: ‚von diesen Bereichen‘, Anm. S. M.] wissen wir am wenigsten […] und das müssen wir […] auch irgendwo wiedergeben. Aber dann kam das Problem, [kamen] diese ‚Zwänge‘, die gefühlt da waren, […] dass man […] dieses Modell [hat] und da sieht […] schon alles so toll rekonstruiert aus. [Zudem] […]der Ansatz [des Projektes, Anm. S. M.] war […], dass alles irgendwie rekonstruiert wird […]“, P2-2: 358.

[386] „[Bei unklarer Befundlage wurde überlegt, dass, Anm. S. M.] wir da so [eine]n weißen Baukörper […] oder [ei]ne Lücke [lassen]. […] Dann hat man [jedoch, Anm. S. M.] ein inkohärentes Modell. […] Einen ganz weißen Baukörper können wir auch nicht lassen. […] praktisch [hat der Baukörper, Anm. S. M.] nachher noch […] diese rote Dachfärbung bekommen, damit das […] einen Gesamteindruck wieder gibt [und] damit der [Baukörper, Anm. S. M.] auch nicht so heraussticht. [Dies] basiert […] wirklich auf ganz neuesten Forschungsergebnissen […]. Die auch nochmal diskutiert werden müssten.“, P2-2: 358.

[387] „Wobei wir uns dann im [Theater, Umschreibung S. M.] immer mehr im Detail verloren haben, weil [Überschneidung mit Interviewer] wir gemerkt haben, dass der [historische Baumeister, Anm. S. M.] also dann nur funktioniert [gemeint ist ‚wirkt‘, Anm. S. M.], […] wenn man auch ein bisschen ins Detail geht, weil [e]s sonst allzu schematisch ist […].“, P1-1: 104.

genaue Zielabsprachen, Budgetlimitierungen, aber auch außerhalb der Projekte stehende wissenschaftliche Kontrollgremien (Vgl. Abschn. 3.3.2) das beschriebene Phänomen eindämmen könnten.

➔ *B2: Vorgaben und Detailgrade werden zumeist nur „vage kommuniziert".*
➔ *B1: „Verführung" zur schönen Rekonstruktion bedingt zeitlichen Mehraufwand.*

Aufteilung von Entscheidungskompetenz

Eine wichtige Rolle für den Modellierungsprozess spielte auch die Aufteilung von Entscheidungskompetenzen und -hoheiten. Kompetenzbereiche grenzen sich zumeist aufgrund einer besonderen fachlichen Befähigung oder Befähigungszuschreibung einer Person oder Institution ab, beispielsweise durch disziplinäre Herkunft oder individuelle und nachgewiesene Expertise in Bezug auf einen Gegenstand. Dass derartige Kompetenzbereiche nicht ausschließlich aus einer fachlichen Eignung resultieren, zeigte sich in den untersuchten Projekten beispielsweise bei der ästhetischen oder didaktischen Gestaltung, auf die von vielen Seiten Einfluss genommen wurde.[388]

Freiheitsgrade des Modelleurs

Die hinsichtlich ihrer Auswirkung auf das Modell unmittelbaren Entscheidungen treffen die jeweiligen Modelleure während der Modellbearbeitung, während Entscheidungen aller anderen Instanzen zumeist nur mittelbar wirken. Für geschichtswissenschaftliche Bearbeiter war eine Übersetzung von Vorgaben in konkrete Modellentscheidungen durch die Modelleure mitunter wenig transparent.[389] Jedoch wird sowohl bei P1 als auch P2 davon ausgegangen, dass die Entscheidungshoheit des Modelleurs zur Umsetzung von Änderungen ohne Folge für eine inhaltliche Qualität blieb und ein Großteil der Fehler im Modell bei den im folgenden Absatz 6.4.5.4 noch thematisierten Kontrollen gefunden und im Zuge des Arbeitsprozesses behoben wurden.[390] In allen beobachteten Projekten gab es daneben eine Reihe weiterer Kompetenzbereiche, innerhalb derer Entscheidungen primär durch den oder die Modelleure getroffen wurden. Dies umfasste naturgemäß alle Entscheidungen zu

[388] So schilderte die geschichtswissenschaftliche Koordinatorin des Projektes P2 die Konzeption des Museumsprototypen als „Prozess […] basierend auf Anliegen von […] [Museumsbesuchern, Umschreibung S. M.], von den Archäologen und von den Designern.", P2-2: 328.

[389] Hierzu der geschichtswissenschaftliche Bearbeiter des Projektes P1: „Dass man das [virtuelle 3D-Modell in der 3D-Modellierungssoftware, Anm. S. M.] natürlich drehen kann, dass man das zerschneiden kann und solche prinzipiellen Geschichten sind mir schon klar. Aber wie es letztendlich funktioniert, welche Tools die [Modelleure, Anm. S. M.] besitzen, was die alles machen können, das ist wiederum auch ein Defizit, dass uns das abgeht, dass wir das also, wenn wir unsere Kommandos geben, unsere Wünsche äußern, das wir […] nicht einschätzen können, was ist überhaupt möglich, wie viel Zeit braucht es […].", P1-1: 60.

[390] Vgl. Fußnote 419.

Modelliertechniken, im Projekt P2 daneben Entscheidungen zur Modellästhetik[391] und in den Projekten P1 und P4 zu technischen Aspekten der Präsentation. Gerade bei Projekten, in welchen mehrere Modelleure involviert waren, stellte sich dabei die Frage nach Freiheitsgraden und Entscheidungsautonomie des Einzelnen. Während Entscheidungen zu Modelliertechniken und Softwareeinsatz häufig vom jeweiligen Modellierer getroffen wurden,[392] gingen insbesondere für das Gesamtmodell relevanten Entscheidungen zumeist Abstimmungsprozesse voraus.

➔ *B2: Trotz für die geschichtswissenschaftlichen Bearbeiter nicht transparentem Modellierungsprozess wird eine Mehrzahl der inhaltlichen Fehler aufgedeckt.*

Entscheide durch Expertenvotum

Eine im Projekt P2 bewährte und hinsichtlich ihrer Bedeutung für eine Qualitätskontrolle im Absatz 6.4.5.4 noch ausgeführte Strategie bestand in der Einsetzung eines Expertenkomitees mit Fachleuten für spezifische Modellaspekte. Mit Blick auf die damit verbundenen Entscheidungsprozesse wurde ein Votum des jeweiligen Spezialisten sowohl innerhalb des Komitees als auch von externen Personen mit Verweis auf Expertise und Kompetenz akzeptiert.[393] Teilweise prallten jedoch bei Kompetenzüberschneidungen Fachmeinungen aufeinander, die eine Moderation und Entscheidungen des Projektleiters nötig machten. Generell stellt die Begutachtung durch ausgewiesene Experten ein Qualitätssiegel für ein Vorhaben dar, das zum einen nach außen, aber auch intern Entscheidungen schwer angreifbar macht. Eine Schwierigkeit besteht jedoch darin, dass auch Spezialisten zunächst identifiziert werden müssen und fachliche Meinungen nicht zwingend unumstritten sind. Zudem bringen derartige Personen eigene Vorstellungen und Anforderungen in das Projekt ein, was beispielsweise vor dem Hintergrund der Akribie von Modellkorrekturen nicht immer komplikationslos sein dürfte.

Einbeziehung von *Stakeholdern* in Entscheidungsprozesse?

Bereits in Fußnote 263 wurde die im Projekt P2 erfolgte Zäsur beschrieben, vor deren Hintergrund eine Neukonzeption und Neuausrichtung des Projektes erfolgte. Mit Blick auf

---

[391] Hierzu der leitende Modelleur des Projektes P2: „Und […], aber dann waren die [geschichtswissenschaftlich Verantwortlichen, Anm. S. M.] auch teilweise überfordert, solche Fragen der Ästhetik, des Looks, […] [und] der Detailierung zu diskutieren. Und […] [daher] haben wir [gemeint sind die Modelleure, Anm. S. M.] hauptsächlich hier entschieden und auch diskutiert.“, P2-1: 157.

[392] Hierzu: „[…] wir [hatten] […] auch immer die Diskussion [...], ob denn unsere Modelle eigentlich gut sind, weil man sieht die [Modellierungsqualität, Anm. S. M.] ja nie. […] weil natürlich jeder [Modelleur] sagt: Ja, ich mach das schon ordentlich, ich möcht nicht, dass jetzt hier jemand mit reinguckt und mir […] in meine Modellierart und -weise reinpfuscht.“, P1-2-1: 124.

[393] Hierzu: „[Es gab im Zuge des Überarbeitungsprozesses der 3D-Rekonstruktion, Anm. S. M.] immer so Sachen [gemeint sind: Meinungsunterschiede, Anm. S. M.] wo eben auf die Expertise der archäologischen Institute verwiesen wurde und gesagt wurde: Das ist unser Experte dafür. Der hat seine Meinung. So bleibt‘s“, P2-2: 107.

eine dieser Zäsur vorausgehende mangelnde Entscheidungskommunikation und -transparenz wurde im Zuge dieser Neuausrichtung – wie Absatz 6.4.5.6 ausführt – der Fokus auf eine breite Entscheidungsbasis und aktive Entscheidungskommunikation gelegt. Praktisch wurden dabei selbst kleine Entscheidungsschritte allen *Stakeholdern* mitgeteilt, wofür beispielsweise Rundmails zum Einsatz kamen. Nach Einschätzung der geschichtswissenschaftlichen Bearbeiterin haben dies alle „Instanzen […] als sehr konstruktiv empfunden".[394] Zudem wurden Entscheidungen häufig nicht von Einzelnen, sondern – neben den ausgeführten Expertenentscheiden – innerhalb von Gruppen oder unter Einbeziehung aller Beteiligten getroffen.[395] Nach Ansicht der Beteiligten erwiesen sich diese Strategien trotz des damit verbundenen Zeitaufwandes als wirkungsvoll, da „nur eine Änderungsphase" nötig war und später „keiner geschrien hat".[396] Dennoch wurde auch in diesem Fall aufgrund des übergroßen Aufwandes nicht jede Entscheidung kommuniziert oder kollektiv getroffen. Trotz der beschriebenen Vorteile einer breiten Entscheidungsbasis und umfangreichen Kommunikation von Entscheidungen stellt ein solches Vorgehen aufgrund des zeitlichen Aufwandes und der nötigen Abstimmung nur bis zu einem bestimmten Grad ein sinnvolles Vorgehen dar. Umso wichtiger sind die Vermittlung eines Problembewusstseins sowie eine Festlegung von Strategien und Regeln, welche Entscheidungen kommuniziert und kollektiv beziehungsweise von übergeordneter Stelle gefällt werden müssen.

- ➔ *B3: Neben den Projektbeteiligten sind verschiedene Stakeholder für den Projekterfolg maßgeblich relevant.*
- ➔ *S1: Entscheidungen in geeigneter Skalierung aktiv zu kommunizieren und auf eine breite Basis zu stellen, hat sich mit Blick auf den Gesamtaufwand bewährt.*
- ➔ *S1: Stakeholder regelmäßig informieren*

6.4.5.4 Qualitätssicherung

Eng mit den beschriebenen Aspekten einer Leitlinienentwicklung sowie damit einhergehenden modellbezogenen Entscheidungen ist die Qualitätssicherung verbunden. Wesentliches Element der Qualitätssicherung ist die Kontrolle des 3D-Modells. Derartige Kontrollen fanden in allen Projekten in erster Linie mit Blick auf eine geschichtswissenschaftliche Richtigkeit der dargestellten historischen Sachverhalte statt. Dabei wurden nötige Korrekturen häufig bei Treffen besprochen sowie in Form von Text und Bildern dokumentiert. Daneben fanden in den Projekten P1 und P2 Kontrollen zur technischen Modellgüte beziehungsweise Modellintegrität sowie in Einzelfällen zur Benutzbarkeit beziehungsweise Verständlichkeit der erstellten Modellausgaben statt.[397]

---

[394] P2-2: 160.

[395] „Also, wir haben uns das immer absegnen lassen, jeden Schritt praktisch […]. Das ist ein sehr zeitaufwendiges Vorgehen. Aber es war so, dass dann alle Seiten zufrieden waren.", P2-2, 87-89.

[396] P2-2: 91.

[397] „Wir [Die Modelleure, Anm. S. M.] haben dann […] ein Projekt gemacht, wo wir dann die Anwendung […] evaluiert haben. [Dabei, Anm. S. M.] [h]aben [wir] […] die Besucher beobachtet: Komm[en] die tatsächlich

6.4.5.4.1 Kontrollinstitutionen

Bereits mehrfach wurde auf den in allen Projekten verfolgten Anspruch einer historisch korrekten Rekonstruktion verwiesen. Hierzu wurde eine Reihe von Konzepten verfolgt, die sich formal insbesondere hinsichtlich des Ansatzes einer internen (Projektteam) und einer externen Begutachtung sowie der Häufigkeit der Kontrolle unterschieden (Tabelle 41).

	Projektteam-Intern	Extern
Permanent	Qualitätsbeauftragter (P1)	Supervision (P2)
Periodisch	Projekttreffen (alle) Technische Modellprüfung (P1)	Archäologenrat (P2)
Einmalig	Endabnahme (P1)	Expertenrunde (P2)

Tabelle 41 – Kontrollinstitutionen in den beobachteten Projekten

Die Initiative zur Kontrolle ging zumeist von den im Projekt mit der jeweiligen Aufgabe betrauten Kompetenzträgern aus. So wurden inhaltliche Kontrollen beispielsweise primär von involvierten Archäologen beziehungsweise Historikern angeregt, während eine technische Prüfung auf Betreiben der Modelleure erfolgte.[398] Dabei kamen häufig mehrere Kontrollinstitutionen parallel zum Einsatz. So beschäftigten sich im Projekt P2 nach der bereits in Fußnote 263 beschriebenen Neukonzeption des Projektes insgesamt drei Gremien mit der Überprüfung des Modells. Namentlich umfasste dies eine Gruppe externer Fachexperten, die zur fachlichen Beratung in Detailfragen herangezogen wurden, die im Projekt involvierten Archäologen als Koordinatoren und Entscheider in operativen Fragen sowie Mitarbeiter des designierten Ausstellers mit der Aufgabe einer externen Supervision und Qualitätsprüfung der Resultate.

Projekttreffen beziehungsweise Workshops

In allen Projekten wurden periodisch interne Überprüfungen des erreichten Modellierungsstandes vorgenommen. Derartige Überprüfungen fanden in den Projekten P1, P2 und P4 im Rahmen von Gruppentreffen statt, an denen sowohl die geschichtswissenschaftlichen Bearbeiter als auch ein Großteil der Modelleure teilnahmen. Im Rahmen derartiger Revisionen wurden beispielsweise im Projekt P1 die erstellten Modelle nacheinander begutachtet. Ein damit verbundener Aushandlungsprozess fand im Wesentlichen bilateral zwischen dem für das jeweilige Modell verantwortlichen Modellierer und dem geschichtswissenschaftlichen Bearbeiter statt. Erst im Zuge längerer Projektlaufzeiten und zunehmender Erfahrung beteiligten sich auch andere Modelleure sporadisch an einer kritischen Revision. Ein vor diesem Hintergrund zumindest im Projekt P1

---

damit klar? Und […] wie wird es [gemeint ist die ‚interaktive Visualisierung', Anm. S. M.] benutzt? Wer benutzt es wie?", P2-1: 100.

[398] Aus den Reihen der Modelleure des Projektes P1 kam die Initiative, dass „alle Modelle mal von allen durchgeschaut werden [sollten], ob die[se] [aus modellierungstechnischer Perspektive Anm. S. M.] okay sind.", P1-2-1: 116. Dies wurde allerdings nur für drei bis vier Modelle einmalig realisiert.

als wesentlich gesehenes Dilemma stellte die Revision der Modelle unter Beteiligung aller Projektmitarbeiter dar. So konnte zwar „kreativer Input" anderer Beteiligter einbezogen werden, aber die Einzelbeurteilung erwies sich als deutlich zeitaufwendiger.[399]

Einen interessanten Ansatz lieferte die für das Projekt P1 beschriebene technische Überprüfung der Modelle. Dabei sollte eine technische Modellintegrität und -qualität dahingehend sichergestellt werden, dass technische Fehler wie unverbundene Flächen und Punkte aufgedeckt und zur Korrektur empfohlen werden. Der Ansatz wurde von einem der Modellierer nach etwa 2/3 der Projektlaufzeit vorgeschlagen und auch praktisch umgesetzt. Angestrebt war, eine solche Kontrolle periodisch durchzuführen, praktisch fand eine solche Kontrolle im Projekt jedoch nur einmalig für drei bis vier Modelle statt. Auch wenn ein solches Vorgehen nur für P1 beschrieben wurde, fanden ähnliche Revisionsprozesse wahrscheinlich auch in den anderen Projekten statt.

Expertenrunde

Eine Expertenrunde wurde 2008 im Projekt P2 als Reaktion auf die in Fußnote 263 beschriebenen und im Vorfeld festgestellten inhaltlichen Unzulänglichkeiten des damaligen Modellstandes einberufen. Als Mitglieder dieses Gremiums wurden durch die geschichtswissenschaftlichen Leiter des Projektes bis dato zumeist noch nicht involvierte Spezialisten für jeweilige Teilaspekte wie beispielsweise antike Stadtmauern oder Tempel eingeladen.[400] Aufgabe dieses Gremiums stellte die kritische Begutachtung des Projektstandes und die Erstellung einer Liste mit Korrekturbedarfen dar. Dazu wurden einzelne Gebäudeklassen im bestehenden Modell durch den jeweiligen Fachexperten begutachtet. Die Expertenrunde traf sich in dieser Zusammensetzung nur ein einziges Mal. Jedoch wurde die weitere Überarbeitung des Modells in Anlehnung an die erstellte Liste der Korrekturbedarfe von einem später einberufenen „Archäologenrat“ betreut,[401] dem wiederum einige der Experten angehörten. Dieses Gremium setzte sich aus den geschichtswissenschaftlichen Bearbeitern sowie Vertretern der *Stakeholder* zusammen und tagte innerhalb eines halben Jahres "mehrfach".[402] Wie bereits in Abs. 6.4.5.3.2 ausgeführt, sollte ein derartiges Gremium vor dem Hintergrund der bereits ausgeführten inhaltlichen Diskrepanzen zwischen den Projektbeteiligten auch eine Überparteilichkeit und die geschichtswissenschaftliche Richtigkeit von Entscheidungsfindungen sicherstellen.

---

[399] P1-2-1: 139. Vgl. auch Fußnote 456.

[400] „[…] das war […] sehr geschickt von ihm [gemeint ist der neue Projektleiter, Anm. S. M.], dass er alle [Beteiligten] an einen Tisch […] gesetzt hat. […] Und dann […] wurden Archäologen […] [des] Institut[es] betreut [gemeint ist ‚betraut‘, Anm. S. M.] mit [der Begutachtung von] einzelnen Bereichen der […] Stadt.“, P2-2: 49.

[401] P2-1: 72.

[402] P2-1: 26.

Qualitätsbeauftragter

Einen weiteren Ansatz zur Qualitätssicherung stellte die Verankerung einer ständigen Qualitätsprüfung im Sinne eines Qualitätsbeauftragten innerhalb des Projektteams dar. In den untersuchten Projekten war die Rolle des für eine Qualitätssicherung Verantwortlichen nur eine von vielen Arbeitsaufgaben und wurde im Fall des Projektes P1 explizit als Arbeitsaufgabe des geschichtswissenschaftlichen Bearbeiters formuliert.[403] Dabei erwies sich dort schon aufgrund der räumlichen Distanz eine permanente Überprüfung als schwierig und erfolgte, wie in Absatz 6.4.5.6.2 noch ausgeführt, primär im Kontext gemeinsamer Vor-Ort-Treffen von geschichtswissenschaftlichen und technischen Bearbeitern.

Endabnahme und technische Modellprüfung

In den Projekten P1 und P4 fand zum Projektende einmalig eine genaue Überprüfung der erstellten Modelle durch die Projektmitarbeiter statt, die im Sinne einer Endkontrolle den aktuellen Stand erfassen und Desiderate und Unzulänglichkeiten des Modells dokumentieren sollte. Dieses Vorgehen resultierte insbesondere aus der Notwendigkeit, das Projekt aufgrund aufgebrauchter Ressourcen abzuschließen, und sollte im Sinne einer Fehlerbetrachtung die wissenschaftliche Bewertbarkeit des Modells fördern.

6.4.5.4.2 Medien zur Qualitätsbeurteilung

Wichtigstes Medium zur Kommunikation von Änderungen sowie als Basis für interdisziplinäre Qualitätskontrollen des 3D-Modells stellten perspektivische Modellansichten dar. Dies war insofern überraschend, als dass einerseits Orthoprojektionen eine direkte Vergleichbarkeit mit der Modellierung zugrunde liegender historischer Plänen ermöglichen, während Bilddarstellungen beziehungsweise Renderings gegenüber dem eigentlichen virtuellen 3D-Modell eine ganze Reihe von Einschränkungen aufweisen. So ist darin beispielsweise keine beliebige Änderung der Sichtperspektive möglich, ebenso können Änderungen nicht sofort eingepflegt und hinsichtlich ihrer Wirkung begutachtet werden. Ein gegenüber den aufgeführten Vorteilen wesentliches Hindernis für die Nutzung des 3D-Modells als Kommunikationsbasis besteht in den hohen Leistungsanforderungen einer derartigen Live-Darstellung. Eine weniger ressourcenintensive Darstellung in einfacherer Qualität wurde zumindest im Projekt P1 als zu abstrakt für eine Beurteilung verworfen.[404]

[403] „Und diese Aufgabe […] [der] Projektkontrolle ist dann mir quasi übertragen wurden.“, P1-1: 42.

[404] „[3D] ist […] sehr leistungsaufwändig. […] und […] es ist […] für [die geschichtswissenschaftlichen Bearbeiter, Anm. S. M.] schwer, dann [ein Modellierungsergebnis, Anm. S. M.] in dem 3D-Programm [einzuschätzen]. […] Man kann das ja nicht so schön [gemeint ist: ‚realitätsnah‘, Anm. S. M.] darstellen oder sieht das auch teilweise nicht in dem Drahtmodell.“, P2-2: 135.

Perspektivische Ansichten

Mit Blick auf eine geeignete Darstellungsqualität (vgl. Abs. 3.2.3.2) wiesen perspektivische Ansichten gegenüber einer Schnittdarstellung nach Ansicht der befragten geschichtswissenschaftlichen Bearbeiterin des Projektes P2 eine tendenziell bessere Erkennbarkeit auf. Dagegen wird im Projekt P1 eine Beurteilung anhand sowohl einer perspektivischen Ansicht als auch dem Vergleich von Orthoprojektionen des Modells und der historischen Pläne als Ideal gesehen, das jedoch in der Projektpraxis nur selten angewandt wurde. Hinsichtlich der Darstellung wurde in allen Projekten eine Kontrolle der Geometrie am *Weißmodell* präferiert, da Geometriefehler dort nach Einschätzung der Bearbeiter einfacher zu erkennen sind.[405]

3D-Modell

Die Vorteile einer Arbeit direkt am virtuellen 3D-Modell wurden in allen Projekten gesehen.[406] Mit Blick auf die beschriebenen Einschränkungen leiteten sich daraus jedoch unterschiedliche Anwendungsszenarien ab, deren Crux zumeist darstellte, dass die Arbeit am 3D-Modell örtlich direkt am Arbeitsplatz des Modelleurs stattfand. In den Korrektursitzungen der Projekte P3 und P4 wurden 3D-Modell-Änderungen dabei direkt im virtuellen 3D-Modell „skizziert“ und zu einem späteren Zeitpunkt ausgearbeitet. Demgegenüber bildeten 3D-Modelle im Projekt P2 nur in bilateralen Treffen zwischen Modelleuren beziehungsweise zwischen Modelleuren und geschichtswissenschaftlichen Bearbeitern die Arbeitsgrundlage. Im Projekt P1 erfolgte die Bestandsaufnahme zum Projektabschluss kooperativ am Computer anhand des virtuellen 3D-Modells.[407] Ein weiteres, gerade mit Blick auf die Verwendung für eine Fernkommunikation wesentliches Hindernis stellt dar, dass 3D-Modelle zumeist nur mit Spezialsoftware verwendbar sind. Als Konsequenz fanden 3D-Modelle in keinem der Projekte Verwendung in der Fernkommunikation.

➔ *S4: Als Basis für die Kontrolle werden perspektivische Renderings als Weißmodell empfohlen.*

---

[405] „[…] wir hatten ja oft ein Weißmodell. Also das ist […] schon so, dass [der Modelleur, Umschreibung S. M.] gesagt hat: Okay, das ist [für eine Beurteilung, Anm. S. M.] einfach zu erkennen, ich rendere das.“, P2-2: 216. Bei P1 und P4 stellten Weißmodelle das Zielformat der 3D-Modellierung dar.

[406] Hierzu: „Diese Methode der direkten Umsetzung und damit sofort durchführbaren Kontrolle an den digitalen dreidimensionalen Modellen ist äußerst effektiv, denn zum einen sind keine zwischengeschalteten Medien wie Skizzen oder anderes notwendig, die eine weitere Fehlerquelle durch eine nicht eindeutige Interpretationen der Quellen beinhalten können. Zum anderen kann die am Rechner durchgeführte Korrektur direkt auf Stimmigkeit mit dem bisher Konstruierten und Rekonstruierten überprüft werden.“, P3-1, S. 117.

[407] Dies fand im Treffen P1-4 statt.

6.4.5.4.3 Kontrollstrategien

Bereits in Absatz 6.3.2.3 wurden die unterschiedlichen potenziellen Fehlerquellen einer 3D-Rekonstruktion thematisiert. Diesbezüglich zielte die Mehrheit der von den befragten Projektbeteiligten dargestellten Kontrollstrategien auf die Findung und Behebung von Quellen- und Interpretationsfehlern ab. Ein praktisches Kontrollvorgehen entwickelte sich in den untersuchten Projekten zumeist erst im Laufe der Bearbeitung. Einen diesbezüglich wichtigen Aspekt stellte dar, dass eine Kontrolle des Vorgehens zumeist nicht zeitgleich für ein gesamtes Modell, sondern nacheinander wie im Fall des Projektes P1 für einzelne Gebäude und Zeitschnitte sowie einzelne Objektkategorien oder „Hot-Spots“ im Projekt P2 erfolgte.[408] Dazu wurden beispielsweise im Projekt P1 in Vorbereitung von Revisionssitzungen in einigen, jedoch keineswegs in allen Fällen den geschichtswissenschaftlichen Bearbeitern Ansichten der zu kontrollierenden Modelle durch die Modelleure für eine Begutachtung zur Verfügung gestellt.[409] Ebenso wurden in manchen Fällen konkrete Fragen durch die Modelleure formuliert.[410] Gemeinsam mit den Protokollnotizen der vorherigen Absprachen stellten diese Anhaltspunkte einer Revision dar. Zu vermuten ist, dass die Intensität der Kontrolle durch die geschichtswissenschaftlichen Bearbeiter mit dem Maß an Vertrauen in die geschichtswissenschaftliche Sensibilität der Modelleure korrelierte. Während die intensive Überprüfung im Projekt P1 unter der Maxime stand, dass von den Modelleuren vermeintlich „[erwartet] wird, dass [...] [der Geschichtswissenschaftler] die Fehler sieht",[411] wurden im Projekt P2 im Vertrauen auf eine proaktive Berichterstattung zu Fehlern und Problemen nicht alle Modellumsetzungen von der geschichtswissenschaftlichen Koordinatorin nochmals selbst kontrolliert.[412]

---

[408] Im Projekt P2 erfolgte für eine Kontrolle die Gliederung des Modells in einzelne Modellareale bzw. sogenannte Hot Spots: „Es gibt […] Hot Spots und da wurden […] einzelne Fachvertreter [benannt]. [Diesen] wurde gesagt: ‚Du betreust [gemeint ist: ‚beurteilst‘, Anm. S. M.] das‘ […] und dann wurde ein Protokoll erstellt.“, P2-2: 53.

[409] „Manchmal war[e]n wir [die geschichtswissenschaftlichen Bearbeiter, Anm. S. M.] vorbereitet, weil vorab […] was präsentiert wurde zur Vorkontrolle. […]“, P1-1: 118. Demgegenüber führten die Modellierungskoordinatoren im gleichen Projekt aus: „[…] wir haben [ei]ne Vorabgabe, [die besagt:] bitte gebt eure Renderings schon so drei Tage vorher [gemeint ist ‚vor einem Projekttreffen‘, Anm. S. M.] ab, damit wir [die Modellierungskoordinatorinnen, Anm. S. M.] […] diese [mit den] Protokolle[n] […], die wir […] zu jedem Zeitschnitt anlegen, abgleichen können […].“, P1-2-1: 42.

[410] „Da während einer solchen Bearbeitungsphase weitere Fragen auftauchen, wurde mit dem zuständigen Archäologen […] stetig Kontakt per Mail gehalten und in regelmäßigen Abständen Fragenkataloge zur Beantwortung an die chinesische Seite gegeben. P3-1, S. 117.

[411] P1-1: 118.

[412] So zum Beispiel mit Blick auf eine Überprüfung aller im Modell enthaltenen Maße: „[…] da vertrau ich hier [den Modelleuren, Umschreibung S. M.]. […] Hier [gemeint ist wahrscheinlich ‚An einigen Stellen‘, Anm. S. M.] haben wir auch nochmal den Plan daneben gelegt.“ P2-2: 220, ferner 162.

Visuelle Vergleiche

Die eigentliche Kontrolle wies keine feste Schrittfolge auf sondern erfolgte hinsichtlich des Ablaufs eher zufällig beziehungsweise anhand eines Gesamteindrucks. Ähnlich wie bei der Modellerstellung spielten dabei visuelle Vergleiche eine wichtige Rolle.

Als aufschlussreich erwies sich dabei der Vergleich der Modellansichten mit anderen Bildmedien. Anhaltspunkte bildeten dabei Fragen wie beispielsweise: Wie schaut es proportionsmäßig aus? Ist die Bauwerkslogik schlüssig? Sind archäologische Evidenzen eingehalten?[413] Zumeist wurden bei derartigen Kontrollen nicht alle Bereiche gleichermaßen beachtet, sondern bestimmte, von den Kontrolleuren als potenziell problematisch erachtete Areale besonders intensiv begutachtet.[414] Eine aus den beobachteten Projektsitzungen resultierende Hypothese stellt zudem dar, dass aufgrund der intensiven Beschäftigung mit diesen Arealen in der Arbeitspraxis durch die Kontrolleure häufig Korrekturbedarfe in unmittelbarer Nähe ausgemacht werden.

Damit eng verbunden ist das im Projekt P1 beschriebene, vermutlich auch in anderen Projekten aufgetretene Problem, dass unfertige Modellpassagen tendenziell einerseits von den Modelleuren ungern gezeigt werden, andererseits für die geschichtswissenschaftlichen Bearbeiter schwer bewertbar sind.[415] Mit Blick auf die Projektpraxis bedingte dies, dass im Fall grundlegender Fehler und Korrekturbedarfe zumeist viel Arbeit umsonst geleistet wurde. Eine probate Lösung für dieses Problem wurde in keinem der Projekte gefunden.[416]

Praktisch wurden für eine Qualitätsbeurteilung in allen Projekten Modellansichten und zumeist historische Ansichten nebeneinander angeordnet oder überlagert (Abbildung 41), wobei als Vergleichsmedien beispielsweise in den P1-Projektsitzungen verschiedene

---

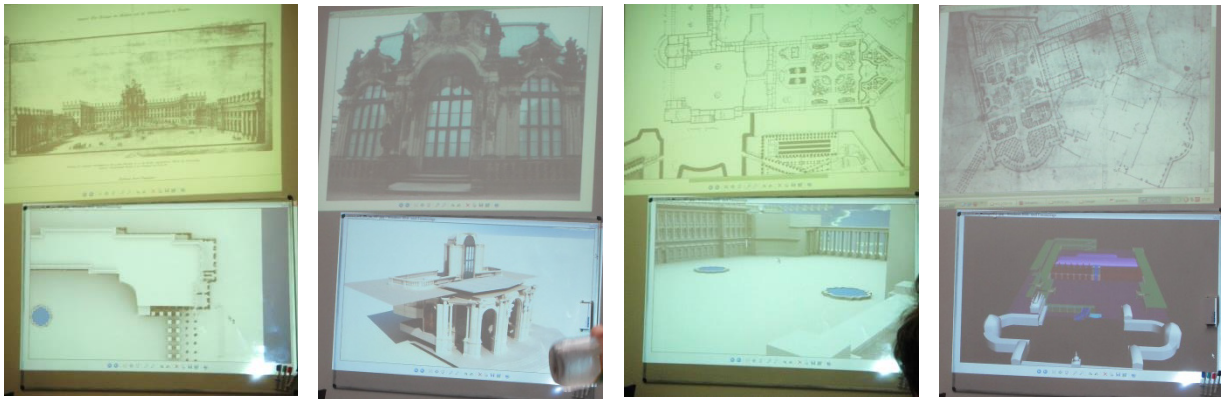
[413] Sinngemäß nach: P2-2: 75-77, P1-1: 54 und 154.

[414] Hierzu der geschichtswissenschaftliche Bearbeiter des Projektes P1: „[…] das ist oftmals [ei]ne Zufallskontrolle. Manchmal war[e]n wir [die geschichtswissenschaftlichen Bearbeiter, Anm. S. M.] vorbereitet, weil vorab uns was präsentiert wurde zur Vorkontrolle. […] Manchmal muss man hinterher nochmal korrigieren, weil man sich denkt, das ist einem seinerzeit nicht aufgefallen.“, P1-1: 118.

[415] Nach Ansicht der Modellierungskoordinatorinnen des Projektes P1 zeigen Modelleure ungern Stellen mit "Löchern", i.S. noch nicht fertig modellierter Bereiche: „[…] man zeigt natürlich nur das, was man fertig hat. Man zeigt […] nicht die Stellen, wo man weiß, da sind noch riesengroße Löcher [im Modell} und dann kommt […] wieder irgendein Kommentar, dass das noch zu füllen ist, sondern versucht das [gemeint ist ‚die Modellansicht‘, Anm. S. M.] schon so auszurichten, dass das so schön wie möglich ist.“, P1-2-1: 210. Von den Gesprächspartnern nicht ausgeführt, aber zu vermuten ist, dass unfertiges Material aufgrund des dadurch bedingten höheren Abstraktionsniveaus zudem schwerer bewertbar ist.

[416] Ein vom Autor im Projekt P4 getesteter Ansatz war, unfertige Modelle mit konkreten Fragen zu kombinieren und ausschließlich bestimmte Aspekte wie bspw. Größenverhältnisse zur Diskussion zu stellen. In der Praxis erwies sich dies jedoch als nur begrenzt tauglich, da derartige Modellrudimente für den beurteilenden geschichtswissenschaftlichen Verantwortlichen einerseits zu abstrakt für eine Urteilsfindung blieben und sich eine Beurteilung andererseits nicht nur auf die abgefragten Sachverhalte beschränkte.

Bildmedien wie Skizzen, Scans, Fotografien oder auch Satellitenbilder einer aktuellen Bausituation herangezogen wurden.[417]



Dualprojektion von historischem Panorama und orthoprojizierter Modellansicht | Dualprojektion von zeitgenössischer Fotografie und perspektivischer Modellansicht | Dualprojektion von Planquelle und perspektivischer, realistischer Modellansicht | Dualprojektion von historischer Planquelle und perspektivischer Modellansicht in Falschfarben

Abbildung 41 – Beispiele dualer Projektionen von Modell und Quelle im Projekt P1[418]

- ➔ *B2: Kontrollstrategien werden zumeist nur für eine geschichtswissenschaftliche Modellqualität entwickelt.*
- ➔ *B4: Ein Kontrollvorgehen entwickelt sich erst über die Zeit und bleibt häufig implizit.*
- ➔ *S4: Für eine Kontrolle wesentlich sind visuelle Vergleiche, beispielsweise von Modellansichten und Quellen.*
- ➔ *B2: Unfertige Modellpassagen werden ungern als Korrekturgrundlage genutzt.*

Die zeitliche Verortung und Häufigkeit von Kontrollen

Mit Blick auf eine Periodizität von Kontrollen (vgl. auch Tabelle 41) wurden diese beispielweise im Projekt P1 relativ engmaschig und unter Mitwirkung aller am Projekt beteiligten Mitarbeiter durchgeführt. Vorteile lagen dabei in einer granularen Arbeitsweise, mit der Modellprobleme frühzeitig identifiziert werden können, ebenso wurden

[417] Bei P1 werden zum Ende des Projektes bei Treffen 2 Beamer verwendet, um Modell und historische Ansicht gleichzeitig abzubilden: „[…] wir [die Modellierungskoordinatorinnen, Anm. S. M.] haben […] gemerkt, dass es besser ist, mit zwei Beamern zu arbeiten oder […] [an die Tafel, Anm. S. M.] zu projizieren, damit man […] [auf der unter der Projektion liegenden Tafel, Anm. S. M.] malen kann. Das hat eigentlich auch ganz gut funktioniert.“, P1-2-1: 235. Ähnlich wurden in der P2-Korrekturphase bei Korrekturen am 3D-Modell vielfach Pläne neben die virtuelle Modellansicht gelegt: „Wir [gemeint sind Modelleure und geschichtswissenschaftliche Koordinatorin, Anm. S. M.] haben da [im 3D-Modell] […] Maße [als Grundlage genutzt, Anm. S. M.]. Also wir haben nicht nur so operiert [gemeint ist: ‚geschätzt‘, Anm. S. M.]. […] wir [haben] auch nochmal den Plan daneben gelegt.“, P2-2: 220.

[418] Bildherkunft (von links nach rechts): P1-5, 31.5.2011, 17:42 Uhr; P1-5, 31.5.2011, 16:36 Uhr; P1-5, 31.5.2011, 17:46 Uhr; P1-5, 31.5.2011, 17:15 Uhr.

geschichtswissenschaftliche Fehler nach Einschätzung der Bearbeiter zumeist aufgedeckt.[419] Dem stand der zeitliche Aufwand regelmäßiger Treffen gegenüber, verbunden mit der Problematik, dass ein derartiger Revisionsprozess mangels einer Aufstellung des Gesamtkorrekturbedarfs mutmaßlich recht ausufernd war.[420] Ein anderes Konzept stellen einmalige und aufwendige Gesamtrevisionen wie beispielsweise die Endabnahme in den Projekten P1 oder die Expertenrunde des Projektes P2 dar, die zumeist ausschließlich vor dem Hintergrund bedeutender Zäsuren wie der Notwendigkeit einer Projektbeendigung oder einer Projektneuausrichtung stattfanden. Bemerkenswert ist, dass bei P2 gerade durch die Einbeziehung der für den Teilaspekt jeweiligen Fachelite nach Ansicht der Beteiligten letztlich weniger Korrekturrunden bis zu einer für alle Beteiligten annehmbaren Fassung nötig waren.[421]

Mit Blick auf die benannten Vor- und Nachteile scheint die Benennung einer idealen Strategie schwierig. Ein interessanter und prüfenswerter Ansatz zur Synthese beider Konzepte wurde im Projekt P3 verfolgt. Dort waren für eine kritische Bewertung des Gesamtmodells insgesamt vier bereits im Vorfeld terminierte Projekttreffen aller Beteiligten vorgesehen. Leider enthalten die dieser Arbeit zugrunde liegenden Quelleninformationen jedoch keine Aussagen hinsichtlich einer Praxisumsetzung und -tauglichkeit dieser Strategie.

➔ *S4: Strategie zu Häufigkeit und zeitlicher Verortung von Korrekturen entwickeln*

Nicht erfolgte Korrekturen

Nicht in jedem Fall wurden zufriedenstellende Lösungen für aufgeworfene Probleme gefunden oder gefundene Fehler korrigiert. So unterblieben bei allen beobachteten Projekten angedachte Verfeinerungen mit Verweis auf eine zu große Detailtiefe.[422] Ähnlich wurden mit Blick auf eine notwendige Fertigstellung zum Projektende einzelne Korrekturen in den Projekten P1 und P4 nicht mehr umgesetzt, zumeist jedoch dokumentiert.[423] Ein

---

[419] „Meistens merke ich [als der geschichtswissenschaftliche Bearbeiter des Projekts P1, Anm. S. M.] mir […] im Kopf, wo die Fehler sind und dann bring[e] ich die[se] […]auf [da]s Tablett. Aber, also, ich bereite mich nicht vor mit Listen. Das mach[e] ich nicht. Entweder ich habe […] vorher schon die Emails beantwortet, die konkreten Fragen oder ich werf[e] […] nochmal einen Blick d[a]rauf und merk[e] mir dann so gewisse Punkte. Und das ging also bis jetzt relativ gut. [...], das ist dann ein Fehler meiner Organisation, wenn man mal was vergisst im Eifer des Gefechts. Aber das kann sein [gemeint ist ‚gelegentlich vorkommen', Anm. S. M.], aber das meiste [geht gut, Anm. S. M.].", P1-1: 126.

[420] So nahmen Kontrollen und die Formulierung und Absprache von Korrekturbedarfen einen Großteil der Zeit der Projekttreffen in Anspruch. Vgl. Abs. 6.4.5.6.2.

[421] „[…] im Endeffekt ging [dieses Vorgehen, Anm. S. M.] vielleicht sogar schneller […] weil da […] keiner geschrien hat nachher. […] sonst hätte man vielleicht ´ne zweite Änderungsphase haben müssen. So hatten wir nur eine Änderungsphase.", P2-2: 91.

[422] Vgl. Fußnote 383.

[423] Im Projekt P1 wurde insbesondere gegen Projektende nicht mehr jede Korrektur in das 3D-Modell eingepflegt. Jedoch wurden Korrekturbedarfe dokumentiert. Hierzu eine der Modellierungskoordinatorinnen:

anderes Problem stellte dar, dass die Befundlage für einige der Modellbestandteile im Projekt P2 keine „schlüssige" Rekonstruktion zuließ. Als Lösungsansatz blieben hier nur „Alibilösungen", bei denen derartig unklare Modellteile entweder weggelassen oder mehrere Alternativen im Modell präsentiert wurden.[424]

- ➔ *S2: Nicht erfolgte Korrekturen dokumentieren*
- ➔ *S1: Bei unklarer Befundlage Auslassungen oder mehrere Alternativhypothesen im Modell präsentieren*

6.4.5.5 Dokumentation der Änderungen

Eng mit Aspekten einer Rekonstruktionsqualität ist auch die Frage nach einer Dokumentation von Änderungen verbunden. Diesbezügliche Aufgaben sind einerseits die interne Wissensarchivierung, andererseits die wissenschaftliche Transparenz und spätere Nachprüfbarkeit von Datengrundlage und Modellierentscheidungen. In allen untersuchten Projekten diente eine Dokumentation in erster Linie zur Unterstützung der Projektarbeit, nur in wenigen Fällen wie beispielsweise dem Protokoll der Endabnahme im Projekt P1 stellte die Dokumentation für Außenstehende das primäre Ziel dar.[425] Im Projekt P3 erfolgte im Rahmen eines begleitenden Forschungsvorhabens die Entwicklung und prototypische Anwendung einer übergreifenden Dokumentationsstrategie.

Offizielle vs. Persönliche Dokumentation

Eine in der Praxis wesentliche Unterscheidung betrifft den intendierten Zweck einer Dokumentation. So wurde in den untersuchten Projekten zumeist nur bei größeren Zusammenkünften sowie bei Kontrolltreffen ein offizielles Protokoll angefertigt und anschließend den jeweiligen Beteiligten zur Verfügung gestellt.[426] Ergänzend zur offiziellen Protokollierung fertigten die Beteiligten persönliche Notizen an. Diese Notizen enthielten häufig weiterführende Informationen und individuelle Ankerpunkte für einen Rekapitulationsprozess, womit ihnen für eine spätere, individuelle Nachvollziehbarkeit eine große Bedeutung zukam. Ursprünglich waren diese Notizen allerdings für den persönlichen Gebrauch gedacht.[427] Auch E-Mails oder Skizzen und Kommunikationsüberresten kam eine inoffizielle Dokumentationsfunktion zu.

„In letzter Zeit wird [eher] entschieden, ‚Das wird […] so gelassen. [...]', auch wenn man findet, dass es noch nicht so ganz optimal ist […].", P1-2-1: 224.

[424] P2-2: 101. Vgl. Abs. 6.4.4.3.

[425] „[…] wir versuchen jetzt […] alles noch fertig zu bekommen, so schön, wie [es] eben möglich ist und werden dann noch [ei]ne Liste anfertigen mit Sachen, die uns selber noch aufgefallen sind, wo wir wissen, dass da noch Baustellen sind und händigen die[se] dann […] [dem Projektleiter, Umschreibung S. M.] […] aus.", P1-2-1: 9.

[426] „Wir [die Modellierungskoordinatorinnen des Projektes P1, Anm. S. M.] schreiben auf, dass da noch ein Mangel ist.", P1-2-1: 222.

[427] Nicht zuletzt erfolgte während aller Interviews ein Rückgriff der Interviewpartner auf persönliche Notizen zur Rekapitulation von zurückliegenden Ereignissen.

Strategien offizieller Dokumentation

In den Projekten P1, P2 und P4 war die offizielle Dokumentation auf die Protokollierung organisatorischer Absprachen und Änderungsanforderungen beschränkt. Nicht dediziert dokumentiert wurde dagegen die technische Umsetzung der Änderungen im Modell, wodurch Entscheidungen für die Beteiligten später teilweise schwer nachvollziehbar waren.[428] Der Umfang einer Protokollierung unterschied sich sowohl zwischen den einzelnen Projekten als auch in Abhängigkeit vom intendierten Zweck mitunter deutlich. Generell enthielten Protokolle in allen Fällen mindestens eine zeitliche Angabe zur Absprache der Änderung, den betroffenen Bereich sowie die auszuführende Tätigkeit. Darüber hinaus wurden in einigen Fällen zusätzliche Angaben wie Verantwortlichkeit und Zeitpunkt der Erledigung vermerkt. Die Erstellung der offiziellen Protokolle bei Treffen war häufig einzelnen Mitarbeitern als feste Arbeitsaufgabe zugeteilt. Im Projekt P1 sowie vermutlich auch bei P2 waren die jeweiligen Protokollanten primär mit dieser Aufgabe betraut und nicht oder nur in geringem Maße aktiv an Entscheidungsprozessen beteiligt.[429] Bei den erstellten Protokollen handelte es sich zumeist um Textprotokolle, die häufig mit ergänzendem Bildmaterial versehen wurden. Nach Einschätzung der Beteiligten haben sich diese Protokolle im Projekt bewährt und stellten eine wichtige Hilfe bei der Kontrolle von Arbeitsaufgaben dar.[430]

Schwierigkeiten bei der Projektdokumentation

Im Zusammenhang mit den beschriebenen Dokumentationsstrategien wiesen Beteiligte auf eine Reihe von Problemen hin. Ein wesentlicher Aspekt betraf die lückenlose, unmittelbare und vollständige Durchführung einer Dokumentation. Vermutlich in allen Projekten gab es diesbezüglich vereinzelte Inkonsequenzen.[431] Ein weiteres Problem betraf den Umfang der Protokollierung. Wie bereits angeführt, ließen sich Änderungen der Modelle anhand der ursprünglichen Änderungsprotokolle zumindest mit einem gewissen zeitlichen Abstand nur

---

[428] Hierzu: „[…] [Wir] haben […] überhaupt keine Begründung für [die Formgebung im ersten Modellentwurf, Anm. S. M.]. […] man fragt sich, warum das [im ersten 3D-Modell, Anm. S. M.] [so][…] rekonstruiert wurde.“, P2-2: 174-178.

[429] Diese Einschätzung fußt auf Beobachtungen in den Projektsitzungen.

[430] „[…] wir haben [ei]ne Vorabgabe, [die besagt:] bitte gebt eure Renderings schon so drei Tage vorher [gemeint ist ‚vor einem Projekttreffen‘, Anm. S. M.] ab, damit wir [die Modellierungskoordinatorinnen, Anm. S. M.] […] diese [mit den] [mit Abbildungen angereicherten, Anm. S. M.] Protokolle[n] […] abgleichen können […] und […] schnell schauen können, was so umgesetzt wird und dann schnell nachfragen können und nicht erst überlegen [müssen], was wir eigentlich mit unseren eigenen Stichpunkten da gemeint haben.“ P1-2-1: 42.

[431] Beispielsweise wurden in der Projektpraxis des Projektes P2 nicht alle operativ erfolgten Änderungen im 3D-Modell auch im CAD-Plan dokumentiert: „[…] das [wäre] zeitaufwändiger gewesen. Wenn ich [im Nachhinein, Anm. S. M.] noch diese [CAD-, Anm. S. M.] Zeichnung ändere.“, P2-2: 256.

noch schwer nachvollziehen.[432] Dies war einerseits auf operative Probleme wie Inkohärenzen und Unverständlichkeiten des Protokolls oder ausgebliebene Dokumentation zurückzuführen, andererseits lässt ein Anforderungsprotokoll auch systemisch nur bedingt Rückschlüsse auf Modellierungsschritte zu. Ein letztes Problemfeld betrifft die Nachhaltigkeit der Dokumentation. Wie bereits ausgeführt, waren Adressaten einer Dokumentation in erster Linie die Projektbeteiligten. Diesbezüglich bildeten in der Praxis der untersuchten Projekte neben den erstellten Dokumentationen gerade das *implizite* Wissen der Beteiligten und nicht-formale Kommunikationsüberreste wie Notizen oder Korrespondenz, aber auch Bilder beziehungsweise vorherige Projektstände ein wichtiges Gerüst für die Erinnerung.[433] Gerade mit Blick auf diesen Befund sowie die Erfahrungen des Projektes P2 ist zu vermuten,[434] dass zumindest die in den Projekten P1, P2 und P4 praktizierten Dokumentationsstrategien eine Nachvollziehbarkeit des Vorgehens für nicht in das Projekt involvierte Personen nur eingeschränkt möglich machen.

- ➔ *B2: Projekte sind im Nachhinein nicht vollständig rekonstruierbar.*
- ➔ *S2: Projektabläufe sind im Nachhinein am besten über die Beteiligten erschließbar.*
- ➔ *S2: Möglichst alle Produktions- und Kommunikationsartefakte aufheben*
- ➔ *S4: Protokollanten beauftragen und Sitzungsprotokolle anlegen*

6.4.5.6 Kommunikation

Die Kommunikation zwischen den Beteiligten spielte in allen untersuchten Projekten eine wichtige und gerade im Falle nicht funktionierender Kommunikation eine entscheidende Rolle für den Erfolg und Fortschritt der Arbeiten. Grundsätzlich war eine Kommunikation in den untersuchten Projekten hochgradig von den beteiligten Mitarbeitern und deren Wissen, Fähigkeiten und Motivation (vgl. Abs. 6.4.3.2), ebenso wie von deren Organisation (vgl. Abs. 6.4.3.3) abhängig und stellte eine wesentliche Lernaufgabe (vgl. Abs. 6.4.5.2) dar. Eine bezüglich der Kommunikationsbetrachtung wesentliche Unterscheidung stellt jene zwischen unmittelbaren Präsenz- und mittelbaren Fernkommunikationsformen (vgl. auch Abschnitt 3.1.1) dar, die im folgenden Absatz 6.4.5.6.1 aufgegriffen wird. Darüber hinaus werden in den Absätzen 6.4.5.6.2 und 6.4.5.6.3 im Kontext dieser Untersuchung spezifische Merkmale

---

[432] „[…]wir haben zwar dieses erste Protokoll, aber diese Mails, diese Korrespondenz hab ich […] nicht mehr. […] weil [einer der Modelleure, Umschreibung S. M.] ein sehr großer Sammler ist, hatte er zum Glück noch diese [Bilder]. Wir konnten diese Arbeitsschritte anhand dessen noch rekonstruieren.“, P2-2: 364.

[433] Hierzu aus einer Projektsitzung des Projektes P1: Person 1: „Hast du da nicht auch schon ein[en] Sprung […] eingebaut?“, Person 2: „Da ist […] [er]. Die Treppe sieht man sogar. Da müsstest du dir mal ein[…] alte[s] Rendering angucken. Hier ist […] nur die Anpassung, dass die Sockel [nach] vorne gesetzt wurden.“, P1-5: 137-138.

[434] „[…] wenn du vielleicht mit [der externen Evaluatorin, Umschreibung S. M.] sprechen wirst, die wird dir da beipflichten, weil die hatte ja auch dieses Problem. Die ist ja gar nicht [in den] Prozess integriert gewesen und musste als außenstehende Person das dann rekonstruieren. […] Aber die kam nicht an Informationen. Also das ist ja superschwierig.“, P2-2: 364.

beider Kommunikationsformen sowie in Absatz 6.4.5.6.4 relevante Kommunikationsstrategien vorgestellt.

6.4.5.6.1 Kommunikationsformate

Mit Blick auf Kommunikationsformate wird vor dem Hintergrund der räumlichen Entfernung der Beteiligten zwischen Präsenz- und Fernkommunikationsformen unterschieden. Von den befragten Projektteilnehmern wurde eine Präsenzkommunikation gegenüber Fernkommunikation unisono als für einen Austausch vorteilhaft gesehen, jedoch ist Letztere gerade bei räumlicher Distanz zwischen Beteiligten unabdingbar. In keinem der Projekte waren alle Projektbeteiligten an einem gemeinsamen Arbeitsort tätig, einzelne Arbeitsgruppen in den allermeisten Fällen durch größere Distanzen getrennt. Tendenziell nahm dabei die Häufigkeit von Präsenzterminen mit zunehmender Entfernung ab – die Dauer eines Einzeltermins demgegenüber zu. Zur Klärung von operativen und dringenden Fragen sowie zur Übermittlung von Daten und zur Speicherung von Informationen wie beispielsweise Agenden kam in allen Projekten eine Kombination von Strategien und Formaten zur Fernkommunikation zum Einsatz.

- ➔ *B4: Je geringer die Entfernungen zwischen den Beteiligten, desto kürzer und häufiger sind persönliche Treffen.*
- ➔ *B4: In allen Projekten wurden Fernkommunikationsmedien zur Klärung insbesondere von operativen Fragen und Problemen sowie zur Dateiübermittlung und Speicherung genutzt.*

Ein Portfolio derartiger Kommunikationsformate entwickelte sich zumeist erst im Laufe der Projektbearbeitung, wobei insbesondere bei den in Förderrichtlinien beantragten Projekten einzelne Kommunikationsereignisse wie Projekttreffen der Beteiligten bereits im Antrag festgehalten wurden. Die Kommunikationsformate wurden ansonsten eher bedarfsorientiert eingesetzt, wobei das wichtigste Kriterium darstellte, dass es „funktioniert".[435] Nur in Ausnahmefällen wie der in Fußnote 263 beschriebenen Reorganisation des Projektes P2 wurden Kommunikationsformate wie beispielsweise die in Absatz 6.4.5.3.2 bereits erwähnten regelmäßigen Informationsmails an alle *Stakeholder* auch zielgerichtet als Reaktion auf bestehende Probleme sondiert und entwickelt.[436]

---

[435] P1-2-1: 233. Aus ähnlichem Grund wurde beispielsweise eine Videoaufzeichnung angedacht, aber ohne Angabe näherer Gründe nie realisiert. Hierzu die Modellierungskoordinatorinnen des Projektes P1: A: „Es war immer mal anberaumt, dass man […] Video[aufzeichnungen] […] macht, damit man […] auch während der Gespräche [gemeint sind ‚Projekttreffen', Anm. S. M.] schon das [gemeint sind ‚geplante Änderungen', Anm. S. M.] einzeichnen kann […] aber es hat sich irgendwie nicht so richtig durchgesetzt.", F: „Also habt ihr´s mal probiert, oder?", A: „Also nein.", P1-2-1: 156-158.

[436] „Also es war […] vorgegeben [vom Projektleiter, Anm. S. M.], dass wir die Änderungen auch immer präsentieren. Und dann haben wir […] jede Woche […] [ei]ne Mail mit den neuesten Änderungen [an alle Beteiligten geschickt, Anm. S. M.]. […] Und das hat dann eigentlich ganz gut funktioniert.", P2-2: 194.

Mangelnde Kommunikation

Ein Probleme, das in den beobachteten Projekten häufig auftrat, war der Mangel an Kommunikation zwischen den Beteiligten. Dies betraf einerseits den beispielsweise im Projekt P1 beschriebenen, unterbliebenen interdisziplinären Austausch zur modelliertechnischen Machbarkeit und die nach Ansicht des geschichtswissenschaftlichen Bearbeiters fehlende Kommunikation einer Bearbeitungsdauer von Änderungen sowie aus anderer Perspektive mitunter fehlenden Begründungen von geschichtswissenschaftlichen Entscheidungen. Begründet wurde ein derartiges Kommunikationsverhalten mit dem vermeintlich geringen Interesse des Gegenübers.[437] Zumindest im Projekt P1 blieben derartige Kommunikationsschwierigkeiten vermutlich ohne großen Einfluss auf das Projekt und wurden bis zum Projektende nicht gezielt beseitigt. Einen ungleich größeren Effekt hatte die hinsichtlich ihrer Auswirkungen in Fußnote 263 beschriebene mangelnde Abstimmung zwischen einem der im Projekt P2 tätigen geschichtswissenschaftlichen Bearbeiter und den Projektverantwortlichen. Bemerkenswert und problematisch war dabei, dass sich dieses Problem über einen längeren Zeitraum entwickelte, in dem einerseits wenig Rechenschaft zum Modellfortschritt gefordert und abgelegt wurde, andererseits gegensätzliche „Befindlichkeiten“ hin zu „verhärteten“ Fronten zwischen einzelnen Beteiligten führten.[438] Der Deeskalation ging in diesem Fall ein davon unabhängiger, personeller Wechsel voraus. Die Lösungsstrategie beinhaltete die Einsetzung einer außerhalb des Konflikts stehenden Person als Kommunikator (vgl. Abs. 6.4.5.1), die als „Vermittlerin“ die Kommunikation zwischen allen Beteiligten wieder in Gang setzte sowie die Bewertung der aufgeworfenen Probleme durch externe Experten koordinierte.[439] Mit Blick auf eventuelle Handlungsempfehlungen ist festzustellen, dass eine regelmäßige Information aller Beteiligten im Projekt P2 vor dem Hintergrund der Kommunikationsprobleme von den Beteiligten als wichtig erachtet wurde und ein zu geringes Maß an Kommunikation deutlich problematischer scheint als ein Übermaß.

➔ *S1: Besser zu viel als zu wenig kommunizieren.*

---

[437] Bspw.: „Also, die [Studenten, Anm. S. M.] sehen eher sich so als Befehlsempfänger, die also von mir die Kommandos bekommen, und dann wird das gemacht [gemeint ist ‚umgesetzt‘, Anm. S. M.]. […] ich versuch[e] das ja immer zu vermitteln, ich wurde auch schon harsch zurückgewiesen, dass das nicht interessieren würde, dass ich da zu ausführlich sei, […]. Also das Verständnis [des Architektursystems ins Modell, Anm. S. M.] zu wecken, […] dass sie sich in die Sachen einfühlen, dass sie versuchen, die Intentionen des Architekten nachzuvollziehen[.] [D]a sehe ich große Defizite. Man hat immer das Gefühl, man redet manchmal […] gegen die Wand.“, P1-1: 58.

[438] Zitate nach: P2-1: 92 und P2-2: 43.

[439] „[…] nachher [gemeint ist ‚Zu einem späteren Zeitpunkt im Projekt‘, Anm. S. M.] mit [der geschichtswissenschaftlichen Koordinatorin, Umschreibung S. M.], das war [ei]ne andere Art der Arbeit. […] da ging es ja hauptsächlich um Änderungen. Und sie war im Grunde mehr Vermittlerin gewesen.“, P2-1: 102.

Die Bedeutung von räumlicher Nähe

In starkem Maße wurde insbesondere im Projekt P2 darauf verwiesen, dass räumliche Nähe die Intensität und Effizienz einer Zusammenarbeit befördert.[440] Dabei wurde neben den vergleichsweise kurzen Wegen zwischen allen Institutionen insbesondere hervorgehoben, dass den geschichtswissenschaftlichen Bearbeitern Arbeitsplätze in unmittelbarer Nähe zu den Modelleuren zur Verfügung standen, so dass diese schnell erreich- und ansprechbar waren und sich Probleme unmittelbar ansehen konnten.[441] Nicht zuletzt wurde dies in der Arbeit als wichtiger Faktor für eine Sicherung der Modellqualität angesehen. [442] Auch wenn eine ähnlich intensive Präsenzkommunikation in den anderen Projekten aufgrund größerer räumlicher Distanzen nicht möglich war, fanden in allen Projekten insbesondere zur Qualitätskontrolle der geschichtswissenschaftlichen Umsetzung sowie zur strategischen Abstimmung regelmäßige Präsenztreffen statt. Dies deckt sich mit der im Projekt P2 geäußerten Vermutung, dass Fernkommunikation für die Kontrolle und Qualitätssicherung von Modellinhalten wenig geeignet ist.[443] Demgegenüber wurde im gleichen Projekt die Online-Kommunikation zwischen Designern und Informatikern via *Skype* als sehr intensiv und erfolgreich angesehen.[444] Zu vermuten ist, dass räumliche Nähe zwar in allen Fällen förderlich ist, eine Ersetzbarkeit durch Fernkommunikation jedoch abhängig von Inhalten sowie Vorkenntnissen, Kompetenzen und Fokussetzung der Beteiligten ist.

➔ *B4: Räumliche Nähe ist förderlich, aber je nach Inhalt und Beteiligten unterschiedlich gut durch Fernkommunikation ersetzbar.*

---

[440] „[Die Modelländerungen waren, Anm. S. M.] ein sehr visueller Prozess, […] Das per Mail zu klären ist schwierig. Deswegen […] bin ich [die geschichtswissenschaftliche Koordinatorin des Projektes P2, Anm. S. M.] auch gleich zum [Modelleur, Umschreibung S. M.] hingefahren und hab gesagt, so und so soll´s aussehen. Wenn ich ihm das per Mail geschrieben hätte, wär das tausend Mal komplizierter gewesen als wenn ich mich mit ihm treffe.“, P2-2: 136.

[441] Ausgeführt in P2-1: 136.

[442] „Ich [die geschichtswissenschaftliche Koordinatorin des Projektes P2, Anm. S. M.] hab dann […] früh gemerkt - ich fahr lieber hin, anstatt […] [ei]ne Mail zu schreiben. […] Man muss das wirklich am Objekt sehen.“, P2-2: 146.

[443] Neben einer Präsenzkommunikation sind nach Ansicht der leitenden Modelleurin des Projektes P3 auch elektronische Kommunikationsmedien nutzbar, wobei direkte Gespräche als „bewährt“ und „sinnvoll“ vorzuziehen sind. Vgl. P3-1, S. 18.

[444] „Die [gemeint sind die Modelleure sowie die Informatiker des Darstellungs-Frameworks, Anm. S. M.] waren permanent über *Skype* verbunden. Die haben also am Tag mehrfach miteinander geschrieben und das war, gerade mit den [Informatikern] ein permanenter Austausch.“, P2-2: 62.

	Format	Häufigkeit	Primäre Inhalte	Projekte
Präsenzkom-munikation	Bilaterale Treffen	Unterschiedlich	Unterschiedlich	Alle
	Arbeitstreffen aller Projektmitarbeiter	Wöchentlich …monatlich	Qualitätskontrolle, Vorgehensabsprache	Alle
	Gesamttreffen	1–4 Treffen über die Projektlaufzeit	Qualitätskontrolle, Strategieabsprache	P2, P3
Fernkom-munikation	Telefon	Unterschiedlich	Unterschiedlich	P1, P2, P4
	Datenbanken	Fortlaufend	Dokumentenspeicherung, Austausch von 3D-Modellen	P1
	Skype	Täglich	Technische Absprachen	P2
	E-Mail	Unterschiedlich	Dokumentenübermittlung, Unterschiedliche Absprachen	Alle

Tabelle 42 – Kommunikationsformate der untersuchten Projekte

Im Folgenden werden die in den Projekten genutzten spezifischen Kommunikationsformate zur Präsenz- und Fernkommunikation vorgestellt. Ein Übersichtsschema dazu bietet Tabelle 42.

6.4.5.6.2 Präsenzkommunikation

Bilaterale Treffen

In den Projekten P1 und P2 fanden bilaterale Treffen zwischen den Akteuren in verschiedenen Konstellationen statt. Da zum Projekt P3 nur rudimentäre Informationen zu Kommunikationsstrategien überliefert sind, lassen sich keine Rückschlüsse auf derartige Treffen ziehen. Für das Projekt P4 ist aufgrund nur zwei beteiligter Personen eine Unterscheidung zwischen verschiedenen Akteurskonstellationen hinfällig.

(1) Bilaterale Treffen zwischen geschichtswissenschaftlichen Bearbeitern und Modelleuren auf Mitarbeiter-Ebene fanden bei den Projekten P2 und P1 statt. Derartige Treffen dienten bei P1 einer Absprache zu administrativen und organisatorischen Themen und waren nicht zuletzt aufgrund der räumlichen Distanzen bei P1 vergleichsweise selten und zumeist mit langfristiger Terminabsprache verbunden.[445] Demgegenüber fanden solche Treffen bei P2 während der gesamten Laufzeit sehr häufig und spontan statt.[446] Beschriebene Themen

[445] „[…] was ich [der geschichtswissenschaftliche Berater des Projektes P1, Anm. S. M.] mit den [Modellierungskoordinatorinnen des Projektes, Umschreibung S. M.] gemacht hab[e], war Webseitenpflege, dass wir den Webauftritt quasi neu strukturiert haben. Also das war die einzige tiefere Zusammenarbeit mit denen, wo ich mich mal [mit ihnen] getroffen habe.“, P1-1: 70.

[446] Nicht zuletzt standen den geschichtswissenschaftlichen Bearbeitern des Projektes P2 Arbeitsräume in unmittelbarer Nähe der Modelleure zur Verfügung: „[Der Modellierungsleiter, Umschreibung S. M.], der gesagt hat: Ich binde die [geschichtswissenschaftliche Koordinatorin, Anm. S. M.] jetzt an unser Institut. Du kannst hier das alles nutzen in den Büroräumen, das ist überhaupt kein Thema.“, P2-2: 244. Hierzu der Modellierungsleiter des Projektes P2: „[…] [Der vorherige geschichtswissenschaftliche Bearbeiter, Umschreibung S. M.] hat am

stellten in diesem Projekt die Interpretation von Quellen sowie die Rückmeldung zu 3D-Modellen und Detailgrad dar.[447]

(2) Eine Kommunikation zwischen Archäologen und Museumsmitarbeitern auf Mitarbeiter-Ebene betraf in erster Linie die Änderungsphase des Projektes P2. Thema war hier primär die Interpretation von Quellenbefunden. Diese Treffen wurden ebenfalls zumeist ad hoc anberaumt, Angaben zur Häufigkeit liegen nicht vor.[448]

(3) Treffen zwischen Modelleuren erfolgten in den Projekten P1 und P2. Im Projekt P1 fanden diese in unregelmäßigem Rhythmus statt und dienten primär der Abstimmung von Modellkomponenten wie beispielsweise von Höhenlinien, dem Modellaustausch zwischen Teilgruppen sowie Kompetenzerwerb und -vermittlung.[449]

(4) Sowohl beim Projekt P2 als auch bei P1 wurde die Arbeit der Modellierteams von einem beziehungsweise zwei Koordinatoren betreut. Treffen zwischen diesen und den jeweiligen Modelleuren wurden beispielsweise bei P1 nach Bedarf vereinbart. Inhaltlich erfolgten dort Rückmeldungen zum Detailgrad des erstellten Modells, die Koordination nächster Schritte sowie eine Abstimmung der Änderungen.[450]

(5) Eine intensive Kommunikation fand auch zwischen geschichtswissenschaftlichen Bearbeitern und geschichtswissenschaftlichen Projektleitern der Projekte P1 und P2 statt, wobei dies bei P2 – wie bereits in Absatz 6.4.5.6.1 mit Blick auf eine mangelnde Kommunikation angeführt – vermutlich erst auf die Änderungsphase zutrifft.[451] Während ein Gros dieser Absprachen per E-Mail getroffen wurde, kam es vergleichsweise selten zu

---

Anfang hier [gemeint ist ‚bei den Modelleuren', Anm. S. M.] gearbeitet. Aber der hat sich dann zur Uni zurückgezogen, weil es mit einem meiner Kollegen hier nicht so gut geklappt hat. […] wir haben uns dann aber regelmäßig getroffen.", P2-1: 52.

[447] Mindestens gegen Projektende wurden Treffen zwischen studentischen Mitarbeitern und der geschichtswissenschaftlichen Koordinatorin individuell vereinbart: "[…] jeder [der Modelleure, Anm. S. M.] hatte dann ein[en] Teilbereich und hat eben nur diesen Teilbereich bearbeitet […]. Und hat dann […] jeweils mit dem Archäologen [gemeint sind die geschichtswissenschaftlich Verantwortlichen, Anm. S. M.] […] Termine [aus]gemacht, wo die sich getroffen […] und […] offene Fragen besprochen haben", P2-1: 120.

[448] „[…] ich hab mich […] manchmal im kleineren Kreis mit [dem Projektleiter, Umschreibung S. M.] hier getroffen und dann hat er auch gesagt: Komm[en] sie vorbei. Oder [der verantwortliche Ansprechpartner des Museums, Umschreibung S. M.] [hat] gesagt: Komm[en] sie vorbei.", P2-2: 140.

[449] Siehe auch Abs. 6.4.5.2.

[450] „[...] und dann geben wir [die Modellierungskoordinatorinnen des Projektes P1, Anm. S. M.] […] diese [Modellierungs-, Anm. S. M.] Aufgaben an die einzelnen Modellierer. [...] und versuchen […] [eine]n Überblick zu behalten, [wer] jetzt grad[e] [was] modelliert.", P1-2-1:71.

[451] „Und vorher […] hat [der ehemalige geschichtswissenschaftliche Bearbeiter, Anm. S. M.] zu wenig kommuniziert. […] er hat […] zu wenig Rücksprache [mit den anderen geschichtswissenschaftlichen Experten, Anm. S. M.] gehalten. Und das […] haben wir dadurch [gemeint ist die beschriebene Kommunikationspolitik, Anm. S. M.] unterbunden. Also da wurde […] dann jeder Schritt mitgeteilt.", P2-2: 89.

persönlichen Treffen der geschichtswissenschaftlichen Bearbeiter. In dieser Konstellation behandelte Themen stellten bei P2 häufig Änderungsvorschläge der Bearbeiterin dar, zu denen das Einverständnis des Projektleiters erforderlich war.

(6) Nur im Projekt P2 war neben den Modelleuren noch eine informationstechnische Forschungseinrichtung mit der Umsetzung der technischen Präsentationslösung betraut (vgl. Schema in Abschn. 6.3.1). Mit Ausnahme eines Anfangstreffens fand eine bilaterale Kommunikation zwischen diesen Partnern vermutlich primär online statt.

Arbeitstreffen aller Projektmitarbeiter

In allen beobachteten Projekten stellten Arbeitstreffen der Projektmitarbeiter ein wichtiges Kommunikationselement dar. Diese waren als Kommunikationsformat bereits von Projektbeginn an eingeplant, veränderten sich jedoch über die Projektlaufzeit hinsichtlich Häufigkeit, Dauer, Themensetzung und Beteiligung mitunter deutlich. Eine Teilnehmerschaft umfasste sowohl bei P1 alle geschichtswissenschaftlichen Bearbeiter und Modellierer, wobei zumindest bei P1 häufig nur ein Teil der Mitarbeiter anwesend war (Abbildung 42).[452] Hingegen nahmen im Projekt P2 nur die geschichtswissenschaftliche Koordinatorin sowie die Modelleure an diesen Treffen teil, während eine Absprache mit den konsultierten externen Experten bereits im Vorfeld stattfand.

Raumsituation

Quellenausdruck mit handschriftlicher Kommentierungen

Kooperative Arbeit an der Projektion

Abbildung 42 – Arbeitstreffen des Projektes P1[453]

[452] Dies traf auf die vom Autor beobachteten Sitzungen zu.

[453] Bildherkunft (von links nach rechts): P1-5, 31.5.2011, 17:25 Uhr; P1-6, 3.5.2011, 17:56 Uhr; P1-5, 3.5.2011, 17:04 Uhr.

Häufigkeit

Die Häufigkeit derartiger Arbeitstreffen unterschied sich von Projekt zu Projekt deutlich. So erfolgten Zusammenkünfte bei P2 in der Änderungsphase mindestens einmal pro Woche, bei P1 einmal monatlich, bei P3 und P4 in nochmals größeren Abständen.[454] In allen Fällen waren die Termine der Treffen im Vorfeld geplant. Die Dauer dieser Treffen variierte ebenfalls stark, zumeist dauerten diese mehrere Stunden.[455]

Inhalte

Inhalte der Treffen stellten – wie bereits in Absatz 6.4.5.4.3 ausgeführt – primär die Kontrolle der erstellten 3D-Modelle sowie die Absprache von Korrekturen dar. Dabei wurden beispielsweise im Projekt P1 nacheinander alle Modelle anhand von Renderings durch die geschichtswissenschaftlichen Bearbeiter geprüft, mit den jeweiligen Modelleuren diskutiert sowie Änderungen festgelegt.[456] Im Projekt P2 wurden in der Änderungsphase vom Expertengremium beanstandete Punkte in der Sitzung aufgeführt, im Detail aber später bilateral zwischen Modellierer und geschichtswissenschaftlicher Koordinatorin besprochen,[457] im Projekt P3 diese direkt im 3D-Modell „skizziert".[458] Die Ergebnisse der Absprachen wurden bei den Projekten P1, P2 und P4 zudem in Änderungsprotokollen verzeichnet, wobei zu einer Protokollierung in P3 keine Angaben existieren.

Dauer der Arbeitstreffen

Im Projekt P1 ergab sich das Problem, dass die Treffen durch die intensive Korrektur jedes Zeitschnitts sehr lang dauerten und Aufmerksamkeit und Interesse der Teilnehmer über diesen Zeitraum nachließen, wenn dieses Problem als nicht gravierend gesehen wurde.[459]

---

[454] „In insgesamt vier Besuchen vor Ort und einem Besuch [in der mit der Modellierung betrauten Institution] wurden konkrete Probleme mit den Experten besprochen und in gemeinsamen Workshops Lösungen gefunden." P3-1, S. 93.

[455] Bei P1 zumeist ca. 3–5 h, P4 etwa 2–4 h.

[456] Bei P1 präsentierte jeder Modelleur Renderings seines Modells. Hinsichtlich eines Arbeitsablaufs wurden diese dann vor allem durch die geschichtswissenschaftlichen Verantwortlichen kontrolliert und bewertet. Dabei ergab sich nach Ansicht des geschichtswissenschaftlichen Bearbeiters ein zeitliches Dilemma zwischen Dauer der Arbeitstreffen und Kontrollintensität: „weil in der Arbeitssitzung […] die Zeit knapp [ist] [.] [U]nd da soll jeder quasi mit seinem Ergebnis drankommen, will jeder seine Kritik erfahren", P1-1: 64.

[457] „[…] wir hatten regelmäßig[e] Treffen, wo wir […] die einzelnen Fragen aufgeworfen haben […], die dann aber in Einzelgesprächen [zwischen Modelleur und geschichtswissenschaftlichem Bearbeiter, Anm. S. M.] abgearbeitet wurden.", P2-1: 122.

[458] „Um die Konsequenzen der jeweils vorgenommen Korrekturen direkt in der Dreidimensionalität überprüfen zu können, erfolgte die gemeinsame Arbeit direkt am Computer.", P3-1, S. 117.

[459] Der historische Berater des Projektes P1 bemerkte: „Nach vier Stunden sind wir dann erschöpft.", P1-1: 64, sowie: „Was ein Nachteil in dieser Sitzung, an diesem nacheinander Abhaken, ist, dass die anderen eben sehr schnell die Aufmerksamkeit verlieren.", P1-1: 80.

Mit der ausführlichen Modellbesprechung verbunden war die Intention, dass allen Mitarbeiter die einzelnen Modellerstellungsprozesse transparent gemacht werden und auch eine Kommunikation und Abstimmung zwischen den Modelleuren ermöglicht wird.[460] Das grundlegende Dilemma bestand im Abwägen zwischen Informationen sowie Entscheidungen, die für alle Bearbeiter wichtig sind beziehungsweise in die alle Bearbeiter eingebunden sein müssen, und einer ökonomischen Dauer der Besprechungen. Nicht zuletzt stellt sich die Frage, inwieweit alle Projektbeteiligten vollständigen Einblick in das Gesamtprojekt benötigen. Einen alternativen Ansatz verfolgte die Änderungsphase des Projekts P2, in dem bei Treffen nur Entscheidungen skizziert, Details aber in individueller Absprache zwischen den Bearbeitern geklärt wurden,[461] während die Information über das Gesamtprojekt mittels regelmäßiger Info-Mails an *Stakeholder* stattfand.

➔ *S2: Abwägen zwischen Informationsbedarf und Dauer von Treffen*

Gesamttreffen

Neben den Projekttreffen fand im Rahmen der Projekte P1, P2 und P3 eine Reihe weiterer, zumeist größerer Treffen statt. Dazu gehörten bei P2 und P3 mehrere Gesamttreffen aller am Projekt beteiligten Institutionen.[462] Sie dienten zumeist strategischen Absprachen zum Projekt sowie der Qualitätskontrolle und dauerten nicht zuletzt aufgrund der Anfahrtswege der Teilnehmer zumeist über einen ganzen oder mehrere Tage. Auch wenn dies in den untersuchten Projekten ein derartiger Bezug nicht explizit ausgeführt wurde, weist dies Parallelen zur einer im Bereich der drittmittelfinanzierten Projektarbeit inzwischen gebräuchliche Abfolge derartiger Treffen auf. Diese umfasst beispielsweise Kick-off- und Abschlusstreffen, die neben der inhaltlichen Arbeit auch dem persönlichen Kennenlernen der Projektbeteiligten sowie der Projektauswertung und Ergebnispräsentation vor den Fördergebern dienen. Als Randnotiz sei erwähnt, dass im Rahmen des Projektes P2 ein Symposium mit anderen Projekten und Wissenschaftlern organisiert und abgehalten wurde,

[460] Hierzu eine der Modellierungskoordinatorinnen des Projektes P1: „[Die Projektreffen sind] schon wichtig. Weil […] [im Modell] am Ende auch alles zusammenstehen [gemeint ist ‚zusammenpassen', Anm. S. M.] muss.", P1-2-1: 141.

[461] Hierzu die geschichtswissenschaftliche Koordinatorin des Projektes P2: „[…] wir [die geschichtswissenschaftlichen Bearbeiter, Anm. S. M.] hatten regelmäßig Treffen, wo wir dann […] die einzelnen Fragen [gemeint sind ‚Modellunklarheiten', Anm. S. M.] aufgeworfen haben und die[se] dann […] in Einzelgesprächen abgearbeitet wurden. Immer mit dem beteiligten Mitarbeiter [gemeint ist ‚Modelleur', Anm. S. M.]", P2-2: 122.

[462] „Wir […] war[e]n mehrfach in Berlin. [Der Leiter der Informatik im Projekt P2, Umschreibung S. M.] war auch mehrfach hier. Wir hatten dann immer Meetings, wo [sich] sowohl die Archäologen, die Informatiker und die Designer […] zusammengesetzt haben.", P2-1: 48.

das über den Projektrahmen des Projektes P2 hinausgehend Perspektiven und Werkzeuge von 3D-Modellen in historischen Kontexten thematisierte.[463]

6.4.5.6.3 Fernkommunikation

Neben den oben ausgeführten Formaten einer unmittelbaren Präsenzkommunikation kam in allen untersuchten Projekten eine Reihe von Formen mittelbarer Fernkommunikation zum Einsatz.

Telefon

Telefonie wurde als Kommunikationsmedium nicht explizit erwähnt. Allerdings lässt sich nicht zuletzt anhand der Projektbeteiligung des Autors bei P4 vermuten, dass telefonische Absprachen neben einer Kommunikation per E-Mail zu den am häufigsten genutzten Fernkommunikationsmedien in der Projektkommunikation gehörten.

Skype

Skype ist eine aktuell von der Firma Microsoft angebotene Kommunikationssoftware, die computerbasierte Telefonie, Videotelefonie sowie *Instant Messaging*-Anwendungen vereint. Als Werkzeug zur Fernkommunikation kam *Skype* in den beobachteten Projekten – wie bereits in Absatz 6.4.5.6.1 ausgeführt – nur im Projekt P2 zur Kommunikation zwischen Modelleuren und Informatikern zum Einsatz. Diese waren nach Einschätzung des Interviewpartners „permanent […] verbunden", ein Austausch erfolgte stellenweise „[mehrfach] am Tag",[464] wobei Inhalte zumeist technische Fragen und Absprachen darstellten.

Datenbanken

Die Nutzung von Datenbanken als Austauschmedium wird in den Projekten P1 und P2 erwähnt. Diese dienten der Online-Archivierung von Projektdaten und -dokumenten sowie einerseits der Online-Bereitstellung von Bildern und Dokumenten für alle Projektbeteiligten, andererseits dem Austausch von 3D-Objekten zwischen den projektbeteiligten Modelleuren.

E-Mail

E-Mail stellte in allen Projekten ein sehr häufig genutztes Medium zur Fernkommunikation dar. Gleichwohl wurde dieses Medium beispielsweise im Projekt P1 nicht von allen Beteiligten genutzt. Zudem nahm die Nutzungsintensität mit der Komplexität der Modellierungsaufgaben zu – bei schwierigen Passagen fand bei P1 teilweise „fast jeden Tag“ eine Kommunikation zwischen geschichtswissenschaftlichem Bearbeiter und dem jeweiligen

[463] „Wir [die Projektbeteiligten des Projektes P2, Anm. S. M.] hatten dann […] ein Symposium […], wo wir dann auch andere Projekte [und] wo sich andere Wissenschaftler vorgestellt haben […].“, P2-1: 50.

[464] P2-1: 62.

Modellierer statt.[465] Das Medium wurde primär für Nachfragen beziehungsweise individuelle Absprachen zwischen geschichtswissenschaftlichem Bearbeiter und Modellierer bei Problemen und Unklarheiten sowie zur Bereitstellung von Ergebnissen genutzt. Im Fall von P2 diente es während der Änderungsphase außerdem der regelmäßigen Information aller Projektbeteiligten über die Projektfortschritte.[466]

➔ *B2: Die Intensität der Kommunikation steigt mit Problemgehalt.*

Während das Medium bei einer Fernkommunikation insbesondere für klar definierbare Nachfragen geeignet erscheint und eine asynchrone Kommunikation ermöglicht, sowie im Fall von P3 eine zwischengeschaltete Übersetzung der Inhalte in die jeweilig andere Sprache zuließ,[467] erwies sich eine Kommunikation von komplexen Änderungen als sehr kompliziert.[468] Gerade in der interdisziplinären Kommunikation zwischen Modelleuren und geschichtswissenschaftlichen Bearbeitern führte dies beispielsweise im Projekt P1 aufgrund der jeweiligen Fachterminologie zu wechselseitig teilweise unverständlichen Textnachrichten.[469] Als hilfreich erwiesen sich hier bei der Beschreibung komplexer Probleme die Wiederholung von Angaben in anderen Worten beziehungsweise eine Erklärung auf zwei Arten sowie – wie im folgenden Absatz noch ausgeführt – mittels unterschiedlicher Medien in einer Nachricht.[470] Zudem werden die Nachrichten in Kopie den Projektkoordinatoren zugesandt, damit diese eine Übersicht behalten und bei Verständigungsproblemen „einhaken" können.[471] Einen interessanten, hinsichtlich seiner

---

[465] „[Die Intensität] hängt je nachdem davon ab, wie knifflig die Projekte sind. Also, wenn es dem einen [gemeint ist ein Modelleur, Anm. S. M.] von vornherein klar ist, dann passiert [da]s [Kommunizieren via Email, Anm. S. M.] gar n[icht]. Ich hatte jetzt zum Beispiel das [Forum, Umschreibung S. M.], das macht sehr große Probleme, […] [da] wir [bei diesem] die Perspektive [gemeint ist ‚eine historische perspektivische Darstellung', Anm. S. M.] quasi umsetzen. Da war der Emailverkehr sehr intensiv, deswegen kam über ein[en] Monat lang fast jeden Tag […] [ei]ne Mail.", P1-1: 74.

[466] Siehe Fußnote 436.

[467] „Die sprachliche Barriere wurde durch die Übersetzungsarbeit von chinesischen Studenten und einer Mitarbeiterin des Archäologischen Institutes [...] übernommen.", P3-1, S. 117.

[468] P1-1: 80.

[469] „[…] was mir einfällt zur Email-Kommunikation ist […], da gibt [e]s […] [hin und] wieder die Kommunikationsprobleme. Da ist [gemeint ist ‚dies betrifft', Anm. S. M.] eine [architekturhistorische, Anm. S. M.] Fachterminologie, [welche] von denen [gemeint sind die Modelleure, Anm. S. M.] oftmals falsch verstanden wird.". P1-1: 80.

[470] Für Fälle, in denen ein Anliegen mit einer ersten E-Mail dem Gegenüber nicht verständlich wurde, beschreibt der historische Berater des Projektes P1 folgende Strategie: „Man muss dann wieder eine Mail schreiben: wie war das noch mal? Und dann muss ich wieder versuchen, es anders zu erklären.", P1-1: 80.

[471] „[…] die Modellierer unterhalten sich natürlich auch mit [dem geschichtswissenschaftlichen Bearbeiter, Umschreibung S. M.] direkt. Also schreiben [E-]Mailverkehr, versuchen aber uns [die Modellierungskoordinatorinnen, Anm. S. M.] mit ins CC zu setzen [gemeint ist ‚E-Mails in Kopie zugehen zu lassen']. […] [Falls] wir dann merken, okay [der geschichtswissenschaftliche Bearbeiter, Umschreibung S. M.] antwortet irgendwie total dran [gemeint ist ‚an der Frage', Anm. S. M.] vorbei [und] hat […] nicht […]

Eignung jedoch nicht weiter ausgeführten Ansatz sprach die leitende Modelleurin für das Projekt P3 an: Hier wurden durch die Modelleure Fragenkataloge für die geschichtswissenschaftlichen Bearbeiter zusammengetragen, was die Verständlichkeit und Zielgerichtetheit unterstützen dürfte, allerdings wohl auch auch längere Reaktionszeiten bedingt (vgl. Abs. 6.4.5.4.3).

Fernkommunikation komplexer Probleme schwierig

Mit Blick auf die ausgeführten Schwierigkeiten wurde von den Projektbeteiligten als wesentliches Hindernis angesehen, dass bei einer asynchronen Kommunikation via E-Mail die Möglichkeit zur „spontane[n] Nachfrage“ fehlt,[472] während bei einer synchronen Sprachkommunikation via Telefon die Möglichkeit fehlt, zeitgleich zur Kommunikation Inhalte im Bild oder Modell zu zeigen. Als Ideale werden direkte Kommunikation und die gemeinsame Arbeit direkt am Modell beschrieben. Trotzdem kamen in allen Projekten verschiedene Medien und Formate der Fernkommunikation zum Einsatz, wobei zumeist per E-Mail kommuniziert wurde.

- ➔ *S4: Bei Fernkommunikation komplexe Probleme auf mehreren Wegen beschreiben*
- ➔ *S1: Strukturierte „Problemlisten“ aufstellen und im Vorfeld einer Besprechung übermitteln.*

Bereits angesprochen wurden in diesem Absatz Kommunikationsprobleme und diesbezügliche Strategien. Neben dieser zumeist im Kontext eines bestimmten Kommunikationsformates stehenden Darstellung werden im folgenden Absatz eine Reihe projekt- und formatübergreifender Kommunikationsphänomene sowie -strategien vorgestellt.

6.4.5.6.4 Kommunikationsstrategien

Über die beschriebenen Kommunikationskanäle wurden in den Projekten Kommunikationsinhalte mittels verschiedener Formate transportiert. Teilweise waren derartige Formen, wie im Falle des Telefons als Medium zum sprachlichen Austausch, durch das jeweilige Hilfsmittel vorgegeben. Ein wesentliches Phänomen interdisziplinärer Zusammenarbeit stellte die Notwendigkeit einer gegenseitigen Vermittlung komplexer, fachlicher Sachverhalte dar. Vor diesem Hintergrund wurden in den Projekten eine Reihe von Problemstellungen und Lösungsansätzen entwickelt und mit unterschiedlichen Erfolgen

---

verstanden, was der Modellierer mit seiner Fachsprache […] genau meinte, […] [können wir] versuchen […], ein bisschen einzuhaken.“, P1-2-1: 78.

[472] P1-1:80.

eingesetzt. Eine besondere Bedeutung kam dabei dem Einsatz von Bildmedien als Hilfsmittel zur Kommunikation sowie zum Austausch zwischen den Projektmitarbeitern dar.[473]

Verständigungsprobleme durch Fachsprache

In allen beobachteten Projekten wurde von Kommunikations- und Verständigungsproblemen in der interdisziplinären Kommunikation berichtet, die durch Fachsprache sowie ein unterschiedliches Verständnis und Umgehen mit Begrifflichkeiten und Phänomenen bedingt waren. Von derartigen Kommunikationsproblemen wurden zumeist hinsichtlich der Kommunikation zwischen geschichtswissenschaftlichen Bearbeitern und Modelleuren, namentlich Kunsthistorikern, Architekten und Archäologen sowie Informatikern und Gestaltern, berichtet. Ein diesbezüglich wichtiges Element stellt dar, dass für einen interdisziplinären Austausch nicht auf eine einheitliche Symbolsprache wie beispielsweise in den Ingenieurswissenschaften zurückgegriffen werden konnte[474] und sich die epistemischen Herangehensweisen der Disziplinen deutlich unterschieden. Ein Nicht-Verstehen resultierte zum einen aus den vom Gegenüber verwendeten Fachbegriffen, andererseits aus disziplinär unterschiedlichen Wortbedeutungen. Zum Umgang mit derartigen Problemen entwickelten alle Beteiligten ein ähnliches Strategieportfolio. Dies stellten beispielsweise – wie im Folgenden noch ausgeführt – eine Erklärung mittels Bildmedien und der Kombination von Bild- und Textdarstellungen dar. Daneben dienten – wie beispielsweise im Projekt P2 – Personen mit Verständnis beider Disziplinen als Mittler bei Kommunikationsproblemen.[475] Die Verwendung einer vereinfachten beziehungsweise Alltagssprache[476] und die Nachfrage beziehungsweise Erklärung von Fachbegriffen wurde als hilfreich gesehen. Wie im Folgenden anhand eines Beispieldialogs aus einer der Projektsitzungen des Projektes P1 ausgeführt, wurden zudem von allen Beteiligten häufig sprachliche und bildliche Metaphern zur Erklärung unbekannter Termini benutzt.[477]

Person 1: „Ähm, was sind ´n das für? Wie muss ich´n mir das vorstellen?"
Person 2: „Wie so Kerzenkandelaber."
Person 1: „Sind das einfach wie so, einfach so´n paar gewölbte Schornsteine oder was man dort „Lachen"

[473] Hierzu eine der Modellierungskoordinatorinnen des Projektes P1: „[…] Es [ist] günstig […] interdisziplinäre Sachen [gemeint sind ‚Objekte interdisziplinärer Kommunikation‘, Anm. S. M.] über Bilder zu kommunizieren […]. Dass […] [ist] sehr viel einfacher.“, P1-2-1: 243.

[474] Hierzu gab es im Interview mit der geschichtswissenschaftlichen Koordinatorin des Projektes P2 folgenden Dialog: I.: „Es gibt ja [bei einer historischen 3D-Modellierung] keine einheitlichen Symbolika, keine einheitliche Beschreibungssprache.“ A.: „Das stimmt.“, P2-2: 249 f.

[475] So „verstanden" die Modelleure mit der Zeit kunsthistorische Begriffe, ebenso „übersetzte“ der leitende Modelleur des Projektes P2 als studierter Architekt die Pläne des ersten geschichtswissenschaftlichen Bearbeiters für die anderen Modelleure. Siehe auch Abs. 6.4.5.2.

[476] Hierzu die geschichtswissenschaftliche Koordinatorin des Projektes P2: „Also wir haben die [Verwendung der Fach-, Anm. S. M.] Begriffe […] nicht übertrieben […]. Wir haben auch gesagt: Die Mauer da hinten oder so. Klar, das ist irgendwann so. Aber es war für die [Modelleure, Anm. S. M.] verständlich.“, P2-2: 288.

[477] Als Beispiel aus einem Projekttreffen: P1-5: 776-681.

Person 2: „Wie´n Kerzenkandelaber. Wie so´ne dicke Kerze in der Kirche."
Person 1: „Okay. Ich we, ich kann mit dem Begriff Kandelar nichts anfangen. Aber ist okay. [...]
Person 2: „So´n großer Kerzenständer."

Projektübergreifend reduzierten sich die wahrgenommenen Probleme disziplinären Nichtverstehens im Laufe der Projektbearbeitung, was zum einen auf eine zunehmend effiziente und automatische Anwendung der beschriebenen Kommunikationsstrategien, zum anderen auf das bereits in Absatz 6.4.5.2 ausgeführte Erlernen eines Grundverständnisses zurückging, im Zuge dessen in den Projekten P1 und P2 ein zunehmend besseres Verständnis von Terminologie und Herangehensweise insbesondere für eine geschichtswissenschaftliche Bearbeitung entwickelt wurde.[478]

- ➔ *B4: Kommunikations- und Verständigungsprobleme durch Fachsprache und Begrifflichkeiten*
- ➔ *S2: Strategien zum interdisziplinären Verstehen entwickeln*
- ➔ *S4: Einfache Sprache sowie intuitive Formate wie beispielsweise Bilder nutzen*
- ➔ *S2: Verständnis beispielsweise durch Nachfragen/Wiederholen sicherstellen*

Informationsselektion

Eng mit den soeben ausgeführten Strategien verwandt ist die Frage nach der Auswahl zu übermittelnder Informationen, die vor dem Hintergrund eines Mangels an Kommunikation bereits in Absatz 6.4.5.6.1 thematisiert wurden. In den beiden beobachteten Projekten P1 und P2 wird davon berichtet, dass in der interdisziplinären Kommunikation übermittelte Informationen auf das Kommunikationsgegenüber abgestimmt wurden. Dies betraf zum einen die Auswahl der zu vermittelnden Informationen, wobei als Kriterien einer Nicht-Übermittlung vermeintlich mangelnde Relevanz,[479] vermeintlich mangelndes Interesse[480] sowie mangelnde themenbezogene Kompetenz des Gegenübers[481] benannt wurden. Zum anderen betraf eine Informationsselektion auch die bereits ausgeführte Reduzierung der Komplexität von Inhalten, beispielsweise hinsichtlich der enthaltenen Fachsprache. Wenngleich dazu eher spärliche Angaben existieren, waren die Einschätzung der jeweiligen

[478] Hierzu führte eine der Modellierungskoordinatorinnen des Projektes P1 aus: „Wenn [der geschichtswissenschaftliche Bearbeiter, Umschreibung S. M.] […] auf [et]was zeigt und immer Balustrade sagt, dann kriegt man das ja mit. Oder man fragt halt nach, wenn [etwa]s merkwürdig klingt [gemeint ist ‚nicht verständlich ist', Anm. S. M.].", P1-2-1: 145.

[479] So wusste der geschichtswissenschaftliche Bearbeiter bei P1 nicht, welche studentischen Modelleure an den Projekttreffen teilnehmen: „Ich wusste ja gar n[icht], dass [ei]ne neue Gruppe auftaucht. […]da hätte man sich ja vorbereiten können." P1-1: 82.

[480] Siehe Fußnote 354.

[481] Beispielsweise waren nach Einschätzung der Modelleure des Projektes P2 die beteiligten Geschichtswissenschaftler mit Fragen zur Ästhetik überfordert: „Und […], aber dann waren die [geschichtswissenschaftlich Verantwortlichen, Anm. S. M.] auch teilweise überfordert, solche Fragen der Ästhetik, des Looks, […] [und] der Detailierung zu diskutieren. Und […] [daher] haben wir [gemeint sind die Modelleure, Anm. S. M.] hauptsächlich hier entschieden und auch diskutiert.", P2-1: 157.

Fachleute zu eigenen Kompetenz- und Interessensgebieten und somit Informationsansprüchen ebenso wie die diesbezüglichen Vermutungen des Gegenübers relativ deckungsgleich,[482] wobei in einigen Fällen auf dadurch bedingte Informationsdefizite hingewiesen wurde.[483]

➔ *B2: Kommunikationsinhalte werden auf das Gegenüber und dessen angenommenes Interesse und dessen Kompetenz abgestimmt.*

Bilder und Sprache als kombiniertes Kommunikationsmedium

Wie bereits mit Blick auf Modellierungs- (vgl. Abschn. 6.4.4) und Kontrollvorgehen (vgl. Abs. 6.4.5.4) ausgeführt, besaßen visuelle Medien (vgl. Abschn. 3.2.3) in allen Projekten große Bedeutung für die Kommunikation zwischen den Beteiligten. Als eines der damit verbundenen Phänomene wurde in allen Projekten ein kombinierter Einsatz von textlicher oder mündlicher Sprache und Bildern zur Kommunikation sowie Dokumentation der Arbeitsgruppenergebnisse beschrieben.[484]

Dem ging das bereits thematisierte Problem voraus, dass bei der Kommunikation von geschichtswissenschaftlichen Bearbeitern und Modelleuren die jeweilige Fachterminologie vom Gegenüber nicht verstanden wurde und – entweder initiativ oder gefordert – eine zusätzliche Erklärung per Skizze beziehungsweise anhand eines Bildes erforderte. In allen Projekten wurde diese Strategie als hinsichtlich einer Verbesserung der gegenseitigen Verständlichkeit erfolgreich eingeschätzt. So ist es laut der Modellierungskoordinatorinnen des Projektes P1 „günstig […] interdisziplinäre Sachen über Bilder zu kommunizieren“,[485] ebenso halfen ergänzende Bilder insbesondere den Modelleuren, geschichtswissenschaftliche Änderungsanforderungen nachvollziehen zu können.[486] Hinsichtlich des Anwendungsgebietes wurde eine derartige duale Kodierung von

[482] So antworteten bspw. die Modellierungskoordinatorinnen des Projektes P1 auf die Frage, wie groß ihr „Interesse an historischen Sachverhalten“ sei: „[Dieses] ist schon größer als ihr[e]s [gemeint sind die geschichtswissenschaftlichen Bearbeiter, Anm. S. M.] an 3D-Programmen.“, P1-2-1: 250 f. Ähnlich antwortete der geschichtswissenschaftliche Bearbeiter des Projektes auf die Frage, ob er „irgendwo ein größeres Informatikwissen dort vermittelt [bekommt]“: „Nein, auch nicht, da die Zeit nicht dafür da ist. […] Gut ich […] müsst[e] mir natürlich auch mal die Zeit nehmen und irgendeinen [Modelleur, Anm. S. M.] mal privat [zu] besuchen und müsste mal einen halben Tag danebensitzen und mir das auch mal erklären lassen.“, P1-1: 59 f.

[483] Siehe bspw. Fußnote 437.

[484] für P3 ist dies nicht dokumentiert.

[485] P1-2-1: 243, Vgl. Fußnote 473.

[486] Hierzu eine der Modellierungskoordinatorinnen des Projektes P1: „[…] wenn wir […] sagen wollen: Hier, an der Stelle, da muss noch [ei]n Vorsprung hin. Da [...] zeichnen [wir] […] einfach […] [ein] gelbes Rechteck [auf die Modellabbildung, Anm. S. M.] drauf, [damit der Modelleur weiß:, Anm. S. M.] diese Stelle ist gemeint.“ P1-2-1: 152.

Informationen zumeist in der interdisziplinären Kommunikation, mitunter auch zwischen geschichtswissenschaftlichen Experten angewandt.[487]

➔ *S4: Bilder und Sprache als kombiniertes Kommunikationsmedium nutzen*

Änderungen zeichnen

Ein wichtiges Hilfsmittel insbesondere zur interdisziplinären Kommunikation stellte in allen Projekten das Zeichnen und Skizzieren dar. Derartige Zeichnungen wurden in unterschiedlichsten Qualitäten ausgeführt und reichten von Handzeichnungen über computergrafische Skizzen bis hin zu CAD-Plänen (Tabelle 43). Zumeist dienten diese der Kommunikation von Änderungen oder der Erklärung von Details wie beispielsweise einer Anordnung von Elementen. Nur in seltenen Fällen wurden komplette Darstellungen wie beispielsweise vollständige Grundrisse neu erstellt, sondern zumeist nur rudimentär die zu vermittelnden Sachverhalte zweidimensional oder perspektivisch skizziert. Ähnlich wurde nur in seltenen Fällen wie der Erstellung von CAD-Plänen konsequent eine einheitliche, disziplinäre Symbolsprache wie beispielsweise die der Konstruktionslehre benutzt, vielmehr kamen häufig einfache und allgemein verständliche Symbole wie Pfeile oder Striche zum Einsatz.

Zweidimensional … perspektivisch
Analog … digital
Allgemeine Symbolik … Fachsymbolik
Skizze … Zeichnung
Vollständig … rudimentär

Tabelle 43 – Qualitäten von Zeichnungen und Skizzen in den Projekten

Gerade für eine interdisziplinäre Kommunikation scheinen 2D-Skizzen zumeist besser als 3D-Skizzen verständlich zu sein, ideal ist die Nutzung einer basalen Symbolik als Verständigungsbasis sowie die Nutzung grafischer statt textueller Elemente.

➔ *S4: Skizzen und Zeichnungen als Hilfsmittel nutzen*

2D-CAD Pläne als interdisziplinäres Austauschformat

Als Sonderform grafischer Kommunikation haben sich im Projekt P2 2D-CAD-Pläne als Austauschformat zwischen Historikern und Modelleuren bewährt. Diese zeichnen sich gegenüber „unstrukturierten“ Zeichnungen insbesondere durch eine klare und einheitliche

[487] Hierzu bspw. die geschichtswissenschaftliche Koordinatorin des Projektes P2: „[Im Protokoll der Expertenberatung, Anm. S. M.] steht sozusagen schon die Lösung der [aufgeworfenen Modellprobleme, Anm. S. M.] […] im Text eingewoben.“, P2-2: 269-272. Demgegenüber wurde eine Beurteilung des Modells jedoch auch zwischen geschichtswissenschaftlichen Bearbeitern am Bild kommuniziert: „[…] die Pläne […] oder die Modelle, die wir dann erstellt haben, [wurden] dem [Projektleiter, Umschreibung S. M.] vorgeführt und dann gab‘s […] viel Emailverkehr. Wir haben Bilder […] [und] Screenshots gemacht […] und dann bekamen wir das kommentiert zurück.“, P2-2: 102.

Symbolik und Maßhaltigkeit aus.[488] Derartige Zeichnungen wurden durch die geschichtswissenschaftlichen Bearbeiter als Vorlage für 3D-Modellierung erstellt. Die erforderliche Fertigkeit zur Erstellung derartiger Pläne wurde von dem zu Projektbeginn im Projekt tätigen geschichtswissenschaftlichen Bearbeiter des Projektes P2 – der diese im Rahmen seines Architekturstudiums erlernt hatte – von Anfang an beherrscht,[489] während die nachfolgende geschichtswissenschaftliche Bearbeiterin – wie bereits in Absatz 6.4.5.2 ausgeführt – von den projektbeteiligten Modelleuren in dieser Fähigkeit geschult wurde.[490] Auf der anderen Seite bedarf es auch der Fertigkeit, diese Pläne zu lesen, über die im Projekt der Leiter der Modellierungsgruppe verfügte, der die Pläne für die Modelleure „übersetzte".[491] Während die Beteiligten die Erstellung derartiger Pläne als Vorlage einer 3D-Modellierung – wie bereits in Absatz 6.4.4.2 ausgeführt – weitgehend konsequent betrieben, wurde eine spätere Eintragung von im 3D-Modell getätigten Änderungen in 2D-Pläne als zu aufwendig erachtet und erfolgte in der Praxis nicht in jedem Fall.[492]

➔ *S1: Falls Kompetenz vorhanden oder einfach erwerbbar, formalisierte Systeme wie die der Konstruktionslehre zum Austausch nutzen*

Kommentare und „Arbeit" direkt im perspektivischen Bild

Eine in allen begleiteten Projekten beobachtete Arbeitstechnik stellte dar, dass Kommentare direkt in die perspektivischen Modellabbildungen geschrieben oder gezeichnet wurden. Einsatzszenarien stellten dar, dass Kommentare beispielsweise auf Bildausdrucken oder auch mittels Bildbearbeitungssoftwares im digitalen Bild eingefügt wurden. Wie bereits vor dem

---

[488] Als Beispiel führte die geschichtswissenschaftliche Koordinatorin des Projektes P2 aus: "[Mit einer zweiten geschichtswissenschaftlichen Bearbeiterin, Umschreibung S. M.] war die Zusammenarbeit schon sehr viel schwieriger, weil sie Archäologin war und eben kein[e] [CAD-, Anm. S. M.] Zeichnung vorlegen konnte. […] [Sie] hat sich dann ganz lang mit [einem der Modellierungsmitarbeiter, Umschreibung S. M.] zusammengesetzt und die haben das [gemeint ist ‚das zu modellierende Objekt', Anm. S. M.] dann […] im Detail durchgesprochen. Sie hat Skizzen gemacht und er hat das dann [im 3D-Modell umgesetzt, Anm. S. M.], aber […] das war sehr viel schwieriger [als ein Austausch mittels eines CAD-Plans, Anm. S. M.]." P2-1: 136.

[489] So verweist der Modellierungsleiter auf CAD-Pläne als Arbeitsgrundlage, „[…] die der [vorherige geschichtswissenschaftliche Bearbeiter, Umschreibung S. M.] mit seinem architektonischen [Fach-]Hintergrund erstellt hat.", P2-1: 127.

[490] Hinsichtlich eines Erfolgs der Vermittlung von CAD-Know-how schätzte die geschichtswissenschaftliche Koordinatorin des Projektes P2 ein: „[…] ich kann das jetzt nicht perfekt, aber ich weiß […] in etwa damit umzugehen.", P2-2: 153 f.

[491] So hat der Modellierungsleiter des Projektes P2 Architektur studiert: „[…] ich konnte seine [gemeint ist der vorherige geschichtswissenschaftliche Bearbeiter des Projektes, Anm. S. M.] Pläne […] immer gut lesen und interpretieren. Und […] konnte die[se] auch meinen Mitarbeitern dann gut vermitteln.", P2-1: 102.

[492] Die geschichtswissenschaftliche Koordinatorin des Projektes P2 antwortete auf die Frage, ob im 3D-Modell erfolgte Korrekturen „wiederum im 2D- [CAD] Plan" eingetragen wurden: „[Dies, Anm. S. M.] Haben wir […] teilweise [getan]. „[…] das [wäre] zeitaufwändiger gewesen. Wenn ich [im Nachhinein] noch diese [CAD-, Anm. S. M.] Zeichnung ändere.", P2-2: 255 f.

Hintergrund der Kontrollpraxis in Absatz 6.4.5.4.2 dargestellt, wurden beispielsweise während der Arbeitstreffen im Projekt P1 Modelldarstellungen auf ein Whiteboard projiziert und dort direkt um grafische Elemente ergänzt. Derartige grafische Elemente waren beispielsweise Textkommentare, symbolische (bspw. Pfeile) oder ikonische Kommentare (bspw. Skizzen) oder grafische Elementen wie beispielsweise Farbflächen zur Prüfung einer Kolorierung. Derartige Arbeitstechniken dienten beispielsweise dazu, für die Modellierung unklare Passagen zur Kontrolle durch die geschichtswissenschaftlichen Experten zu markieren[493] oder Änderungswünsche der geschichtswissenschaftlichen Bearbeiter zu illustrieren und zu dokumentieren.[494] Nicht zuletzt wurden mittels derartig angereicherter Bildern auch Ideen und Konzepte – beispielsweise zur Farbwirkung – zeichnerisch ausprobiert.[495]

➔ *S4: Kommentare direkt in Modellabbildungen zeichnen oder schreiben*

6.4.6 Konsequenzen

Mit Blick auf das in Absatz 6.2.4.3 entwickelte Arbeitsschema bezeichnen Konsequenzen die Resultate oder Ergebnisse eines 3D-Modellerstellungsprozesses. Derartige Ergebnisse beinhalteten in allen Projekten Modellabbildungen, Publikationen und 3D-Modelle. Aus einer abstrakteren Perspektive wurden darüber hinaus in allen Projekten im Zuge der Durchführung der Projekte sowohl bei den beteiligten Mitarbeitern als auch in den beteiligten Institutionen Kompetenzen und Strukturen aufgebaut, die in unterschiedlichem Maße die Grundlage für weitere Arbeitsaktivitäten im Forschungsfeld bildeten (vgl. Abschn. 7.2.1 und 7.2.4).[496]

---

[493] Auf die Frage des Interviewers hin, ob die von den Projektbearbeitern erstellten Ansichten an Projektleiter und Expertengremien geschickt wurden, antwortete die geschichtswissenschaftliche Koordinatorin des Projektes P2: "Ja, […] damit haben wir gearbeitet. […] Und dann hatten wir auch markiert manchmal, um welche Stellen es geht.", P2-2-231-242.

[494] Beispielsweise bemerkte die geschichtswissenschaftliche Koordinatorin des Projektes P2: „Wir haben einfach die Bilder geschickt[.] die[se] haben wir […] so aufgenommen, dass man […] einen möglichst guten Überblick [hatte] hatte und haben dann […] [durch die beurteilenden Archäologen, Anm. S. M.] meistens […] Rückmeldung in Form von Kommentaren bekommen.", Interviewer: „Also direkt auf [da]s Bild geschrieben […] ?", Interviewte: „Genau […]", P2-2: 107-109.

[495] Hierzu bemerkte der leitende Modelleur des Projektes P2: „[…] als wir mit [dem geschichtswissenschaftlichen Berater, Umschreibung S. M.] die Farbkonzeption besprochen haben, […] haben wir […] mit einem Grafikprogramm […] direkt in […] das Bild reingemalt. Und haben dann auch ausprobiert und ihm gezeigt, […] wie es wirken könnte […] [und direkt im Grafikprogramm, Anm. S. M.] die Farben geändert.", P2-1: 109.

[496] Beispielsweise war die am Projekt P1 beteiligte Professur für Informatik in der Folge an weiteren 3D-Rekonstruktionsprojekten beteiligt.

6.4.6.1 Ergebnisse

Primäres Ziel eines Modellierungsprozesses stellten in allen Projekten die Abbildungen des 3D-Modells dar, während das dafür erstellte 3D-Modell häufig eher ein Nebenprodukt bildete. Daneben wurden zumindest in den größeren Projekten wissenschaftliche Publikationen vor dem Hintergrund der jeweiligen Projekte erstellt.

Modell

Auf einen bemerkenswerten Aspekt wurde bereits vor dem Hintergrund der Modellierung in Absatz 6.4.5.3.1 hingewiesen. Obwohl die Ausgabe von Modelldarstellungen primäres Ziel und zumeist auch Gegenstand der Projektförderung war, lag ein Hauptaugenmerk der Bearbeiter häufig auf der Modellerstellung. So war in den Projekten P1 und P4 erklärtes Ziel, ein vollständiges Modell zu schaffen, während die geplanten Bild- beziehungsweise Animationsfilmausgaben zumeist erst gegen Projektende für einen Arbeitsprozess Bedeutung besaßen. Im Projekt P1 war zum geplanten Projektende „das Storyboard zu dem Film […] noch nicht geschrieben“,[497] ähnlich wurden die abzubildenden Modellteile im Projekt P4 erst kurz vor Projektende festgelegt. Demgegenüber stellte die Erstellung eines interaktiven Prototyps im Projekt P2 im gesamten Projektverlauf einen „wichtige[n] Punkt“ dar.[498] Beachtung verdient außerdem, dass für das eigentliche 3D-Modell neben der beschriebenen Funktion als Grundlage für die Erstellung von Abbildungen häufig keine Nachnutzung oder Veröffentlichung geplant war.[499]

Publikationen und Forschungsarbeiten

Wie beschrieben, handelte es sich bei den Projekten P1, P2 und P3 einerseits um wissenschaftliche Projekte, andererseits besaßen diese genügend Umfang, Forschungstiefe und Innovationspotenzial, um als Rahmen für Forschungsarbeiten und Veröffentlichungen zu dienen. Entsprechend entstanden aus allen drei Projekten Publikationen zu Projekteergebnissen sowie zu Projektworkflows, ebenso waren damit wissenschaftliche Graduierungsarbeiten verbunden.[500]

---

[497] P1-1: 146.

[498] „Wie präsentieren wir´s nachher? […] das ist ja auch ein wichtiger Punkt. […] Und das darf man auch nicht ausblenden.“, P2-2: 126.

[499] So wird beispielsweise von den Modellkoordinatorinnen im Projekt P1 angeführt, dass ein solches Modell auch später noch alle Optionen zur Nachnutzung bieten soll: „[…] im Endeffekt möchte [der Projektleiter, Anm. S. M.] einfach die Modelle haben. Und dann [später, Anm. S. M.] entscheiden, was damit zu tun ist […].“, P1-2: 86.

[500] Beispielsweise bei P2 eine „Diplomarbeit [unter Leitung des Modellierungsleiters, Anm. S. M.] zur Nutzungsintensität des Modells“, P2-3: 14.

Modelldarstellung

Eine Präsentation der Ergebnisse der Arbeit in den Projekten P1, P2 und P3 erfolgte als Visualisierung im Rahmen von Ausstellungen, während im Projekt P4 Publikationsillustrationen erstellt wurden. Diese Zielstellungen waren in den Projekten P1, P3 und P4 bereits zu Projektbeginn angedacht und stellten die Grundlage für die Projektförderung dar, wogegen eine derartige Anforderung in Projekt P2 erst im Laufe der Bearbeitung als Auflage einer Anschlussfinanzierung hinzukam.[501]

Interaktives Modell	P2
Animation	P1, P2, P3
Bild	Alle

Tabelle 44 – Qualitäten der Modelldarstellung in den Praxisprojekten

Mit Blick auf die intendierten Darstellungsqualitäten war die Erstellung einer bildlichen 3D-Visualisierung im Projekt P4 als Ergebnis definiert. Auch in den anderen Projekten wurden derartige Standbilder ausgegeben und für verschiedene Zwecke verwendet (Tabelle 44). Während in den Projekten P1 und P3 eine Darstellung als Animationsfilm geplant war, stellte die Entwicklung einer interaktiven Prototyps von Anfang an das Ziel des Projektes P2 dar, wobei die Museumsanwendung – wie soeben ausgeführt – erst im Zuge des Projektes in den Vordergrund rückte. Damit verbunden ist nicht zuletzt die Vermutung einer „Rangfolge“ der Darstellungsarten, in der beispielsweise bei interaktiven Modelldarstellungen die Vorstufen Bild und Animation als Nebenprodukt gelten dürften.

Anforderungen der Zielgruppe

Definition und Anforderungen der Zielgruppe wurden in keinem der Projekte im Voraus systematisch erhoben oder untersucht. Jedoch gab es in jedem der Projekte von Seiten der Bearbeiter Vorstellungen zu Anforderungen der Zielgruppe, welche die Projektarbeit latent beeinflussten. Beispielsweise wurde in allen Projekten eine Darstellung der zugrunde liegenden Quellen im Zielmedium integriert, wobei jedoch eine Form gewählt wurde, bei der solche Informationen nicht permanent die Modellabbildung überlagern.[502]

➔ *S2: Quellen und Vorgehen im Präsentationsmedium geeignet darstellen*

[501] Erst im Zuge einer Anschlussfinanzierung erfolgte die Auflage einer Museumsdarstellung: „Also es gab [ursprünglich, Anm. S. M.] […] nicht dieses Konzept, [dass] es […] nachher im Museum verortet sein [muss]. Sondern das [Projekt] ist […] aus [ei]ner Idee entstanden. […]Und das war [hinsichtlich eines Verwendungszwecks, Anm. S. M.] relativ offen und […] hat sich erst im Laufe der Zeit herauskristallisiert. Wo soll´s denn eigentlich hingehen? Auch mit der Vorgabe [vom Fördergeber, Anm. S. M.]: Ja das muss im Museum verortet […] sein.“, P2-2: 324-326.

[502] Hierzu der Modellierungsleiter des Projektes P2: „[Ziel war, Anm. S. M.] dass das [Modell] […] als schematische Rekonstruktion sichtbar wird. Und zwar [derartig], dass man das auch intuitiv so erfassen kann. […] wo [ei]ne hohe Detailgenauigkeit da [gemeint ist ‚möglich‘, Anm. S. M.] war, […] sind wir sehr ins Detail gegangen und […] wo [e]s wirklich reine Spekulation war, […] haben [wir] sehr schematisch […] rekonstruiert“, P2-1: 142.

Damit verbunden ist, dass nach Ansicht der Projektbearbeiter einem breitem Publikum die kritische Bewertung des Modells mangels Quellenwissen und Methodenkompetenz nicht möglich ist.[503] Entsprechend gingen gerade derartige Zielsetzungen weniger auf spezifische Anforderungen einer Zielgruppe als vielmehr auf einen Anspruch der Projektbeteiligten, Fördergeber und Aussteller zurück.[504]

Im Ergebnis sollte durch die Visualisierungen in allen Projekten ein „realer Raumeindruck" vermittelt werden – was beispielsweise durch den Einsatz von künstlerischen Mitteln wie Licht und Schatten, aber auch Himmelsdarstellung erzielt wurde.[505] Für eine praktische Nutzung im Ausstellungskontext wesentlich waren nach Ansicht der Projektmitarbeiter daneben eine gute Gebrauchstauglichkeit beziehungsweise *Usability*,[506] Verständlichkeit, aber auch die didaktische Aufbereitung von Abläufen, Wirkungen und Wahrnehmungen wichtige Aspekte.[507]

➔ *S3: Usability-Testing zur Ermittlung der Zielgruppentauglichkeit durchführen*

Dass die diesbezüglichen Überlegungen der Projektbearbeiter sich mitunter von den realen Anforderungen der Besucher unterschieden, stellte sich im Projekt P2 anhand von Nutzererhebungen heraus. Dabei wurde von den Besuchern als die Wiedererkennbarkeit von Orten als wünschenswert benannt und in Konsequenz eine zusätzliche Vergleichsmöglichkeit zum modernen Stadtbild in die Anwendung integriert.[508]

---

[503] Hierzu der geschichtswissenschaftliche Berater des Projektes P1: „[…], um das beurteilen zu können […] muss man sich der Quellen bewusst werden. Was natürlich der Besucher nicht macht. Der Besucher lässt sich da quasi verführen vom Modell und deswegen hat man natürlich, mein[e] ich schon, ein[en] gewissen Anspruch, dass das auch historisch korrekt, quellenkorrekt, mit einer gewissen Kritikfähigkeit auch, realisiert wird.", P1-1: 36.

[504] So diente ein „Befundmodus" zur Darstellung von gefundenen Überresten im Projekt P2 nach Einschätzung der geschichtswissenschaftlichen Koordinatorin des Projektes dazu, „[…] dass man […] einen wissenschaftlichen Anspruch wahrt.", P2-2: 330.

[505] Hierzu der Modellierungsleiter des Projektes P2: „[…] [Uns] war […] klar, dass [in der visuellen Darstellung des Modells, Anm. S. M.] Schatten ein ganz wichtiger Faktor ist.", P2-1: 111.

[506] „[…] wir [gemeint sind die Modelleure, Anm. S. M.] wollen […] [ei]ne Anwendung generieren, die sich selbst erklärt. Wo jeder Besucher intuitiv durch das Modell geführt wird und die notwendigen Informationen bekommt.", P2-1: 98. Als Einführung zu Begriff und Konzepten der Usability und User Experience: NIELSEN, J.: Usability Engineering, Salt Lake City 1993. Sowie: NORMAN, D. A.: The design of everyday things, New York 2002.

[507] „[Ziel des geschichtswissenschaftlichen Bearbeiters ist, Anm. S. M.], dass das Modell für sich und […] im Zusammenspiel mit den anderen [Modellen, Anm. S. M.] […] einheitlich wirkt – und […] dass man jetzt nicht optisch irgendwo rausgerissen wird beim Betrachten.", P1-1: 102.

[508] Hierzu die geschichtswissenschaftliche Koordinatorin des Projektes P2: „Und deswegen haben wir auch diesen […] Modus "Rekonstruktionsgrundlagen" [in die Anwendung integriert, Anm. S. M.]. […] der war auch

6.4.6.2 Nachhaltigkeit

Mit Ende der Projektfinanzierung endete in den Projekten P2 und P4 auch die Arbeit am Vorhaben.[509] Demgegenüber wurden sowohl bei P1 als auch bei P3 im Nachhinein noch für weitere Zwecke Modelldarstellungen ausgegeben, denen zumeist noch weitere Anpassungs- und Aufbereitungsarbeiten vorausgingen. In den meisten Fällen erfolgte zum Projektende nur eine technische Sicherung der Modelldaten, jedoch wurden zumeist weder die zugehörigen Quelldokumente, Korrespondenzen und Arbeitsdaten hinterlegt, noch das damit verbundene Know-how archiviert. Zudem fand eine Speicherung ausschließlich lokal oder in geschützten Webbereichen statt, sodass diese Daten außerhalb der Projekte nicht oder nur eingeschränkt verfügbar sind. Empfehlenswert wären vor diesem Hintergrund die Berücksichtigung bereits bei der Projektplanung sowie die Entwicklung einer einfach umsetzbaren und mit möglichst geringen Zusatzaufwendungen verbundenen Strategie. Eine projektübergreifende Schwierigkeit stellte zudem die nachhaltige Sicherung von Personal und damit verbundenem Know-how dar. Mit Blick auf die bereits in Absatz 6.4.3.2 ausgeführte projektübergreifende Beschäftigung von Personen ist bemerkenswert, dass – mit Ausnahme studentischer Mitarbeiter – auch im Nachgang der beobachteten Projekte ein Großteil der darin beschäftigten Mitarbeiter in der jeweiligen Institution verblieb, dort allerdings zumeist andere Aufgaben wahrnahm.

6.5 Zusammenfassung

Im Folgenden sollen die im Zuge der empirischen Untersuchung der Fallbeispiele aufgedeckten Phänomene kontextualisiert und Anknüpfungspunkte zu den in Kapitel 3 aufgezeigten theoretischen Erklärungsmodellen aufgezeigt werden. Dabei werden in einer ersten Betrachtung in Abschnitt 6.5.1 zunächst empirische Befunde zu Projektprozessen aufgegriffen. Abschnitt 6.5.2 stellt ein Modell der Einflussfaktoren eines 3D-Rekonstruktionsprozesses vor. Zentrales Phänomen in 3D-Rekonstruktionsprojekten ist die Erstellung eines virtuellen 3D-Modells. Diesbezüglich relevante Aspekte umfassen zum einen den Modellerstellungsprozess und eine damit verbundene Zieldefinition und Qualitätssicherung (Abschn. 6.5.3) ebenso wie eine Wissensintegration und Entscheidungsfindung (Abschn. 6.5.4). Zum anderen werden in Abschnitt 6.5.5 relevante Befunde zum organisationalen Rahmen von 3D-Rekonstruktionsvorhaben ausgeführt und theoretisch fundiert.

---

ein Wunsch von den Archäologen. […] Und dann [..] hat sich herauskristallisiert, dass [ein Vergleich zur heutigen Bausituation von den Besuchern, Anm. S. M.] gewünscht wird[…].“, P2-2: 326.

[509] Bei P1 ist kein Nachnutzungskonzept bekannt, bei P2 erfolgte nach Projektende wegen Geldmangels kein weiterer Ausbau: „Im Augenblick hab ich [der Modellierungsleiter, Anm. S. M.] […] keine Mitarbeiter und kein Geld und ich würde gerne [einen weiteren Stadtteil] noch mit in das Modell aufnehmen. Da ist [in letzter Zeit, Anm. S. M.] sehr viel [archäologisch, Anm. S. M.] ergraben wurden. Aber das muss […] auch irgendwie finanziert werden.“, P2-1: 90.

6.5.1 Projektprozesse in 3D-Rekonstruktionen

Mit Blick auf zeitliche Abläufe und eine Abgrenzung von Phasen innerhalb der untersuchten 3D-Rekonstruktionsprojekte scheint zunächst der in Absatz 6.4.5.3.1 ausgeführte Befund bemerkenswert, dass im Zentrum des praktischen Vorgehens die Erstellung eines 3D-Modells stand, während die von den Fördergebern geforderten und abschließend auch verwendeten Ergebnisse während des eigentlichen Erstellungsprozesses nur eine untergeordnete Rolle spielten. Ebenso scheint der bereits in Abschnitt 3.4.3 theoretisch eingeführte sowie in Abs. 6.4.5.3 empirisch beleuchtete Befund wesentlich, dass die untersuchten Projekte als *Wicked Problems* häufig Abbruchprozesse waren, bei denen ein Projektende nicht durch die Erreichung des Projektziels, sondern primär durch einen Verbrauch der verfügbaren Ressourcen bedingt war. Neben derartigen generellen Überlegungen werden im Folgenden einige im Kontext der Untersuchung auffällig gewordene Befunde zu Arbeitsprozessen (Abs. 6.5.1.1) sowie spezifisch zu Arbeitsabläufen der 3D-Modellerstellung (Abs. 6.5.1.2) zusammengefasst und kontextualisiert.

6.5.1.1 Zäsuren und die Unterteilung des Arbeitsprozesses

Hinsichtlich des Prozessablaufs ließen sich in allen untersuchten Projekten die Phasen Projektinitialisierung, Projektentwicklung und Projektbeginns sowie Projektrealisierung und Projektabschlusses abgrenzen (vgl. Abs. 3.4.1.2). Diese Phasen folgten aus Prozessperspektive nur bei den untersuchten Projekten P3 und P4 einem weitgehend linearen Ablauf, während in den Projekten P1 und P2 auch zu späteren Zeitpunkten umfangreiche Neuplanungen sowie Neukonzeptionen des Projektes erfolgten. Eine Ursache dafür war, dass die an diesen Projekten beteiligten Institutionen nur wenig Vorerfahrungen hinsichtlich der kooperativen Bearbeitung derartiger Themenstellungen besaßen und zum Kompetenzerwerb, zum Ausloten der Kooperation sowie als Referenz für eine Beantragung von Fördermitteln in der Vorphase zunächst kleinere Vorprojekte durchgeführt wurden (vgl. Abs. 6.3.2.1). Ein ähnliches Vorgehen wird auch im Kontext der Innovationsforschung als Mittel zur Reduzierung von Komplexität und zur Schaffung von Zielklarheit (Hauschildt und Salomo 2007, S. 371 sowie Abs. 3.3.1.3) empfohlen, bedingt jedoch aus Prozessperspektive ein jeweiliges Durchlaufen der Projektprozesskette für Vor- und Hauptprojekt.

Eine Besonderheit akademischer Entwicklungsprojekte stellt dar, dass diese einerseits durch sogenannte Drittmittel als projektabhängige Zuwendung von kommerziellen oder öffentlichen Geldgebern finanziert werden und dass sich andererseits Gesamtvorhaben häufig durch mehrere aufeinander aufbauende derartige Teilprojekte auszeichnen. Gesamtvorhaben können daher nicht als ein durchgehendes Projekt betrachtet werden, sondern für jede Finanzierungstranche ist ein neuerliches Durchlaufen der Projektprozesskette erforderlich (siehe auch Schophaus, Dienel et al. 2003, S. 27). Eine solche Verknüpfung von Teilprojekten war nur im Projekt P2 beobachtbar. Jedoch wurden auch im Projekt P1 mehrere Erweiterungen vorgenommen, deren Beantragung vermutlich ebenfalls mit Auflagen und Schritten zur Vorausplanung und der neuerlichen Strukturierung des geplanten Vorhabens verbunden war (vgl. Abs. 6.3.2.1 und 6.4.3.5).

Gerade bei Drittmittelprojekten ist bereits für die Beantragung von Fördermitteln eine Grobplanung des Projektablaufs notwendig. Ein diesbezügliches Dilemma besteht darin, dass sich Innovationsprojekte, wie auch in den Fallbeispielen beobachtet, einerseits nur schlecht vorausplanen lassen (Pollack 2012, S. 884), andererseits eine geeignete Sequenzierung des Arbeitsablaufs für derartige Projekte gerade bei einer unklaren Zielstellung als Mittel zur Fortschrittskontrolle unerlässlich (vgl. Abs. 3.3.1.3) ist. Entsprechend wichtig ist die Schaffung eines geeigneten Instruments zur Prozessteuerung, das einerseits eine sinnvolle Unterteilung und Kontrolle von Arbeitsabläufen zulässt, andererseits genügend Flexibilität für eine Reaktion auf Unwägbarkeiten bietet.

Geplante Zäsuren

Ansätze der Prozessteuerung von Innovationsprozessen umfassen „Grundparameter“ (Hauschildt und Salomo 2007, S. 476 ff. mit Verweis auf Burghardt 1993, S. 30) wie Ergebnis- und Terminvorgaben sowie Ressourcen- und Ablaufvorgaben. In den beobachteten Praxisprojekten besaß dabei insbesondere eine Terminvorgabe durch Meilensteine oder Deadlines als Planungsinstrument Bedeutung, was sich mit der Einschätzung von Hauschildt deckt, dass „Terminvorgaben […] vermutlich das wirksamste Instrument der Prozesssteuerung“ sind (Hauschildt und Salomo 2007, S. 476). Nach Ansicht aller Projektbeteiligten fördern „gut“ gesetzte Deadlines ein effizientes Arbeiten (vgl. Abs. 6.3.2.6), wobei sich eine derartige Einschätzung vor allem auf eine geeignete zeitliche Setzung von Deadlines beziehungsweise Meilensteinen bezieht, die als Phasen intensiver Konzentration auf eine Kernarbeit weder inflationär noch zu selten gesetzt werden sollten. Ferner empfiehlt es sich, Deadlines verbindlich sowie mit Anreizen und Sanktionen zu besetzen (vgl. Abs. 6.3.2.6).

Ungeplante Zäsuren

Neben den geplanten Zäsuren wurde für drei der untersuchten vier Fälle von jeweils einer oder mehreren umfassenderen, ungeplanten Zäsuren (vgl. Abs. 6.3.2.5) beziehungsweise ungeplanten Störungen des Projektablaufs berichtet. Neben personellen Änderungen (vgl. Peltokorpi 2008, S. 379) wurden derartige Zäsuren durch Probleme bei der Projektsteuerung, konfliktreiche Kommunikation (vgl. von Rosenstiel, Molt et al. 2005, S. 229 ff.) sowie eine mangelnde Skalierbarkeit des ursprünglichen Konzeptes verursacht (vgl. Abs. 6.3.2.5) und führten zu zumeist umfassenden Neuausrichtungen und Umbauten der Projekte. Meist bahnten sich derartige Zäsuren über einen langen Zeitraum an (vgl. Abs. 6.3.2.5) und zogen in den Projekten P1 und P2 tendenziell gravierendere Konsequenzen als bei P4 nach sich. Auch wenn diese Befunde mit Blick auf die höchst unterschiedlichen Projektkonstellationen sowie die geringe Zahl der untersuchten Fälle ein nur sehr schwaches Indiz darstellen, lässt sich vermuten, dass sich ungeplante Zäsuren durch eine von Anfang an konsequente Projektsteuerung und eine gute Skalierbarkeit der Projekte reduzieren (vgl. Abschn. 3.3.1) ließen. Daraus leitet sich mit Blick auf die zu Beginn dieses Absatzes ausgeführte Problematik die Vermutung ab, dass die Notwendigkeit zur Neukonzeption und zum Projektneustart

durch geringe Vorerfahrung der Beteiligten mit 3D-Rekonstruktionen tendenziell begünstigt wird. Ungeachtet dieser Vermutung lassen sich ungeplante Zäsuren nicht zuletzt mit Blick auf die Komplexität derartiger Projekte und deren Abhängigkeit von individuellen Konstellationen jedoch grundsätzlich kaum komplett ausschließen.

6.5.1.2 Rekonstruktions-„Modi“: Konstruktions-, Interpretations- und Korrekturarbeit

Nach diesem Blick auf den Gesamtablauf der untersuchten Projekte wird in diesem Absatz speziell die Phase der Projektrealisierung betrachtet. Wie in Absatz 6.3.2.3 ausgeführt, nahm diese Phase der eigentlichen Realisierung der 3D-Modellierung bei allen Vorhaben den größten Raum ein. Für die Umsetzungsphase lassen sich bei 3D-Rekonstruktionsprojekten eine Reihe grundsätzlicher Arbeitsmodi unterscheiden.

Konstruktionsarbeit

Existieren für Modellteile klare, stimmige sowie für den Modelleur verständliche Angaben als Modellierungsgrundlagen, befördert dies einen schnellen Arbeitsfortschritt mit wenig Notwendigkeit zur interdisziplinären Abstimmung beziehungsweise Korrektur. Das Vorgehen in diesem Modus wird vor allem von den Erfordernissen und Schrittfolgen der technischen Modellerstellung geprägt (vgl. Abschn. 3.4.2).

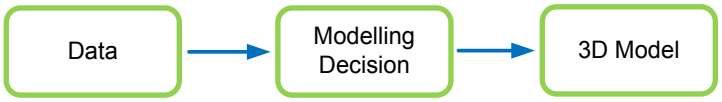


Abbildung 43 – Vorgehensschema der *Konstruktionsarbeit*

Dies umfasst einen überwiegend linearen, quasi digitalisierenden Modellaufbau anhand einer zumeist bildlichen Datengrundlage (Abbildung 43), bestehend aus historischen Plänen und Perspektiven sowie zeitgenössischen Zeichnungen und Plandarstellungen. Einen wesentlichen Schritt stellt dabei die Selektion beziehungsweise Aufbereitung dieser Datengrundlage dar, im Rahmen derer der Modelleur – wie in Abschnitt 6.5.4.1 noch ausgeführt – eine Vielzahl von Entscheidungen beispielsweise hinsichtlich einzubeziehender Daten und deren Modellstruktur sowie einer technischen Realisierung zu treffen hat. Auch wenn dies weder in den dieser Untersuchung zugrunde liegenden Interviews noch in den Prozessmodellen zum Modellierungsvorgehen ausgeführt wird, ist zu vermuten, dass beispielsweise ein Modellerstellungsvorgehen im Sinne von *Trial and Error* ebenfalls kleinere Überarbeitungs- sowie Anpassungsschritte beinhaltet, die allerdings nur für den Modelleur Relevanz besitzen und nicht weiterführend kollektiv abzustimmen sind.

Interpretations-* und *Korrekturarbeit

Antipoden der *Konstruktionsarbeit* stellen *Interpretations-* und *Korrekturarbeit* dar. Während im Falle von *Interpretationsarbeit* geschichtswissenschaftliche Forschung und Interpretation im Vorfeld einer Modellierung erforderlich sind, erfolgen im Fall von Korrekturbedarfen

Änderungen am bereits erstellten Modell. In den meisten Fällen gehen derartige Modi darauf zurück, dass zu Modellteilen vorliegende Quelleninformationen fehlen, unvollständig oder widersprüchlich sind. Korrekturbedarfe können zudem auch auf Interpretationsfehler wie beispielsweise eine falsche Auslegung von Quellenmaterial oder eine nur spekulative Extrapolation von vorliegenden Quellen zurückgehen, ebenso können Änderungen durch Modellprobleme wie beispielsweise unterschiedliche Qualitäten von Modellteilen oder die fehlerhafte Passhaftigkeit von Bauteilen bedingt sein (vgl. Abs. 6.3.2.3).

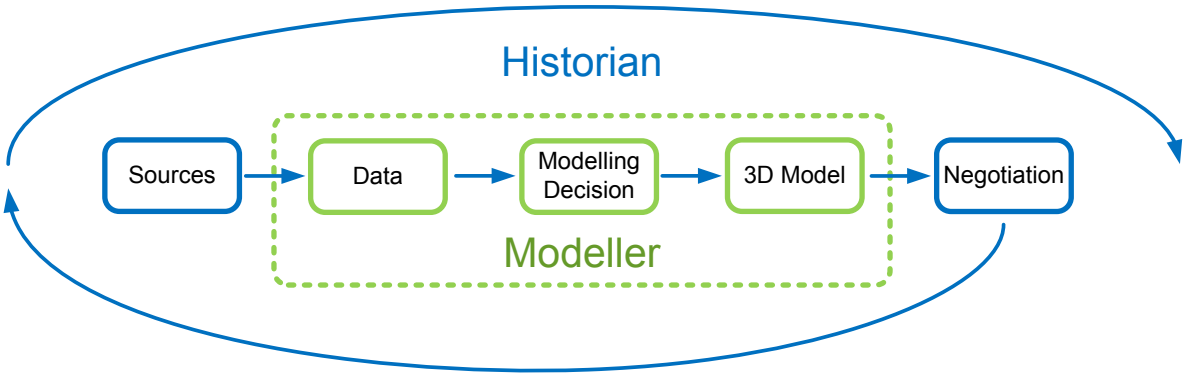


Abbildung 44 – Rekonstruktionsmodi: Interpretation und Korrektur

Eine Gemeinsamkeit von Interpretations- und Korrekturarbeit besteht in einem vergleichsweise langsamen Arbeitsfortschritt sowie der Notwendigkeit intensiver interdisziplinärer Zusammenarbeit. Dabei waren beide Modi in der Praxis zumeist eng miteinander verbunden und in allen untersuchten Fällen – hinsichtlich eines Umfangs unterschiedliche – Modellkorrekturen erforderlich (vgl. Abs. 6.3.2.3). Mit Blick auf den Ablauf derartiger Arbeiten werden neben den bereits dargelegten linearen Schrittfolgen des Modellaufbaus beziehungsweise der Modellerstellung durch die Modelleure die entstandenen Ergebnisse durch den beziehungsweise die Geschichtswissenschaftler beurteilt. Im Falle von Überarbeitungsbedarfen werden weitere Quellen herangezogen und als Datengrundlage für eine Überarbeitung des Modells durch den Modelleur aufbereitet. Das typische Vorgehen kombiniert also die linearen Abfolgen einer Modellerstellung und die iterativen beziehungsweise zyklischen Prozesse (Abbildung 44) einer geschichtswissenschaftlichen Bewertung (vgl. Abschn. 3.4.4 sowie Jablonka, Kirchner et al. 2003, S. 16) dar. Hinsichtlich eines zeitlichen Verlaufs wurde in den beobachteten Projekten zu Beginn einer Realisierung tendenziell vor allem *Konstruktionsarbeit* geleistet, während zu einem späteren Zeitpunkt vor allem *Interpretations*- und *Korrekturarbeit* dominierten. Für die Projektpraxis lässt sich daraus die Empfehlung ableiten, insbesondere den hohen Zeitbedarf der *Interpretations*- und *Korrekturarbeit* in einer Konzeption von Projektzielen zeitlich und inhaltlich zu berücksichtigen (vgl. Abs. 6.3.2.3).

6.5.2 Modell des 3D-Rekonstruktionsprozesses

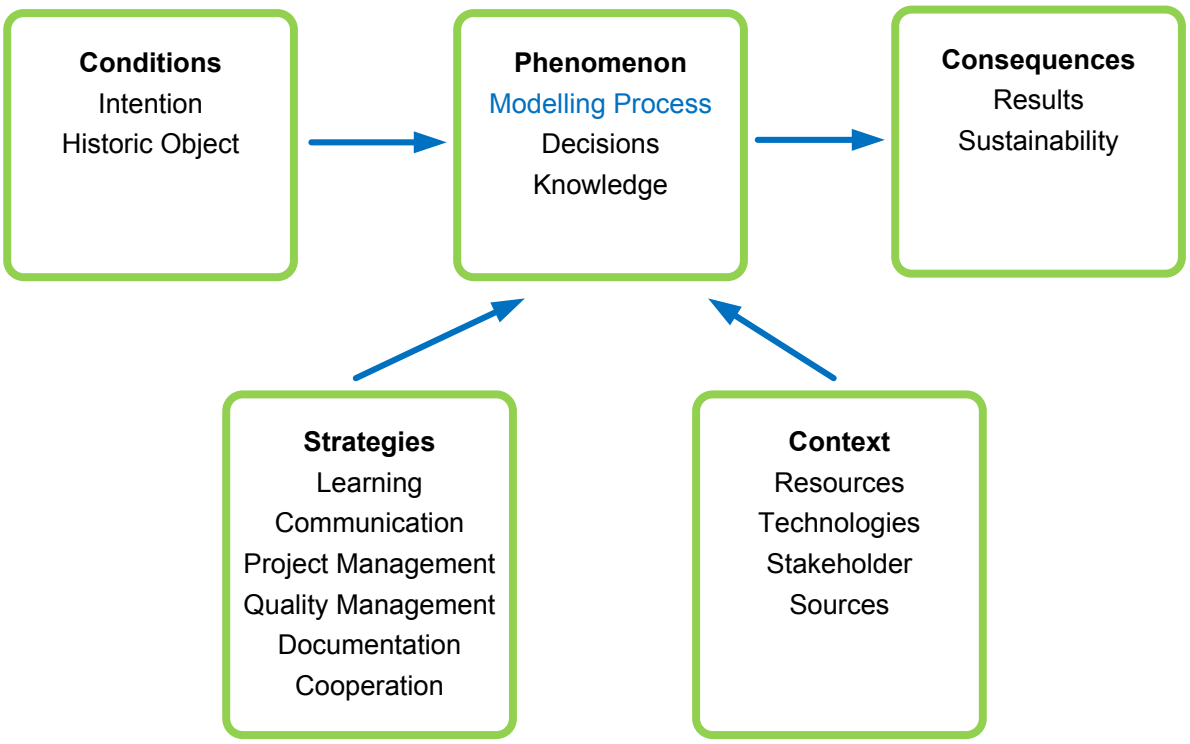


Abbildung 45 – *Paradigmatisches Modell* des Produktionsprozesses

Nach den im vorherigen Abschnitt thematisierten zeitlichen Abläufen und einer damit verbundenen Abgrenzung von Phasen innerhalb der untersuchten Projekte stellt dieser Abschnitt ein Modell zur Strukturierung von Einflussfaktoren eines 3D-Rekonstruktionsprozesses vor, welches anhand der Ergebnisse vorhergehender Untersuchungsschritte (vgl. Abs. 6.2.4.1), des *Paradigmatischen Modell-Schemas* der *Grounded Theory* (vgl. Abs. 6.2.4.3) sowie anhand der empirischen Befunde dieses Kapitels entwickelt wurde (Abbildung 45). Zentrales Element beziehungsweise zentrales Phänomen (vgl. Abschn. 6.4.4) eines 3D-Rekonstruktionsprozesses ist die Herstellung eines virtuellen 3D-Modells. Generell handelt es sich bei 3D-Rekonstruktionen um wissensintensive Erstellungsprozesse. Dabei stellt ein Modellaufbau das Resultat von vielfältigen Entscheidungsprozessen (vgl. Abs. 6.5.4) dar, die sich in einem digitalen Modell (vgl. Abs. 6.5.3) manifestieren. Entsprechend spielt die in einer empirischen Betrachtung bisher noch nicht gesondert ausgeführte Zusammenführung verschiedener Wissensbestände und Fähigkeiten eine entscheidende Rolle für alle Facetten eines solchen Prozesses (vgl. Abs. 6.5.4 sowie Abschn. 7.2.3).

Mit Blick auf ein Modellschema gehen einem derartigen Erstellungsprozess – wie in Abschnitt 6.4.2 ausgeführt –zahlreiche ursächliche Bedingungen wie beispielsweise eine Intention der Projektinitiatoren sowie die Auswahl eines nachzubildenden historischen Objektes voraus.

Konsequenzen (vgl. Abschn. 6.4.6) eines Modellierungs- beziehungsweise Rekonstruktionsprozesses stellen zum einen Ergebnisse in Form von Modellvisualisierungen, wissenschaftliche Publikationen, aber auch in Form des erstellten virtuellen 3D-Modells dar. Neben derartigen konkreten Ergebnissen bedingt die Durchführung eines 3D-Rekonstruktionsvorhabens eine ganze Reihe weiterer Nachhaltigkeitseffekte wie beispielsweise die Schaffung von Strukturen für Folgevorhaben (vgl. Abschn. 7.2.1).

Den Kontext (vgl. Abschn. 6.4.3) eines Modellierungsprozesses bilden zum einen die verfügbaren Ressourcen wie Zeit und Geld, zum anderen die mit einem zu rekonstruierenden Objekt verbundene Quellensituation. Darüber hinaus sind Kooperationsbedingungen, die personellen Rahmenbedingungen und Anspruchsgruppen beziehungsweise *Stakeholder* einer Rekonstruktion nicht oder nur wenig veränderbare Rahmenbedingungen für eine 3D-Rekonstruktion.

Strategien (vgl. Abschn. 6.4.5) hingegen bezeichnen die gestaltbaren Komponenten eines Prozesses. Diese umfassen mit Blick auf den Modellierungsprozess Aspekte der Kommunikation, des Projektmanagements, des arbeitsbezogenen Wissenserwerbs sowie der Dokumentation. Eine Mehrzahl der dabei entwickelten Strategien ist keinesfalls unikal für 3D-Rekonstruktionsvorhaben, sondern spiegelt in weiten Teilen „klassische“ Phänomene interdisziplinärer Projektarbeit wider. Neben diesen arbeitsprozessbezogenen Strategien beschäftigt sich das Qualitätsmanagement mit der Erstellung von Richtlinien und Standards sowie deren Kontrolle in Bezug auf die Produkterstellung. Nicht zuletzt spielte dabei die Gestaltung von Kooperation eine wesentliche Rolle.

Ergänzend zur strukturellen Betrachtung von Einflussfaktoren werden in den folgenden Abschnitten eine Reihe im Kontext von 3D-Rekonstruktionsprojekten relevanter Aspekte und Phänomene zusammengefasst und theoretisch fundiert.

6.5.3 Der Modellerstellungsprozess

In einer ersten Betrachtung werden im Folgenden Phänomene und Prozesse der Modellerstellung thematisiert. Im Kontext dieser Arbeit wurde bereits mehrfach theoretisch und empirisch ausgeführt (vgl. bspw. Abschn. 3.4.2 und 5.3.2 sowie Abs. 4.3.1.1), dass ein Modellerstellungsprozess in Abhängigkeit sowohl vom Vorhabensziel als auch von den verfügbaren Quellen erfolgt. Darauf folgend werden in Abschnitt 6.5.3.4 technische Abläufe eines Modellierungsvorgehens sowie damit verbundene Ansätze zur Qualitätskontrolle beleuchtet.

6.5.3.1 Vorhabensziele und Einflussfaktoren

In allen untersuchten Vorhaben erfolgte die 3D-Rekonstruktion mit dem primären Ziel, visuell wahrnehmbare Ergebnisse herzustellen. Diese Ergebnisse stellten entweder statische 3D-Visualisierungen, Animationen oder interaktive Anwendungen dar. In drei Projekten sollten sie im Rahmen einer Ausstellung präsentiert werden, im Projekt P4 war die Publikation in einem Fachbuch geplant. Wie auch bei anderen Innovationsprojekten war bei

den untersuchten 3D-Rekonstruktionsvorhaben das zu erreichende Ziel beziehungsweise die zu erreichenden Zielqualitäten zu Projektbeginn als abstrakte „Vision“ zumeist nur vage absehbar (Hauschildt und Salomo 2007, S. 371 ff., vgl. Abs. 3.3.1.2).

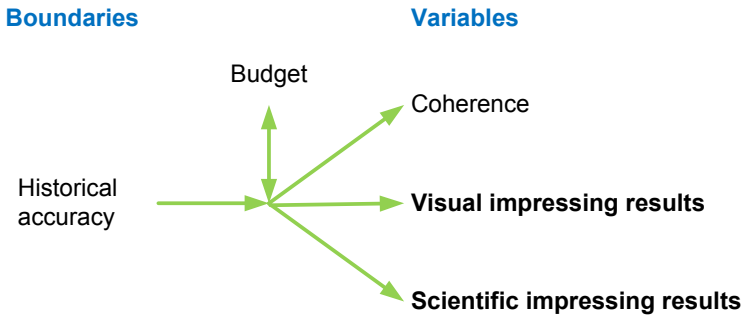


Abbildung 46 – Konkurrierende Einflussfaktoren bei 3D-Rekonstruktionen

Wie in Absatz 6.4.5.3.1 thematisiert, werden 3D-Rekonstruktionsprojekte im Wesentlichen von vier konkurrierenden Einflussfaktoren beeinflusst – dem Anspruch wissenschaftlicher Exaktheit beziehungsweise Quellentreue, Modellkohärenz, dem Wunsch nach wissenschaftlich und visuell beeindruckenden Resultaten sowie den Limitierungen durch Budgets und Deadlines (Abbildung 46).[510] Die Einhaltung wissenschaftlicher Güte besaß dabei in den untersuchten Projekten oberste Priorität (vgl. Abs. 6.4.5.3.1), während Aspekte der Kohärenz und Resultatqualitäten gestaltbar waren. Eine bemerkenswerte Beobachtung stellte diesbezüglich dar, dass in den beobachteten Rekonstruktionsprojekten zeitliche oder finanzielle Budgets in vielen Fällen nicht – wie in den Wirtschaftswissenschaften häufig ausgeführt (vgl. Abs. 3.3.1.3) – als harte Determinanten betrachtet wurden, sondern eher einen weichen Faktor darstellten (vgl. Abs. 6.4.5.3.1), wobei eine Pufferung in der Praxis entweder durch die Akquise neuer Mittel oder die Erweiterung von Budgets, die stärkere Ausschöpfung von personellen Ressourcen oder schlichtweg die Umwidmung von für andere Zwecke geplanten Ressourcen erfolgte.

In allen untersuchten Praxisprojekten erfolgte eine Förderung vor dem Hintergrund eines geplanten Ausstellungs- und Publikationseinsatzes der Rekonstruktionsergebnisse und war an die Auflage zur Schaffung derartig nutzbarer visueller Medien geknüpft. Darauf bezog sich die Einschätzung der Projektbeteiligten des Projektes P1, dass eine umfassende wissenschaftliche Quellentreue für die geplante Verwendung der Projektergebnisse im Ausstellungskontext prinzipiell wenig relevant ist (vgl. Abs. 6.4.5.3 und 6.4.6.1). Es fällt auf, dass in der Umsetzungsphase der beobachteten Projekte zumeist die Erstellung eines

[510] Foni et al. fassen diese Dimensionen in ihrer Klassifikation von Visualisierungsstrategien zur Dimension der „Precision ans Visual Consistency“ zusammen. Als weitere Dimensionen werden daneben „Automatisierungsgrad“ sowie „Interaktivität“ aufgeführt. FONI, A. E., PAPAGIANNAKIS, G. und MAGNENAT-THALMANN, N.: A taxonomy of visualization strategies for cultural heritage applications, in: Journal on Computing and Cultural Heritage 3 (2010), S. 1-21, insbes. S. 3 f.

kohärenten 3D-Modells und die Einhaltung wissenschaftlicher Standards sowie die Erzielung wissenschaftlich neuartiger und somit publizierbarer Erkenntnisse im Vordergrund standen, während ein für eine Veröffentlichung nutzbares visuelles Ergebnis häufig erst gegen Projektende relevant wurde.

Einen möglichen Erklärungsansatz stellt dar, dass sich ein Erfolg wissenschaftlicher Akteure vor allem an einem wissenschaftlichen Ergebnis (Deutsche Forschungsgemeinschaft 1998, S. 28 ff., insbes. S. 30 f.) bemisst. Entsprechend ging der Anspruch eines wissenschaftlich korrekten Modells sowie einer Darstellung der zugrunde liegenden Quellen vermutlich vor allem auf die Schaffung diskursfähiger wissenschaftlicher Mehrwerte zurück.

Daraus lässt sich die Hypothese ableiten, dass die akademischen Projektbeteiligten und die vor allem an visuellen Resultaten interessierten Nutzer der erstellten visuellen Medien sowie die Fördergeber eine Symbiose eingehen, bei der einerseits über einen reinen Zweck (vgl. Abs. 6.4.5.3.1) deutlich hinausgehende Forschungsarbeit geleistet wird, andererseits die erstellten Resultate dem Prädikat einer Einhaltung „guter wissenschaftlicher Praxis“ (Deutsche Forschungsgemeinschaft 1998, S. 7) genügen.

6.5.3.2 Kommunikation von Vorgaben

Mit Blick auf diese Zielsetzungen stellt sich die Frage, wie die damit verbundenen Anforderungen in Vorgaben übersetzt wurden. Einen sowohl in den begleiteten Praxisprojekten (vgl. Abs. 6.4.5.3) als auch bei einer Untersuchung von publizierten Projektberichten erkennbaren (vgl. Abschn. 5.3.5 sowie 6.1) diesbezüglichen Befund stellt dar, dass Vorgaben und Detailgrade zumeist nur vage kommuniziert wurden. Ein solches Vorgehen deckt sich zwar mit den Empfehlungen des Projektmanagements, dass eine allzu umfassende Standardisierung und detaillierte Vorausplanung bei Innovationsvorhaben kontraproduktiv ist (Pollack 2012, S. 884). Andererseits erfordert ein solches Vorgehen eine weitgehend einheitliche Vorstellung aller Beteiligten von Prozess- und Ergebnisqualität (vgl. Abs. 3.3.1.2). Eine diesbezüglich wichtige Empfehlung in allen beobachteten Projekten war, die Qualitätsvorstellungen aller Beteiligten frühzeitig zu ermitteln und auch während der Projektlaufzeit fortlaufend zu synchronisieren (vgl. Abs. 6.4.5.3).

Mit Blick auf die angestrebte Ergebnisqualität definierten insbesondere Projektteams mit nur geringer Vorerfahrung bei der Bearbeitung derartiger Vorhaben häufig, dass eine Rekonstruktion so detailliert wie anhand der Quellen möglich erfolgen soll (vgl. Abs. 6.3.2.3). Dies erwies sich in der Projektpraxis als problematisch, da zu Projektbeginn meist die am besten dokumentierten und damit vergleichsweise problemlos und mit hohem Detailgrad zu modellierenden Areale rekonstruiert wurden, die sich zumeist schnell und – wie bereits in Abschnitt 6.5.1.2 ausgeführt – mit Blick auf einen Arbeitsmodus quasi digitalisieren ließen. Diese Modellbestandteile stellten dann die Vorgabe dar, an der sich das Qualitätsniveau des Gesamtvorhabens orientierte (vgl. Abs. 6.3.2.3). Eine für eine angestrebte kohärente Darstellung notwendige, vergleichbare Qualität dann für schlecht dokumentierte oder

unklare Bereiche zu erreichen, erforderte demgegenüber einen immensen Forschungs- und Modellierungsaufwand.

In eine derartige Betrachtung von Qualitätsanforderungen und deren zeitliche Entwicklung im Arbeitsprozess reiht sich auch die Frage ein, ob Schwierigkeiten bei der Umsetzung einer intendierten Qualität in der Praxis zur Änderung von Qualitätsansprüchen führten. Eine wesentliche Komponente von Problemlöseprozessen stellt diesbezüglich der vor dem Hintergrund des Bounded-Rationality-Ansatzes (vgl. Abs. 3.3.5.2) ausgeführte Aspekt dar, dass mit zunehmender Dauer eines Problemlösevorgangs die Erwartungen an eine Lösungsqualität reduziert (Simon 1990, S. 10) werden. In der Projektpraxis wurde demgegenüber häufig eine Lösung ohne Reduzierung des Anspruchs und auf Kosten eines höheren Ressourceneinsatzes angestrebt. Dies betraf vor allem die wissenschaftliche und optische Qualität und damit verbundene Aspekte wie die Realisierung von Überarbeitungsbedarfen. Darüber hinaus war vor dem Hintergrund einer in Absatz 6.4.5.3.1 ausgeführten „Verführung zur schönen Rekonstruktion“ stellenweise sogar ein quasi inverses Phänomen beobachtbar: Während einer Bearbeitungsphase erhöhte sich mit zunehmender Projektdauer der Anspruch an den Detailgrad des Modells. Dieser Befund korreliert hochgradig mit dem bereits in einer theoretischen Betrachtung in Abschnitt 3.3.2 (vgl. auch Katzenbach und Smith 1993, S. 112 f.) als problematisch befundenen Fehlen einer klaren und projektexternen Zielvorgabe und -kontrolle.

Erst in der Finalphase und unter dem Eindruck begrenzter Ressourcen wurde ein Qualitätsanspruch dann in allen beobachteten Projekten im Zuge eines zeitlichen Fortgangs angepasst und eine Umsetzung beispielsweise noch nicht begonnener oder nicht zwingend benötigter Inhalte auf spätere Zeitpunkte und mögliche Folgeprojekte verschoben sowie Strategien zur wissenschaftlichen Ergebnissicherung wie die Dokumentation unvollendeter Korrekturen entwickelt (vgl. Abschn. 6.3.2.4 und 6.4.5.5). Als praktische Empfehlung aus den untersuchten Projekten und in Einklang mit den in Abschnitt 3.3.1 ausgeführten Empfehlungen des Innovationsmanagements stellen eine Bestandsaufnahme zu einem bestimmten Zeitpunkt sowie die zielgerichtete Festlegung der Restarbeiten ein probates Mittel zur kontrollierten und effizienten Beendigung der Modellerstellung und zur Sicherstellung eines konsistenten Ergebnisses dar. Eine besondere Herausforderung scheint in der Setzung einer Verbindlichkeit dieser Bestandsaufnahme zu liegen. So bleiben bei einer harten Rahmensetzung mitunter wesentliche Arbeiten unerledigt. Dagegen verleitet ein zu geringer Fertigstellungsdruck zur Ausweitung des gesetzten Rahmens. Ähnlich wie bereits in Abschnitt 6.5.1.2 ausgeführt, lautet auch eine diesbezügliche Handlungsempfehlung, derartige Aspekte bereits bei der Definition von Zielen zu berücksichtigen (vgl. Abs. 6.3.2.3).

Bereits im vorigen Absatz 6.5.3.1 angemerkt wurde in allen Projekten und ungeachtet des konkreten Verwendungsszenarios die Erstellung eines konsistenten und möglichst vollständigen Modells angestrebt. Vordergründiges Ziel stellte dabei projektübergreifend dar, das Modell später für andere Zwecke nachnutzen zu können, was in der Praxis jedoch

nur in zwei der Projekte tatsächlich geschah (vgl. Abs. 6.4.6.2). Da auch in diesen Fällen wiederum nur Teile des erstellten Modells gezeigt wurden und zudem in beiden Fällen vorhergehend eine Modellaufbereitung stattfand, rechtfertigen auch diese Nutzungsszenarien den initial betriebenen Modellierungsaufwand nur zum Teil (vgl. Abs. 6.4.5.3.1). Wie schon im vorherigen Abschnitt ausgeführt, lautet eine diesbezüglich weiterführende Hypothese, dass ein solches kohärentes Vorgehen primär aus dem geistes- und kulturwissenschaftlichen Anspruch einer allumfassenden Problembetrachtung sowie der Einbeziehung aller verfügbaren Informationen resultiert (Wengenroth 1998, S. 4 f.).

6.5.3.3 Quellen

In allen beobachteten Projekten wurden bildbasierte Quellen als wichtigste Grundlage für die Rekonstruktion angesehen. Die Bedeutung von Bildern als Basis einer digitalen Modellerstellung taxieren dabei zahlreiche Publikationen (Hermon 2008; Remondino, El-Hakim et al. 2009), wobei dies kein modernes Phänomen darstellt. Vielmehr wird Architektur bereits seit der Frühen Neuzeit medial aus vielerlei pragmatischen Gründen vorrangig über Bilder rezipiert, kommuniziert und verhandelt (Carpo 2001).[511] Praktisch kommt im Zuge einer Modellierung von historischer Architektur zumeist eine Kombination verschiedener Quellenarten zum Einsatz, wobei insbesondere ikonische Quellen wie perspektivische Ansichten oder historische Plänen wichtige historische Grundlagen (vgl. Abs. 6.4.3.1) darstellen. Dies wird im Vergleich beispielsweise zu Textquellen nicht nur durch die hohe Dichte und unmittelbare Zugänglichkeit (näher ausgeführt in: Münster, Jahn et al., Im Druck) von Informationen zur Objektgestalt bedingt, vielmehr sind geometrische Informationen aus derartigen Quellen, wie bereits in Absatz 6.5.3.1 angemerkt, häufig vergleichsweise einfach in ein 3D-Modell überführbar. Wie bereits in Abschnitt 5.3.2 ausgeführt, enthalten historische Quellen jedoch weder alle für eine Rekonstruktion benötigten Informationen,[512] noch sind die darin enthaltenen Informationen konsistent (vgl. Abs. 6.4.3.1). Mit Blick auf derartige Konsistenzprobleme empfehlen zwei der Praxisprojekte die Festlegung primärer Modellierungsquellen (vgl. Abs. 6.4.5.3.2), denen gegenüber abweichenden Befunden aus anderen Quellen eine höhere Relevanz als Rekonstruktionsgrundlage eingeräumt wird. Demgegenüber ist bei einer 3D-Rekonstruktion im Gegensatz zu textlichen Forschungsergebnissen selbst bei fehlenden oder inkonsistenten Befunden eine Entscheidung zur historischen Gestalt zu treffen (vgl. Abs. 6.4.3.1). Während dies mit Blick auf eine wissenschaftstheoretische Bedeutung für die Geschichtswissenschaften in Abschnitt 7.3.1 noch thematisiert wird, sind aus praktischer Perspektive zur Erarbeitung eines konsistenten Modells ergänzend eine Vielzahl von logischen Schlüssen nötig. Wesentliche Anhaltspunkte einer derartigen logischen Extrapolation des vorhandenen Quellenmaterials

[511] Für die in diesem Abschnitt enthaltenen Anregungen danke ich Dr. Peter-Heinrich Jahn.

[512] Hierzu führt Jones aus, dass „a model based only on that what is known would be limited and thus unsuitable for a museum", aus: JONES, M.: Hypothesizing Southampton in 1454. A Three-dimensional Model of the Medieval Town, in: BENTKOWSKA-KAFEL, A., DENARD, H. & BAKER, D. (Hrsg.): Paradata and Transparency in Virtual Heritage, Burlington 2012, S. 95-108, S. 97.

bildeten in allen Projekten die jeweiligen Architektursysteme wie beispielsweise das vitruvianische System,[513] Analogien zu anderen Gebäuden oder auch eine *Modelllogik*, beispielsweise mit Blick auf bautechnische und -physikalische, insbesondere statische Gesetzmäßigkeiten, zeittypische Erschließungssysteme, gebäudetypologische Konstanten und eine Passhaftigkeit von Modellbestandteilen (vgl. Abs. 6.4.3.1 sowie Abschn. 5.3.2). Bemerkenswert ist das damit verbundene Problem, dass derartige Quellen nur eine schematische Nachbildung zulassen, bei der eventuelle individuelle Abweichungen des Originals nicht reproduziert werden können, zudem werden derartige Quellen als gegenüber Befunden weniger verlässliche Beschreibungen des historischen Originals beurteilt (vgl. Abs. 6.4.3.1). Nicht zuletzt dadurch ist für die Einhaltung wissenschaftlich-fachlicher Standards eine methodische historische beziehungsweise archäologische Aufbereitung und die Einbeziehung entsprechender Kompetenzträger nötig (vgl. Abs. 6.3.2.3, 6.4.3.3, 6.4.3.1). Daneben fand in den untersuchten Projekten auch eine Reihe aktueller Befunde Eingang, die Rückschlüsse auf eine historische Bausituation erlaubten. So sind eine topografische Situation oder ein Straßenraster selbst über längere Zeiträume zumeist nur geringen Änderungen unterworfen (Herzog 2013).

Auch mit Blick auf das im folgenden Absatz thematisierte Modellerstellungsvorgehen ist daneben die Frage relevant, zu welchem Zeitpunkt Quellen in ein 3D-Rekonstruktionsprojekt einbezogen werden. Eine generelle und für alle Projekte zutreffende Empfehlung hinsichtlich des Vorgehens lautet, vor Rekonstruktionsbeginn die Befundlage zu klären (vgl. Abs. 6.4.3.1). Trotzdem war zu Projektbeginn in allen der beobachteten Projekte nur ein Teil der in die Rekonstruktion letztlich einbezogenen Quellen verfügbar und aufbereitet. Während der Projektlaufzeit kamen neue Informationen und Befunde hinzu. Dies ließ sich darauf zurückführen, dass die für eine weitere Quellenarbeit nötigen Ressourcen erst während der Projektlaufzeit zur Verfügung standen. Daneben ist ein derartiges iteratives Vorgehen einerseits ein wichtiger Katalysator des Forschungsprozesses, da erst im Zuge einer Modellierung Konsistenzprobleme der Quellen sichtbar oder durch die Anforderungen an Quellenbedarfe absehbar werden. Andererseits bedingte ein derartiges Vorgehen in der Praxis eine Vielzahl ungeplanter und ressourcenintensiver Änderungen (vgl. Abs. 6.4.3.1 und 6.3.2.3). Eine damit verbundene Empfehlung stellte in zwei der Projekte dar, einen Redaktionsschluss für die Einbeziehung weiterer Quellen zu setzen.

6.5.3.4 Modellerstellungsvorgehen

Wie im vorigen Abschnitt 6.5.3.3 angemerkt, bildet die Aufbereitung und Strukturierung des Quellenmaterials als Datenbasis für die Modellierung des darzustellenden Sachverhaltes eine wesentliche Grundvoraussetzung für die Modellerstellung. Dies umfasst einerseits die Digitalisierung und Einbringung des Quellenmaterials in eine Modellierungssoftware, andererseits die logische Organisation und Segmentierung des 3D-Modells (vgl. Abs. 6.4.4.1).

[513] Diesbezüglich einführend: KNELL, H.: Vitruvs Architekturtheorie. Versuch einer Interpretation, Darmstadt 1985.

Aus Sicht der Praxis empfiehlt es sich, in einem ersten Arbeitsschritt eine räumliche und zeitliche Sortierung und Verortung der vorhandenen Quellinformationen beispielsweise in Generalplänen vorzunehmen (vgl. Abs. 6.4.4.2). Eine darüber hinausgehend als ideal beschriebene Voraussetzung für die Modellierung stellt die Zusammenführung aller relevanten Quellen und Befunde in einem digitalen 2D-CAD-Plan durch den geschichtswissenschaftlichen Bearbeiter dar. Diese ermöglicht eine unmittelbare Übertragbarkeit der Angaben in ein 3D-Modell und reduziert damit potenziell den Interpretations- und Korrekturaufwand des 3D-Modells (vgl. Abs. 6.5.1.2). Voraussetzung dafür ist jedoch die Verlagerung geschichtswissenschaftlicher Forschungsarbeit auf den Erstellungsprozess des 2D-CAD-Plans sowie die in Absatz 6.4.5.2 thematisierte Notwendigkeit zur CAD-Softwarebeherrschung.

Neben der Aufbereitung und Organisation des Quellenmaterials soll im Folgenden die Strukturierung des digitalen Modells thematisiert werden. Dieser Aspekt wird in der Forschungsliteratur häufig thematisiert, wobei die in der Literatur beschriebenen Strukturierungsschemata zumeist generisch angelegt und als solche entweder auf eine breite Zahl archäologischer Sachverhalte oder – unabhängig von einer Fachdisziplin – auf spatiale Modelle im Generellen übertragbar sind.[514] Segmentierungsschemata greifen zumeist auf bestehende Taxonomien für die jeweiligen Objekte, wie beispielsweise für eine Strukturierung von Säulenanordnungen, sowie auf deren funktionale Bestandteile wie beispielsweise Säulenfuß, Kapitel oder Archetraf zurück (Manferdini, Remondino et al. 2008). Ähnlich fand auch in den beobachteten Projekten eine Aufteilung der Modelle anhand räumlicher, zeitlicher, funktionaler und modellorganisatorischer Aspekte des jeweiligen Modellierungsgegenstandes statt (vgl. Abs. 6.4.4.1). Häufig stellten derartige Segmentierungen wie beispielsweise eine Aufteilung in Einzelgebäude oder Stadtareale in der Projektpraxis die Grundlage für eine Arbeitsteilung zwischen einzelnen Modelleuren dar. Eine damit verbundene Empfehlung lautet daher, für die Projektbearbeitung bereits in einem frühen Stadium eine Modellsystematik und -struktur ebenso wie eine einheitliche Nomenklatur (vgl. Matini und Ono 2010, S. 434) zu entwickeln, zu dokumentieren und einzuhalten (vgl. Abs. 6.4.4.1). Wie bereits in Absatz 6.5.3.3 ausgeführt, änderte sich in den untersuchten Praxisprojekten im Zuge der Projektbearbeitung häufig die Quellengrundlage, was eine Modellanpassung erforderte. Ein wesentliches Kriterium einer Modellstrukturierung sollte daher die einfache Find- und Editierbarkeit von Modellbestandteilen sein (vgl. Abs. 6.4.4.1).

Entwicklung eines Modellierungsworkflows

Als digitale Werkzeuge für die manuelle Modellerstellung kamen in den untersuchten Projekten zur 3D-Modellerstellung vorrangig CAD- und Animationsprogramme zum Einsatz

[514] Beispielhaft für generische archäologische Strukturierungsschemata: GONZALEZ-PEREZ, C., MARTÍN-RODILLA, P. und BLANCO-ROTEA, R.: Expressing Temporal and Subjective Information about Archaeological Entities, 41st Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology Conference 2013, Perth 2013.

(vgl. Abschn. 2.5.2). Wie bereits im Zuge der Darstellung von Modellierungstechniken in den Abschnitten 3.4.2 sowie 5.3.2 ausgeführt, erfolgte die eigentliche Modellerstellung in den untersuchten Projekten zumeist anhand bildlichen Ausgangsmaterials. Während die technischen Parameter und die Softwaregrundlage für eine Modellierung projektübergreifend ähnlich waren, hing ein individuelles Modelliervorgehen in starkem Maße von der Quellenlage und deren Erschließungsniveau sowie von den individuellen Vorkenntnissen und Fertigkeiten des bearbeitenden Teams ab. Dabei lassen sich mit Blick auf die Praxisprojekte keine eindeutigen Voten ableiten, welches technische Vorgehen zu bevorzugen ist und ob das Modellierungsvorgehen bereits vor Projektbeginn oder erst über die Modelllaufzeit entwickelt werden sollte (vgl. Abs. 6.4.4.3). Jedoch scheint es gerade mit Blick auf die Erfahrungen der Projekte empfehlenswert, einen Modellierungsworkflow auch im weiteren Prozess periodisch und konsequent zu überprüfen sowie gegebenenfalls zu korrigieren.

Entwicklung von Kontrollstrategien

Eng mit dem Modellierungsprozess verknüpft sind die aus theoretischer Perspektive bereits in Abschnitt 3.3.4 thematisierten Fragen nach Qualitätskontrolle und Qualitätsmanagement. Formale Ansätze einer Qualitätskontrolle (vgl. Abs. 3.3.4.1) stellten in den untersuchten Projekten zum einen die Einberufung externer Gremien, wie beispielsweise Expertenrunden oder eines Beirates, zum anderen die interne Qualitätssicherung, beispielsweise mittels Audits oder eines Qualitätsbeauftragten, dar (vgl. Abs. 6.4.5.4.1).[515] Qualitätsurteile wurden zumeist durch formale Expertise und nachgewiesene Kompetenz (Palazzolo 2005, S. 752 f.) legitimiert. Ein Kontrollvorgehen entwickelte sich in allen Projekten erst über die Zeit und blieb hinsichtlich konkreter Aspekte und Kriterien einer Kontrolle häufig – wie im Absatz 6.5.4.1 noch ausgeführt – zumindest in Teilen implizit. Ebenso waren derartige Strategien zumeist auf die geschichtswissenschaftliche Modellqualität beschränkt (vgl. Abs. 6.4.5.4.3), während Prüfungen technischer Aspekte des Modells vermutlich primär innerhalb der Modelleursgruppen thematisiert sowie ggf. durchgeführt und bis auf eine Ausnahme nicht dokumentiert wurden. Neben der Einrichtung von Kontrollgremien wurde in allen Projekten der Versuch unternommen, die Modelleure durch Wissensvermittlung zum inhaltlichen Gegenstand und Vorgehen zu einer Bewertung und Selbstkontrolle bereits während der Erstellung anzuleiten (vgl. Abs. 6.4.5.2, auch Matini und Ono 2010, S. 439). Die Wirksamkeit dieser Strategie wurde – wie in Absatz 6.5.5.3 noch ausgeführt – von den Befragten als eher gering bewertet.

[515] Ein in der Forschungsliteratur beschriebener Ansatz zur Erhöhung von Ergebnisqualitäten empfiehlt darüber hinaus, zur systematischen und umfassenden Prüfung Personen die Funktion eines Widerparts („Dissenter“) zuzuschreiben, deren Aufgabe als *advocatus diaboli* die systematische Suche nach Schwächen sowie die Einbeziehung von „minor opinions“ ist. Nach: PARK, G. und DESHON, R. P.: A multilevel model of minority opinion expression and team decision-making effectiveness, in: Journal of applied psychology 95 (2010), S. 824-833, S. 831.

Ebenso spiegelt sich die im vorhergehenden Untersuchungsschritt aufgestellte Hypothese (vgl. Abschn. 6.1), dass existierende Richtlinien und Vorgehensmodellen zur virtuellen 3D-Rekonstruktion nur in geringem Maße Einfluss auf das praktische Vorgehen besitzen, auch in den Befunden dieses Untersuchungsschritts wider. Während andere Projekte häufig als Inspiration und zur Abgrenzung des jeweiligen Vorhabens genutzt wurden (vgl. Abs. 6.4.2.1), wurde für keines der Projekte eine praktische Adaption von einschlägigen Richtlinien wie beispielsweise der Londoner Charta (vgl. Abschn. 4.3.4) thematisiert.

Ein in den untersuchten Projekten praktiziertes Vorgehen zur Qualitätsbeurteilung erfolgt im folgenden Abschnitt im Zuge der Betrachtung von Wissensaspekten im Arbeitsprozess.

6.5.4 Wissensphänomene und wissensbezogene Strategien

In diesem Abschnitt werden in den Fallstudien sichtbar gewordene wissensbezogene Phänomene und Handlungsstrategien vorgestellt. Diesbezüglich wurden bereits im Zuge der theoretischen Betrachtung in Abschnitt 3.2 die große Bedeutung von Wissensaspekten für eine Erklärung von geschichtswissenschaftlichen 3D-Rekonstruktionsvorhaben sowie die damit verbundene Bandbreite potenziell relevanter Erklärungsansätze angesprochen. Im Folgenden vorgestellt und kontextualisiert wird eine Reihe von Befunden aus den untersuchten Praxisbeispielen zur Entscheidungsfindung (vgl. Abs. 6.5.4.1) im Arbeitsprozess der 3D-Rekonstruktion. Eine mit Blick auf den wissenschaftlichen Kontext von 3D-Rekonstruktionen wesentliche und in Absatz 6.5.4.2 thematisierte Frage lautet, wie nachhaltig die wissenschaftlichen Erkenntnisse derartiger Rekonstruktionen sind und wie diese in einen wissenschaftlichen Diskurs eingebracht werden. Mit Blick auf die eingangs in Abschnitt 6.1 formulierte Hypothese, dass eine zielgerichtete und systematische Entwicklung von Funktionsabläufen und Kooperationsstrategien in der Projektpraxis eine nur geringe Priorität besitzt, lässt sich festhalten, dass sich derartige Strategien in den untersuchten Praxisprojekten zumeist anhand von Erfahrungswissen entwickelten – wobei mittels der in den Absätzen 6.3.2.1 und 6.4.5.2 thematisierten Lernstrategien und Vorprojekte in den Vorhaben Räume für eine Entwicklung und Erprobung von Abläufen und Strategien eingeplant waren. Darüber hinaus wurde eine gezielte Strategieentwicklung wie im Beispiel der Kommunikationsprobleme im Projekt P2 jedoch zumeist nur in Folge sich ergebender Schwierigkeiten betrieben (vgl. Abs. 6.4.5.1).

6.5.4.1 Entscheidungen

Eine Modellerstellung ist das Resultat von vielfältigen Entscheidungsprozessen. Damit geht einher, dass sowohl Gestaltungs- und Modellierungsprobleme als auch geschichtswissenschaftliche Fragestellungen weder ein diskretes Set an Freiheitsgraden aufweisen noch einfach anwendbare Standardprozeduren zur Lösung existieren (vgl. Abschn. 3.4.3 und 3.4.4). Als Folge werden Entscheidungen von allen Beteiligten zumeist approximativ (Simon 1990, S. 17) getroffen. Diesbezügliche Erklärungsmodelle wurden im Kontext der theoretischen Darlegung visueller Arbeitstechniken in Absatz 3.2.3.2 sowie in Abschnitt 3.3.5 vorgestellt.

Visuelle Entscheidungsfindung

Während eine Entscheidungsfindung für modelltechnische Aspekte in den untersuchten Praxisprojekten selten thematisiert und von den Beteiligten vermutlich nicht als problematisch wahrgenommen wurde, weisen die Befunde an vielen Stellen auf Schwierigkeiten und die lange Dauer geschichtswissenschaftlicher Korrekturprozesse hin. In einer ersten Betrachtung zu Entscheidungen und Entscheidungsprozessen werden im Folgenden einige grundsätzliche Erwägungen zur Entscheidungsfindung in 3D-Rekonstruktionsprojekten thematisiert. Wie bereits im Zuge des vorangegangenen Untersuchungsschritts als Hypothese formuliert (vgl. Abschn. 6.4.5.3), spielen visuelle Entscheidungsprozeduren eine wichtige Rolle für die geschichtswissenschaftliche Bewertung. Ein zentrales Dilemma stellt dabei dar, dass Geschichtswissenschaftlern die Bewertung eines Lösungsansatzes in vielen Fällen erst anhand des optischen Eindrucks im 3D-Modell möglich ist (vgl. Abs. 6.4.3.1). Die Bewertung erfolgte in den untersuchten Projekten ebenso wie die Vorgabe von Varianten zumeist durch die geschichtswissenschaftlichen Fachexperten, wobei in diesem Prozess neben *explizitem* Wissen um Vergleichsbeispiele häufig *implizites* Wissen wie beispielsweise ein Gefühl für Proportionen und Freiheitsgrade des Baustils eine wichtige Rolle spielten (vgl. Abschn. 3.2.1, 3.2.7 sowie Abs. 6.4.5.3 und 6.4.5.4).

Als Grundlage für die hinsichtlich ihrer organisationalen Strategien bereits im vorherigen Absatz 6.5.3.4 ausgeführten inhaltlichen Qualitätskontrollen der erstellten Modelle durch Experten spielten vor allem Modellabbildungen eine wichtige Rolle. Bereits ausgeführt wurde die diesbezügliche Präferenz, berechnete (*gerenderte*) Darstellungen für eine Qualitätsbeurteilung zu verwenden (vgl. Abs. 6.4.5.4.2). Die Nutzung von Bildern zur Qualitätsbeurteilung deckt sich mit der Einschätzung von Piontkowski et al., dass „[t]extbasierte […] Medien untauglich zur effektiven Durchführung von Urteils- und Entscheidungsaufgaben [sind].“, (Piontkowski, Böing-Messing et al. 2003, S. 66).

Eine diesbezügliche Fußnote sei angemerkt, dass in allen Projekten und von allen Beteiligten perspektivische Darstellungen für eine Beurteilung von Resultaten bevorzugt wurden. Aus der Perspektive eines professionellen Sehens knüpfen derartige „natürliche“ (Tversky 2002, S. 111) Darstellungen unmittelbar an die gewohnte Darstellungswelt an und ermöglichen dabei einen „gewohnten“ Arbeitsfluss professionellen Sehens als Abfolge impliziter und reflexiver Wahrnehmungs- und Bewertungsprozesse (Styhre 2010, S. 438 ff.)[516] ebenso wie einfache mentale Vergleichsprozesse („same-different judgements“) (Tversky 2005, S. 212). Dabei unterscheidet sich jedoch der für eine Bewertung benötigte Grad einer „Perceived Finishedness“ (Bresciani 2010, S. 42 ff.). In den praktischen Befunden wurde einerseits

[516] Beispielhaft für derartige Prozesse visueller Beurteilung führt Gooding aus: „[…] transformations involve first abstracting features from perceptually complex ‘raw’ phenomena in order to identify features and relationships between them.”, aus: GOODING, D. C.: Cognition, Construction and Culture. Visual Theories in the Sciences, in: Journal of Cognition and Culture 4 (2004), S. 551-593, S. 555.

angemerkt, dass eine Darstellung für die Beurteilung durch Geschichtswissenschaftler tendenziell wenig abstrakt sein sollte (vgl. Abs. 6.4.5.4.2). Einen diesbezüglichen Erklärungsansatz liefern die Studien von Shepard und Metzler, nach denen eine mentale Abstraktionsfähigkeit mit dem Grad der Erfahrung mit derartigen Darstellungsformen steigt (Tversky 2005, S. 212 f.). Andererseits wurden unfertige Modellpassagen auch von den Modelleuren nur ungern präsentiert. Als Konsequenz beider Verhaltensweisen wurden angedachte Änderungen im 3D-Modell häufig bereits für eine Voransicht und Beurteilung in hoher Qualität, aber auch mit großem Aufwand im Modell umgesetzt.

Mit Blick auf das Vorgehen erfolgte die Qualitätsbeurteilung mithilfe von Bildern häufig komparativ, beispielsweise durch die Gegenüberstellung von historischer Bildvorlage und Modellabbildung oder durch ein Abmessen beziehungsweise Abschätzen von Maß- und Verhältniszahlen direkt am Bild. Dazu wurden in allen Projekten Modellansichten und zumeist historische Ansichten nebeneinander angeordnet oder überlagert, wobei als Vergleichsmedien daneben auch Skizzen, Scans, Fotografien oder auch Satellitenbilder einer aktuellen Bausituation herangezogen wurden. Um die Qualität gut beurteilen zu können, wurden in den Praxisprojekten als Basis sogenannte *Weißmodelle* empfohlen – perspektivische Ansichten des Modells ohne Texturen (vgl. Abs. 6.4.5.4.2).

Während Bilder in dieser Funktion vor allem eine „Bewertungshilfe“ (Sachse 2002, S. 44) des 3D-Modellierungsergebnisses darstellen, dienten Skizzen und visuelle Elemente auch als Entscheidungshilfe. Ein Praxisbefund ist, dass bei unklaren Quellenbefunden ein erster Modellentwurf als „Diskussionsgrundlage“ mitunter die Entscheidungsfindung unterstützt (vgl. Abs. 6.4.4.3, auch Gooding 2004, S. 556.). Ein solcher Stimulus wissenschaftlicher Denkprozesse lässt sich beispielsweise anhand der Theorien zu Entscheidungsprozessen erklären (vgl. Abschn. 3.3.5). Mit Blick auf die in diesem Abschnitt bereits ausgeführten professionsabhängigen Sehgewohnheiten sowie die Untersuchungen von Goodwin (Goodwin 1994, S. 5 ff.) ist zu vermuten, dass Geschichtswissenschaftler und Archäologen Sachverhalte bevorzugt anhand einer visuellen Wahrnehmung beurteilen.

Ein weiteres in den Projektsitzungen beobachtetes und in Absatz 6.4.5.4.3 ausgeführtes Phänomen stellte dar, dass aufgrund der intensiven Beschäftigung mit einzelnen Bereichen in einer Abbildung häufig Korrekturbedarfe in unmittelbarer Nähe ausgemacht werden. Einen Erklärungsansatz dafür liefern sowohl die in Absatz 3.2.3.1 ausgeführte Gestalttheorie als auch die in Abschnitt 3.2.1 thematisierten Ansätze des impliziten Wissens. Dabei besagt das Gesetz der Nähe, „dass dicht beieinander liegende Objekte als Gruppe gesehen [werden].“ [517] Bei Konzentration auf „einzelnen Merkmale einer komplexen Einheit“ erlischt nach Polanyi die „Vorstellung von dieser Einheit.“, (Polanyi 1985, S. 25 zit. n. Kosz 2007,

[517] Wortlaut nach: DEGEN, M., RIEMEN, R. und SCHULZ, M. o. D. Kapitel 4. Perception - Wahrnehmung (Präsentation) [Online]. Bielefeld, http://www.uni-bielefeld.de/psychologie/ae/Ae01/hp/ansorge/researchII.html, besucht am 10. 1. 2014; Nach: METZGER, W.: Gesetze des Sehens, Frankfurt a. M. 1953, S. 22.

S. 40).[518] Nicht zuletzt aus diesem Grund stellt der zyklische Wechsel beziehungsweise die „Skalierung“ zwischen Global- und Detailwahrnehmung eine wesentliche Strategie des Architekturentwurfsvorgehens dar (Yaneva 2005).

Kooperative Strategien der Entscheidungsfindung

Während damit vor allem die Bedeutung visueller Medien für eine Entscheidungsfindung zu primär geschichtswissenschaftlichen Aspekten beleuchtet wurde, stellt sich für eine weiterführende Betrachtung die Frage, wie sich Aspekte interdisziplinärer Kooperation im Kontext der Entscheidungsfindung widerspiegeln.

Kompetenzbereiche

Eine wichtige Rolle für den Arbeitsprozess spielt die Aufteilung von Entscheidungskompetenzen und -hoheiten, wie sie beispielsweise im Rahmen von *Transaktiven Gedächtnissystemen* ausgeführt wurde (vgl. Abs. 3.2.5.3). Derartige Kompetenzbereiche grenzen sich zumeist aufgrund einer besonderen fachlichen Befähigung oder Befähigungszuschreibung einer Person oder Institution, beispielsweise durch eine disziplinäre Herkunft oder individuelle und nachgewiesene Expertise in Bezug auf einen Gegenstand, ab (vgl. Abs. 6.4.5.3.2). In der Projektpraxis erfolgte die Kompetenzteilung insbesondere mit Blick auf die in Absatz 6.4.3.3 ausgeführten Aufgabenarten einerseits organisational zwischen Leitungs-, Koordinations- und Erfüllungsaufgaben, andererseits inhaltlich zwischen geschichtswissenschaftlichen Bearbeitern und Modelleuren. Dass gerade die Bildung derartiger inhaltlicher Domänen nicht ausschließlich durch fachliche Kompetenz beeinflusst wird, zeigt sich beispielsweise mit Blick auf die ästhetische oder didaktische Gestaltung, auf die häufig von verschiedenen Seiten Einfluss genommen wird (vgl. Abs. 6.4.5.3). Die eigentliche Herstellung des virtuellen Modells erfolgte durch die jeweiligen Modelleure, wobei für die geschichtswissenschaftlichen Bearbeiter eine Übersetzung von Vorgaben in konkrete Modellierungsentscheidungen durch die Modelleure mitunter nicht transparent (vgl. Abs. 6.4.5.3.2) war. Jedoch wurde in den begleiteten Projekten davon ausgegangen, dass die Entscheidungshoheit des Modelleurs zur Umsetzung von Änderungen ohne Folge für eine geschichtswissenschaftliche Qualität blieb und ein Großteil der Fehler im Modell durch die in Absatz 6.4.5.4 thematisierten Kontrollmechanismen aufgedeckt und nachfolgend behoben wurde (vgl. Abs. 6.4.5.3.2).

---

[518] Im Wortlaut: „Wenn man die einzelnen Merkmale einer komplexen Einheit beziehungsweise Gestalt aus zu großer Nähe betrachtet, so erlischt ihre Bedeutung und unsere Vorstellung von dieser Einheit.“ Zitiert nach: KOSZ, A.: Wissenschafts- und erkenntnistheoretische Grundlagen des Wissensmanagements. Michael Polanyis Konzept des ‚Tacit Knowing‘ (Diplomarbeit), Eisenstadt 2007, S. 40, originär aus POLANYI, M.: Implizites Wissen, Frankfurt a. M. 1985, S. 25. Ähnlich: „(1) Implizites Wissen einer kohärenten Entität stützt sich auf unser Gewahrwerden der einzelnen Merkmale dieser Entität, um sich dieser letzteren zuzuwenden. (2) Schalten wir dagegen unsere Aufmerksamkeit auf die einzelnen Merkmale um, so verlieren diese ihre Funktion als einzelne Merkmale, und die Entität, der unser Interesse galt, entzieht sich uns.“, aus: ebd., S. 37.

Kooperative Entscheidungsfindung

Dabei hat es sich in den untersuchten Projekten mit Blick auf den Gesamtaufwand bewährt, Entscheidungen in geeigneter Skalierung aktiv zu kommunizieren und auf eine breite Basis zu stellen (vgl. Abs. 6.4.5.3.2). Trotz der beschriebenen Vorteile einer breiten Entscheidungsbasis und umfangreichen Kommunikation von Entscheidungen ist ein solches Vorgehen nach Einschätzung der Beteiligten aufgrund des zeitlichen Aufwandes und der nötigen Abstimmung nur bis zu einem bestimmten Grad sinnvoll. Wichtig erscheinen daher die Vermittlung eines generellen Problembewusstseins sowie eine Definition von *Trading Zones* (vgl. Abs. 3.1.2.3), als Strategien und Regeln, die festlegen, welche Entscheidungen kommuniziert und kollektiv beziehungsweise von übergeordneter Stelle gefällt werden müssen.

Gleichberechtigung?

Projektinitiatoren und formale Leiter aller Arbeitsgruppen waren mit Ausnahme der Projekte P2 und P4 akademische Professoren. Mit Blick auf den Mitarbeiterstab waren die geschichtswissenschaftlichen Bearbeiter der Projekte formal zumeist höher als die gestalterischen oder technischen Mitarbeiter qualifiziert (vgl. Abs. 6.4.3.2). In der Praxis lag daher die Entscheidungshoheit zumeist bei den geschichtswissenschaftlichen Bearbeitern. Damit verbunden ist die Frage, inwiefern es sich bei derartigen Vorhaben um interdisziplinäre Kooperation als gleichberechtigte wissenschaftliche Zusammenarbeit (Defila und Giulio 1999, S. 6, vgl. auch Abschn. 2.2.2) handelt, was in Abschnitt 7.2.2 nochmals thematisiert werden soll.

Mit Blick auf die einer 3D-Rekonstruktion zugrunde liegenden vielfältigen Entscheidungsprozesse sowie die zumeist visuellen Ergebnisse der Projektarbeit ist festzuhalten, dass „das Bild als Medium […] in höchstem Maße von der Subjektivität seines Autors oder beziehungsweise und der seines Auftraggebers bestimmt ist“ (Rademacher 1988, S. 26, vgl. auch Abs. 3.2.3.3). Damit eng verbunden ist die Frage, wer der wissenschaftlich verantwortliche Autor (vgl. Abschn. 3.2.2) der entstandenen Rekonstruktionsergebnisse ist. Mit Blick auf die Grundannahme, dass ein Rekonstruktionsergebnis das Resultat einer komplexen Reihe von Entscheidungs- und Abstimmungsprozessen darstellt, ist zu vermuten, dass das Ergebnis Beiträge und Einflüsse unterschiedlicher Akteure enthält (vgl. auch Abschn. 3.2.2).

Entscheide durch Expertenvotum

Generell stellt die Begutachtung durch ausgewiesene Experten ein Qualitätssiegel für ein Vorhaben aus, das dieses zum einen nach außen, aber auch ein Votum in der internen Entscheidungsfindung schwer angreifbar macht. Bei Konflikten innerhalb eines Teams stellt zudem die gewünschte Überparteilichkeit bei der Entscheidungsfindung ein wichtiges Argument für die Einbeziehung externer Experten dar (vgl. von Rosenstiel, Molt et al. 2005, S. 241 ff.). Eine Schwierigkeit besteht jedoch darin, dass Spezialisten zunächst identifiziert

werden müssen und fachliche Meinungen nicht zwingend unumstritten sind. Zudem bringen derartige Personen eigene Vorstellungen und Anforderungen in das Projekt ein.

6.5.4.2 Wissenschaftliche Nachhaltigkeit

Ein mit Blick auf die Diskursfähigkeit generelles Problem stellt die Nachhaltigkeit der einzelnen Projekte dar. Dies betrifft technische Aspekte wie die Archivierung und Nachnutzung von Daten, in ungleich stärkerem Maße jedoch die Beibehaltung und Verfügbarmachung von Know-how und Wissen.

Für eine diesbezügliche Betrachtung scheint wesentlich, dass für die untersuchten Projekte eine konkrete Nachnutzung in der Planung zumeist nicht berücksichtigt wurde (vgl. Abs. 6.4.6.2).[519] Mit Blick auf die zu Beginn dieses Kapitels in Abschnitt 6.1 formulierte Hypothese kamen einer Anknüpfbarkeit und Dokumentation eines Rekonstruktionsvorgehens auch im Projektprozess (vgl. Abs. 6.4.5.5) mit Ausnahme des im Projekt P3 diesbezüglich expliziten Forschungsinteresses nur geringe Bedeutung zu.

Wie bereits in Absatz 6.5.3.2 ausgeführt, kam es in der Praxis nur in zwei der Projekte zu einer weiteren Nachnutzung und späteren Pflege der erstellten Modelle. Ebenso wurden die erstellten 3D-Modelle nach Projektende sowohl in den untersuchten Projekten als auch in den untersuchten Publikationen nicht öffentlich verfügbar gemacht und stehen somit dem wissenschaftlichen Diskurs nicht zur Verfügung. Auch wenn mit Blick auf einen derartigen Befund die aktuelle Diskussion hinsichtlich des freien Zugangs zu Projektdaten (Deutsche Forschungsgemeinschaft 2012, S. 17 f.) im Untersuchungsgebiet wenig praxisnah erscheint, sollte als praktische Handlungsempfehlung – ungeachtet der Bereitstellung eines kompletten Datensatzes – zumindest ein Verweis auf Projekt und Ergebnisse geeignet publiziert werden, um der *Community* das erarbeitete Wissen verfügbar zu machen.

Ein Dilemma besteht darin, dass mit einer Dokumentation verbundene Zusatzaufwände gerade in Phasen höchster Projektaktivität nur ungenügend Beachtung finden (Schophaus, Dienel et al. 2003, S. 30). Als Konsequenz sollten 3D-Rekonstruktionsprojekte daher einfache und nicht mit Zusatzaufwänden verbundene Strategien zur Sicherung von Daten und Know-how entwickeln und in der Projektplanung berücksichtigen (vgl. Abs. 6.4.5.5). Dabei betrifft eine wesentliche Unterscheidung die Erstellung einer Dokumentation als Speicherhilfe von Informationen zur Unterstützung des Arbeitsprozesses sowie eine Dokumentation und Sicherung von Projektergebnissen für externe Nutzer. Aus der praktischen Projektarbeit lässt sich die dringende Empfehlung ableiten, insbesondere von Arbeitstreffen Sitzungsprotokolle anzulegen, die durch einen idealerweise ausschließlich mit dieser Funktion beauftragten

[519] Demgegenüber empfiehlt die Managementliteratur, auch ein Projektende kontrolliert zu absolvieren und zeitlich und mit Vorlauf zu planen sowie mit allen Beteiligten abzustimmen. Hierzu: TURNER, J. R.: The Handbook of Project-Based Management, London 1999, sowie: HAVILA, V., MEDLIN, C. J. und SALMI, A.: Project-ending competence in premature project closures, in: International Journal of Project Management 31 (2013), S. 90-99, S. 96 f.

Protokollanten ausgefertigt werden (vgl. Abs. 6.4.5.5). Neben einer derartigen Erfassung von Änderungen sollten in Protokollen auch nicht erfolgte Korrekturen dokumentiert werden (vgl. Abs. 6.4.5.4.3).

Mit Blick auf die Nachnutzung von Projektwissen führen beispielsweise Bartsch et al. aus, dass gerade der „temporäre Charakter und die Diskontinuitäten“ (Bartsch, Ebers et al. 2013, S. 246) einen Wissenstransfer von Projekten zur Organisation beziehungsweise Institution behindern. Einen Wissenstransfer befördern hingegen eine starke soziale Einbindung sowie die zeitliche Kontinuität von Projektmitarbeitern in Organisationen.

Mit Blick auf die Erstellungsprozesse von interpretativen 3D-Rekonstruktionen lässt sich eine Modellgenese nicht allein anhand der in einer Dokumentation enthaltenen Informationen reproduzieren (vgl. Abs. 6.4.5.5). Vielmehr ist die Offenlegung eines Entscheidungsbaums nötig, damit ein Projektvorgehen nachvollziehbar wird (Bentkowska-Kafel, Denard et al. 2012). Einen wichtigen Zugang zur nachträglichen Rekonstruktion von Projektabläufen stellen dabei sowohl die Beteiligten als auch die Produktions- und Kommunikationsartefakte dar (vgl. Abs. 6.4.5.5 und 6.4.6.2). Einen ähnlichen Ansatz schlägt Gooding vor, der von einer Rekonstruktion von Entstehungsprozessen anhand von (bildlichen) Artefakten spricht (Gooding 2010, S. 21). Auch wenn sich ein solches Vorgehen – wie im Rahmen dieser Arbeit praktiziert – als sehr aufwendig erweist: Es macht die Entscheidungsprozesse im Rahmen der der Modellgenese zumindest zu Teilen nachvollziehbar und transparent.

Das Ergebnis der Rekonstruktionsprojekte wurde in allen untersuchten Projekten fast ausschließlich in Form von Modellvisualisierungen veröffentlicht und damit in den wissenschaftlichen Diskurs eingebracht. Entsprechend orientiert sich der aktuelle wissenschaftliche Diskurs zumeist an einer losgelösten Betrachtung von 3D-Visualisierungen als objektivem Ergebnis eines 3D-Rekonstruktionsprozesses, während Artefakte wie beispielsweise Skizzen nicht als integraler Bestandteil eines Wissenschafts- oder Arbeitsprozesses anerkannt und kommunizierbar sind (Sachse 2002, S. 44). Ein solches – im Sinne der wissenschaftlichen Grundprinzipien stehendes – Vorgehen scheint mit Blick auf die Komplexität von 3D-Rekonstruktionsprojekten und die hinsichtlich eines Erstellungsprozesses geringe Aussagekraft dieser Resultate nur bedingt zielführend. Daher wäre eine grundsätzliche, in Abschnitt 7.2.4 noch untersuchungsübergreifend ausgeführte Empfehlung, in eine detaillierte wissenschaftliche Bewertung nicht nur die Visualisierungsergebnisse, sondern auch Akteure und Prozessartefakte einzubeziehen. Mit Blick auf die in diesem Abschnitt ausgeführte Kontextualisierung der Untersuchungsergebnisse soll die Frage nach Akteuren und Beteiligten der Rekonstruktionsprojekte die Überleitung zur Betrachtung organisationaler Rahmenbedingungen im folgenden Abschnitt bilden.

6.5.5 Organisationaler Rahmen der 3D-Rekonstruktionsprojekte

Bereits mehrfach ausgeführt wurde, dass es sich bei den untersuchten Rekonstruktionsvorhaben um Projekte handelt, und somit um eine temporäre, sowie ziel- und aufgabenbezogene Organisationsform professionellen Handelns (vgl. Abschn. 3.3.1). Für die folgende Betrachtung relevante Aspekte sind die Organisation der Vorhaben (Abs. 6.5.5.1) sowie der beteiligten Mitarbeiter (Abs. 6.5.5.2) ebenso wie von Merkmalen und Strategien von Lernprozessen (Abs. 6.5.5.3) und Kommunikation (Abs. 6.5.5.4).

6.5.5.1 Organisation

In den untersuchten Projekten waren zumeist bereits in einer Initialphase Kernkonsortium und der zu rekonstruierende Inhalt bekannt (vgl. Abs. 6.3.2.1 und Abschn. 6.4.2). Mit Blick auf eine Projektinitiierung scheint zudem bemerkenswert, dass neben einer zielgerichteten Recherche potenziell geeigneter Partner vor allem tendenziell wenig intensive und zufällige persönliche Kontakte beziehungsweise *weak ties* (vgl. Abs. 3.2.4.1) für die Findung eines solchen Kernkonsortiums ausschlaggebend waren (vgl. Abs. 6.4.2.1). Im Sinne des in Abschnitt 3.3.2 ausgeführten Promotorenmodells waren die Initiatoren aller größeren Projekte zumeist Professoren oder hochrangige Mitarbeiter der beteiligten Institutionen und damit sogenannte Machtpromotoren (Folkerts 2001, S. 147 ff.), die eine operative Koordination und Durchführung der untersuchten Projekte aber anschließend – bis auf eine Ausnahme – an Mitarbeiter delegierten. Zumeist blieben die Initiatoren jedoch auch während einer Projektbearbeitung als formale Projektleiter (vgl. Abs. 6.4.3.2 und 6.4.3.3) insbesondere für strategische Entscheidungen verantwortlich. Die anhand der Befunde der vorangegangenen Untersuchungsschritte aufgestellte Hypothese (Vgl. Abschn. 6.1), dass eine Projektstrategie primär über Treffen und Aushandlungsprozesse zwischen einzelnen Projektteilgruppen entwickelt wird, spiegelt sich daher nur zum Teil in den Befunden dieses Untersuchungsschritts wider. Daneben resultierte eine Reihe der in den untersuchten Projekten beschriebenen Probleme nicht zuletzt daraus, dass Leitungs- und Kontrollaufgaben sowohl bei den benannten Machtpromotoren als auch für die als Koordinatoren eingesetzten Prozesspromotoren nur ungenügend mit personellen und zeitlichen Kapazitäten untersetzt waren und Befugnisse sowie Kompetenzzuweisungen und Abstimmung fehlte. Aus zwei der untersuchten Projekte stammt die Empfehlung, derartige Aufgaben sowohl zeitlich als auch personell mit Befugnissen zu untersetzen (vgl. Abs. 6.4.3.3).

Die Organisation der Projekte erfolgte in allen untersuchten Fällen als *Matrix-Kooperation* (vgl. Abschn. 3.3.3) in Form von Kooperationsnetzwerken (Müller 2005, S. 1). Dabei wurden Mitglieder der Projektteams ausschließlich durch die beteiligten Institutionen abgeordnet oder für das Projekt eingestellt. Ebenso lagen sowohl Personalhoheit als auch Weisungsbefugnis bei den beteiligten Institutionen (vgl. Abs. 6.4.3.2 und 6.4.3.3). Gerade bei derartigen Organisationsformen ist für eine effiziente Projektbearbeitung ein organisationaler „fit“ des „Referenzrahmens aus Normen, Werten und Entscheidungsregeln“ der Projektbeteiligten wesentlich (Müller 2005, S. 203). Neben den Projektbeteiligten übten

eine ganze Reihe weiterer *Stakeholder* Einfluss auf Projektentscheidungen aus und waren zumindest in einigen Fällen, wie beispielsweise den in Absatz 6.4.5.3 geschilderten wissenschaftlichen Anforderungen des für eine Ausstellung der Resultate des Projektes P2 vorgesehenen Museums, maßgeblich für die Projektausrichtung.

6.5.5.2 Team

Mit Blick auf die in Abschnitt 3.3.1 thematisierte Arbeitsorganisation als Projektarbeit werden Gemeinschaftsbildung und „Wir-Gefühl“ in der Organisationstheorie als wichtiger Vorteil von Arbeitsorganisation in Teams gesehen (vgl. Bea und Göbel 2010, S. 417; Katzenbach und Smith 2003, S. 36). Dabei stellen neben der gemeinsamen, aufgabenbezogenen Wissensbasis nach Bakker insbesondere persönliche Beziehungen und Vertrauen (Bakker 2010, S. 18) wichtige und förderliche Elemente der Projektkooperation dar. In den untersuchten Projekten war ein derartiges *Community Building* nur zum Teil erfolgreich und korrelierte wesentlich mit einer „gemeinsam verbrachten Zeit“ und einer ähnlichen Sozialisation, beispielsweise mit Blick auf Alter oder disziplinäre Herkunft der Beteiligten (vgl. Abs. 6.4.3.3).

Anreize

Einen der Vorteile von Teamarbeit als Arbeitsorganisationsform stellt das tendenziell hohe Maß an intrinsischer Motivation sowie Gruppendynamik dar. Damit eng verbunden ist die Frage, unter welchen Bedingungen Akteure ihr Wissen in ein Projekt einbringen. Derartige Anreize umfassen zum einen Teamfaktoren wie Gleichberechtigung (Mowery, Oxley et al. 1996, S. 89), „relationship commitment“ und „relational norms“ (Chang, Yen et al. 2013, S. 260 f.). Daneben stellen ein hohes Maß an Teilhabe und die Vermittlung einer Projektvision einen Katalysator für starke intrinsische Motivation zur Mitarbeit dar (Pollack 2012, S. 884). Neben extrinsischen Anreizen wie beispielsweise einer Vergütung war die Arbeit in den Praxisprojekten auf allen Hierarchieebenen stark von intrinsischen Anreizen begleitet. So wird in fast allen untersuchten Praxisprojekten der Wunsch, etwas „gut abzuschließen“ (vgl. Abs. 6.4.3.2) aufgeführt. Befördert wurden derartige Motivationen in den untersuchten Projekten durch eine öffentliche Wahrnehmung der Ergebnisse ebenso wie durch gruppendynamische Prozesse wie zum Beispiel einen „gesunden“ Wettbewerb innerhalb des Teams (vgl. Abs. 6.4.3.2).

Der Effekt intrinsischer Motive und Motivationen unterschied sich in den untersuchten Projekten je nach Person deutlich. Während einige der Teamteilnehmer eine starke Bindung und ein überaus großes Engagement entwickelten, blieben die Leistungen bei anderen auf ein Mindestmaß beschränkt. Eine daran geknüpfte, jedoch praktisch in keinem der Projekte realisierte Empfehlung lautet, die Vergütung an die erbrachte Leistung zu koppeln (vgl. Abs. 6.4.3.5), was mit Blick auf Entlohnungsformen wie „Gruppenprämien“ als Katalysator einer wechselseitigen sozialen Kontrolle (Bea und Göbel 2010, S. 417) auch in der Managementliteratur vorgeschlagen wird. Aus struktureller Perspektive sollten insbesondere bei langjährigen Projekten im Laufe der Bearbeitung auch moderate

Änderungen der Personalstruktur erfolgen, ohne welche eine Intensität der Kooperation und damit einhergehend eine Effizienz des Vorhabens (Hage 2000, S. 78) sinkt.

Mitarbeiterakquise

Katzenbach und Smith verweisen vor dem Hintergrund ihrer empirischen Untersuchungen zu Teamprozessen einerseits darauf, dass für die erfolgreiche Bearbeitung auch die nötigen fachlichen Kompetenzen in Arbeitsteams vertreten sein müssen (Katzenbach und Smith 1993, S. 115). Andererseits zählen bei der Personalauswahl für Teams zumindest bei längeren Zeitdauern weniger ein initiales Vorhandensein aller benötigter Kompetenzen, als vielmehr die individuellen Potenziale und die Bereitschaft der Personen zur Aneignung derartiger Kompetenzen (Katzenbach und Smith 1993, S. 115; Reich, Gemino et al. 2012, S. 672). Zudem ist festzuhalten, dass die untersuchten Projekte zum Teil durch fest angestellte, zum Teil durch temporär beschäftigte, häufig studentische Mitarbeiter bearbeitet wurden (vgl. Abs. 6.4.3.2). Nicht zuletzt stellen derartige Projekte im akademischen Kontext häufig auch Ausbildungsinhalte dar (vgl. auch Abschn. 5.3.5). Eine ähnliche Unterscheidung zwischen Kernteams und „peripheren“ Teams haben DeFillippi und Arthur (DeFillippi und Arthur 1998, S. 126) mit Blick auf eine – dort allerdings projektübergreifende – Teamstruktur in der Filmindustrie ausgemacht.

Die projektübergreifend verfolgte Personalstrategie, Schlüsselpositionen mit bereits beschäftigten und bewährten oder durch persönliche Kontakte und Fürsprache vermittelten Mitarbeitern (vgl. Abs. 6.4.3.2) zu besetzen, lässt ambivalente Ergebnisse erwarten. So sind diese Personen einerseits fachlich zumeist hochqualifiziert, in die jeweiligen Institutionsstrukturen eingebunden und dort „erprobt“.[520] Andererseits stellen interdisziplinäre Kompetenz oder Projektmanagementkompetenz nur in wenigen Fällen ein Kriterium für Personalentscheidungen dar. Häufig offenbarten sich diesbezügliche Kompetenzen oder aber deren Fehlen erst im Zuge der Projektbearbeitung. Dabei befördern diesbezügliche Fähigkeiten wie ein Überblick über Techniken des Wissensaustauschs sowie deren aktive Entwicklung insbesondere von Personen an Schlüsselstellen (Reich, Gemino et al. 2012, S. 672) eine Prozess- und Ergebnisqualität des gesamten Projektteams wesentlich. Bunderson und Sutcliffe weisen dafür empirisch eine bessere Eignung von Generalisten nach, da diese „besser abschätzen konnten, welche Informationen für die anderen Teammitglieder von Bedeutung waren und daher eher bereit waren, diese zu teilen“ (Steinheider und Bayerl 2003, S. 26, mit Verweis auf Bunderson und Sutcliffe 2002).[521]

---

[520] Ein ähnliches Phänomen einer hohen Abhängigkeit von Personalentscheidungen von positiven Erfahrungen bei vorangehenden Kooperationen beleuchten DeFillippi und Arthur für die Filmindustrie: DEFILLIPPI, R. J. und ARTHUR, M. B.: Paradox in project-based enterprise. The case of film making, in: California Management Review 40 (1998), S. 125-139, S. 134.

[521] Bunderson und Sutcliffe verweisen zudem darauf, dass multidisziplinäre Fähigkeiten in einer Teamarbeit einem hohen Spezialisierungsgrad überlegen sind. Aus: BUNDERSON, J. S. und SUTCLIFFE, K. M.: Comparing

6.5.5.3 Lernen

Dieses Vorgehen deckt sich mit anderen Befunden wie beispielsweise dem von Reich et al., dass zumindest bei Langzeitprojekten weniger die individuellen Vorerfahrungen („accomplished team members“) von Mitarbeitern als vielmehr der Wille „to engage in effective knowledge practice and [sharing]“ (Reich, Gemino et al. 2012, S. 672) entscheidend sind. Eine wichtige Komponente stellt dabei dar, dass der Erwerb von für die Arbeit erforderlichem Wissen und Können insbesondere bei Projekten mit geringer Vorerfahrung zumeist erst im Projektverlauf erfolgte (vgl. Abs. 6.4.5.2). In allen untersuchten Projekten spielten Wissensvermittlung durch Anleitung sowie Erfahrungs- und Selbstlernen eine wesentliche Rolle beim Wissenserwerb. Darüber hinaus zielten drei der Projekte mit geschichtswissenschaftlichen Schulungsangeboten auf eine Sensibilisierung der technischen Mitarbeiter für geschichtswissenschaftliche Aspekte und Kriterien ab (von Rosenstiel, Molt et al. 2005, S. 157 f.), wogegen umgekehrt die Sensibilisierung der geschichtswissenschaftlichen Mitarbeiter für technische Aspekte zwar durch die Praxisarbeit stattfand, jedoch nicht mit konkreten Schulungsformaten unterlegt war. Mit Blick auf die Wirksamkeit derartiger Maßnahmen besaß zumindest in den untersuchten Projekten die disziplinäre Prägung eine wesentliche Bedeutung für die Aneignung neuen Wissens (vgl. Abs. 6.4.5.2). Dabei spezialisierten sich sowohl die jeweiligen Arbeitsgruppen entsprechend ihrer Verantwortlichkeiten als auch wiederum einzelne Mitarbeiter innerhalb dieser Teams auf besondere Aspekte und Bestandteile eines Arbeitsprozesses wie beispielsweise eine Modellierung figuraler Elemente. Tendenziell deckt sich dies mit der Einschätzung von Peltokorpi, dass Lernprozesse in Arbeitsteams sowohl individuelle Spezialisierungen und einen Aufbau von Expertise umfassen als auch die Schaffung gemeinsamen Schnittstellenwissens (Peltokorpi 2008, S. 382, vgl. auch Abschn. 3.1.2). Ähnlich kann es sich nach Einschätzung der Projektbeteiligten mit Blick auf den für 3D-Softwares nötigen aufwendigen Kompetenzerwerb lohnen, statt einer gemeinsamen technischen Basis individuelle Softwareentscheidung zuzulassen (vgl. Abs. 6.4.3.4). Auch hier war die Schaffung von – in diesem Fall technischen – Schnittstellen eine wichtige Voraussetzung, für die in allen Projekten möglichst breit etablierte und für alle Beteiligten zugängliche Austauschformate zum Einsatz kamen (vgl. hierzu auch: Fernie, Francesco et al. 2008).

Viele der sich im Laufe der Projekte ergebenden Schwierigkeiten waren mit einem Mangel an interdisziplinärer Verständigung und interdisziplinärem Verständnis verbunden. Wichtige Elemente interdisziplinärer Kooperation sind beispielsweise der Aufbau „interdisziplinärer Kompetenz“ (Schophaus, Dienel et al. 2003, S. 25) und das Training von Gruppenaufgaben (Ulich 2005, S. 281 f.). Vor diesem Hintergrund verweisen Yuan et al. darauf, dass ein Zugang zu Expertise nicht nur das Wissen um einen Experten und dessen Fähigkeiten, sondern auch dessen „soziale Zugänglichkeit“ (Yuan, Carboni et al. 2010, S. 711) im Sinne einer Verwertbarkeit von Auskünften beziehungsweise Anknüpfbarkeit von Wissen (vgl. auch

---

alternative conceptualizations of functional diversity process and performance effects, in: Academy of Management Journal 45 (2002), S. 875-893, S. 32 f.

Abschn. 3.2, Einleitung) umfasst. Diesbezüglich wesentlich scheint insbesondere, Kommunikations- und Arbeitsschnittstellenwissen zu vermitteln. Dabei handelt es sich um ein „Wissen oder eine Dienstleistungsfertigkeit, die erforderlich ist, um Kooperation, Übersetzung und Verständigung zwischen verschiedenen Wissensbereichen zu ermöglichen“ (Schophaus, Dienel et al. 2003, S. 24). Schophaus et al. führen außerdem aus, dass unter ökonomischen Gesichtspunkten „nur so viel Grundwissen vermittelt werden [müsste], wie es das gemeinsame Bestimmen von Zielen und Lösungen benötigt“ (Schophaus, Dienel et al. 2003, S. 32), was sich auch mit den Praxisbefunden deckt, dass eine darüber hinausgehende umfassende Wissensvermittlung zu spezifischen epistemischen Besonderheiten anderer Disziplinen unter Umständen gar nicht nötig (vgl. Abs. 6.4.5.2) ist.

6.5.5.4 Kommunikation

Kommunikation stellte eine der wesentlichen Herausforderungen in den beobachteten Projekten dar. Wesentliche Phänomene umfassen dabei die Schaffung von Kommunikationsstrategien, die aufgrund der Projektkonstellation häufig bedingte Notwendigkeit zur Fernkommunikation sowie die Entwicklung einer gemeinsamen Verständigungsbasis.

Kommunikationsstrategien

Mit Blick auf Kommunikationsstrategien wurde in den Praxisprojekten empfohlen, generell besser zu viel als zu wenig zu kommunizieren und insbesondere außerhalb des Projektes stehende *Stakeholder* regelmäßig zu informieren (vgl. Abs. 6.4.5.6). Während diesbezügliche Strategien in den untersuchten Praxisprojekten mitunter erst im Laufe der Projektbearbeitung entwickelt wurden, lautet eine Empfehlung des Projektmanagements, bereits zu Projektbeginn gemeinsame und verbindliche Kommunikationsrichtlinien festzulegen (Project Management Institute 2004, S. 227).

Fern- und Präsenzkommunikation

Bereits ausgeführt wurde mit Verweis auf Hoegl und Proserpio (Hoegl und Proserpio 2004, S. A5), dass räumliche Nähe nicht nur das *Community Building,* sondern auch die Frequenz und Vielfalt des Informationstransfers zwischen den Projektmitgliedern erhöht. Auch in den untersuchten Projekten nahm die Häufigkeit von persönlichen Treffen bei geringerer Entfernung zu, wobei derartige Treffen hinsichtlich ihrer Dauer zumeist kürzer ausfielen (vgl. Abs. 6.4.5.6.1). Ein in zwei untersuchten Vorhaben beobachtetes Phänomen war, dass die Intensität der Kommunikation mit dem „Problemgehalt“ (vgl. Abs. 6.4.5.2) steigt. Dabei war räumliche Nähe nach Ansicht aller Beteiligten förderlich für die Arbeit, aber je nach Kommunikationsinhalt und Beteiligten unterschiedlich gut durch Fernkommunikation ersetzbar (Vgl. Abs. 6.4.5.6.1) – wobei in allen Projekten ein Rückgriff auf Fernkommunikationsmedien aufgrund der verteilten Arbeitsorte praktisch unvermeidlich war. Die Kommunikation mittels derartiger Techniken gestaltete sich insbesondere zwischen Akteuren mit einem ähnlichen fachlichen Hintergrund sowie bei einer geringen Komplexität

der Kommunikationsinhalte problemlos. Darüber hinaus wurden Fernkommunikationsmedien in allen Projekten zur Klärung insbesondere von operativen Fragen und Problemen sowie zur Datenübermittlung und -speicherung genutzt. Gerade im Projekt P3 war die Kommunikation durch die große räumliche Distanz zwischen den Projektbeteiligten, aber auch aufgrund deren unterschiedlicher kultureller Hintergründe von Schwierigkeiten geprägt. Eine diesbezüglich praktische Empfehlung lautet, bei interkulturellen Kommunikationsanforderungen strukturierte „Problemlisten“ von zu besprechenden Themen und Fragen aufzustellen und bereits im Vorfeld einer Besprechung zu übermitteln (vgl. Abs. 6.4.5.6.3).

Kodierung von Information in Text und Bild

Ein beobachtetes Phänomen bestand darin, dass sowohl in der Fernkommunikation als auch beim Verfassen von Protokollen von Sitzungen häufig ein *Dual Coding* (vgl. (Paivio 2006, S. 3) von zu übermittelnden Informationen sowohl in Bildern als auch Texten erfolgte (vgl. Abs. 6.4.5.6.4). Ähnliche Phänomene sind aus Bereichen kritischer Kommunikation bekannt, aus denen auch eine Reihe von Lösungsstrategien und -ansätzen stammt. Beispielhaft dafür sei auf die Prozeduren des *Readback* in der Luftfahrtkommunikation (Australian Transport Safety Bureau 2007, S. 7 f.) und auf die medizinische Notfallkommunikation (Peterson, Hacek et al. 2004, S. 802 f.) verwiesen, welche die Wiederholung einer Information durch den Empfänger vorsehen. Zudem wird in diesen Zusammenhängen auf die Bedeutung von leitfadenbasierten, strukturierten Kommunikationsmethoden zur Absicherung vollständiger Informationsübermittlung (Schmidt, Ramsauer et al. 2008) sowie die Bedeutung von kurzen und präzisen Anweisungen (Sexton und Helmreich 2000, S. 66) verwiesen.

Verständigung

Ein bereits in Abschnitt 6.5.4.1 ausgeführtes Phänomen interdisziplinärer Zusammenarbeit stellte die Notwendigkeit zur gegenseitigen Vermittlung komplexer, fachlicher Sachverhalte dar. In der Praxis sorgten dabei vor allem die unterschiedlichen Fachterminologien der beteiligten Mitarbeiter und Disziplinen (Vgl. Abs. 6.4.5.6.4) für Herausforderung. Eine in allen Praxisprojekten beobachtete Strategie bestand darin, Kommunikationsinhalte auf das Gegenüber und dessen angenommenes Interesse und Kompetenz abzustimmen. Ein derartiges Verhalten spiegelt sich auch in den Empfehlungen der Forschungsliteratur zur Projektarbeit wider, wonach Kommunikation „also requires that each individual is aware of everyone else's knowledge repertoire.“, (Grant 1996, S. 116).

Auch in diesem Kontext stellen Bildmedien ein wichtiges Hilfsmittel dar und befördern als *Kreolsprache* (Galison 1997, S. 831) den Austausch *mentaler Modelle* unter den Beteiligten. Dies beinhaltet simple und effiziente Arbeitsstrategien wie eine fotografische Dokumentation des gemeinsam erstellten Tafelbildes oder die Verwendung von grafischer Symbolik bei der Kommunikation von Änderungen. So bewährte es sich in allen Praxisprojekten, Kommentare direkt in Modellabbildungen zu zeichnen oder zu schreiben

(vgl. Abs. 6.4.5.6.4). Ein derartiges pragmatisches Kommunikationsverhalten ist keinesfalls neu und vielschichtig theoretisch fundiert. So liefern die bereits in Abschnitt 3.1.2 eingeführten Modelle der *Experten-Laien-Kommunikation* (Bromme, Jucks et al. 2004; Rambow 2007) und des *Common Ground* (Wilkes-Gibbs und Clark 1992) Erklärungsmodelle dafür, dass sich bei unterschiedlichen Wissensniveaus neue, basale Kommunikationsstrategien herausbilden. Zumeist sind auch Strategien zur interdisziplinären Verständigung nicht von Anfang an in den Projekten vorgesehen, sondern entwickelten sich im Lauf der Zeit und in Abhängigkeit von bestimmten Akteurskonstellationen. Wie in Abschnitt 3.1.2 dargelegt, ist für eine zielgerichtete Verständigung zudem die Entwicklung eines von den beteiligten Akteuren geteilten Kodierschemas notwendig. Als ideal für den Austausch erwies sich im Praxisprojekt P2 die bereits in Abschnitt 6.5.3 thematisierte Nutzung formalisierter Systeme wie CAD-Plänen der Konstruktionslehre. Jedoch erfordert die Nutzung eines derartigen vordefinierten und komplexen Schemas das Vorhandensein oder den Aufbau von Kompetenz, was unter – wie in Absatz 6.5.5.3 thematisiert – ökonomischen und praktischen Gesichtspunkten abzuwägen ist.

Mit Blick auf das eingangs dieser Arbeit in Abschnitt 1.4 dargelegte Untersuchungsdesign schließt die in diesem Kapitel vorgenommene Betrachtung von Fallstudien die empirische Betrachtung ab. Das folgende Kapitel führt abschließend die Befunde und Ergebnisse der einzelnen Teiluntersuchungen zusammen.

7 Zusammenführung der Untersuchungsergebnisse

In diesem Kapitel werden die Befunde und Ergebnisse der einzelnen Teiluntersuchungen zusammengeführt. Dabei wird in Abschnitt 7.1 zunächst beleuchtet, welche Antworten sich anhand der durchgeführten Untersuchung auf die eingangs in Abschnitt 1.3 aufgeworfenen Forschungsfragen geben lassen. Darüber hinaus werden in Abschnitt 7.2 einige untersuchungsübergreifend offenbar gewordene weiterführende Ableitungen vorgestellt. Nicht zuletzt beleuchtet Abschnitt 7.3 einige untersuchungsübergreifende disziplinäre Phänomene des Forschungsgebietes. Darüber hinaus formuliert Abschnitt 7.4 einige Kernthesen dieser Arbeit.

7.1 Beantwortung der Forschungsfragen

7.1.1 Identifikation von Einsatzszenarien und einer *Scientific Community*

In einem ersten empirischen Untersuchungsteil erfolgte in Kapitel 4 die Identifikation von Einsatzszenarien von geschichtswissenschaftlicher 3D-Modellierung ebenso wie die disziplinäre und nationale Verortung einer *Scientific Community* sowie die Identifikation diesbezüglicher Protagonisten und Diskursschwerpunkte anhand von Publikationen. Dabei wurden sowohl 3D-Rekonstruktion als auch 3D-Digitalisierung betrachtet.

Mit Blick auf die aktuelle Publikationslandschaft beschäftigt sich ein Gros der Projektdarstellungen mit der Digitalisierung noch existierender Inhalte. Nur ein vergleichsweise kleiner Teil der Projektdarstellungen stellt explizit interpretative 3D-Rekonstruktionen nicht mehr existierender oder hypothetischer Objekte in den Mittelpunkt. Gegenstand einer Nachbildung sind in erster Linie architektonische Strukturen und Bauwerke, zudem werden mitunter Kunstwerke digitalisiert. Die nachgebildeten Objekte befinden beziehungsweise befanden sich ursprünglich vor allem im Mittelmeerraum und werden vorrangig auf die Zeit nach Christi Geburt datiert, wobei insbesondere die römische Kaiserzeit, das Spätmittelalter sowie die Zeitgeschichte zeitliche Schwerpunkte darstellen. Evident ist die hinsichtlich Nationalität und disziplinärer Hintergründe heterogene Zusammensetzung der *Scientific Community*, wobei besonders häufig italienische Institutionen und der Fachbereich Informatik an den Publikationen beteiligt sind. Hinsichtlich der Kooperationsstruktur lassen sich sowohl mit Blick auf Institutionen als auch auf Einzelpersonen – im Kontext dieser Arbeit als *Multiplikatoren* bezeichnete – Akteure identifizieren, die strukturell als Bindeglied zwischen Autorengruppen beziehungsweise Autorennetzwerken fungieren. Auch wenn theoretische Untersuchungen zum Thema (vgl. Abschn. 3.2.4) dies vermuten lassen, erlauben Untersuchungsmethodik und Datenbasis dieser Arbeit keinen Nachweis, dass diese Akteure auch tatsächlich wichtige Bindeglieder des Informationsaustausches sind. Die ermittelten *Multiplikatoren* spiegeln nach Ansicht von befragten Experten eine Digitalisierungs-*Community* relativ gut wieder, lassen jedoch mutmaßlich wichtige Akteure sowohl aus dem Bereich der 3D-Rekonstruktion als auch aus Fachdisziplinen jenseits von Archäologie und *Cultural Heritage* vermissen. Dies ist insbesondere auf die Datenbasis zurückzuführen und lässt neben anderen Fehlerquellen die

Vermutung zu, dass ein Austausch zu Rekonstruktionsprojekten nur in geringem Maße in den als international bedeutsam geltenden Plattformen, sondern häufiger auf nationalen oder regionalen Podien stattfindet.

Mit Blick auf die in den Publikationen thematisierten Diskurse lässt sich festhalten, dass neue Technologien und Trends in prototypischen Anwendungen schnell aufgegriffen werden, während die in den Publikationen ebenfalls häufig thematisierte Überführung von 3D-Technologien ins Alltagsrepertoire historischer Disziplinen noch aussteht. Aktuell wird insbesondere die Entwicklung und Erforschung kostengünstiger und einfach zu bedienender Werkzeuge und Arbeitsabläufe beschrieben, schon länger und häufig thematisiert werden zudem Standards für Ergebnisqualität und -dokumentation. Während diese Themen gerade in Betrachtungen zum Forschungsgebiet häufig auftauchen, ist eine praktische Anwendung – mit Ausnahme der Verwendung von Metadaten zur Ergebnisdokumentation – über einzelne Prototypen hinaus deutlich seltener zu konstatieren. Zu der – vor dem Hintergrund der Fragestellung dieser Arbeit – besonders interessierenden Thematik interdisziplinärer Kooperation finden sich hingegen kaum Ausführungen.

7.1.2 Kategorien und Abläufe interpretativer Rekonstruktionsprojekte

In einem zweiten Untersuchungsschritt wurden anhand publizierter Projektdarstellungen interpretative geschichtswissenschaftliche 3D-Rekonstruktionsprojekte untersucht und damit verbundene Zielstellungen, Entstehungskontexte sowie Projektabläufe identifiziert. Mit Blick auf Entstehungskontexte ergab die Untersuchung, dass interpretative Rekonstruktionsvorhaben im Bereich der Geschichtswissenschaften meist arbeitsteilig von interdisziplinären Projektteams erstellt werden. Derartige Arbeitsteams setzen sich zumeist aus Geschichtswissenschaftlern und Modelleuren zusammen. Gerade bei akademischen Projekten bedingt dies zumeist eine interdisziplinäre Zusammenarbeit verschiedener Institutionen. Analog zu den Befunden der ersten Untersuchungsstufe hatten die in den Berichten beschriebenen Projekte ausschließlich eine Rekonstruktion von architektonischen Strukturen zum Ziel und eine zumeist mehrjährige Laufzeit. Als Zielstellungen werden am häufigsten die Untersuchung von Forschungsfragen sowie die Wissensvermittlung im Rahmen von Ausstellungen oder akademischer Lehre benannt, wobei die erstellten 3D-Modelle in vielen Projekten in mehreren Kontexten Verwendung finden. Ein genereller Modellierungsablauf beinhaltet dabei die Erstellung eines virtuellen 3D-Modells anhand von Quellen und Daten sowie unter Einbeziehung von Wissen mittels mehr oder minder automatisierter Modellierungsmethoden (Münster 2013b). Als Hauptergebnis werden in einer überwiegenden Zahl der Publikationen statische, bewegte oder interaktive Modellabbildungen beziehungsweise Visualisierungen erstellt. Im Vergleich zu Inhalten, Technologien sowie Ergebnissen nehmen Beschreibungen von Arbeits- und Kooperationsprozessen in den untersuchten Projektdarstellungen wenig Raum ein, wobei in diesen Fällen zumeist Arbeitsorganisation sowie die Faktoren einer Qualitätskontrolle dargestellt werden.

7.1.3 Entwicklung eines Prozessmodells und Darstellung von Phänomenen sowie Handlungsempfehlungen

Zielstellung eines dritten Forschungsschrittes stellte die Entwicklung eines Prozessmodells von Projektabläufen in 3D-Rekonstruktionsprojekten und eine Identifikation von diesbezüglichen Phänomenen sowie Handlungsempfehlungen anhand von Fallbeispielen dar.

Die dabei untersuchten Projekte hatten eine quellengetreue Rekonstruktion zum Ziel und unterscheiden sich damit beispielsweise von primär wirkungsorientierten Rekonstruktionen im Kontext beispielsweise von Film- und Computerspielproduktionen (Münster 2011c). Wie schon im vorherigen Abschnitt 7.1.2 ausgeführt, waren in eine Bearbeitung zumeist zwei Teilarbeitsgruppen mit jeweils geschichtswissenschaftlicher sowie modellierungstechnischer Aufgabenstellung involviert. Mit Blick auf die Kooperationsform waren diese Arbeitsgruppen dabei „loosely coupled systems“ (Weick 1976, S. 3, sowie Abs. 3.3.1.1), als eine Zusammenarbeit zwischen voneinander unabhängigen, und bis auf eine Ausnahme akademischen Institutionen. Sowohl die Entscheidungshoheit als auch die Projektleitung lagen jedoch in allen Projekten bei den beteiligten geschichtswissenschaftlichen Bearbeitern. Hinsichtlich der Einbindung der Projektmitarbeiter waren die untersuchten Projekte als *Matrix-Institutionen* (Hauschildt und Salomo 2007, S. 139 ff.) organisiert, wobei die beteiligten Mitarbeiter hinsichtlich ihrer Aufgaben der Projektleitung unterstellt waren, disziplinär jedoch die entsendenden Institutionen verantwortlich blieben.

Prozessablauf

In allen untersuchten Projekte lassen sich die Schritte Projektinitialisierung, Projektentwicklung und -start, Projektrealisierung sowie Projektabschluss (Meredith und Mantel Jr. 2000, aus Havila, Medlin et al. 2013, S. 91) identifizieren. Besonderheiten der untersuchten Projekte stellen zum einen dar, dass bei Projektgruppen ohne Vorerfahrung mit geschichtswissenschaftlicher 3D-Rekonstruktion vor der eigentlichen Projektentwicklung ein prototypisches Testvorhaben stattfand. In diesem werden gleichermaßen Konzepte und Vorgehensweisen für das Hauptvorhaben entwickelt und abgeleitet, zudem dient es zumeist als Referenz für eine Beantragung von Fördermitteln. Für den eigentlichen Bearbeitungsprozess lassen sich zwei wesentliche Modi identifizieren. Bei *Konstruktionsarbeit* (Vgl. Abs. 6.3.2.3) erfolgt der Modellaufbau ähnlich des in Abschnitt 3.4.2 beschriebenen Visualisierungs-Idealvorgehens vergleichsweise schnell anhand von klaren und unstrittigen sowie einfach ins Modell übertragbaren Vorgaben. Hingegen beinhaltet *Interpretations-* und *Korrekturarbeit* aufgrund unklarer Befundlage beziehungsweise schlechter Qualität von Quellen für einen vergleichsweise langsamen Modellaufbau. Damit einher geht die Notwendigkeit zur intensiven geschichtswissenschaftlichen Forschungsarbeit sowie ein vor allem iteratives Arbeitsvorgehen (vgl. Abschn. 3.4.4). Dieser Modus ist zudem durch die intensive Kooperation zwischen Modelleuren und geschichtswissenschaftlichen Verantwortlichen geprägt.

Die Arbeitsprozesse waren in allen beobachteten Projekten durch geplante Deadlines sowie zumindest teilweise ungeplante Zäsuren geprägt. Dabei korrelierten insbesondere ungeplante Zäsuren häufig mit personellen Veränderungen, wobei derartige Zäsuren bei Projekten mit geringer Vorerfahrungen zur geschichtswissenschaftlichen 3D-Rekonstruktion sich zumeist über längere Zeiträume ankündigten und tendenziell gravierendere Konsequenzen als bei Projekten mit Vorerfahrung der Beteiligten nach sich zogen.

Handlungsempfehlungen

Während in den untersuchten Praxisprojekten sowohl hinsichtlich technischer Modellierungsaspekte als auch für eine geschichtswissenschaftliche Quellenlage und Forschung bereits zu Projektbeginn mehr oder minder systematisch Kompetenz aufgebaut wurde (vgl. Abschn. 6.5.1) und ein Vorgehen geplant war, entwickelten sich Kooperationsstrategien häufig erst im Lauf der Bearbeitung (Vgl. Abs. 6.4.5.1). Entsprechend stellten „hausgemachte“ Probleme der Kooperation wie Kommunikations-, Zielsetzungs-, Qualitäts- und Allokationsschwierigkeiten neben externen Faktoren wie beispielsweise einer schlechten Quellenlage die am häufigsten benannten, unerwarteten Herausforderungen innerhalb von Projektvorhaben dar. Trotz dieser Widrigkeiten wurden jedoch in allen untersuchten Projekten Ergebnisse erzielt, mit denen die befragten Beteiligten im Wesentlichen zufrieden waren.

7.2 Weiterführende Ableitungen

Im Folgenden sollen untersuchungsübergreifend einige über die Beantwortung der gestellten Forschungsfragen hinaus offenbar gewordene Befunde vorgestellt werden. In Abschnitt 7.2.1 wird zunächst die Frage aufgegriffen, inwiefern es sich beim Forschungsfeld um ein *Praxisfeld* handelt, in dem praktische Projektarbeit und wissenschaftliche Theoriebildung eng miteinander verknüpft sind. Mit Blick auf die Themenstellung dieser Arbeit stellt sich zudem die Frage, welche Rolle Aspekte der Interdisziplinarität (vgl. Abschn. 7.2.2) und des Wissenstransfers (vgl. Abschn. 7.2.3) im Kontext geschichtswissenschaftlicher virtueller 3D-Rekonstruktionen spielen. Abschnitt 7.2.4 beleuchtete die wissenschaftliche Diskursfähigkeit von Projektergebnissen. Nicht zuletzt soll mit Blick auf die Befunde der empirischen Untersuchung in Abschnitt 7.2.5 thematisiert werden, wie praxistauglich die zu Beginn dieser Arbeit aufgestellte Unterscheidung zwischen 3D-Rekonstruktions- und Digitalisierungsprojekten ist.

7.2.1 3D-Rekonstruktion als *Praxisfeld*

Mit Blick auf die Arbeitsorganisation stellen 3D-Rekonstruktionsvorhaben – wie in Abschnitt 3.3.1 theoretisch ausgeführt sowie in Abschnitt 5.3.5 empirisch untersucht – zumeist Projekte dar. Diese sind „im Wesentlichen durch Einmaligkeit der Bedingungen in ihrer Gesamtheit gekennzeichnet“ (DIN Deutsches Institut für Normung e. V. Januar 2009, S. 11) sowie durch Merkmale wie Aufgabenorientierung, Teamarbeit und zeitliche Begrenztheit (Pilbeam 2013, S. 191; Nausner 2006, S. 63; Lundin und Söderholm 1995, S. 439) gekennzeichnet. Im akademischen Kontext werden größere Projektvorhaben überwiegend

durch projektbezogene Mittel (vgl. Abschn. 6.5.1) finanziert, die wiederum häufig kompetitiv und mittels öffentlicher Ausschreibungen vergeben werden. Eines der damit verbundenen Dilemmata akademischer Projektarbeit ist, dass geplante Vorhaben für eine Förderfähigkeit hinreichend einzigartig und innovativ sein müssen und sich – im Rückgriff auf eine Definition des Innovationsmanagements – „gegenüber einem Vergleichszustand ‚merklich' […] unterscheiden müssen" (Hauschildt und Salomo 2007, S. 7).

Auch wenn der Erfolg von 3D-Rekonstruktionsprojekten in der Praxis weniger von der Vorerfahrung der Beteiligten als vielmehr von deren Lern- und Kooperationsbereitschaft abhängt (vgl. Abs. 6.5.5.3), liegt doch nahe, dass sowohl für die einen Geldgeber überzeugende Vorausplanung als auch zum Nachweis einschlägiger Kompetenz bereits vorhandene Projekterfahrung förderlich ist (vgl. Abs. 3.3.1.3). Damit stellt sich die Frage nach „Einstiegshürden" für Institutionen ohne einschlägige Vorerfahrung. Diesbezüglich zu vermuten ist, dass beispielsweise die in den Fallberichten aufgeführten Vorprojekte insbesondere bei Projekten ohne Vorerfahrung mit geschichtswissenschaftlicher 3D-Rekonstruktion nicht nur – wie in Abschnitt 6.5.1 beschrieben – zum Aufbau von Erfahrung, sondern auch als Referenz bei der Bewerbung um Fördermittel dienten.

Zum anderen stellt sich die Frage, inwiefern einzelne Institutionen besonders häufig an Projekten beteiligt waren und sich damit sehr wahrscheinlich bei der Akquise von Projektmitteln als besonders erfolgreich erwiesen haben. Zur Untersuchung wurden die an den in Absatz 4.3.1.1 untersuchten Projektdarstellungen und *Toolsets* beteiligten Institutionen betrachtet. Die Ergebnisse umfassen sowohl Digitalisierungs- als auch Rekonstruktionsvorhaben – eine ausschließliche Betrachtung von Rekonstruktionsvorhaben wurde aufgrund der kleinen Fallzahl verworfen. Ebenso lässt eine Untersuchung keine Aussagen zu Qualität und Umfängen der jeweils bearbeiteten Projekte oder zu Art und Umfang einer Finanzierung, beispielsweise über Drittmittel, zu.

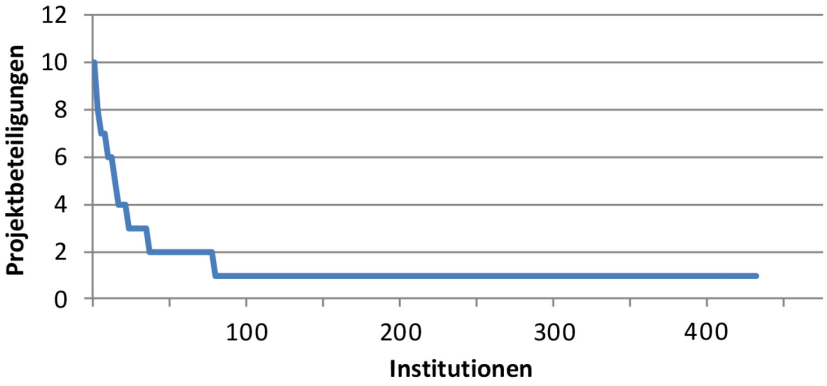


Abbildung 47 – Verteilungskurve: Projektbeteiligungen pro Institution

Die Untersuchungsergebnisse zeigen, dass einige Institutionen eine überdurchschnittlich große Projektzahl bearbeitet und publiziert haben (Abbildung 47).[522] Wie in Tabelle 45 dargestellt, ist dieser Befund zumindest für die erstplatzierten Institutionen hochgradig deckungsgleich zu einem auf die gesamte Datenbasis bezogenen Rang der Publikationstätigkeit.

Institution	Projekte (Rang)	Publikationen (Rang)
Politecnico di Milano	10 (1)	14 (1)
ETH Zürich	8 (2)	12 (4)
National Research Council Canada	7 (3)	11 (5)
University of Florence	7 (4)	12 (3)
Istituto di Scienza e Tecnologie dell'Informazione (ISTI), C.N.R.	**6 (5)**	**13 (2)**
Centre for Scientific and Technological Research	6 (6)	7 (7)
University of Virginia	5 (7)	6 (14)
Tokyo Denki Univ.	4 (8)	6 (12)
CNR-Institute of Technology Applied to Cultural Heritage	4 (9)	6 (15)
Vienna University of Technology	**4 (10)**	**11 (6)**
University of Salamanca	3 (11)	5 (18)
Democritus University of Thrace	3 (12)	5 (25)
University of Udine	3 (13)	4 (29)
Universidad de Zaragoza	3 (14)	5 (26)
University of Bristol	3 (15)	6 (10)
Polytechnic University of Bari	3 (16)	3 (47)

Tabelle 45 – Projekt- und Publikationsbeteiligungen von Institutionen (TOP 16)

Daraus lässt sich die Vermutung ableiten, dass eine *Scientific Community* zumindest in den untersuchten Publikationen vorrangig eine *Community of Practice*[523] mit einer engen Verknüpfung zwischen praktischer Projektarbeit und Theoriebildung darstellt, in welcher der wissenschaftliche Diskurs durch Mitarbeiter von Institutionen bestimmt wird, die auch in der praktischen Anwendung beziehungsweise Projektbearbeitung überdurchschnittlich aktiv sind. Demgegenüber lassen sind anhand der Datenbasis nur wenige Institutionen mit vergleichsweise ausgeprägtem Theorie-, Technologie- oder Methodenbezug, wie beispielsweise die TU Wien oder das ISTI C.N.R., identifizieren (Abbildung 48).[524]

[522] In einer umgekehrten Betrachtung sprechen Turner et al. von derartigen Institutionen als „project-based organisations" deren „services supplied are against bespoken designs for customers", aus: TURNER, J. R., KEEGAN, A. E. und CRAWFORD, L.: Learning by Experience in the Project-Based Organization, Rotterdam 2000, S. 2.

[523] Der Begriff geht zurück auf: LAVE, J. und E., W.: Situated Learning: Legitimate Peripheral Participation, Cambridge 1991.

[524] Eine Ermittlung von Institutionen mit hohem Projektoutput aber geringer Publikationstätigkeit ist bei einer Bemessung anhand von Publikationen naturgemäß schwierig.

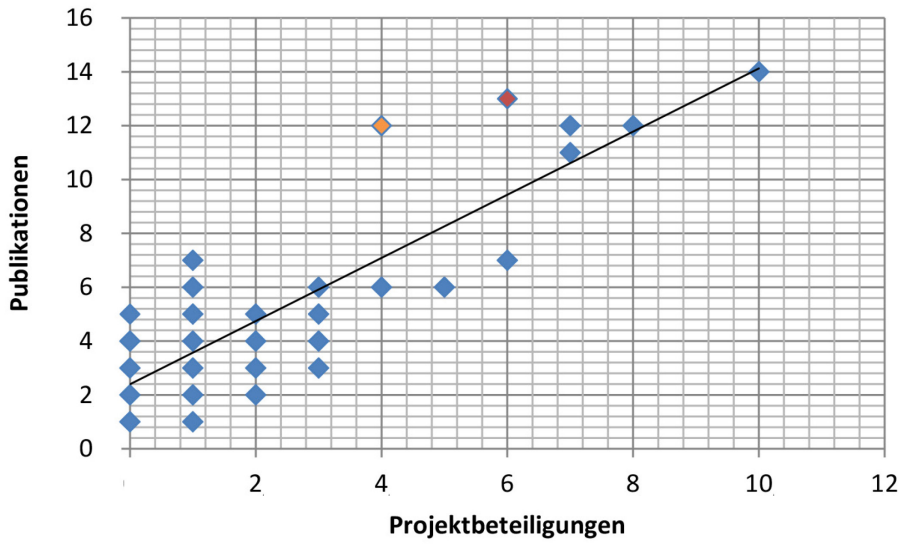


Abbildung 48 – Korrelationen Publikationen-Projektbeteiligungen

Im Umkehrschluss sind Institutionen mit hohem Publikationsoutput zumeist auch an einer Vielzahl von Projekten beteiligt. Als Folge einer derartiger Konzentration ist zu vermuten, dass „Leuchtturm"-Institutionen einerseits intensiv zur Entwicklung des Forschungsgebietes beitragen und aufgrund der aufgebauten Kompetenz und Erfahrung „Garanten" einer erfolgreichen und effizienten Projektbearbeitung darstellen. Andererseits lässt sich vermuten, dass derartige Institutionen aus eben jenen Gründen den „Markteintritt" neuer Akteure erschweren.

7.2.2 3D-Rekonstruktionen als interdisziplinäre Kooperationsvorhaben

Phänomene der Inter- und Transdisziplinarität (vgl. Abschn. 2.2.2) sind im Kontext von 3D-Rekonstruktion in einer ganzen Reihe von Zusammenhängen wesentlich. Mit Blick auf die Forschungslandschaft und unter Einbeziehung von Digitalisierungsvorhaben rekrutieren sich derartige Vorhaben aus einer Vielzahl von Disziplinen. So entstammt mit einem Anteil von 30 % nur ein vergleichsweise geringer Teil der Autoren der in Absatz 4.3.2.4 untersuchten Publikationen aus Einrichtungen mit expliziten Schwerpunkten im Bereich *Humanities* oder *Digital Humanities*. Mit den Geo- und Ingenieurswissenschaften, der Architektur sowie Informatik, Design, Pädagogik und sonstigen Naturwissenschaften ist eine Vielzahl weiterer Disziplinen am wissenschaftlichen Diskurs zur 3D-Modellierung beteiligt. Gerade *Multiplikatoren* als Personen mit großem Publikationsoutput oder großer Strukturrelevanz sind darüber hinaus zumeist in starkem Maße interdisziplinär vernetzt.

Mit Fokus auf interpretative 3D-Rekonstruktion werden Projekte in beinahe allen Fällen durch interdisziplinäre Projektteams realisiert, wobei eine Zusammenarbeit im Wesentlichen zwischen geschichtswissenschaftlichen Bearbeitern und Modelleuren stattfindet (vgl. Abschn. 5.3.5). Diese Rollen (Vgl. Abschn. 3.3.3) können wiederum durch Personen oder Personengruppen mit verschiedenen disziplinären Hintergründen ausgefüllt werden. Dabei werden geschichtswissenschaftliche Funktionen jedoch fast ausschließlich durch Personen

aus geschichtswissenschaftlichen Disziplinen wie Kunstgeschichte, Baugeschichte oder Archäologie wahrgenommen, während Modellierungsaufgaben durch Akteure mit fachlichem Hintergrund im Bereich von Informatik, Architektur, aber auch Geoinformatik ausgefüllt wurden. Gerade durch die – mit Ausnahme der Architektur – zumeist höchst unterschiedlichen Fachkulturen dieser Bearbeitergruppen stehen derartige Projekten vor einer ganzen Reihe interdisziplinärer Herausforderungen – angefangen von der Notwendigkeit gemeinsamer Kommunikationsformate und Schnittstellen (vgl. Abs. 3.1.2.3) über geteilte Wissensmodelle (vgl. Abschn. 3.2.5) bis hin zur disziplinübergreifenden Führung und Koordination eines derartigen Vorhabens (vgl. Abschn. 3.3, sowie Defila und Giulio 1999, S. 7).

Ein wesentlicher Befund besagt, dass das wissenschaftlich-inhaltliche Primat zumindest in den untersuchten Fallstudien vorrangig bei den geschichtswissenschaftlichen Fachexperten lag. Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, ob 3D-Rekonstruktionsprojekte eine interdisziplinäre Forschungsarbeit *inter pares* und 3D-Rekonstruktionen eine „Konsensbildung“ (Defila und Giulio 1999, S. 6) darstellen, oder ob sie durch eine Unterscheidung zwischen geisteswissenschaftlicher Forschungsarbeit und einer quasi als Dienstleistung erfolgenden Modellerstellung gekennzeichnet sind.

Dies spiegelt auch in der in Absatz 6.4.3.4 thematisierte Befund wider, dass 3D-Rekonstruktionsprojekte aus modellierungstechnischer Sicht auf weitgehend etablierte Verfahren und Techniken zurückgreifen und diesbezüglich nur wenige Forschungsherausforderungen bieten. Innovationsbedarfe und technologische Forschungs- und Entwicklungsschwerpunkte liegen mit Blick auf die in Abschnitt 4.3.4 thematisierten Trends und Diskurse zum Fachgebiet aktuell – neben der Adaption von Präsentationsformen und -technologien wie beispielsweise *Augmented Reality* oder *Rapid Prototyping* – vielmehr in der Entwicklung projektübergreifend nutzbarer Softwarewerkzeuge, die anwendende geschichtswissenschaftliche Disziplinen zur selbstständigen Erstellung von 3D-Digitalisierungen und 3D-Rekonstruktionen befähigen (vgl. Abschn. 4.3.4). Damit verbunden ist nicht nur eine Reihe von Projekten zur Entwicklung entsprechender technologischer Werkzeuge, sondern auch eine Reihe prototypischer Fallstudien zur Integration derartiger Technologien (Clarke und O'Riordan 2009; Fisher, Terras et al. 2009) in den Arbeits- und Forschungsalltag. Wie sich nicht zuletzt in den in diesem Absatz bereits thematisierten interdisziplinären Erstellungskontexten zeigt, sind derartige Werkzeuge trotz umfangreicher Forschungsanstrengungen und Förderungen zum heutigen Tag noch nicht praxisrelevant.

7.2.3 Wissenstransfer

Eng mit den geschilderten Phänomenen interdisziplinärer Kooperation verbunden sind Anforderungen und Fragen des Wissenstransfers. Wissenstransferprozesse finden in 3D-Rekonstruktionsvorhaben in einer ganzen Reihe von Kontexten statt. Eine wesentliche Unterscheidung betrifft die zwischen einer zumeist selbstgewählten Wissenskooperation in Wissensgemeinschaften wie beispielsweise einer *Scientific Community* (vgl. Abschn. 3.2.4)

und professionellen Wissenstransferprozessen in kooperativen Projektvorhaben (vgl. Abschn. 3.2.5 sowie 3.2.6). Eine dritte Komponente stellt dabei dar, dass im Zuge von 3D-Rekonstruktionsvorhaben Wissensmedien für die Öffentlichkeit (vgl. Abschn. 3.1.1) erstellt werden, auf deren mediale Wirksamkeit hinsichtlich Wissens- und Informationsvermittlung (Vgl. Abs. 3.2.3.3) die am Erstellungsprozess Beteiligten nur bedingt Einfluss haben.

Wissenstransfer im Modellerstellungsprozess

Anders als textliche Forschungsergebnisse erfordern 3D-Modelle für eine konzise Nachbildung äußerst komplexe Aussagen zur Gestalt eines historischen Objektes. Dabei zwingt die 3D-Rekonstruktion auch zur Beantwortung von Fragen, die vorhandene Quellen offenlassen. Die geschichtswissenschaftliche Forschungsleistung besteht daher nicht „nur“ in einer Interpretation und Bewertung bestehender Quellen. Vielmehr gehen die dabei aufgestellten Hypothesen im Sinne einer Extrapolation wiederum als Grundlage beziehungsweise logische „Quelle“ in eine Rekonstruktion ein (vgl. Hermon 2008). Aus der in Abschnitt 3.2 einleitend thematisierten wissenstheoretischen Perspektive werden bei einer 3D-Rekonstruktion – neben vereinzelt verwendeten und mittels technischer Verfahren gewonnenen Daten – verschiedene *explizite* sowie *implizite* Wissensbestände aller Beteiligten (vgl. Abschn. 2.3.3 und 5.3.2 sowie Abs. 4.3.1.2) zu einem dreidimensionalen Modell zusammengeführt. Dabei scheint wesentlich, dass sich – ähnlich wie für die Gestaltungsdimensionen von visuellen Medien in Absatz 3.2.3.2 ausgeführt – nur eine limitierte Zahl von Wissensdimensionen in ein 3D-Modell integrieren lässt. Während ein 3D-Modell Gestalt oder zeitliche Veränderungen von Referenzobjekten aufzeigen kann, lassen sich beispielsweise relationales oder bewertendes Wissen sowie Alternativhypothesen nur mittelbar in ein 3D-Modell integrieren.

Wissenstransfer im Kooperationsprozess

Eine wichtige Komponente des Wissenstransfers stellt die Übermittlung von Wissen zwischen Individuen dar. Die diesbezügliche Metapher einer Modellerstellung als „Mensch-Mensch-Maschine-Interaktion“ bezieht sich insbesondere auf einen nur mittelbaren Einfluss des geschichtswissenschaftlich verantwortlichen Bearbeiters auf eine Modellerstellung (vgl. 6.5.4.1). Wie bereits im vorherigen Abschnitt 7.2.2 ausgeführt, liegt eine der damit verbundenen Herausforderungen in der Entwicklung und dem Abgleich von Wissen**.** Diesbezüglich führen Mowery et al. aus, dass Wissenstransfers in nationsübergreifenden Kooperationen in geringerem Maße als zwischen Unternehmen derselben Provenienz stattfinden. Als Ursachen sehen die Autoren vor allem die umfangreichen kulturellen und logistischen Herausforderungen des Wissenstransfers,[525] während Müller mit Bezug auf

[525] „In addition, these results suggest that international alliances result in less interfirm knowledge exchange or specialization, reflecting the greater logistical and cultural complexities of managing such undertakings.”, aus: MOWERY, D. C., OXLEY, J. E. und SILVERMAN, B. S.: Strategic Alliances and Interfirm Knowledge Transfer, in: Strategic Management Journal 17 (1996)**,** S. 77-91, S. 87.

diese Untersuchung die „unterschiedlichen Unternehmenskulturen“ (Müller 2005, S. 113) verantwortlich macht. Im Umkehrschluss und mit Blick auf das Forschungsgebiet dieser Arbeit ist eines der wesentlichen Merkmale der in Abschnitt 4.3.3 ermittelten Protagonisten der *Scientific Community* deren überdurchschnittliche internationale und interdisziplinäre Vernetzung. Die Fähigkeit und Bereitschaft zur interdisziplinären und internationalen Wissensintegration ist auch für die erfolgreiche Bearbeitung von 3D-Rekonstruktionsprojekten von wesentlicher Bedeutung (Amabile, Patterson et al. 2001, S. 425, sowie Abs. 6.5.5.2). Dabei stellen die Schaffung von gemeinsamen Wissensschnittstellen und geteilten Wissensmodellen (Grant 1996, sowie Abschn. 3.2.5 und 6.5.4) ebenso wie die Fähigkeit zum individuellen und organisationalen Erwerb von Schnittstellenwissen (vgl. Abschn. 3.2.7 und Abs. 6.5.5.2) wesentliche Erfolgsfaktoren interdisziplinärer Kooperation dar.

Wissenstransfer im Ergebnis

Bis auf wenige Ausnahmen wie beispielsweise die Nutzung des erstellten 3D-Modells für weiterführende numerische Analysen (vgl. Abschn. 2.5) besteht der Hauptzweck von 3D-Rekonstruktionen vorrangig in der visuellen Wissens- und Informationsvermittlung für die Öffentlichkeit oder ein Fachpublikum. Damit verbunden stellt sich die Frage, welchen Einfluss eine spätere Zielgruppe und eine damit verbundene Zielstellung und Vermittlungsabsicht auf den Modellerstellungsprozess ausüben. Diesbezüglich besitzt gerade die wissenschaftliche Diskursfähigkeit des Modells in einem Fachdialog große Bedeutung, was sich insbesondere in der projektübergreifend obersten Priorisierung der wissenschaftlichen Modellgüte widerspiegelt (vgl. Abschn. 6.5.3).

Während der Diskurs um Modellqualität und Suggestionskraft vor allem auf historisch falsche beziehungsweise wenig gesicherte Interpretationen in einem 3D-Modell oder einer 3D-Visualisierung abzielt, bleibt zumeist unbeachtet, dass 3D-Rekonstruktionen generell ausschließlich schematisierende Nachbildungen darstellen und eine Spezifik des historischen Objektes nur bedingt nachbilden können (Limp 2009). Somit bleiben gerade Abweichungen von einem Ideal als potenziell wichtigem Informationsträger für eine historische Beurteilung entweder auf besonders auffällige Merkmale oder bewusste Setzungen durch die Modellersteller beschränkt.

Ungeachtet der Qualität wissenschaftlichen Handelns stellen 3D-Rekonstruktionen wie alle Resultate geschichtswissenschaftlicher Forschung grundsätzlich nur eine mehr oder weniger wahrscheinliche Hypothese dar (Favro 2006, S. 326; Frischer, Abernathy et al. 2006, S. 166). Dieser Aspekt scheint insbesondere mit Blick auf die Auswahl einer geeigneten Informationsdichte relevant, bei der ein hoher Informations- und Wissensgehalt eines Modells eine sowohl komplexe Darstellung als auch eine hohe Fehlerwahrscheinlichkeit bedingt, während geringe Informationsdichten einerseits eine gute Anschaulichkeit ermöglichen, andererseits komplexe Sachverhalte potenziell zu stark simplifizieren (Gooding 2010, S. 20f. sowie Abs. 3.2.3.3).

7.2.4 Diskursfähigkeit und Nachhaltigkeit von Rekonstruktionsergebnissen

Damit verbunden ist die generelle Einschätzung, dass sowohl 3D-Digitalisierungen als auch in ungleich stärkerem Maße interpretative 3D-Rekonstruktionen historischer Sachverhalte keinesfalls nur abbilden, sondern Ergebnis vielschichtiger Entscheidungsprozesse sind. Derartige Entscheidungsprozesse werden dadurch flankiert, dass insbesondere für geschichtswissenschaftliche und gestalterische Entscheidungen keine „Standardprozeduren“ existieren, sondern Forschungs- und Entscheidungsprozesse iterativ erfolgen (vgl. Abschn. 3.4.3 sowie 3.4.4). Im Vergleich zu Texten lassen sich sowohl Quelleninformationen als auch damit verbundene Entscheidungsprozesse ebenso wie Unschärfe oder Wahrscheinlichkeiten in 3D-Rekonstruktionen und Bildern beziehungsweise bildlichen Darstellungen als Veröffentlichungen aus derartigen Projekten nur schwer darstellen. Daher ist die Darlegung von Entscheidungsprozessen beziehungsweise einer *Chain of evidence* für die Diskursfähigkeit dieser entscheidungs- und wissensintensiven Forschungsergebnisse wesentlich. Dieser Anspruch wird durch den hohen Anteil *impliziten Wissens* und visueller Entscheidungsfindung (vgl. Abschn. 3.2.1, 6.5.4 sowie Abs. 3.2.3.2) im Prozess erschwert. Einen jenseits der bereits in Abschnitt 5.3.5 sowie in Absatz 6.4.5.5 beschriebenen Dokumentationsstrategien interessanten Ansatz zur Offenlegung von modellinhärenten Entscheidungen und zur Quantifizierung einer Probabilität von Rekonstruktionsergebnissen stellen Niccolucci und Hermon vor (Niccolucci und Hermon 2005, S. 30 f.). Dabei werden für jede objektbezogene Entscheidung zunächst eine jeweilige Probabilität bestimmt und diese Einzelwahrscheinlichkeiten dann zusammengerechnet. Entsprechend sinkt mit einer Hinzufügung weiterer Objektteile eine Probabilität der Rekonstruktion.[526]

Ungeachtet dieser prototypischen Vorschläge erfolgt eine Dokumentation praktisch zumeist erst zum Projektabschluss, der insbesondere im Fall von Drittmittelvorhaben häufig mit einer ganzen Reihe von zu erbringenden Berichts- und Administrationstätigkeiten verbunden ist. Gerade bei Rekonstruktionsprojekten lassen sich Projektabläufe und Entscheidungsprozesse anhand der erstellten visuellen Ausgaben sowie eines häufig erst ex post ausgeführten Berichtswesens für Außenstehende kaum rekonstruieren oder bewerten (vgl. Abs. 6.4.5.5). Erschwerend kommt hinzu, dass zum Projektabschluss im Fall von Drittmittelprojekten eine Förderung bereits weitgehend abgeschlossen ist und somit Forderungen nach umfangreicher Dokumentation kaum mit finanziellen Anreizen oder Druckmitteln Nachdruck verliehen

[526] Im Original: „Every passage (adding a new feature) increases the completeness of the model and makes it more explanatory and pleasant to see. At the same time it reduces its reliability, which was almost total at the beginning being based on actual remains, since it implies the choice of newly added parts among many possible choices, a potentially risky operation.", aus: NICCOLUCCI, F. und HERMON, S.: A Fuzzy Logic Approach to Reliability in Archaeological Virtual Reconstructions, in: NICCOLUCCI, F. & HERMON, S. (Hrsg.): 32nd Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology Conference, 13.- 17. 4. 2004, Budapest 2005, S. 29. Ebenfalls ausgeführt in: HERMON, S., NIKODEM, J. und PERLINGIERI, C.: Deconstructing the VR - Data Transparency, Quantified Uncertainty and Reliability of 3D Models, in: ARNOLD, D., IOANNIDES, M., NICCOLUCCI, F. & MANIA, K. (Hrsg.): 7th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Cultural Heritage (VAST 2006), Nicosia 2006, S. 123-129.

werden kann. Mit Blick auf die in Abs. 3.4.1.2 geschilderte negative Korrelation zwischen Berichtsintensität und Intensität einer Projektbearbeitung ist zu erwarten, dass höhere Auflagen und Anforderungen nicht automatisch zu besser nachnutzbaren Dokumentationen führen. Zudem müssten für einen höheren Dokumentationsaufwand mehr Kapazitäten eingeplant werden.

Um die in den Projekten aufgebauten Kompetenzen und Ergebnisse sowohl für die Projektbeteiligten zu archivieren als auch nachnutzbar und wissenschaftlich bewertbar zu machen, scheint als mögliche praxisnahe Alternative zunächst eine Dokumentation und Archivierung von „Rohdaten“ und Prozessartefakten wie Protokollen, Skizzen, Modellständen, aber auch Kommunikationsdaten wertvoll. Derartige Überreste enthalten zum einen personenbezogene Informationen und sind – wie sich nicht zuletzt in der hier beschriebenen Forschungsarbeit gezeigt hat – ohne zugehöriges Verknüpfungswissen nur schwer erschließbar. Extrem hilfreich wäre darüber hinaus ein nachhaltiger Zugriff auf die Projektbeteiligten. Dies könnte in erster Linie durch nachhaltige Besetzungspolitik und personelle Kontinuitäten ermöglicht werden. Wie in Absatz 6.5.5.2 ausgeführt, wird dies in der Praxis von den an den Projekten beteiligten Institutionen aktiv versucht. Negativ ins Gewicht fallen jedoch auch hier systemische und politische Faktoren wie unsichere und befristete Arbeitsverhältnisse sowie diskontinuierliche Finanzierungen und damit verbunden vage Beschäftigungsperspektiven. Eine trotz dieser Hindernisse umsetzbare Idee wäre, über die Projektlaufzeit hinausgehende Instrumente für eine Vorhaltung oder Bereitstellung von Wissen zu schaffen – beispielsweise über eine zusätzliche Honorierung von Beratungs- und Wissenstransferleistungen oder Prämien für eine Wissensbereitstellung.

7.2.5 Digitalisierung vs. interpretative Rekonstruktion

Die im Zuge der Begriffsklärung in Abschnitt 2.3.4 aufgeführte Unterscheidung zwischen 3D-Rekonstruktion und 3D-Digitalisierung lässt sich in der Praxis keinesfalls trennscharf treffen (vgl. Abschn. 4.2). So lassen sich Projektvorhaben zur 3D-Modellierung zwar in einer generalisierenden Betrachtung anhand der dargestellten phänotypischen Anwendungsszenarien – wie beispielsweise einer semiautomatischen Modellerstellung anhand akquirierter Daten noch existenter Strukturen oder einer händischen Modellierung anhand historischer Quellen nur mehr hypothetischer Objekte – unterscheiden (vgl. Abs. Abs. 4.3.1.1). Aus einer abstrakteren Perspektive beinhalten jedoch – wie in Abs. 6.3.2.3 dargestellt – sowohl interpretative Rekonstruktionen *Digitalisierungsphasen* wie eine Übertragung von analogen Originalen beziehungsweise Vorlagen in digitale Modelle, während auch bei Digitalisierungsvorhaben beispielsweise mit Blick auf nicht sichtbare Strukturen geschichtswissenschaftliche *Interpretations-* und *Korrekturarbeit* als Rekonstruktionsaufgaben entstehen.

Daher soll vorgeschlagen werden, dass eine Unterscheidung mit der Art der einzubeziehenden Quelle und einer Evidenz und Nachprüfbarkeit von Schlüssen verbunden ist. *Digitalisierung* als Arbeitsmodus stellt nach dieser Definition den unmittelbaren und

explizierbaren Zusammenhang zwischen historischer Quelle und Modell dar, während eine *Rekonstruktion* die Einbeziehung „logischer“ Quellen und (geschichtswissenschaftliche) Interpretation erfordert.

7.3 Disziplinäre Phänomene

Nachdem in den vorherigen Abschnitten eine Beantwortung der Forschungsfragen dieser Untersuchung sowie weiterführende Ableitungen thematisiert wurden, wird im Folgenden ein Blick auf einige untersuchungsübergreifende disziplinäre Phänomene des Forschungsgebietes geworfen.

7.3.1 Der Vergleich zu den historischen Wissenschaften

Das 3D-Rekonstruktionen epistemisch eng mit den (*Digital-*) *Humanities* verbunden sind, zeigt sich in der Projektpraxis nicht nur daran, dass eine Untersuchung denselben Betrachtungsgegenstand fokussiert, sondern auch am Anspruch der Einhaltung fachdisziplinärer Standards sowie quellengetreuer Rekonstruktion und dem „Primat“ der geschichtswissenschaftlichen Projektbeteiligten (vgl. Abschn. 2.3.5, 5.3.1, 6.5.3, 6.5.4 sowie Abs. 4.3.1.3). Während 3D-Rekonstruktionen abgesehen von darstellungsbezogenen Diskursen zumindest als Illustrationsmethode (Sanders 2012, S. 43) inzwischen etabliert und anerkannt sind, steht eine vollständige Anerkennung als Methode zur Erforschung von historischen Sachverhalten noch aus. Dies beinhaltet nicht zuletzt Fragen nach Forschungsmehrwerten ebenso wie eine Diskursfähigkeit von derartigen Vorhaben.

Anders als textliche Forschungsergebnisse erfordern 3D-Modelle für eine konzise Nachbildung äußerst komplexe Aussagen zur Gestalt eines historischen Objektes. So führt Fish aus, dass „CAD systems […] ‘make it hard to be vague’” (Fish 1994, S. 502, zit. n. Sachse 2002, S. 63) – eine Aussage, die zweifelsohne für alle derzeitigen 3D-Modellierungstechniken gilt. Die 3D-Rekonstruktion zwingt auch zur Beantwortung von Fragen, die vorhandene Quellen offenlassen und steht mit dieser Forderung im Kontrast zu aktuellen wissenschaftlichen Vorgehensmodellen der Geistes- und Kulturwissenschaft, in denen der Versuch, „[zu] zeigen, wie es eigentlich gewesen [ist].“, (von Ranke 1824, S. 1) zumeist einer Problemzentrierung gewichen ist (Wengenroth 1998, S. 5 f.).[527] Entsprechend besteht die geschichtswissenschaftliche Forschungsleistung im Kontext von 3D-Rekonstruktionen nicht nur in der Interpretation und Bewertung bestehender Quellen, sondern es müssen für ein kohärentes Modell Hypothesen entwickelt werden, die über einen „Dialog mit den Quellen selbst“ (Wengenroth 1998, S. 4) hinausgehen. Damit verbunden stellt sich nicht zuletzt die Frage, ob 3D-Rekonstruktionen einen Rückschritt in der disziplinären Evolution der Geschichtswissenschaft darstellen.

[527] Eine ähnliche Evolution lässt sich auch für die Archäologie skizzieren: RENFREW, C. und BAHN, P.: Archaeology. The Key Concepts, New York 2005, X f.

7.3.2 Vergleich zu Entwurfsprozessen in Ingenieurswissenschaften und Design

Wie bereits in einer Betrachtung von disziplinären Arbeitsprozessen in Abschnitt 3.4.3 ausgeführt, ist der Prozess einer manuellen 3D-Modellerstellung hinsichtlich des technischen Vorgehens eng mit entwerfenden Disziplinen der Ingenieurswissenschaften, aber auch der Architektur und des Designs verwandt. Dabei finden in vielen Fällen sogar die gleichen technischen Werkzeuge und Programme Verwendung (vgl. Abs. 6.4.3.4). Ebenso handelt es sich bei Rekonstruktionsprozessen ähnlich wie bei anderen Gestaltungsvorhaben um iterative Prozesse. Notwendige Schritte zur Zielerreichung und erreichbare Ergebnisqualitäten sind dabei nicht von Anfang an überschaubar, sondern werden erst im Zuge der Projektbearbeitung sichtbar.
Demgegenüber stehen einige wesentliche Unterschiede zu Gestaltungsprojekten. Anders als bei derartigen Projekten, wo innerhalb von Determinanten wie beispielsweise Funktionalität, technischen Anforderungen oder Budgets Gestaltungsfreiheiten existieren und Dinge hinsichtlich ihrer Wirkung optimiert werden, ist der Maßstab bei 3D-Rekonstruktionen nicht die Wirkung oder Funktionalität, sondern die Einhaltung fachdisziplinärer Standards sowie eine quellengetreue Nachbildung. Damit ist auch die Intention verbunden, im Sinne einer wissenschaftlichen Objektivität beziehungsweise Reproduzierbarkeit von Ergebnissen (Vgl. Abschn. 3.2.2) individuelle Gestaltungsfreiheiten zu minimieren.

Eine spezifische Herausforderung besteht in der zumeist arbeitsteiligen Projekterstellung. Mit Blick auf publizierte Projektberichte handelt es sich bei interpretativen 3D-Rekonstruktionsvorhaben beinahe in jedem Fall um interdisziplinäre Projektarbeit, bei der sich Arbeitsteams anders als in Unternehmungen zumeist nur temporär konstituieren (Nausner 2006, S. 57 f., Abschn. 3.3.1, 5.3.5 sowie Abs. 6.5.5.2). Eine diesbezügliche Aufgabenteilung findet zumeist zwischen geschichtswissenschaftlicher Bearbeitung und Modellerstellung statt. Mit Blick auf Arbeitsabläufe ist eine Arbeitsteilung zwischen geschichtswissenschaftlichem Bearbeiter beziehungsweise Historiker und dem Ersteller des digitalen Modells derart ausgeprägt, dass hier – wie in Abschnitt 7.2.3 ausgeführt – von einer „Mensch-Mensch-Maschine- Interaktion“ gesprochen werden kann. Entsprechend wichtig sind Aspekte wie Arbeitsorganisation und Arbeitsteilung, Kooperation und Kommunikation.

7.3.3 Vorgehensmodelle in der Softwareentwicklung

Einen interessanten Ansatzpunkt für die zweckdienliche Formalisierung des Arbeits- und Kooperationsprozesses bieten Vorgehensmodelle der sogenannten *agilen* Softwareentwicklung. Wesentliche Schritte eines solchen Arbeitsvorgehens sind, dass in einem Vorhaben durch die Arbeitsgruppe nächste Entwicklungsschritte definiert und zunächst mit geringem Aufwand prototypisch umgesetzt werden. Diese Ergebnisse werden anschließend bewertet und daraus für die Erreichung einer suffizienten Lösung (vgl. Abschn. 3.3.5) nötige, folgende Arbeitsaufgaben abgeleitet (Davies und Sedley 2009, S. XI). Eine der wesentlichen Arbeitsweisen agilen Vorgehens stellt das sogenannte *SCRUM* dar (Davies und Sedley 2009, S. XIII). *SCRUM* beinhaltet eine Reihe handlungspraktischer Anweisungen zur

zeitlichen Sequenzierung, Planung sowie Kontrolle von Projektschritten. Es beruht auf der Idee, dass die Bearbeitung einer gestellten Aufgabe durch ein ausführendes Arbeitsteam selbstständig organisiert wird. Zentrale Merkmale stellen dabei ein für alle Teammitglieder transparenter Projektfortschritt, eine regelmäßige Überprüfung der Arbeitsfortschritte hinsichtlich ihrer Qualität und Relevanz für eine Zielerreichung sowie die regelmäßige Anpassung nächster Schritte an ein Gesamtziel sowie bestehende Rahmenbedingungen dar (Schwaber und Sutherland 2011, S. 4). Alle Arbeitsgruppenmitglieder sind gleichberechtigt und an Entscheidungen beteiligt. Eine funktionale Sonderstellung nimmt der sogenannte *SCRUM Master* als Moderator des Arbeitsprozesses ein, der für die formale Einhaltung der *SCRUM*-Prozeduren verantwortlich ist. Unverzichtbar in diesem Kontext sind regelmäßige, zeitlich begrenzte sowie thematisch fokussierte Treffen aller Arbeitsgruppenmitglieder im Abstand von einigen Wochen. Diese dienen der Auswertung von Projektständen und kooperativen Zieldefinitionen. Für die Planung der nächsten Arbeitsphase werden innerhalb dieser Treffen alle anstehenden Arbeitsschritte vom Arbeitsteam gemeinsam festgehalten und priorisiert sowie der dafür benötigte Aufwand abgeschätzt. Zusätzlich sieht ein *SCRUM*-Vorgehen zumeist tägliche, kurze Absprachen zur Arbeitssituation sowie zur Kontrolle eines Arbeitsstandes vor (Schwaber und Sutherland 2011, S. 7 ff.).

Bisher ist dem Autor dieser Arbeit keine Anwendung von *SCRUM* zur Bearbeitung von 3D-Rekonstruktionsprojekten bekannt. Welche Anknüpfungspunkte könnte jedoch ein solches Vorgehensmodell bieten? Ähnlich zum bereits ausgeführten zyklischen Vorgehen innerhalb von 3D-Rekonstruktionsprojekten stehen bei *SCRUM* ein iteratives Vorgehen sowie die Beurteilung von Handlungsoptionen anhand einer prototypischen Umsetzung im Vordergrund.

Durch das hochgradig formalisierte und engmaschige Netz von Absprachen und eine kooperative Evaluation von Handlungsoptionen könnte *SCRUM* die in der Untersuchung der Praxisprojekte häufig thematisierten, fehlenden Zielvorgaben (vgl. Abs. 6.4.5.4) kompensieren und den Arbeitsaufwand für Handlungsalternativen auch ohne spezifische Beurteilungskompetenz der Entscheidungsträger (vgl. Abs. 6.4.5.3.2) transparent und bewertbar machen. Nicht zuletzt werden Abweichungen und eine mangelnde Zielorientierung von Arbeitsschritten durch die im Ideal permanente Prozesskontrolle schnell transparent.

Auch jenseits eines Einsatzes für 3D-Rekonstruktionsvorhaben ist die Nutzbarkeit von *SCRUM* für wissens- und gestaltungsintensive Projektvorhaben bisher nur vereinzelt erprobt worden (Bspw. Leifer, Plattner et al. 2013, S. 189 ff.). Mit Blick auf die beschriebenen Potenziale könnte eine nähere Betrachtung dieser Ansätze durchaus lohnenswert sein.

7.4 Thesen

Abschließend werden in diesem Abschnitt einige Kernthesen der vorliegenden Arbeit zusammengefasst.

- Aus organisationaler Perspektive sind 3D-Rekonstruktionsvorhaben Innovationsprojekte. Dies beinhaltet eine zeitlich begrenzte und zielorientierte Zusammenarbeit der beteiligten Akteure, wobei die Zielqualität zu Projektbeginn zumeist nur vage absehbar ist. Besonderheiten der untersuchten Projekte liegen in der Zusammenarbeit voneinander unabhängiger und häufig akademischer Institutionen sowie der Finanzierung der Vorhaben durch projektgebunden bewilligte Gelder dar.
- Eine internationale *Scientific Community* zur geschichtswissenschaftlichen virtuellen 3D-Modellierung ist aktuell noch im Aufbau begriffen und wird von Institutionen dominiert, in denen eine praktische Projektarbeit und Theoriebildung eng verzahnt sind. Ein internationaler wissenschaftlicher Diskurs bindet vielfältige disziplinäre Perspektiven ein, wobei das Gros der Akteure aus der Informatik stammt.
- Gegenstand einer virtuellen dreidimensionalen Nachbildung sind in erster Linie architektonische Strukturen und Bauwerke, die sich im Mittelmeerraum befinden beziehungsweise befanden und vorrangig auf die Zeit nach Christi Geburt datiert werden.
- Im Zentrum des internationalen, wissenschaftlichen Diskurses zur 3D-Modellierung steht die Digitalisierung noch existenter Objekte, während die 3D-Rekonstruktionen nicht mehr vorhandener oder nie realisierter historischer Strukturen nur in einem kleinen Teil der untersuchten Publikationen thematisiert wird. Zwischen beiden Modellierungs-Typen lässt sich in der Praxis jedoch nicht trennscharf unterscheiden.
- Damit verbunden ist die Vermutung, dass 3D-Rekonstruktionsprojekte auf weitgehend etablierte Arbeitswerkzeuge und technische Workflows zurückgreifen können. Wissenschaftlich relevante Mehrwerte entstehen vor allem aus inhaltlicher oder wissenschaftsmethodischer Perspektive, wobei ein diesbezüglicher Diskurs mutmaßlich nur in geringem Maße auf den in dieser Arbeit untersuchten wissenschaftlichen Podien stattfindet.
- Arbeitsteams bestehen zumeist aus Geschichtswissenschaftlern und Modelleuren, wobei die Gesamtleitung und Entscheidungshoheit in den untersuchten Praxisprojekten den Geschichtswissenschaftlern oblagen. Eine Besonderheit der untersuchten Projekte bestand in der Matrix-Organisation: Die Beteiligten waren gleichzeitig in die Projektstruktur und die Strukturen der entsendenden Institutionen eingebunden.
- Zentrales Element eines 3D-Rekonstruktionsvorhabens bildet die Erstellung eines virtuellen 3D-Modells. Aus prozessualer Perspektive wechseln sich dabei *Konstruktionsarbeit* als vergleichsweise schneller Modellaufbau anhand von klaren und unstrittigen sowie einfach ins Modell übertragbaren Vorgaben und

Interpretations- beziehungsweise *Korrekturarbeit* ab, die aufgrund unklarer Befundlage beziehungsweise schlechter Qualität von Quellen einen vergleichsweise langsamen Modellaufbau und einen intensiven Austausch zwischen Geschichtswissenschaftlern und Modelleuren beinhalten. Dabei gewinnen derartige zeitintensive Interpretationsaufgaben im Projektverlauf an Umfang und Bedeutung, was insbesondere bei der zeitlichen Vorausplanung des Projektes zu beachten ist.

- Mit Blick auf die beschriebenen Interpretationsbedarfe sowie den interdisziplinären Erstellungsprozess bedingen 3D-Rekonstruktionsprojekte die Notwendigkeit zur „Mensch-Mensch-Maschine-Interaktion“. Wesentlich ist daher die Schaffung von Kommunikationsschnittstellen zwischen den Beteiligten. Diesbezüglich werden in 3D-Rekonstruktionsprojekten vor allem visuelle Medien intensiv genutzt.
- In den untersuchten Projekten wurden Kooperationsstrategien zumeist nur bei zu Tage tretenden Problemen systematisch konzipiert. Eine Entwicklung projektspezifischer Kooperations- und Arbeitsstrategien findet in erster Linie als Erfahrungslernen und insbesondere anhand von Vorprojekten statt.
- Entsprechend wurden existente Leitlinien zur geschichtswissenschaftlichen 3D-Rekonstruktion ebenso wie Empfehlungen zur Gestaltung von Innovationsprozessen und Projekten in den untersuchten Praxisprojekten nur in geringem Maße rezipiert. Dabei spiegeln die in den Projekten „intuitiv“ entwickelten Vorgehensweisen und gewonnenen Erfahrungen zu Koordination, Planung und Kontrolle von Vorhaben jedoch häufig derartige organisationswissenschaftliche und handlungspraktische Empfehlungen und Leitlinien wider.
- Mit Blick auf die Verankerung von 3D-Rekonstruktionen in den Geschichtswissenschaften stellt sich eine ganze Reihe neuer Anforderungen an den geschichtswissenschaftlichen Diskurs. Aus epistemischer Perspektive repräsentieren 3D-Rekonstruktionen als holistische Geschichtsdarstellungen scheinbar einen forschungsgeschichtlichen „Rückschritt“. Andererseits unterstreichen Erstellungsprozesse und Ergebnisse von 3D-Rekonstruktionsprojekten die Notwendigkeit geeigneter Strategien für die Einbeziehung von visuellen Darstellungen, Entscheidungsprozessen und 3D-Modellen in einen Fachdiskurs.

Im nun folgenden Kapitel 8 sollen abschließend im Zuge dieser Arbeit offenbar gewordene weiterführende Forschungsbedarfe aufgezeigt und die Grenzen einer empirischen Untersuchung thematisiert werden.

8 Grenzen der empirischen Untersuchung und Ausblick

Im letzten Kapitel dieser Arbeit wird ein Blick sowohl auf die Grenzen der empirischen Untersuchung als auch auf im Zuge dieser Arbeit offenbar gewordene weiterführende Forschungsbedarfe und -themen geworfen. Während untersuchungsspezifische Fehlerquellen und Limitationen bereits im Kontext des jeweiligen Forschungsschrittes dargelegt wurden, sollen im Folgenden untersuchungsübergreifende methodische und forschungspraktische Grenzen thematisiert und aufgezeigt werden.

8.1 Grenzen der empirischen Untersuchung

Auswahl der Datenbasis

Wie bereits einleitend in Abschnitt 1.1 ausgeführt, stellten die Identifikation und Abgrenzung relevanter Podien und Publikationen sowie die Erarbeitung einer umfassenden und repräsentativen Datengrundlage die wesentlichen praktischen Herausforderungen dieser Arbeit dar. Eines der Hauptprobleme ist darin zu sehen, dass zumindest in den diesbezüglich weichenstellenden frühen Phasen der Arbeit das gesamte Forschungsgebiet nicht transparent und überschaubar war. Vielmehr wurde erst durch die in den Kapiteln 4 und 5 vorgestellten Publikationsanalysen sowie eine Präsentation von deren Ergebnissen auf zahlreichen Konferenzen und Podien ein Überblick gewonnen. Auch wenn damit verbunden eine ganze Reihe von für die Untersuchung potenziell relevanten Publikationen keinen Eingang in die Betrachtung fand, ist anhand der Rückmeldungen und vielfältigen Diskussionen der Untersuchungsergebnisse zu vermuten, dass wesentliche Phänomene und Konstellationen trotz der beschriebenen Schwächen der Datenbasis identifiziert wurden.

Ähnlich schwierig gestaltete sich die Lage bei der Recherche nach umfassenden Untersuchungen geeigneter Praxisprojekte sowie der diesbezüglichen Datenerhebung (vgl. Abschn. 6.2.2). Die Zahl der für eine Betrachtung in Frage kommenden Projekte war eng begrenzt und eine Begleitung über den gesamten Projektzeitraum hätte nicht zuletzt mit Blick auf die in Abschnitt 6.3.1 beschriebenen (Vor-)Laufzeiten derartiger Projekte eine langwierige Forschung bedingt. Als Konsequenz waren Entscheidungen zur Einbeziehung von Daten zumindest zum Teil durch praktische Notwendigkeiten beeinflusst und ein konsequent theoriegeleitetes *Sampling* nicht möglich. Konkret war in den untersuchten Projekten P1, P2 und P3 ein Zugriff insbesondere auf bereits ausgeschiedene Beteiligte nur noch bedingt realisierbar. Daraus resultierte als praktische Konsequenz, dass weder alle potenziell interessanten Beteiligten befragt werden konnten, noch eine derartige Befragung konsequent einheitlich möglich war. Ebenso wenig möglich war eine teilnehmende Beobachtung in den bereits abgeschlossenen Projekten P3 und P2.

Einbeziehung von Sekundärquellen und Arbeiten mit eigener Beteiligung

Potenzielle methodische Schwachstellen bilden die Sekundärverwendung einer Dissertationsschrift als eine der Datengrundlagen des Projektes P3 sowie die Einbeziehung einer unter eigener Beteiligung entstandenen Projektarbeit des Projektes P4. Im Falle der

Einbeziehung von derartigen Sekundärquellen, zu denen auch die betrachteten Protokolle zählen, werden diesen von weiteren Befragungen flankiert, die auf eben jene offen gelassenen oder nur oberflächlich ausgeführten Aspekte abzielen. Eine aktive Beteiligung des Forschers im Sinne einer vollständig teilnehmenden Beobachtung (Lamnek 2005, S. 592 ff.) ist forschungsmethodisch zwar eine zulässige Methode. Problematisch scheinen jedoch vor allem die möglicherweise mangelnde Objektivität und ein möglicherweise im Sinne des erwünschten Forschungsergebnisses opportunistisches Handeln (Bortz und Döring 2009, S. 324). Eine diesbezüglich wichtige Komponente von Forschungsprozessen im Sinne der *Grounded Theory* ist die Wahrung der *Theoretischen Sensibilität* (Strauss und Corbin 1996, S. 28) des Forschers. Auch wenn sich die benannten Problemfelder im besten Fall minimieren lassen, wurde entsprechend der dortigen Empfehlungen sowohl eine permanente Prüfung der Befunde und Hypothesen anhand der Daten, eine „skeptische Haltung“ (Strauss und Corbin 1996, S. 28) in Bezug auf die entwickelten Konzepte als auch der Wechsel zwischen Erhebungs- und Analysephasen konsequent beachtet.

Methodentriangulation

Zumindest bedingt folgte die Untersuchung einem *mixed-methods*-Design als Kombination unterschiedlicher Techniken und Forschungsansätze mit dem Ziel einer Erhöhung der Qualität methodenbasierter Exploration (Bortz und Döring 2009, S. 365 ff.; Lamnek 2005, S. 166 ff.; Flick 1995). Eine derartige Triangulation beziehungsweise Variierung kann sowohl eine Daten- oder Theoriegrundlage, eine Beobachterperspektive als auch die verwendete Methodik betreffen (Yin 2009, S. 41). Auch wenn für die einzelnen Untersuchungsschritte mit Blick auf die unterschiedlichen Datengrundlagen mitunter gleich mehrere Aspekte variieren und somit die Vergleichbarkeit dieser unterschiedlichen methodischen Zugänge (hierzu u. a. Lamnek 2005, S. 168; Bortz und Döring 2009, insbes. S. 366) nicht konsequent gewährleistet scheint, überlappen sich die einzelnen Untersuchungsteile hinsichtlich des Erkenntnisinteresses und gewährleisten somit, dass partiell vergleichbare Befunden auf unterschiedlichen Wegen erarbeitet wurden. Die Einbeziehung jeweils mehrerer Untersuchungsfälle in allen Untersuchungsteilen ermöglicht zudem eine inhaltliche Triangulation und die vergleichende Betrachtung von Fällen mittels einer ähnlichen Methodik (Yin 2009, S. 41).

Qualitatives Untersuchungsschema

Eine Vielzahl von Entscheidungen steht vor dem Hintergrund qualitativer und damit subjektiver Forschungsansätze. Dies beginnt bei der Auswahl der Zielsetzung sowie der Forschungszugänge und -methoden – bei denen beispielsweise bibliometrische Ansätze nur eine mögliche Methode zur strukturellen Analyse eines Forschungsfeldes darstellen – und endet mit zahlreichen subjektiven und daher potenziell individuell beeinflussten Entscheidungen hinsichtlich des *Samplings*, von Wichtungen oder Interpretationen. Damit steht diese Arbeit keinesfalls im Widerspruch zu qualitativ empirischen Forschungsansätzen,

immer im Blick zu behalten ist jedoch die Vorläufigkeit der aufgezeigten Ergebnisse und weiteren Erforschungsbedarfe.

Zusammenfassung

Potenzielle Fehlerquellen dieser Arbeit resultieren vor allem aus der zu Beginn der Untersuchung defizitären Übersicht über das Forschungsgebiet sowie den geschilderten praktischen Problemen bei der Auswahl und Datenerhebung der Praxisprojekte. Daneben stellen zahlreiche qualitative und somit potenziell subjektiv beeinflusste Untersuchungsschritte eine mögliche Fehlerquelle dar. Übergreifend ist für alle diese aufgezeigten möglichen Fehlerquellen darauf hinzuweisen, dass das zentrale Interesse der Datenerhebung im Einklang mit dem Forschungsinteresse in der Aufzeigung von Konzepten, Abläufen und Phänomenen lag. Die vorliegende Arbeit verfolgt somit das Ziel einer explorativen, hypothesenbildenden Untersuchung. Entsprechend ist die Aussagekraft in Bezug auf alle beschriebenen Phänomene vor dem Hintergrund des jeweils eingeschränkten und mehr oder minder pragmatisch gewählten Untersuchungssamples zu sehen. Ein solches Vorgehen bringt im Ideal „gegenstandsverankerte“, vorläufige Schlüsse hervor, die wissenschaftlich anknüpfungs- und diskursfähig sind und somit ein legitimes Zwischenergebnis wissenschaftlicher Forschung darstellen.

8.2 Ausblick

Neben den in der Fehlerbetrachtung beschriebenen Anknüpfungspunkten für weiterführende Untersuchungen offenbarte sich im Zuge der Arbeit eine ganze Reihe von Forschungsbedarfen und -themen.

Exploration

Die gewählte explorative Zielsetzung dieser Untersuchung bietet einerseits die Chance, das Forschungsfeld und mögliche Bezugspunkte ohne vorherige disziplinäre oder thematische Einhegungen aufzudecken. Andererseits offerieren die gewählten Paradigmen und das breite Untersuchungsspektrum geradezu ein „Zuviel“ an möglichen Bezugspunkten zu Theorie und Praxis. Nicht zuletzt durch diesen Aspekt und die tendenziell eher kleinen Samples bleibt die Untersuchung in vielen Bereichen an der Oberfläche und hinsichtlich vieler entwickelter Hypothesen und beschriebener Phänomene nicht nur einen breiteren Nachweis schuldig, sondern lässt auch für viele höchst interessante Sub-Prozesse und Details eine hinsichtlich Variablen und Abhängigkeiten nur rudimentäre Betrachtung zu.

Gegenstandsverankerung

Einen wissenschaftlichen Mehrwert und Beitrag zum fachwissenschaftlichen und theoretischen Diskurs sieht der Autor in der Kartierung einer „Produktion virtueller geschichtswissenschaftlicher 3D-Rekonstruktionen“. Dies betrifft in der makroskopischen Betrachtung einerseits die Einordnung im Forschungsfeld zur geschichtswissenschaftlichen 3D-Modellierung sowie wiederum dessen disziplinäre Verortung, andererseits die

Aufdeckung von Einflussgrößen und Phänomenen in einer mikroskopischen Prozessbetrachtung. Nicht zuletzt versucht die vorliegende Arbeit, gegenstandsverankerte Strategien aufzudecken und somit praktisches Anknüpfungswissen zur Verfügung zu stellen. Insbesondere letzterem Anspruch kann die Arbeit in zweierlei Hinsicht nur begrenzt genügen. Nicht ohne Grund stellt die Aufzeigung von Strategien und Empfehlungen nur einen der Teile der *Good Practice*- beziehungsweise *Best Practice*- Transferprozesse dar (vgl. Abs. 3.3.4.2), wobei eine folgende kontinuierliche Implementierung derartiger Befunde in die Arbeitspraxis außerhalb der Möglichkeiten dieser Arbeit liegt. Daneben steht für viele dieser Strategien der Nachweis aus, ob diese überhaupt transferierbar sind. Dies steht nicht zuletzt vor dem Hintergrund, dass sowohl organisationalem und praxisbezogenem Lernen (vgl. Abs. 6.4.5.2) als auch einer Entwicklung von Strategien anhand projektspezifischer Bedarfe (vgl. Abs. 6.4.5.1) „über die Zeit“ in der Praxis der untersuchten Projekte eine große Bedeutung zukam.

Time and Space

Dies verweist gleichermaßen auf ein nach Ansicht des Autors weiteres großes Desiderat dieser Arbeit. Die Zeitlichkeit von Phänomenen – ob vor dem Hintergrund beispielsweise einer Entwicklung des Forschungsfeldes oder von Strategien – bleibt an vielen Stellen der Arbeit unbeachtet. Während dies bei den in den Kapiteln 4 und 5 vorgestellten Untersuchungsteilen vor dem Hintergrund zu sehen ist, dass mit Blick auf die Größe der Samples eine derartige Unterscheidung nicht sinnvoll erschien, liegt die Ursache mit Blick auf die in Kapitel 6 vorgestellten Fallstudien in einem erst im Projektverlauf oder ex post möglichen Zugang begründet. Ebenso ist die Perspektive der Untersuchung sehr stark auf einen europäischen – beziehungsweise wie im Fall der in Kapitel 6 untersuchten Projekte – primär deutschen Kontext fokussiert. Hier ist zu vermuten, dass ein Blick auf andere kulturelle Kontexte oder *Ökologien* (vgl. Nausner 2006, S. 94) zu anderen Befunden führen und eine Untersuchung von *Interkulturalität* eine ähnliche Tragweite wie die hier im Blick stehende Interdisziplinarität besitzen könnte.

Am Ende dieser Arbeit steht daher der ausdrückliche Wunsch nach weiterer Forschung in diesem Bereich und zu den benannten Aspekten und Themen.

9 Literatur

ABDEL-GHANY, M. M. M.: Identifying Opinion Leaders using Social Network Analysis. A Study in an Egyptian Village, in: Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences 4 (2012), S. 12-19.

ABRAMO, G., D'ANGELO, C. A. und SOLAZZI, M.: The relationship between scientists' research performance and the degree of internationalization of their research, in: Scientometrics 86 (2010), S. 629-643.

ACOSTA, M., CORONADO, D., FERRÁNDIZ, E. und LEÓN, M. D.: Factors affecting inter-regional academic scientific collaboration within Europe. The role of economic distance, in: Scientometrics 87 (2010), S. 63-74.

ALBRECHT, J.: Grundlagen der Modelltechnik. Digitaler 3D-Modellbau, Halle 1998.

ALEIXANDRE-BENAVENT, R., ALEIXANDRE-TUDO, J. L., ALCAIDE, G. G., FERRER-SAPENA, A., ALEIXANDRE, J. L. und TOIT, W. D.: Bibliometric analysis of publications by South African viticulture and oenology research centres, in: South African Journal of Sciences 108 (2012), o. S..

ALLERT, H., RICHTER, C. und NEJDL, W.: Situated Models and Metadata for Learning Management, in: Journal of Universal Computer Science 10 (2004), S. 4-13.

AMABILE, T. M., PATTERSON, C., MUELLER, J., WOJCIK, T., ODOMIROK, P. W., MARSH, M. und KRAMER, S. J.: Academic-Practitioner Collaboration in Management Research. A Case of Cross-Profession Collaboration, in: Academy of Management Journal 44 (2001), S. 418-431.

AMMON, S.: Epistemische Bildstrategien in der Modellierung. Entwerfen von Architektur nach der digitalen Wende (Entwurf), in: AMMON, S. & HINTERWALDNER, I. (Hrsg.): Bildlichkeit im Zeitalter der Modellierung, Im Druck.

ANCONA, M., MASCARDI, V., QUERCINI, G., BOGDANOVYCH, A., LUMLEY, H. D., PAPALEO, L., SIMOFF, S. und TRAVERSO, A.: Virtual Institutions for Preserving and Simulating the Culture of Mount Bego's Ancient People, in: ARTUSI, A., JOLY-PARVEX, M., LUCET, G., RIBES, A. & PITZALIS, D. (Hrsg.): 11th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Cultural Heritage (VAST 2010), Paris 2010, S. 5-8.

APOLLONIO, F. I., GAIANI, M. und SUN, Z.: 3D Modeling and Data Enrichment in Digital Reconstruction of Architectural Heritage, in: International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences XL-5/W2, 2013, XXIV International CIPA Symposium, 2.- 6. 9. 2013, Strasbourg (2013), S. 43-48.

ARGIRIS, C. und SCHÖN, D. A.: Theory in practice. Increasing professional effectiveness, San Francisco 1974.

ARGYLE, M.: The Psychology of Social Class, London 1994.

ARNOLD, D. und GESER, G.: EPOCH Research Agenda - Final Report, o. O. 2008.

ARRIAGA, I. K. und LOZANO, O. M.: Space throughout time - Application of 3D virtual reconstruction and light projection techniques in the analysis and reconstruction of cultural heritage, in: REMONDINO, F., EL-HAKIM, S. & GONZO, L. (Hrsg.): 3D-ARCH 2009, Zürich 2009.

ASHTON, C.: Managing Best practices, London 1998.

AUSTRALIAN TRANSPORT SAFETY BUREAU: Radiotelephony Readback Compliance and its Relationship to Surface Movement Control Frequency Congestion, Canberra City 2007.

BACHMANN, G.: Teilnehmende Beobachtung, in: KÜHL, S. & STRODTHOLZ, P. (Hrsg.): Methoden der Organisationsforschung, Reinbek bei Hamburg 2002, S. 323-361.

BADKE-SCHAUB, P., NEUMANN, A., LAUCHE, K. und MOHAMMED, S.: Mental models in design teams. A valid approach to performance in design collaboration?, in: CoDesign 3 (2007), S. 5-20.

BAKKER, R. M.: Taking Stock of Temporary Organizational Forms. A Systematic Review and Research Agenda, in: International Journal of Management Reviews 12 (2010), S. 466-486.

BALDISSINI, S., MANFERDINI, A. M. und MASCI, M. E.: An information system for the integration, management and visualization of 3D reality based archaeological models from different operators, in: REMONDINO, F., EL-HAKIM, S. & GONZO, L. (Hrsg.): 3D-ARCH 2009, Zürich 2009.

BALLSTAEDT, S.-P.: Wissensvermittlung. die Gestaltung von Lernmaterial, Weinheim 1997.

BALLSTAEDT, S.-P.: Texte visualisieren (Handout für den Workshop zum 3. Kolloquium ‚Textproduktion im Zeitalter des Computers' in Hildesheim, 27. 2. 1998), Tübingen 1998.

BAMFORD, G.: From analysis/synthesis to conjecture/analysis. A review of Karl Popper's influence on design methodology in architecture, in: Design Studies 23 (2002), S. 245-261.

BANKS, A. P. und MILLWARD, L. J.: Differentiating Knowledge in Teams. The Effect of Shared Declarative and Procedural Knowledge on Team Performance, in: Group Dynamics: Theory, Research, and Practice 11 (2007), S. 95-106.

BARABASI, A.-L. und ALBERT, R.: Emergence of Scaling in Random Networks, in: Science 286 (1999), S. 1-11.

BARTSCH, V., EBERS, M. und MAURER, I.: Learning in project-based organizations. The role of project teams' social capital for overcoming barriers to learning, in: International Journal of Project Management 31 (2013), S. 239-251.

BAUMGARTNER, P.: Der Hintergrund des Wissens. Vorarbeiten zu einer Kritik der programmierbaren Vernunft, Klagenfurt 1993.

BEA, F. X. und GÖBEL, E.: Organisation. Theorie und Gestaltung, Stuttgart 2010.

BEACHAM, R., DENARD, H. und NICCOLUCCI, F.: An Introduction to the London Charter, in: IOANNIDES, M., ARNOLD, D., NICCOLUCCI, F. & MANIA, K. (Hrsg.): Papers from the Joint Event CIPA/VAST/EG/EuroMed Event, 2006, S. 263-269.

BECKER, D. und RILEY, J. L.: Seeing Standards. A Visualization of the Metadata Universe, in: BÖRNER, K. & STAMPER, M. J. (Hrsg.): 7th Iteration: Science Maps as Visual Interfaces to Digital Libraries, Chapel Hill 2010.

BECKER, J. und PFEIFFER, D.: Beziehungen zwischen behavioristischer und konstruktionsorientierter Forschung in der Wirtschaftsinformatik, Münster o. D.

BEGAND, C.: Virtuelle 3D-Rekonstruktionen historischer Gebäude, Hamburg 2004.

BELLIS, N. D.: Bibliometrics and Citation Analysis. From the Science Citation Index to Cybermetrics, Lanham 2009.

BENTKOWSKA-KAFEL, A., DENARD, H. und BAKER, D.: Paradata and Transparency in Virtual Heritage, Burlington 2012.

BERTIN, J. und JENSCH, G.: Graphische Semiologie. Diagramme, Netze, Karten, Berlin [u. a.] 1974.

BERTIN, J. und SCHARFE, W.: Graphische Darstellungen und die graphische Weiterverarbeitung der Information, Berlin [u. a.] 1982.

BIAGIOLI, M.: Rights or rewards? Changing frameworks of scientific authorship, in: Journal of College and University Law 27 (2000), S. 83-108.

BIEDERMAN, I.: Recognition by components. A theory of human image understanding, in: Psychological Review 94 (1987), S. 115-147.

BIRBAUMER, N. und SCHMIDT, R. F.: Biologische Psychologie, Berlin [u. a.] 2006.

BIRN, J.: Lighting & rendering, München 2007.

BLOHM, H.: Kooperation, in: GROCHLA, E. (Hrsg.): Handwörterbuch der Organisation, Stuttgart 1980, S. 1111-1118.

BOLLMANN, J. und KOCH, W. G.: Lexikon der Kartographie und Geomatik, Heidelberg 2001.

BORTZ, J. und DÖRING, N.: Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler, Heidelberg 2009.

BOSCHUNG, D. und NUßBAUM, N.: Begrüßung und Einführung (Vortrag), Workshop: 3D-Rekonstruktionen als Visualisierung wissenschaftlicher Ergebnisse in Archäologie und Architekturgeschichte, 14. 11. 2010, Köln 2010.

BOWKER, G. C. und STAR, S. L.: Sorting Things Out. Classification and Its Consequences, Cambridge 1999.

BRANDES, U.: A Faster Algorithm for Betweenness Centrality, in: Journal of Mathematical Sociology 25 (2001), S. 163-177.

BRANDT, A. V.: Werkzeug des Historikers Stuttgart [u. a.] 2012.

BRAUER, W.: Zur numerischen Erfassung geometrischer Formen, die hierzu notwendigen Voraussetzungen und erste Komplexe der Anwendung, in: Die Technik 23 (1968), S. 311-316.

BRESCIANI, S.: Visualizing Knowledge for Organizational Communication within and across Cultures (PhD-Thesis), Lugano 2010.

BRESCIANI, S.: Understanding the Visual in Team Communication. A Collaborative Dimensions Approach, International Communication Association (ICA) Annual Meeting, 17.- 21. 6. 2013, London 2013.

BRODLIE, K. W.: Scientific visualization. Techniques and applications, Berlin [u. a.] 1992.

BROMILEY, P.: A Focus on Processes. Part of Herbert Simon's Legacy, in: AUGIER, M., SIMON, H. A. & MARCH, J. G. (Hrsg.): Models of a Man: Essays in Memory of Herbert A. Simon, Cambridge 2004, S. 183-190.

BROMME, R.: Beyond one's own perspective. The psychology of cognitive interdisciplinarity, in: WEINGART, P. & STEHR, N. (Hrsg.): Practising interdisciplinarity, Toronto [u.a.] 2000, S. 115-133.

BROMME, R., JUCKS, R. und RAMBOW, R.: Experten-Laien-Kommunikation im Wissensmanagement, in: REINMANN, G. & MANDL, H. (Hrsg.): Psychologie des Wissensmanagements, Göttingen [u. a.] 2004, S. 176-188.

BROMME, R., MENOLD, N. und STEINHEIDER, B.: Entwicklung und Validierung einer Skala zur Erfassung von Wissensintegrationsproblemen in interdisziplinären Projektteams (WIP), in: Zeitschrift für Arbeits- und Organisationspsychologie A&O 53 (2009), S. 121-130.

BROMME, R. und RAMBOW, R.: Experten-Laien-Kommunikation als Gegenstand der Expertiseforschung. Für eine Erweiterung des psychologischen Bildes vom Experten, 42. Kongress der Deutschen Gesellschaft für Psychologie 2000, Jena 2001.

BRUMANA, R., ORENI, D., HECKE, L. V., BARAZZETTI, L., PREVITALI, M., RONCORONI, F. und VALENTE, R.: Combined Geometric and Thermal Analysis from UAV Platforms for Archeological Heritage Documentation, in: ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences XL-5/W2, 2013, XXIV International CIPA Symposium, 2.- 6. 9. 2013, Strasbourg (2013), S. 49-54.

BRUNO, F., BRUNO, S., DE SENSI, G., LUCHI, M.-L., MANCUSO, S. und MUZZUPAPPA, M.: From 3D reconstruction to virtual reality. A complete methodology for digital archaeological exhibition, in: Journal of Cultural Heritage 11 (2010), S. 42-49.

BUNDERSON, J. S. und SUTCLIFFE, K. M.: Comparing alternative conceptualizations of functional diversity process and performance effects, in: Academy of Management Journal 45 (2002), S. 875-893.

BURDEA, G. C. und COIFFET, P.: Virtual Reality Technology, Band 1, New York 2003.

BURGHARDT, M.: Projektmanagement - Leitfaden für die Planung, Überwachung und Steuerung von Entwicklungsprojekten, München 1993.

BÜTTNER, U. o. D. Die Physiologie des Sehens (Kurzfassung) [Online]. http://iwrwww2.fzk.de/avka/pdf-files/14physiol.pdf, besucht am 10. 1. 2014.

CAMARA, G. D., MURTEIRA, H. und RODRIGUES, P. S.: City and Spectacle. A Vision of Pre-earthquake Lisbon, in: HOPPE, S., BREITLING, S. & FITZNER, S. (Hrsg.): Virtual Palaces II: Lost Palaces and Their Afterlife. Virtual Reconstruction between Science and Media. Proceedings of the European Science Foundation Research Networking Programme PALATIUM meeting at Munich, 13.- 15. 4. 2012, Im Druck.

CAMERON, F. und KENDERDINE, S.: Theorizing digital cultural heritage. A critical discourse, Cambridge 2007.

CAMIC, C.: The matter of habit, in: American Journal of Sociology, 91 (1986), S. 1039-1087.

CAMP, R. C.: Benchmarking. The search for best practices that lead to superior performance, Milwaukee 1989.

CAMPBELL, P. B.: High Tech on a Budget. Recording Maritime Cultural Heritage Using a Total Station, RhinoPhoto, and Rhinoceros NURBS, 37th Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology Conference, 22.- 26. 3. 2009, Williamsburg 2009.

CANNON-BOWERS, J. A., SALAS, E. und CONVERSE, S. A.: Cognitive psychology and team training. Shared mental models in complex systems, in: Human Factors Bulletin 33 (1990), S. 1-4.

CARD, S. K., D.MACKINLAY, J. und SHNEIDERMAN, B.: Readings in Information Visualization. Using Vision to Think, Burlington 1999.

CARPO, M.: Architecture in the Age of Printing. Orality, Writing, Typography, and Printed Images in the History of Architectural Theory, Cambridge 2001.

CASSELL, C. M., BUEHRING, A., SYMON, G., JOHSON, P. und BISHOP, V.: Benchmarking good practice in qualitative management research, Sheffield 2005.

CASTORPH, M.: Bauteilorientierte Entwurfsprozesse, Architekturlehre, BOE, Sammlung 2002-2008, Kaiserslautern 2008.

CH'NG, E.: Experiential archaeology. Is virtual time travel possible?, in: Journal of Cultural Heritage 10 (2009), S. 458-470.

CHADAREVIAN, S. D. und HOPWOOD, N.: Models - The Third Dimension of Science, Stanford 2004.

CHAHROUR, R.: Integration von CAD und Simulation auf Basis von Produktmodellen im Erdbau, Kassel 2006.

CHANDLER, T.: Virtual Visions and Moving Models. Testing Digital Reconstructions of the Royal Palace at Angkor Thom, Cambodia, in: HOPPE, S., BREITLING, S. & FITZNER, S. (Hrsg.): Virtual Palaces II: Lost Palaces and Their Afterlife. Virtual Reconstruction between Science and Media. Proceedings of the European Science Foundation Research Networking Programme PALATIUM meeting at Munich, 13.- 15. 4. 2012, Im Druck.

CHANG, K.-C., YEN, H.-W., CHIANG, C.-C. und PAROLIA, N.: Knowledge contribution in information system development teams. An empirical research from a social cognitive perspective, in: International Journal of Project Management 31 (2013), S. 252-263.

CHASE, C. H., FEINSTEIN, M. H., GARFIED, J. L. und RISSLAND, E. L.: Cognitive Science. An Introduction, Cambridge 1995.

CHEVRIER, C., MAILLARD, Y. und PERRIN, J. P.: A method for the 3D modelling of historic monuments. The case of a Gothic abbey church, in: REMONDINO, F., EL-HAKIM, S. & GONZO, L. (Hrsg.): 3D-ARCH 2009, Zürich 2009.

CHUNG, K. H. und KOLBE, P. T.: Empirical Regularities in the Market for Real Estate Research Output, in: Teh Journal of Real Estate Research 7 (1992), S. 115-124.

CLACK, T. und BRITTAIN, M.: Archaeology and the media, Walnut Creek 2007.

CLARK, H. H.: Using Language, Cambridge 1996.

CLARKE, A. und O"RIORDAN, E.: Managing Change. Introducing innovation into well-established systems, 37th Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology Conference, 22.- 26. 3. 2009, Williamsburg 2009.

COLLINS, H., EVANS, R. und GORMAN, M.: Trading zones and interactional expertise (unveröffentlicht), o. O. 2008.

CONKLIN, J.: Dialogue Mapping. Building Shared Understanding of Wicked Problems, New York 2005.

COX, R. A. K. und CHUNG, K. H.: Patterns of Research Output and Author Concentration in the Economics Literature Capital, in: Review of Economics and Statistics 73 (1991), S. 740-747.

CROST, N., KORNEK, C. und RAUCH, W.: Zimbardo. Psychology and Life 13. ed., Chapters 4, 7, 8, 11 (Skript), Frankfurt a. M. 2005.

CYERT, R. M. und MARCH, J. G.: Eine verhaltenswissenschaftliche Theorie der Unternehmung, Stuttgart 1995.

DABBS, J. M.: Making things visible, in: MAANEN, J. V. (Hrsg.): Varieties of qualitative research, Newbury Park 1982, S. 31-63.

DAVENPORT, T. H. und PRUSAK, L.: Working Knowledge. How Organizations Manage What They Know, Cambridge 2000.

DAVIES, R. und SEDLEY, L.: Agile Coaching, Raleigh 2009.

DE FRANCESCO, G.: DC-NET. The Establishment of the Digital Cultural Heritage Network, in: ARTUSI, A., JOLY-PARVEX, M., LUCET, G., RIBES, A. & PITZALIS, D. (Hrsg.): 11th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Cultural Heritage (VAST 2010), 2010, S. 105-110.

DE FRANCESCO, G. und D'ANDREA, A.: Standards and Guidelines for Quality Digital Cultural Three-Dimensional Content Creation, in: IOANNIDES, M., ADDISON, A., GEORGOPOULOS, A. & KALISPERIS, L. (Hrsg.): Digital Heritage: Proceedings of the 14th International Conference on Virtual Systems and Multimedia, Budapest 2008, S. 229-233.

DE HERAS CIECHOMSKI, P., SCHERTENLEIB, S., MAÏM, J., MAUPU, D. und THALMANN, D.: Real-time Shader Rendering for Crowds in Virtual Heritage, in: MUDGE, M., RYAN, N. & SCOPIGNO, R. (Hrsg.): 6th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Cultural Heritage (VAST 2005), Pisa 2005, S. 91-98.

DE HERAS CIECHOMSKI, P., ULICNY, B., CETRE, R. und THALMANN, D.: A case study of a virtual audience in a reconstruction of an ancient Roman odeon in Aphrodisias, in: CAIN, K., CHRYSANTHOU, Y., NICCOLUCCI, F. & SILBERMAN, N. (Hrsg.): 5th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Cultural Heritage (VAST 2004), Brussels [u. a.] 2004, S. 9-17.

DE SOLLA PRICE, D.: Little Science - Big Science, New York 1963.

DE STEFANO, D., GIORDANO, G. und VITALE, M.: Issues in the analysis of co-authorship networks, in: Quality & Quantity 45 (2011), S. 1091-1107.

DEFILA, R. und GIULIO, A. D.: Projektbericht, in: Panorama Sondernummer: Transdisziplinarität evaluieren - aber wie? (1999), S. 5-11.

DEFILLIPPI, R. J. und ARTHUR, M. B.: Paradox in project-based enterprise. The case of film making, in: California Management Review 40 (1998), S. 125-139.

DEGEN, M., RIEMEN, R. und SCHULZ, M. o. D. Kapitel 4. Perception - Wahrnehmung (Präsentation) [Online]. Bielefeld, http://www.uni-bielefeld.de/psychologie/ae/Ae01/hp/ansorge/researchII.html, besucht am 10. 1. 2014.

DENARD, H.: A new Introduction to the London Charter, in: BENTKOWSKA-KAFEL, A., DENARD, H. & BAKER, D. (Hrsg.): Paradata and Transparency in Virtual Heritage, Burlington 2012, S. 57-72.

DEUSSEN, O.: Bildmanipulation. Wie Computer unsere Wirklichkeit verzerren, Berlin 2007.

DEUTSCHE FORSCHUNGSGEMEINSCHAFT: Vorschläge zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis. Empfehlungen der Kommission ‚Selbstkontrolle in der Wissenschaft' (Denkschrift), Weinheim 1998.

DEUTSCHE FORSCHUNGSGEMEINSCHAFT: Die digitale Transformation weiter gestalten. Der Beitrag der Deutschen Forschungsgemeinschaft zu einer innovativen Informationsinfrastruktur für die Forschung (Positionspapier), Bonn 2012.

DIEKMANN, A.: Empirische Sozialforschung. Grundlagen, Methoden, Anwendungen, Reinbek bei Hamburg 2004.

DIEKMANN, A. und VOSS, T.: Die Theorie rationalen Handelns. Stand und Perspektiven, in: DIEKMANN, A. & VOSS, T. (Hrsg.): Rational Choice Theorie. Probleme und Perspektiven, München 2003, S. 13-29.

DIEßENBACHER, C.: Computersimulation und -visualisierung in der Architektur, Aachen 1998.

DIGITAL HUMANITIES CURRICULUM: Digitale Geisteswissenschaften, Köln 2011.

DIN DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E. V.: DIN 199-1, Berlin 1996.

DIN DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E. V.: DIN 69901-5 Projektmanagement - Projektmanagementsysteme - Teil 5: Begriffe, Berlin 2009.

DOYLE, J. K. und FORD, D. N.: Mental models concepts for system dynamics research, in: System Dynamics Review 14 (1998), S. 3-29.

DUNN, S., GOLD, N. und HUGHES, L.: CHIMERA. A Service Oriented Computing Approach for Archaeological Research, in: POSLUSCHNY, A., LAMBERS, K. & HERZOG, I. (Hrsg.): 35th Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology Conference, 2.- 6. 4. 2007, Berlin 2007.

DUWE, J. und MEFFERT, K.: State-of-the-Art Analyse E-Humanities. Version 0.1, Göttingen 2008.

EGGERT, M.: Prähistorische Archäologie, Tübingen 2001.

EGGHE, L.: A heuristic study of the first-citation distribution, in: Scientometrics 48 (2000), S. 345-359.

EGGHE, L., GUNS, R. und ROUSSEAU, R.: Measuring co-authors' contribution to an article's visibility, in: Scientometrics 95 (2013), S. 55-67.

EGGHE, L. und ROUSSEAU, R.: Introduction to Informetrics. Quantitative Methods in Library, Documentation and Information Science, Amsterdam 1990.

EISENHARDT, K. M.: Building Theories From Case Study Research, in: Academy of Management Review 14 (1989), S. 532-550.

EL-HAKIM, S., WHITING, E., GONZO, L. und GIRARDI, S.: 3-D reconstruction of complex architectures from multiple data, in: REMONDINO, F., EL-HAKIM, S. & GONZO, L. (Hrsg.): 3D-ARCH 2005, Zürich 2005.

EL DARWICH, R.: Modelle, in: PANDEL, H.-J. & BECHER, U. A. J. (Hrsg.): Handbuch Medien im Geschichtsunterricht, Schwalbach 2005, S. 580-591.

ENCARNAÇÃO, J. L., STRAßER, W. und KLEIN, R.: Graphische Datenverarbeitung, München [u. a.] 1996.

ENTRUP, C. L.: Ein Referenzmodell zur Unterstützung wissensintensiver Prozesse im Produktlebenszyklus durch Analyse von Produkt- und Prozessdaten - Ein Beitrag zum prozessorientierten Wissensmanagement, Berlin 2009.

ERICSSON, K. A.: An Introduction to Cambridge Handbook of Expertise and Expert Performance. Its Development, Organization, and Content, in: ERICSSON, K. A., CHARNESS, N., FELTOVICH, P. & HOFFMAN, R. R. (Hrsg.): Cambridge handbook on expertise and expert performance, Cambridge 2006, S. 3-20.

ERVING, A., RÖNNHOLM, P. und NUIKKA, M.: Data integration from different sources to create 3D virtual model, in: REMONDINO, F., EL-HAKIM, S. & GONZO, L. (Hrsg.): 3D-ARCH 2009, Zürich 2009.

ESSER, H.: „Habits", „Frames" und "Rational Choice", in: Zeitschrift für Soziologie 19 (1990), S. 231-247.

ESSLINGER, I.: Berufsverständnis und Schulentwicklung. Ein Passungsverhältnis?, Bad Heilbrunn 2002.

EUROPEAN COMMISSION: Survey and outcomes of cultural heritage research projects supported in the context of EU environmental research programmes. From 5th to 7th Framework Programme, Brussels 2011.

EVANS, T. L. und DALY, P. T.: Digital archaeology. Bridging method and theory, London [u. a.] 2006.

FASSI, F.: 3D modeling of complex architecture integrating different techniques. A critical overview in: REMONDINO, F. & EL-HAKIM, S. (Hrsg.): 3D-ARCH 2007, Zürich 2007.

FAßLER, M.: Was ist Kommunikation?, Stuttgart 2003.

FAVRO, D.: In the eyes of the beholder. Virtual Reality re-creations and academia, in: HASELBERGER, L., HUMPHREY, J. und ABERNATHY, D.: Imaging ancient Rome. Documentation, visualization, imagination. Proceedings of the 3rd Williams Symposium on Classical Architecture, Rome, 20.- 23. 5. 2004, Portsmouth 2006, S. 321-334.

FENELEY, M., CHANDLER, T. T., GLEISSENBERGER, N. H. und ALEXANDER, B. D.: Reconstructing the West Mebon Vishnu. A marriage of traditional artefactual analysis with digital 3D visualization, in: WYELD, T. G., KENDERDINE, S. & DOCHERTY, M. (Hrsg.): Virtual Systems and Multimedia, Berlin 2008, S. 73-87.

FERGUSON, E. S.: Das innere Auge. Von der Kunst des Ingenieurs, Basel 1993.

FERNIE, K., FRANCESCO, G. D. und DAWSON, D.: Technical Guidelines for Digital Cultural Content Creation Programmes. MINERVA TG 2.0 22-12-2008, o. O. 2008.

FERNIE, K., GAVRILIS, D. und ANGELIS, S.: The CARARE metadata schema, v 2.0, o. O. 2010.

FETTKE, P. und LOOS, P.: Methoden zur Wiederverwendung von Referenzmodellen - Übersicht und Taxonomie, Mainz 2002.

FIEGE, R., MUCK, P. M. und SCHULER, H.: Mitarbeitergespräche, in: SCHULER, H. (Hrsg.): Lehrbuch der Personalpsychologie, Göttingen 2001, S. 433-480.

FISCHER, H.: E-Learning im Lehralltag. Analyse der Adoption von E-Learning in der Hochschullehre, Wiesbaden 2013.

FISH, J. C.: Why do Designers Sketch?. Visual Cognition and Computer assisted Visualisation, in: TRAPPL, R. (Hrsg.): Proceedings of the 12th European Meeting on Cybernetics and Systems Research, Singapore 1994.

FISHER, C. R., TERRAS, M. und WARWICK, C.: Integrating New Technologies into Established Systems. A case study from Roman Silchester, 37th Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology Conference, 22.- 26. 3. 2009, Williamsburg 2009.

FLECK, L.: Entstehung und Entwicklung einer wissenschaftlichen Tatsache. Einführung in die Lehre vom Denkstil und Denkkollektiv, Frankfurt a. M. 1980.

FLICK, U.: Triangulation, in: FLICK, U., KARDOFF, E. V., KEUPP, H., ROSENSTIEL, L. V. & WOLFF, S. (Hrsg.): Handbuch qualitative Sozialforschung, München 1995, S. 432-434.

FLICK, U.: Qualitative Forschung, Reinbek bei Hamburg 2000.

FOGEL, R. W.: Die neue Wirtschaftsgeschichte. Forschungsergebnisse und Methoden, Köln 1970.

FOLKERTS, L.: Promotoren in Innovationsprozessen, Wiesbaden 2001.

FONI, A. E., PAPAGIANNAKIS, G. und MAGNENAT-THALMANN, N.: A taxonomy of visualization strategies for cultural heritage applications, in: Journal on Computing and Cultural Heritage 3 (2010), S. 1-21.

FÖRTSCH, R.: 3D-Technologien in der Praxis der Altertumswissenschaften. Denk- und Anwendungsmuster (Vortrag), Workshop: 3D-Rekonstruktionen als Visualisierung wissenschaftlicher Ergebnisse in Archäologie und Architekturgeschichte, 14. 11. 2010, Köln 2010.

FREEMAN, R. E.: Strategic Management. A Stakeholder Approach, Cambridge 1984.

FREGONESE, L. und TAFFURELLI, L.: 3D model for the documentation of Cultural Heritage. The wooden domes of St. Mark's Basilica in Venice, in: REMONDINO, F., EL-HAKIM, S. & GONZO, L. (Hrsg.): 3D-ARCH 2009, Zürich 2009.

FRINGS, M.: Der Modelle Tugend. CAD und die neuen Räume der Kunstgeschichte, Weimar 2001.

FRISCHER, B., ABERNATHY, D., GIULIANI, F. C., SCOTT, R. T. und ZIEMSSEN, H.: A new digital model of the Roman Forum, in: HASELBERGER, L., HUMPHREY, J. und ABERNATHY, D.: Imaging ancient Rome. Documentation, visualization, imagination. Proceedings of the 3rd Williams Symposium on Classical Architecture, Rome, 20.- 23. 5. 2004, Portsmouth 2006, S. 163-181.

FRISCHER, B. und DAKOURI-HILD, A.: Beyond illustration. 2D and 3D digital technologies as tools for discovery in archaeology, Oxford 2008.

FRISCHER, B. und STINSON, P.: The Importance of Scientific Authentication and a Formal Visual Language in Virtual Models of Archaeological Site. The Case of the House of Augustus and Villa of the Mysteries, Proceedings of the Conference on Authenticity, Intellectual Integrity and Sustainable Development of the Public Presentation of Archaeological and Historical Sites and Landscapes, 11.- 13. 9. 2002, Ghent 2007.

GAILLARD, J.: Scientific Production in Developing Countries, in: Scientometrics 23 (1992), S. 57-73.

GAITATZES, A., CHRISTOPOULOS, D. und PAPAIOANNOU, G.: The Ancient Olympic Games. Being Part of the Experience, in: CAIN, K., CHRYSANTHOU, Y., NICCOLUCCI, F. & SILBERMAN, N. (Hrsg.): 5th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Cultural Heritage (VAST 2004), Brussels [u. a.] 2004, S. 19-28.

GALISON, P.: Image & logic. A material culture of microphysics., Chicago 1997.

GALISON, P.: The collective author, in: BIAGIOLI, M. & GALISON, P. (Hrsg.): Scientific authorship: Credit and intellectual property in science New York 2003, S. 327-355.

GARFIELD, E., PUDOVKIN, A. und ISTOMIN, V.: Why do we need algorithmic historiography?, in: Journal of the American Society for Information Science and Technology 54 (2003), S. 400-412.

GARFIELD, E. und SHER, I.: New Factors in the Evaluation of Scientific Literature through Citation Indexing., in: American Documentation 14 (1963), S. 195-201.

GAUS, W.: Dokumentations- und Ordnungslehre, Berlin [u. a.] 2005.

GAVETTI, G., LEVINTHAL, D. und OCASIO, W.: Neo-Carnegie. The Carnegie School's Past, Present, and Reconstructing for the Future, in: Organization Science 18 (2007), S. 523-536.

GEDENRYD, H.: How Designers Work. Making Sense of Authentic Cognitive Activity, Lund 1998.

GERBER, D.: Analytische Metaphysik der Geschichte. Handlungen, Geschichten und ihre Erklärung, Frankfurt a. M. 2012.

GERRIG, R. J. und ZIMBARDO, P. G.: Psychologie, München 2008.

GERTH, B., BERNDT, R., HAVEMANN, S. und FELLNER, D. W.: 3D Modeling for Non-Expert Users with the Castle Construction Kit v0.5, in: MUDGE, M., RYAN, N. & SCOPIGNO, R. (Hrsg.): 6th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Cultural Heritage (VAST 2005), Pisa 2005, S. 49-57.

GEYER, P.: Von der digitalen Linie zum Systemmodell. Information und Wissen in der Entwurfsmodellierung mit dem Computer, in: AMMON, S. & FROSCHAUER, E. M. (Hrsg.): Wissenschaft Entwerfen. Vom forschenden Entwerfen zur Entwurfsforschung der Architektur, München 2013, S. 231-265.

GIBBONS, G.: Visualisation in Archaeology Project. Final Report, o. O.. 2012.

GIBBONS, M.: The New Production of Knowledge. The Dynamics of Science and Research in Contemporary Societies, London 1994.

GIBSON, J. J.: The ecological approach to visual perception, Boston 1979.

GIBSON, J. J.: Die Sinne und der Prozeß der Wahrnehmung, Bern [u. a.] 1982.

GLÄNZEL, W. und SCHUBERT, A.: Analyzing Scientific Networks Through Co-Authorship., in: MOED, H. F., GLÄNZEL, W. & SCHMOCH, U. (Hrsg.): Handbook of Quantitative Science and Technology Research. The Use of Publication and Patent Statistics in Studies of S&T Systems, Dordrecht 2004, S. 257-276.

GLASER, B. G.: Emergence vs. forcing. Basics of grounded theory, Mill Valley 1992.

GLASER, B. G. und STRAUSS, A. L.: Grounded theory. Strategien qualitativer Forschung, Bern 2008.

GLÄSER, J. und LAUDEL, G.: Experteninterviews und qualitative Inhaltsanalyse als Instrumente rekonstruierender Untersuchungen, Wiesbaden 2009.

GLASSMAN, R. B.: Persistence and loose coupling in living systems, in: Behavioral Science 18 (1973), S. 83-98.

GLOTZBACH, U.: Zur heuristischen Funktion der technischen Handzeichnung, in: acatech DISKUTIERT 0 (2010), S. 105-119.

GÖBEL, M.: Visualization in scientific computing, 5th International Workshop on Visualization in Scientific Computing, 30. 5.- 1. 6. 1995, Rostock 1995.

GOERING, D. T.: D. Timothy Goering über Gerber, Doris. Analytische Metaphysik der Geschichte. Handlungen, Geschichten und ihre Erklärung, in: H-Soz-u-Kult 08.01.2013 (2013), S. o. Angabe.

GOETZ, H.-W.: Proseminar Geschichte. Mittelalter, Stuttgart 1993.

GONGLI, L., JIN, S. und HUILIAN, C.: A mobile Application for Virtual Heritage and UGC Public Sharing, in: ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences XL-5/W2, 2013, XXIV International CIPA Symposium, 2.- 6. 9. 2013, Strasbourg (2013), S. 187-190.

GONZALEZ-PEREZ, C., MARTÍN-RODILLA, P. und BLANCO-ROTEA, R.: Expressing Temporal and Subjective Information about Archaeological Entities, 41st Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology Conference 2013, Perth 2013.

GOODING, D. C.: Cognition, Construction and Culture. Visual Theories in the Sciences, in: Journal of Cognition and Culture 4 (2004), S. 551-593.

GOODING, D. C.: Visualizing Scientific Inference, in: Topics in Cognitive Science 2 (2010), S. 15-35.

GOODWIN, C.: Professional Vision, in: American Anthropologist 96 (1994), S. 606-633.

GORMAN, M. E. und MEHALIK, M. M.: Turning Good into Gold. A Comparative Study of Two Environmental Invention Networks, in: Science, Technology & Human Values 27 (2002), S. 499-529.

GRANERO, L., DÍAZ, F., DOMÍNGUEZ, R., HERVÁS, J., SIMÓN, S., PÉREZ, E. und OLCINA, M.: Documentation of the roman bronze hand found in the site of El Tossal in Lucentum, in: REMONDINO, F., EL-HAKIM, S. & GONZO, L. (Hrsg.): 3D-ARCH 2009, Zürich 2009.

GRANOVETTER, M. S.: Strength of the weak ties, in: American Journal of Sociology 78 (1973), S. 1360-1380.

GRANOVETTER, M. S.: Getting a Job. A Study of Contacts and Careers, Cambridge 1974.

GRANOVETTER, M. S.: Strength of the weak ties. A network theory revisited, in: Sociological Theory 1 (1983), S. 201-233.

GRANOVETTER, M. S.: Getting a Job. A Study of Contacts and Careers, Chicago 1995.

GRANT, R. M.: Towards a knowledge-based theory of the firm, in: Strategic Management Journal 17 (1996), S. 109-122.

GREENGRASS, M. und HUGHES, L. M.: The virtual representation of the past, Aldershot 2008.

GRELLERT, M.: Synagogues in Germany. A virtual reconstruction, Basel [u. a.] 2004.

GRELLERT, M.: Zwanzig Jahre 3D-Computer-Rekonstruktionen - Versuch einer Positionsbestimmung (Vortrag), Workshop: 3D-Rekonstruktionen als Visualisierung wissenschaftlicher Ergebnisse in Archäologie und Architekturgeschichte, 14. 11. 2010, Köln 2010.

GRELLERT, M. und HAAS, F.: Between science and illusion. Filling gaps in ‚complete' virtual models, in: HOPPE, S., BREITLING, S. & FITZNER, S. (Hrsg.): Virtual Palaces II: Lost Palaces and Their Afterlife. Virtual Reconstruction between Science and Media. Proceedings of the European Science Foundation Research Networking Programme PALATIUM meeting at Munich, 13.- 15. 4. 2012, Im Druck.

GROß, D. und SCHÄFER, G.: Das Gehirn in bunten Bildern. Farbstrategien und Farbsemantiken in den Neurowissenschaften, in: GROß, D. & SCHÄFER, G. (Hrsg.): Vom Bild zur Erkenntnis? Visualisierungskonzepte in den Wissenschaften, Kassel 2007, S. 271-282.

GRUEN, A.: Reality-based generation of virtual environments for digital earth, in: International Journal of Digital Earth 1 (2008), S. 88-106.

GÜCKER, R.: Wie E-Learning entsteht. Untersuchung zum Wissen und Können im Beruf Medienautor/in, München 2007.

GÜDLER, J.: Dynamik der Medienforschung. Eine szientometrische Analyse auf der Grundlage sozialwissenschaftlicher Fachdatenbanken, Bonn 1996.

GUIDI, G., FRISCHER, B. und LUCENTI, I.: Rome Reborn - Virtualizing the ancient imperial Rome in: REMONDINO, F. & EL-HAKIM, S. (Hrsg.): 3D-ARCH 2007, Zürich 2007.

GUIDI, G., FRISCHER, B., RUSSO, M., SPINETTI, A., CAROSSO, L. und MICOLI, L. L.: Three-dimensional acquisition of large and detailed cultural heritage objects, in: Machine Vision and Applications 17 (2006), S. 349-360.

GULOWSEN, J.: A measure of work group autonomy, in: DAVIS, L. E. & TAYLOR, J. C. (Hrsg.): Design of jobs, Harmondsworth 1972, S. 374-390.

GUSKI, R.: Wahrnehmen, Stuttgart [u. a.] 1996.

HABER, R. B. und MC NABB, D. A.: Visualization Idioms. A conceptual model for scientific Visualization Systems, in: SHRIVER, B. D., NIELSON, G. M. & ROSENBLUM, L. J. (Hrsg.): Scientific visualization, Los Alamitos 1990, S. 149-177.

HABERMANN, H.: Kompendium des Industrie-Design. Von der Idee zum Produkt, Berlin [u. a.] 2003.

HACKER, W.: Arbeitspsychologie. Psychische Regulation von Arbeitstätigkeiten, Bern [u. a.] 1986.

HAGE, J.: Die Innovation von Organisationen und die Organisation von Innovationen, in: ÖZG 11 (2000), S. 67-86.

HAGENHOFF, S.: Kooperationsformen. Grundtypen und spezielle Ausprägungen, Göttingen 2004.

HANSEN, D., SHNEIDERMAN, B. und SMITH, M.: Analyzing Social Media Networks. Learning by Doing with NodeXL, Maryland 2009.

HARTLEY, P.: Interpersonal Communication, London 1999.

HARTWIG, R.: Ergonomie multimedialer interaktiver Lehr- und Lernsysteme (Dissertation), Lübeck 2005.

HASELBERGER, L., HUMPHREY, J. und ABERNATHY, D.: Imaging ancient Rome. Documentation, visualization, imagination. Proceedings of the 3rd Williams Symposium on Classical Architecture, Rome, 20.- 23. 5. 2004, Portsmouth 2006.

HASKELL, F.: Die Geschichte und ihre Bilder. Die Kunst und die Deutung der Vergangenheit, München 1995.

HASLER ROUMOIS, U.: Studienbuch Wissensmanagement. Grundlagen der Wissensarbeit in Wirtschafts-, Non-Profit- und Public-Organisationen, Zürich 2010.

HASSEBROOK, L. G., CASEY, C. J. und LUNDBY, W. F.: Non-Contact Fiducial Based 3-Dimensional Patch Merging Methodology and Performance, 37th Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology Conference, 22.- 26. 3. 2009, Williamsburg 2009.

HAUSCHILDT, J. und SALOMO, S.: Innovationsmanagement, München 2007.

HAVEMANN, F.: Einführung in die Bibliometrie, Berlin 2009.

HAVEMANN, S. und WAGENER, O.: Castles and their Landscape. A case study towards parametric historic reconstruction, in: HOPPE, S., BREITLING, S. & FITZNER, S. (Hrsg.): Virtual Palaces II: Lost Palaces and Their Afterlife. Virtual Reconstruction between Science and Media. Proceedings of the European Science Foundation Research Networking Programme PALATIUM meeting at Munich, 13.- 15. 4. 2012, Im Druck.

HAVILA, V., MEDLIN, C. J. und SALMI, A.: Project-ending competence in premature project closures, in: International Journal of Project Management 31 (2013), S. 90-99.

HEINE, K., RHEIDT, K., HENZE, F. und RIEDEL, A.: Von Handaufmass bis High-Tech 3. 3D in der historischen Bauforschung, Mainz 2012.

HEINZELMANN, M.: Vom Befund zur Rekonstruktion - und zurück. Zur diskursiven Konkretisierung archäologischen Wissens in virtuellen Modellen. das Beispiel "Colonia3D" (Vortrag), Workshop: 3D-Rekonstruktionen als Visualisierung wissenschaftlicher Ergebnisse in Archäologie und Architekturgeschichte, 14. 11. 2010, Köln 2010.

HERMON, S.: Reasoning in 3D. A critical appraisal of the role of 3D modelling and virtual reconstructions in archaeology, in: FRISCHER, B. (Hrsg.): Beyond illustration: 2D and 3D digital technologies as tools for discovery in archaeology, Oxford 2008, S. 36-45.

HERMON, S., NIKODEM, J. und PERLINGIERI, C.: Deconstructing the VR - Data Transparency, Quantified Uncertainty and Reliability of 3D Models, in: ARNOLD, D., IOANNIDES, M., NICCOLUCCI, F. & MANIA, K. (Hrsg.): 7th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Cultural Heritage (VAST 2006), Nicosia 2006, S. 123-129.

HERZOG, I.: Revisiting the relationship between roads and sites, 41st Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology Conference 2013 Perth 2013.

HILDRETH, E. C., ANDO, H., ANDERSEN, R. A. und TREUES, S.: Recovering three-dimensional structure from motion with surface reconstruction, in: Vision Research 35 (1995), S. 117-137.

HILLIGOSS, B. und RIEH, S. Y.: Developing a unifying framework of credibility assessment. Construct, heuristics, and interaction in context, in: Information Processing & Management 44 (2008), S. 1467-1484.

HINTERWALDNER, I.: Das systemische Bild. Ikonizität im Rahmen computerbasierter Echtzeitsimulationen, München 2010.

HOEGL, M. und PROSERPIO, L.: Team Member Proximity and Teamwork in Innovative Projects, in: Academy of Management Proceedings 2004 (2004), S. A1-A6.

HOLYOAK, K. J.: Mental models in problem solving, in: ANDERSON, J. R. & KOSSLYN, S. M. (Hrsg.): Tutorials in learning and memory: Essays in honor of Gordon Bower, San Francisco 1984, S. 193-218.

HOPPE, S. und SCHEER, T.: Der Altenberger Dom im Computer. Ein Erfahrungsbericht zur Produktion einer multimedialen Hypertext-CD-Rom, in: Kunstchronik 52 (1999), S. 544-547.

HOPPE, S. und SCHELBERT, G.: Podiumsdiskussion zum Workshop. Das historische Objekt im digitalen Modell. Aktuelle Konzepte, Strategien, Standards, EVA 2012 Workshop: Digitale 3D-Modelle im Kultursektor: Stand der Technik und Nutzungspotenzial, 7. 11. 2012, Berlin 2012.

HORNBOSTEL, S., KLINGSPORN, B. und INS, M. V.: Messung von Forschungsleistungen - eine Vermessenheit?, in: ALEXANDER VON HUMBOLDT STIFTUNG (Hrsg.): Publikationsverhalten in unterschiedlichen wissenschaftlichen Disziplinen. Beiträge zur Beurteilung von Forschungsleistungen., Bonn 2009, S. 14-35.

HORST, R.: Zur mittelalterlichen Sakraltopographie von Santiago de Compostela (Dissertation), Dresden 2009.

HORST, R.: Die Sakraltopographie der romanischen Jakobus-Kathedrale, Korb 2012.

HUNT, R.: Trying an authorship index, in: Nature 352 (1991), o. S..

HUVILA, I.: To Whom it May Concern? The Users and Uses of Digital Archaeological Information, in: POSLUSCHNY, A., LAMBERS, K. & HERZOG, I. (Hrsg.): 35th Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology Conference, 2.- 6. 4. 2007, Berlin 2007.

ICOMOS INTERNATIONAL SCIENTIFIC COMMITTEE: Statutes, o. O.. 2004.

INTERRANTE, V., RHEINGANS, P., FERWERDA, J. und GOSSWEILER, R.: Principles of Visual Perception and Its Application in Computer Graphics, SIGGRAPH "97 Course Notes No. 33, Los Angeles 1997.

IOANNIDES, M., HADJIPROCOPIS, A., DOULAMIS, N., DOULAMIS, A., PROTOPAPADAKIS, E., MAKANTASIS, K., SANTOS, P., FELLNER, D., STORK, A., BALET, O., JULIEN, M., WEINLINGER, G., S.JOHNSON, P., KLEIN, M. und FRITSCH, D.: Online 4D Reconstruction using Multi-Images available under Open Access, in: ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences XL-5/W2, 2013, XXIV International CIPA Symposium, 2.- 6. 9. 2013, Strasbourg (2013), S. 169-174.

ISSING, L. J.: Studieren mit Multimedia und Internet. Ende der traditionellen Hochschule oder Innovationsschub?, Münster [u. a.] 2002.

JABLONKA, P., KIRCHNER, S. und SERANGELI, J.: TroiaVR. A Virtual Reality Model of Troy and the Troad, Proceedings of Computer Applications in Archaeology (CAA) 2002, 2003.

JACOBS, S.: Models of scientific community. Charles Sanders Peirce to Thomas Kuhn, in: Interdisciplinary Science Reviews 31 (2006), S. 163-173.

JAHODA, M., DEUTSCH, M. und COOK, S. W.: Beobachtungsverfahren, in: KÖNIG, R. (Hrsg.): Beobachtung und Experiment in der Sozialforschung, Köln [u. a.] 1966, S. 77-96.

JAKOB, A.: Möglichkeiten und Grenzen der Triangulation quantitativer und qualitativer Daten am Beispiel der (Re-) Konstruktion einer Typologie erwerbsbiographischer Sicherheitskonzepte, in: Forum Qualitative Sozialforschung 2 (2001), S. o. Angabe.

JANSSEN, W. und GOLDSWORTHY, P.: Multidisciplinary research for natural resource management. Conceptual and practical implications, in: Agricultural Systems 51 (1996), S. 259-279.

JARRAR, Y. und ZAIRI, M. F.: Internal transfer of best practice for performance excellence. A global survey, in: Benchmarking: An International Journal 7 (2000), S. 239-246.

JARRAR, Y. F. und ZAIRI, M. 2010. Best Practice Transfer for Future Competitiveness. A Study of Best Practices [Online]. http://www.ecbpm.com/files/Knowledge%20Management/Best%20Practice%20Transfer%20for%20Future%20Competitiveness.pdf, besucht am 10. 1. 2014.

JONAS, W.: Designforschung als Argument, Hamburg 2004.

JONES, M.: Hypothesizing Southampton in 1454. A Three-dimensional Model of the Medieval Town, in: BENTKOWSKA-KAFEL, A., DENARD, H. & BAKER, D. (Hrsg.): Paradata and Transparency in Virtual Heritage, Burlington 2012, S. 95-108.

JUNG, V.: Integrierte Benutzerunterstützung für die Visualisierung in Geo-Informationssystemen (Dissertation), Darmstadt 1998.

KAHN, M.: A bibliometric analysis of South Africa’s scientific outputs - some trends and implications, in: South African Journal of Sciences 107 (2011), o. S..

KANSA, E.: Keynote Presentation, 41st Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology Conference 2013, Perth 2013.

KATZ, E. und LAZARSFELD, P. F.: Personal Influence. The Part Played by People in the Flow of Mass Communications, New Brunswick 1955.

KATZENBACH, J. R. und SMITH, D. K.: The Discipline of Teams, in: Harvard Business Review Reprint 93207 (1993), S. 111-120.

KATZENBACH, J. R. und SMITH, D. K.: Teams. Der Schlüssel zur Hochleistungsorganisation, München 2003.

KELLE, U.: Die Bedeutung theoretischen Vorwissens in der Methodologie der Grounded Theory, in: STROBL, R. & BÖTTGER, A. (Hrsg.): Wahre Geschichten? Zu Theorie und Praxis qualitativer Interviews, Baden-Baden 1996, S. 23-47.

KELLE, U.: The Developement of Categories Different Approaches in Grounded Theory, in: BRYANT, A. & CHARMAZ, K. (Hrsg.): The SAGE Handbook of Grounded Theory, 2010, S. 191-213.

KERZNER, H.: Project management. A systems approach to planning, scheduling, and controlling, New York 2003.

KIM, D. K.: Identifying Opinion Leaders by Using Social Network Analysis. A Synthesis of Opinion Leadership Data Collection Methods and Instruments, Athens 2007.

KIRCHHOF, S.: Informelles Lernen und Kompetenzentwicklung für und in beruflichen Werdegängen. Dargestellt am Beispiel einer qualitativ-explorativen Studie zu informellen Lernprozessen Pflegender und ihrer pädagogisch-didaktischen Implikationen für die Aus- und Weiterbildung, Münster 2007.

KIRCHHÖFER, D.: Lernkultur. Kompetenzentwicklung. Begriffliche Grundlagen, Berlin 2004.

KLEIN, J. T.: A Conceptual Vocabulary of Interdisciplinary Science, in: WEINGART, P. & STEHR, N. (Hrsg.): Practising Interdisciplinarity, Toronto 2000, S. 3-24.

KLIMOSKI, R. und MOHAMMED, S.: Team Mental Model. Construct or Metaphor?, in: Journal of Management 20 (1994), S. 403-437.

KNELL, H.: Vitruvs Architekturtheorie. Versuch einer Interpretation, Darmstadt 1985.

KNOBLICH, G. und ÖLLINGER, M.: Einsicht und Umstrukturierung beim Problemlösen, in: FUNKE, J. (Hrsg.): Enzyklopädie der Psychologie, Göttingen 2006, S. C/II/ Band 8.

KNORR-CETINA, K.: Scientific Communities or Transepistemic Arenas of Research. A Critique of Quasi-Economic Models of Science, in: Social Studies of Science 12 (1982), S. 101-130.

KNORR-CETINA, K.: Epistemic cultures. How the sciences make knowledge, Cambridge 1999.

KNORR-CETINA, K.: Die Fabrikation von Erkenntnis, Frankfurt a. M. 2002.

KÖHLER, T.: Die Konstruktion des Selbst in der computervermittelten Kommunikation, Wiesbaden 2003.

KÖHLER, T., MÜNSTER, S. und SCHLENKER, L.: Didaktik virtueller Realität. Merkmale einer zielgruppengerechten Gestaltung im Kontext akademischer Bildung, in: REINMANN, G., EBNER, M. & SCHÖN, S. (Hrsg.): Hochschuldidaktik im Zeichen von Heterogenität und Vielfalt. Doppelfestschrift für Peter Baumgartner und Rolf Schulmeister, Norderstedt 2013, S. 97-110.

KOLB, D. A.: Experiential learning. Experience as the source of learning and development, Englewood Cliffs 1984.

KOOB, M.: Visualizing What Has Been Destroyed, in: GRELLERT, M. (Hrsg.): Synagogues in Germany: a virtual reconstruction, Basel [u. a.] 2004, S. 18-19.

KOSARA, R.: Visualization Criticism. The Missing Link between Information Visualization and Art, 11th International Conference Information Visualization (IV "07), Zürich 2007.

KOSZ, A.: Wissenschafts- und erkenntnistheoretische Grundlagen des Wissensmanagements. Michael Polanyis Konzept des ‚Tacit Knowing' (Diplomarbeit), Eisenstadt 2007.

KRAIGER, K. und WENZEL, L. H.: Conceptual development and empirical evaluation of measures of shared mental models as indicators of team effectiveness, in: BRANNICK, M. T., SALAS, E. & PRINCE, C. (Hrsg.): Team Performance Assessment and Measurement, Mahwah 1997, S. 63-84.

KRÄKEL, M.: Organisation und Management, Tübingen 2012.

KRETZSCHMER, H.: Widerspiegelungen der Sozialpsychologie in der Zeitschrift für Sozialpsychologie. Bekannte Regeln kristallisiert im Koautorschaftsnetzwerk, in: Zeitschrift für Sozialpsychologie 29 (1998), S. 307-324.

KRICKL, O. und MILCHRAHM, E.: Wissensmanagement in Lernenden Organisationen. Eine neue Herausforderung für die Informationswissenschaft?, in: ZIMMERMANN, H. H. & SCHRAMM, V. (Hrsg.): Knowledge Management und Kommunikationssysteme, Workflow Management, Multimedia, Knowledge Transfer. Proceedings des 6. Internationalen Symposiums für Informationswissenschaft (ISI 1998), Prag, 3.- 7. 11. 1998, Konstanz 1998, S. 88-102.

KROMREY, H.: Empirische Sozialforschung, Opladen 2002.

KROTZ, F.: Die Mediatisierung kommunikativen Handelns. Der Wandel von Alltag und sozialen Beziehungen, Kultur und Gesellschaft durch die Medien, Opladen 2001.

KROTZ, F.: Leben in mediatisierten Gesellschaften. Kommunikation als anthropologische Konstante und ihre Ausdifferenzierung heute, in: PIETRASS, M. & FUNIOK, R. (Hrsg.): Mensch und Medien: Philosophische und Sozialwissenschaftliche Perspektiven, Opladen 2010, S. 91-114.

KUBICEK, H.: Heuristische Bezugsrahmen und heuristisch angelegte Forschungsdesigns als Element einer Konstruktionsstrategie empirischer Forschung, in: KÖHLER, R. (Hrsg.): Empirische und handlungstheoretische Forschungskonzeptionen in der Betriebswirtschaftslehre, Stuttgart 1977, S. 3-36.

KÜHL, S. und STRODTHOLZ, P.: Methoden der Organisationsforschung, Reinbek bei Hamburg 2002.

KUHN, T. S.: The Structure of Scientific Revolutions, Chicago 1970.

KUHN, T. S.: Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen, Frankfurt a. M. 1976.

KUHN, T. S.: Die Entstehung des Neuen, Frankfurt a. M. 1978.

KURZ, M.: Die Modellmethodik im Formfindungsprozess am Beispiel des Automobildesigns, Baden-Baden 2008.

LABRADOR, A. M. und CHILTON, E. S.: Re-locating Meaning in Heritage Archives. A Call for Participatory Heritage Databases 37th Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology Conference, 22.- 26. 3. 2009, Williamsburg 2009.

LAMNEK, S.: Qualitative Sozialforschung. Lehrbuch, Weinheim 2005.

LAMPERT, C.: Grounded Theory, in: MIKOS, L. & WEGENER, C. (Hrsg.): Qualitative Medienforschung. Ein Handbuch., Konstanz 2005, S. 516-526.

LANG, H.: Farbwiedergabe in den Medien, Göttingen [u. a.] 1995.

LARSON, G. W.: Rendering with radiance. The art and science of lighting visualization, Davis 2003.

LASORSA, D.: Diversity in mass communication theory courses, in: Journalism and Mass Communication Educator 57 (2002), S. 244-259.

LAUX, H., GILLENKIRCH, R. M. und SCHENK-MATHES, H. Y.: Entscheidungstheorie, Heidelberg 2012.

LAVE, J. und E., W.: Situated Learning: Legitimate Peripheral Participation, Cambridge 1991.

LAW, A. M. und KELTON, W. D.: Simulation modeling and analysis, New York [u. a.] 2000.

LAZARSFELD, P. F., BERELSON, B. und GAUDET, H.: Wahlen und Wähler. Soziologie des Wahlverhaltens, Neuwied [u. a.] 1969.

LEGEWIE, H. und SCHERVIER-LEGEWIE, B.: Im Gespräch. Anselm Strauss, in: Journal für Psychologie 3 (1995), S. 64-75.

LEI, G. und XIN, G.: Social Network Analysis on Knowledge Sharing of Scientific Groups, in: Journal of System and Management Sciences 1 (2011), S. 79-89.

LEIFER, L., PLATTNER, H. und MEINEL, C.: Design Thinking Research. Building Innovation Eco-Systems, Dordrecht 2013.

LEMBKE, G.: Wissenskooperation in Wissensgemeinschaften. Förderung des Wissensaustausches in Organisationen, Wiesbaden 2005.

LENHARD, F.: Animationen für ‚Die Siedler 7', in: Digital Production 3 (2010), S. 116-118.

LENHARD, J.: Designing an Image. Functions of Imagery in Simulation Modeling (Arbeitstitel), in: AMMON, S. & HINTERWALDNER, I. (Hrsg.): Bildlichkeit im Zeitalter der Modellierung, Im Druck.

LEPPERHOFF, N.: Dreamscape. Simulation der Entstehung von Normen im Naturzustand mittels eines computerbasierten Modells des Rational-Choice-Ansatzes, in: Zeitschrift für Soziologie 29 (2000), S. 463-484.

LEVY, R. und DAWSON, P.: Using finite element methods to analyze ancient architecture. An example from the North American Arctic, in: Journal of Archaeological Science 36 (2009), S. 2298-2307.

LEWALTER, D.: Lernen mit Bildern und Animationen. Studie zum Einfluß von Lernermerkmalen auf die Effektivität von Illustrationen, Münster [u. a.] 1997.

LEWIN, K.: Field Theory in Social Sciences, New York 1951.

LIEBL, F.: Simulation. Problemorientierte Einführung, München [u. a.] 1995.

LIMP, W. F.: Towards a strategy for evaluating heritage visualizations, 37th Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology Conference, 22.- 26. 3. 2009, Williamsburg 2009.

LOH, S. G. V.: Wissensmanagement und Informationsbedarfsanalyse in kleinen und mittleren Unternehmen. Teil 1. Grundlagen des Wissensmanagements, in: Düsseldorfer Informationswissenschaft 59 (2008), S. 118-126.

LOH, U. V.: Designprozesse als Kommunikation antizipativer Prozesse, Hofthiergarten 2005.

LOIBL, M. C., HOLLAENDER, K., GIULIO, A.-D., DEFILA, R. und SCHEUERMANN, M. 2001. Fragen zur Steuerung inter- und transdisziplinärer Forschung nach Aufgabenpaketen und Projektphasen [Online]. http://www.ecology.at/projekt/detail/IuT/html/Steuerseiten/quellenmain.htm, besucht am 10. 1. 2014.

LOTKA, A. J.: The frequency distribution of scientific productivity, in: Journal of the Washington Academy of Sciences 16 (1926), S. 317-323.

LÖW, M.: Raumsoziologie, Frankfurt a. M. 2001.

LU, H. und FENG, Y.: A measure of authors' centrality in co-authorship networks based on the distribution of collaborative relationships, in: Scientometrics 81 (2009), S. 499-511.

LUHMANN, N.: Die Wissenschaft der Gesellschaft, Frankfurt a. M. 1992.

LUHMANN, N.: Die Realität der Massenmedien, Opladen 1996.

LUNDIN, R. A. und SÖDERHOLM, A.: A Theory of the Temporary Organization, in: Scandinavian Journal of Management 11 (1995), S. 437-455.

MACMANUS, R.: Top 10 YouTube Videos of All Time, in: ReadWriteWeb 3. November 2011 (2011).

MAHLER, T. D.: Interaktionsmodelle für ubiquitäre Anwendungsszenarien (Dissertation), Ulm 2011.

MAHR, B.: Das Wissen im Modell, Berlin 2004.

MAHR, B.: Modell des Modellseins, in: DIRKS, U. & KNOBLOCH, E. (Hrsg.): Modelle, Frankfurt a. M. 2008, S. 187-218.

MAIM, J., HAEGLER, S., YERSIN, B., MUELLER, P., THALMANN, D. und GOOL, L. V.: Populating Ancient Pompeii with Crowds of Virtual Romans, in: ARNOLD, D., NICCOLUCCI, F. & CHALMERS, A. (Hrsg.): 8th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Cultural Heritage (VAST 2007), Brighton 2007, S. 109-116.

MALETZKE, G.: Psychologie der Massenkommunikation. Theorie und Systematik, Hamburg 1963.

MANDL, H. und REINMANN-ROTHMEIER, G.: Wissensmanagement. Modewort oder Element der lernenden Organisation?, in: Personalführung 12 (1999), S. 18-23.

MANFERDINI, A. M., REMONDINO, F., BALDISSINI, S., GAIANI, M. und BENEDETTI, B.: 3D Modeling and Semantic Classification of Archaeological Finds for Management and Visualization in 3D Archaeological Databases, in: IOANNIDES, M., ADDISON, A., GEORGOPOULOS, A. & KALISPERIS, L. (Hrsg.): Digital Heritage. Proceedings of the 14th International Conference on Virtual Systems and Multimedia, 2008, S. 221-228.

MARCH, J. G. und SIMON, H. A.: Organizations, New York 1958.

MARR, D.: Vision. A computational investigation into the human representation and processing of visual information, Cambridge 2010.

MATINI, M. R. und ONO, K.: Accuracy Verification of Manual 3D CG Reconstruction. Case Study of Destroyed Architectural Heritage, Bam Citadel, in: IOANNIDES, M., FELLNER, D., GEORGOPOULOS, A. & HADJIMITSIS, D. (Hrsg.): 3rd International Conference, EuroMed 2010, Lemessos, 8.- 13. 11. 2010, 2010, S. 432-440.

MAYRING, P.: Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken, Weinheim 2008.

MAYRING, P. und HURST, A.: Qualitative Inhaltsanalyse, in: MIKOS, L. & WEGENER, C. (Hrsg.): Qualitative Medienforschung. Ein Handbuch., Konstanz 2005, S. 436-444.

MCCORMICK, B. H., DEFANTI, T. A. und BROWN, M. D.: Visualization in Scientific Computing, Los Angeles 1987.

MCCRANK, L. J.: Historical information science. An emerging unidiscipline, Medford 2001.

MCLUHAN, M.: Understanding Media. The extensions of man, New York 1964.

MEHALIK, M. M. und GORMAN, M. E.: A Framework for Strategic Network Design Assessment, Decision Making, and Moral Imagination, in: Science, Technology & Human Values 31 (2006), S. 289-308.

MEINSEN, S.: Konstruktivistisches Wissensmanagement, Weinheim 2003.

MEREDITH, J. R. und MANTEL JR., S. J.: Project Management. A Managerial Approach, New York 2000.

METZGER, W.: Gesetze des Sehens, Frankfurt a. M. 1953.

MIEG, H. A. und NÄF, M.: Experteninterviews, Zürich 2005.

MIKOS, L. und WEGENER, C.: Qualitative Medienforschung. Ein Handbuch, Konstanz 2005.

MILGRAM, S.: The Small-World Problem, in: Psychology Today 1 (1967), S. 60-67.

MILLER, G. A., GALANTER, E. und PRIBRAM, K. A.: Plans and the structure of behavior, New York 1960.

MITCHELL, T.: Michael Polanyi. The Art of Knowing, Wilmington 2006.

MOHAMMED, S. und DUMVILLE, B. C.: Team mental models in a team knowledge framework. Expanding theory and measurement across disciplinary boundaries, in: Journal of Organizational Behavior 22 (2001), S. 89-106.

MORRIS, C. W.: Foundations of the Theory of Signs, Chicago 1938.

MORTENSON, M.: Geometric Modeling, New York 2006.

MOSER, K. S.: Wissenskooperation. Die Grundlage der Wissensmanagement-Praxis, in: LÜTHY, W., VOIT, E. & WEHNER, T. (Hrsg.): Wissensmanagement-Praxis. Einführung, Handlungsfelder und Fallbeispiele, Zürich 2002, S. 108-111.

MOSS, M. H.: Toward the visualization of history. The past as image, Lanham 2008.

MOWERY, D. C., OXLEY, J. E. und SILVERMAN, B. S.: Strategic Alliances and Interfirm Knowledge Transfer, in: Strategic Management Journal 17 (1996), S. 77-91.

MÜLLER, M. G.: Grundlagen der visuellen Kommunikation. Theorieansätze und Analysemethoden, Konstanz 2003.

MÜLLER, N. A. S.: Die Wirkung innovationsorientierter Kooperationsnetzwerke auf den Innovationserfolg. Eine empirische Untersuchung auf Basis des Competence-Based View und des Relational View (Dissertation), Bremen 2005.

MÜLLER, W. und HILDEBRANDT, A.: Shape from Texture. An Evaluation of Visual Cues, in: ROGOWITZ, B. & ALLEBACH, J. P. (Hrsg.): Human Vision, Visual Processing and Digital Display V, Bellingham 1994, S. 220-234.

MÜNSTER, S.: Entstehungs- und Verwendungskontexte von 3D-CAD-Modellen in den Geschichtswissenschaften in: MEISSNER, K. & ENGELIEN, M. (Hrsg.): Virtual Enterprises, Communities & Social Networks, Dresden 2011a, S. 99-108.

MÜNSTER, S.: Kernforschung in der DDR als Großforschung? Das Zentralinstitut für Kernforschung in Rossendorf um 1960, Saarbrücken 2011.

MÜNSTER, S.: Militärgeschichte aus der digitalen Retorte - Computergenerierte 3D-Visualisierung als Filmtechnik, in: KÄSTNER, A. & MAZERATH, J. (Hrsg.): Mehr als Krieg und Leidenschaft. Die filmische Darstellung von Militär und Gesellschaft der Frühen Neuzeit (Militär und Gesellschaft in der frühen Neuzeit, 2011/2), Potsdam 2011c, S. 457-486.

MÜNSTER, S.: The role of images for a virtual 3D reconstruction of historic artifacts, International Communication Association (ICA) Annual Meeting, 17.- 21. 6. 2013, London 2013a.

MÜNSTER, S.: Workflows and the role of images for a virtual 3D reconstruction of no longer extant historic objects, in: ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences XL-5/W2, 2013, XXIV International CIPA Symposium, 2.- 6. 9. 2013, Strasbourg (2013b), S. 197-202.

MÜNSTER, S., JAHN, P.-H. und WACKER, M.: Die Bedeutung von Bildern für die interpretative digitale 3D Rekonstruktion historischer Bauwerke, in: AMMON, S. & HINTERWALDNER, I. (Hrsg.): Bildlichkeit im Zeitalter der Modellierung, Im Druck-a.

MÜNSTER, S. und KÖHLER, T.: 3D modeling as tool to reconstruct historic items (Vortrag), Visual Learning Conference, Budapest, 1.- 2. 12. 2011, 2011.

MÜNSTER, S. und KÖHLER, T.: 3D reconstruction of Cultural Heritage artifacts. A literature based survey, Proceedings of the CHCD2012 Conference, 17.- 18. 10. 2012, Beijing 2012.

MÜNSTER, S. und KÖHLER, T.: 3D modeling as tool for the reconstruction and visualization of “lost” buildings in humanities. A literature-based survey of recent projects, in: HOPPE, S., BREITLING, S. & FITZNER, S. (Hrsg.): Virtual Palaces II: Lost Palaces and Their Afterlife. Virtual Reconstruction between Science and Media. Proceedings of the European Science Foundation Research Networking Programme PALATIUM meeting at Munich, 13.- 15. 4. 2012, Im Druck-a.

MÜNSTER, S., KÖHLER, T. und HOPPE, S.: 3D modeling technologies as tools for the reconstruction and visualization of historic items in humanities. A literature-based survey, in: TRAVIGLIA, A. (Hrsg.): Across Space and Time. Selected Papers from the 41st Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology Conference (Perth, 25.- 28. 3. 2013), Im Druck-b.

N.B.: Social Network Analysis. Theory and Applications, o. O. 2011.

NAUSNER, P.: Projektmanagement. Die Entwicklung und Produktion des Neuen in Form von Projekten, Wien 2006.

NEILL, J. 2005. What is Experiential Learning? [Online]. http://www.wilderdom.com/experiential/ExperientialLearningWhatIs.html, besucht am 10. 1. 2014.

NELSON, D. L.: Remembering pictures and words. Appearance, significance, and name, in: CERMAK, L. S. & CRAIK, F. I. M. (Hrsg.): Levels of processing in human memory, Mahwah 1979, S. 45-76.

NELSON, D. L., REED, V. S. und WALLING, J. R.: Pictorial superiority effect, in: Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory 2 (1976), S. 523-528.

NEUMANN, J.: Organisationsmodelle im E-Learning (Dissertation), Dresden 2009.

NEUWEG, G. H.: Könnerschaft und implizites Wissen, Münster 1999.

NEWMAN, M. E. J.: Scientific collaboration networks. I. Network construction and fundamental results, in: Physical Review E 64 (2001a), 016131.

NEWMAN, M. E. J.: Scientific collaboration networks. II. Shortest paths, weighted networks, and centrality, in: Physical Review E 64 (2001b), 016132.

NEWMAN, M. E. J.: The structure of scientific collaboration networks, in: Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 98 (2001c), S. 404-409.

NICCOLUCCI, F.: Setting Standards for 3D Visualization of Cultural Heritage in Europe and Beyond, in: BENTKOWSKA-KAFEL, A., DENARD, H. & BAKER, D. (Hrsg.): Paradata and Transparency in Virtual Heritage, Burlington 2012, S. 23-36.

NICCOLUCCI, F., BEACHAM, D., HERMON, S. und DENARD, H.: Five years after. The London Charter revisited, in: ARTUSI, A., JOLY-PARVEX, M., LUCET, G., RIBES, A. & PITZALIS, D. (Hrsg.): 11th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Cultural Heritage (VAST 2010), Paris 2010, S. 101-104.

NICCOLUCCI, F. und D'ANDREA, A.: An Ontology for 3D Cultural Objects, in: ARNOLD, D., IOANNIDES, M., NICCOLUCCI, F. & MANIA, K. (Hrsg.): 7th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Cultural Heritage (VAST 2006), Nicosia, Cyprus 2006, S. 203-210.

NICCOLUCCI, F. und HERMON, S.: A Fuzzy Logic Approach to Reliability in Archaeological Virtual Reconstructions, in: NICCOLUCCI, F. & HERMON, S. (Hrsg.): 32nd Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology Conference, 13.- 17. 4. 2004, Budapest 2005.

NIEGEMANN, H. M.: Kompendium E-Learning, Berlin [u. a.] 2004.

NIEGEMANN, H. M., DOMAGK, S. und HESSEL, S.: Kompendium Multimediales Lernen, Dordrecht 2008.

NIELSEN, J.: Usability Engineering, Salt Lake City 1993.

NIELSON, G. M., HAGEN, H. und MÜLLER, H.: Scientific visualization. Overviews, methodologies, and techniques, Los Alamitos [u. a.] 1997.

NIETHAMMER, L.: Oral History, in: KOCKA, J. & KOWALCZUK, I.-S. (Hrsg.): Paradigmen deutscher Geschichtswissenschaft: Ringvorlesung an der Humboldt-Universität zu Berlin, Berlin 1994, S. 189-210.

NOHR, H.: Klassifikation. Skript zur Vorlesung im Fach Inhaltliche Erschließung, Stuttgart 2004.

NONAKA, I. und TAKEUCHI, H.: The Knowledge-Creating Company. How Japanese Companies create the Dynamics of Innovation, New York [u. a.] 1995.

NONAKA, I. und TAKEUCHI, H.: Die Organisation des Wissens., Frankfurt a. M. 1997.

NORMAN, D. A.: The design of everyday things, New York 2002.

NOVITSKI, B. J.: Rendering real and imagined buildings. The art of computer modeling from the Palace of Kublai Khan to Le Corbusier's villas, Gloucester 1998.

O"DELL, C. und GRAYSON, C. J.: If Only We Knew What We Know. Identification and Transfer of Internal Best Practices, in: California Management Review 4 (1998), S. 154-174.

OGLEBY, C.: The 'Truthlikeness' of virtual reality reconstructions of architectural heritage. Concepts and metadata, in: REMONDINO, F. & EL-HAKIM, S. (Hrsg.): 3D-ARCH 2007, Zürich 2007.

OPGENOORTH, E.: Einführung in das Studium der neueren Geschichte, Paderborn 1997.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT: Frascati Manual. Proposed Standard Practice for Surveys on Research and Experimental Development, Paris 2002.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT: Revised Field of Science and Technology (FOS) Classification in the Frascati Manual, Paris 2007.

OSBORNE, J. W. und HOLLAND, A.: What is authorship, and what should it be? A survey of prominent guidelines for determining authorship in scientific publications, in: Practical Assessment, Research & Evaluation 14 (2009), S. 1-19.

OWEN, G. S.: Visualization Education in the USA, in: Journal of Computers and Education 8 (1993), S. 339-345.

PAAS, F., RENKEL, A. und SWELLER, J.: Cognitive Load Theory. Instructional Implications of the Interaction between Information Structures and Cognitive Architecture, in: Instructional Science 32 (2004), S. 1-8.

PACHE, M. W.: Die frühen Phasen des konstruktiven Entwerfens. Unterstützungspotential verschiedenartiger Arbeitsmittel, München 2005.

PACKER, J. E.: Digitizing Roman Imperial architecture in the early 21st century. Purposes, data, failures, and prospects, in: HASELBERGER, L., HUMPHREY, J. und ABERNATHY, D.: Imaging ancient Rome. Documentation, visualization, imagination. Proceedings of the 3rd Williams Symposium on Classical Architecture, Rome, 20.- 23. 5. 2004, Portsmouth 2006, S. 309-320.

PAHL, G., BEITZ, W., FELDHUSEN, J. R. und GROTE, K.-H.: Konstruktionslehre. Grundlagen erfolgreicher Produktentwicklung Methoden und Anwendung, Berlin [u. a.] 2007.

PAHL, J.-P. und AHLBORN, H.: Didaktische Vereinfachung. Eine kritische Reprise des Werkes von Dietrich Hering, Seelze- Velber 1998.

PAIVIO, A.: Dual Coding Theory and Education (Draft), Pathways to Literacy Achievement for High Poverty Children, The University of Michigan School of Education, 29. 9.- 1. 10. 2006, 2006.

PALAZZOLO, E. T.: Organizing for Information Retrieval in Transactive Memory Systems, in: Communication Research 32 (2005), S. 726-761.

PARK, G. und DESHON, R. P.: A multilevel model of minority opinion expression and team decision-making effectiveness, in: Journal of applied psychology 95 (2010), S. 824-33.

PARTHEY, H.: Phasen der Wissens-Ko-Produktion in Forschergruppen, in: FUCHS-KITTOWSKI, K., PARTHEY, H., UMSTÄTTER, W. & WAGNER-DÖBLER, R. (Hrsg.): Organisationsinformatik und Digitale Bibliothek in der Wissenschaft: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2000, Berlin 2010, S. 89-101.

PARTHEY, H.: Bibliometrische Profile wissenschaftlicher Institutionen in Problemfeldern und Phasen der Forschung, in: FISCHER, K. & PARTHEY, H. (Hrsg.): Evaluation wissenschaftlicher Institutionen: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2003 Berlin 2011, S. 63-102.

PEIRCE, C. S. 1931. Collected Papers of Charles Sanders Peirce. Vol. 1 [Online]. http://www.textlog.de/peirce_principles.html, besucht am 10. 1. 2014.

PEIRCE, C. S.: Collected Papers of Charles Sanders Peirce. Vol. 5, Cambridge 1972.

PEIRCE, C. S.: Semiotische Schriften, Frankfurt a. M. 2000.

PELTOKORPI, V.: Transactive memory systems, in: Review of General Psychology 12 (2008), S. 378-394.

PERSSON, O. und BECKMANN, M.: Locating the networks of interacting authors in scientific specialities, in: Scientometrics 33 (1995), S. 351-366.

PETERSON, L. R., HACEK, D. M., COLLINS, S. M., LANG, D. L., SAUTTER, R. L. und BARENFANGER, J.: Improving Patient Safety by Repeating (Read-Back) Telephone Reports of Critical Information, in: American Journal of Clinical Pathology 121 (2004), S. 801-803.

PETERßEN, W. H.: Wissenschaftliches Arbeiten. nicht leicht, aber erlernbar, München 1987.

PFARR-HARFST, M.: Documentation system for digital reconstructions Reference to the Mausoleum of the Tang-Dynastie at Zhaoling, in Shaanxi Province, China (unveröffentlicht), o. O. 2013.

PFARR, M.: Dokumentationssystem für Digitale Rekonstruktionen am Beispiel der Grabanlage Zhaoling, Provinz Shaanxi, China (Dissertation), Darmstadt 2009.

PIEPENBROCK, U.: Ein Konzept von Kooperation und die technische Unterstützung kooperativer Prozesse, in: OBERQUELLE, H. (Hrsg.): Kooperative Arbeit und Computerunterstützung, Göttingen 1991, S. 79-98.

PIERACCINI, M., GUIDI, G. und ATZENI, C.: 3D digitizing of cultural heritage, in: Journal of Cultural Heritage 2 (2001), S. 63−70.

PILBEAM, C.: Coordinating temporary organizations in international development through social and temporal embeddedness, in: International Journal of Project Management 31 (2013), S. 190-199.

PIONTKOWSKI, U., BÖING-MESSING, E., HARTMANN, J., KEIL, W. und LAUS, F.: Transaktives Gedächtnis, Informationsintegration und Entscheidungsfindung im Medienvergleich, in: Zeitschrift für Medienpsychologie 15 (2003), S. 60-68.

POIGNÉE, O. K.: Strategisches Qualitätsmanagement in Netzwerken - Entwicklung eines Referenzmodells am Beispiel der Getreidewirtschaft, Ludwigshafen 2007.

POLANYI, M.: Personal Knowledge. Towards a post-critical philosophie, London 1958.

POLANYI, M.: Implizites Wissen, Frankfurt a. M. 1985.

POLANYI, M.: The tacit dimension, Chicago 2009.

POLLACK, J.: Transferring knowledge about knowledge management. Implementation of a complex organisational change programme, in: International Journal of Project Management 30 (2012), S. 877-886.

POPPER, K. R.: Die Logik der Sozialwissenschaften, in: ADORNO, T. W., DAHRENDORF, R., PILOT, H., ALBERT, H., HABERMAS, J. & POPPER, K. R. (Hrsg.): Der Positivismusstreit in der deutschen Soziologie, Darmstadt 1972, S. 103-123.

POPPER, K. R.: Logik der Forschung, Tübingen 2002.

POTIER, S., MALTRET, J. L. und ZOLLER, J.: Computer graphics. Assistance for archaelogical hypotheses, in: Automation in Construction 9 (2000), S. 117-128.

POWERS, V.: Benchmarking Benchmarking. Shared Learnings for Excellence, Houston 1997.

PRECHTEL, N., MÜNSTER, S. und KRÖBER, C.: From GIS to a Visualization of Cultural Heritage Landscapes -Two Case Studies Using GIS and Interactive Web-based Presentation Frameworks, Workshop on Integrating 4D, GIS and Cultural Heritage, Leuven 2013a.

PRECHTEL, N., MÜNSTER, S., KRÖBER, C., SCHUBERT, C. und SEBASTIAN, S.: Presenting Cultural heritage Landscapes - From GIS via 3D Models to Interactive Presentation Frameworks, in: ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences XL-5/W2, 2013, XXIV International CIPA Symposium, 2.- 6. 9. 2013, Strasbourg (2013b), S. 253-258.

PRECHTL, P.: Saussure zur Einführung, Hamburg 1993.

PROBST, G. und BÜCHEL, B.: Organisationales Lernen, Wiesbaden 1994.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE: A Guide to the Project Management Body of Knowledge. PMBOK Guide, Newtown Square 2004.

PRZYBORSKI, A. und WOHLRAB-SAHR, M.: Qualitative Sozialforschung. Ein Arbeitsbuch, München 2010.

PSCHEIDA, D., KÖHLER, T. und MOHAMED, B.: What's your favorite online research tool? Use of and attitude towards Web 2.0 applications among scientists in different academic disciplines, in: MARSDEN, C. & TASSIULAS, L. (Hrsg.): Proceedings of the 1st International Conference on Internet Science, Brussels 2013.

PULGARÍN, A.: Dependence of Lotka's law parameters on the scientific area, in: Malaysian Journal of Library & Information Science 17 (2012), S. 41-50.

RADEMACHER, H.: Historische Bildkunde im Geschichtsmuseum, in: Beiträge und Mitteilungen: Hrsg. vom Museum für deutsche Geschichte (Ost-) Berlin 16 (1988), S. 24-28.

RAFF, J.-H.: Lernende als Designer. Untersuchungen zum Alltagsdesign in der Lerntätigkeit, Dresden 2012.

RAMBOW, R.: Experten-Laien-Kommunikation in der Architektur, Münster [u. a.] 2007.

RAUE, H.: Wiederverwendbare betriebliche Anwendungssysteme. Grundlagen und Methoden ihrer objektorientierten Entwicklung (Dissertation), Bamberg 1996.

RAUNER, F.: Qualifikationsforschung und Curriculum. Analysieren und Gestalten beruflicher Arbeit und Bildung, Bielefeld 2004.

REICH, B. H., GEMINO, A. und SAUER, C.: Knowledge management and project-based knowledge in it projects. A model and preliminary empirical results, in: International Journal of Project Management 30 (2012), S. 663-674.

REINMANN-ROTHMEIER, G.: Wissen managen. Das Münchener Modell, München 2001.

REINMANN, G.: Didaktisches Design. Von der Lerntheorie zur Gestaltungsstrategie, in: EBNER, M. & SCHÖN, S. (Hrsg.): Lehrbuch für Lernen und Lehren mit Technologien, 2011a, S. 1-11.

REINMANN, G.: Studientext. Didaktisches Design, München 2011b.

REINMANN, G. und MANDL, H.: Psychologie des Wissensmanagements. Perspektiven, Theorien und Methoden, Göttingen [u. a.] 2004.

REITMAIER, M.: Erstellung von digitalen Lernangeboten. Empirische Untersuchung der Projektphasen, Personen und Interaktionen bei Medienentwicklungsprojekten, Qualitätsaspekte und deren Zusammenhänge mit den Projektprozessen (Dissertation), Bergen [u. a.] 2011.

REITMAIER, M., APOLLON, D. und KÖHLER, T.: Rollen bei der Entwicklung von multimedialen Lernangeboten, in: KÖHLER, T. & NEUMANN, J. (Hrsg.): Wissensgemeinschaften: Digitale Medien - Öffnung und Offenheit in Forschung und Lehre, Münster 2011, S. 59-69.

REMONDINO, F., EL-HAKIM, S., GIRARDI, S., RIZZI, A., BENEDETTI, S. und GONZO, L.: 3D Virtual reconstruction and visualization of complex architectures - The 3D-ARCH project, in: REMONDINO, F., EL-HAKIM, S. & GONZO, L. (Hrsg.): 3D-ARCH 2009, Zürich 2009.

REMUS, U.: Prozessorientiertes Wissensmanagement. Konzepte und Modellierung, Regensburg 2002.

RENFREW, C. und BAHN, P.: Archaeology. The Key Concepts, New York 2005.

REPKO, A.: Integrating Interdisciplinarity. How the Theories of Common Ground and Cognitive Interdisciplinarity are Informing the Debate on Interdisciplinary Integration, in: Issues in integrative studies 25 (2007), S. 1-31.

REY, G. D.: Lernen mit Multimedia. Die Gestaltung interaktiver Animationen, Trier 2008.

RICHTER, J.-P.: Case Based Decision Theory und Auftragskommunikation. Qualitative Studie zum Planungsprozess integrierter Kommunikation (Dissertation), Berlin 2009.

RIEDEL, A., HEINE, K. und HENZE, F.: Von Handaufmass bis High-Tech II. Informationssysteme in der historischen Bauforschung, Mainz 2006.

RITTEL, H. und WEBBER, M.: Dilemmas in a General Theory of Planning, in: Policy Sciences 4 (1973), S. 155-169.

ROBERTS, C.: Gatekeeping theory. An evolution, Los Angeles 2005.

ROBERTS, N. C.: Wicked Problems and Network Approaches to Resolution, in: Visualizing Argumentation - Tools for Collaborative and Educational Sense-Making 1 (2000), S. 1-19.

ROBERTSON, P. K.: A methodology for choosing data representations, in: Computer Graphics and Applications, IEEE 11 (1991), S. 56-67.

ROCKWOOD, A. P. und WINGET, J.: Three-dimensional object reconstruction from two-dimensional images, in: Computer-Aided Design 29 (1997), S. 279-285.

ROGERS, E. M.: Diffusion of innovations, New York 1962.

ROGERS, E. M.: Diffusion of innovations, New York 2003.

ROGERS, E. M. und KINCAID, D. L.: Communication networks. Toward a new paradigm for research, New York 1981.

RÖMER, A.: Unterstützung des Design Problem Solving. Einsatz und Nutzen einfacher externer Hilfsmittel in den frühen Phasen des konstruktiven Entwurfsprozesses (Dissertation), Dresden 2001.

RÖTZER, A.: Die Einteilung der Wissenschaften. Analyse und Typologisierung von Wissenschaftsklassifikationen (Dissertation), Passau 2003.

ROUSE, W. B. und MORRIS, N. M.: On looking into the black box. Prospects and limits in the search for mental models, in: Psychological Bulletin 100 (1986), S. 349-363.

ROUSSOU, M. und DRETTAKIS, G.: Photorealism and Non-Photorealism in Virtual Heritage Representation, in: ARNOLD, D., CHALMERS, A. & NICCOLUCCI, F. (Hrsg.): 4th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Cultural Heritage (VAST 2003), Brighton 2003, S. 51-60.

RYKL, M.: Überblick über die Rolle virtueller Rekonstruktionen in der Bauforschung und Baugeschichte in Tschechien, in: HOPPE, S., BREITLING, S. & FITZNER, S. (Hrsg.): Virtual Palaces II: Lost Palaces and Their Afterlife. Virtual Reconstruction between Science and Media. Proceedings of the European Science Foundation Research Networking Programme PALATIUM meeting at Munich, 13.- 15. 4. 2012, Im Druck.

RYLE, G.: Knowing how and knowing that: The Presidential Address, in: Proceedings of the Aristotelian Society 46 (1946), S. 1-16.

RYLE, G.: The Concept of Mind, Chicago 1949.

SACHSE, P.: Idea materialis. Entwurfsdenken und Darstellungshandeln. Über die allmähliche Verfertigung der Gedanken beim Skizzieren und Modellieren, Berlin 2002.

SALMON, G., NIE, M. und EDIRISINGHA, P.: Developing a five-stage model of learning in Second Life, in: Educational Research 52 (2010), S. 169-182.

SAMIDA, S.: Virtuelle Archäologie. Zwischen Fakten und Fiktion, in: BÄR, K. B., KAI; EICHLER, STEFANIE; HARTMANN, AIDA; KLAEGER, SABINE; STOLTZ, OLIVER (Hrsg.): Text und Wahrheit. Ergebnisse der interdisziplinären Tagung ‚Fakten und Fiktionen' der Philosophischen Fakultät der Universität Mannheim, 28.-30. 11 2002, Frankfurt a. M. 2004, S. 195-207.

SANDERS, D. H.: More than Pretty Pictures of the Past. An American Perspective on Virtual Heritage, in: BENTKOWSKA-KAFEL, A., DENARD, H. & BAKER, D. (Hrsg.): Paradata and Transparency in Virtual Heritage, Burlington 2012, S. 37-56.

SAUERBIER, T.: Theorie und Praxis von Simulationssystemen. Eine Einführung für Ingenieure und Informatiker, Braunschweig [u. a.] 1999.

SCATENI, R.: Visualization in scientific computing "95, Wien [u. a.] 1995.

SCHELSKY, H.: Das Zentrum für interdisziplinäre Forschung, in: MIKAT, P. & SCHELSKY, H. (Hrsg.): Grundzüge einer neuen Universität Gütersloh 1966, S. 71-87.

SCHILCHER, C.: Implizite Dimensionen des Wissens und ihre Bedeutung für betriebliches Wissensmanagement (Dissertation), Darmstadt 2006

SCHMIDT, C., RAMSAUER, B. und WITZEL, K.: Risk management in hospitals. Standard operating procedures in aviation as a model for structuring medical communication, in: Zeitschrift fur Orthopädie und Unfallchirurgie 146 (2008), S. 175-178.

SCHMIDT, U.: Wie wird Qualität definiert?, in: WINDE, M. (Hrsg.): Von der Qualitätsmessung zum Qualitätsmanagement. Praxisbeispiele an Hochschulen, Essen 2010, S. 10-17.

SCHNEIDER, M., GUTHE, M. und KLEIN, R.: Real-time Rendering of Complex Vector Data on 3D Terrain Models, Berlin 2005.

SCHNIRCH, M.: Interaktive Visualisierungselemente als grundlegender Bestandteil des E-Learning in der Geographie, Freiburg 2004.

SCHÖN, D. A.: The Reflective Practitioner, How professionals think in action, New York 1983.

SCHOPHAUS, M., DIENEL, H.-L. und VON BRAUN, C.-F.: Von Brücken und Einbahnstraßen. Aufgaben für das Kooperationsmanagement interdisziplinärer Forschung (Discussion paper Nr. 08/03), Berlin 2003.

SCHREIBER, T.: Measuring Information Transfer, in: Physical Review Letters 85 (2000), S. 461-464.

SCHREIBMAN, S., SIEMENS, R. und UNSWORTH, J.: A Companion to Digital Humanities, Oxford 2004

SCHREYÖGG, G.: Organisation. Grundlagen moderner Organisationsgestaltung, Wiesbaden 2003.

SCHREYÖGG, G. und GEIGER, D.: Kann implizites Wissen Wissen sein? Vorschläge zur Neuorientierung von Wissensmanagement. Vortrag anlässlich des Workshops der Wissenschaftlichen Kommission ‚Wissenschaftstheorie' im Verband der Hochschullehrer für Betriebswirtschaft e. V., Augsburg, 29.-30. Juni 2001., Berlin 2001.

SCHULZ-ZANDER, R. und TULODZIECKI, G.: Pädagogische Grundlagen für das Online-Lernen, in: ISSING, L. J. (Hrsg.): Online-Lernen. Handbuch für Wissenschaft und Praxis, München 2009, S. 35-45.

SCHULZ VON THUN, F.: Das ‚Innere Team' und situationsgerechte Kommunikation, Reinbek bei Hamburg 2008a.

SCHULZ VON THUN, F.: Miteinander reden. Fragen und Antworten, Reinbek bei Hamburg 2008b.

SCHULZ VON THUN, F.: Störungen und Klärungen. Allgemeine Psychologie der Kommunikation, Reinbek bei Hamburg 2008c.

SCHULZ VON THUN, F., RUPPEL, J. und STRATMANN, R.: Miteinander reden. Kommunikationspsychologie für Führungskräfte, Reinbek bei Hamburg 2008.

SCHUMANN, H. und MÜLLER, W.: Visualisierung, Berlin [u. a.] 2000.

SCHÜTZE, M.: Die frühen Phasen des konstruktiven Entwerfens. Unterstützungspotential verschiedenartiger Arbeitsmittel (Dissertation), Dresden 2003.

SCHWABER, K. und SUTHERLAND, J.: The Scrum Guide. The Definitive Guide to Scrum. The Rules of the Game, o. O. 2011.

SCHWAN, S. und BUDER, J. 2006. Virtuelle Realität und E-Learning [Online]. http://www.e-teaching.org/didaktik/gestaltung/vr/vr.pdf, besucht am 10. 1. 2014.

SCOTT, J. P.: Social Network Analysis. A Handbook, Thousand Oaks 1991.

SEMENOVA, E. und STRICKER, M.: Eine Ontologie der Wissenschaftsdisziplinen. Entwicklung eines Instrumentariums für die Wissenskommunikation, in: BALL, R. (Hrsg.): Wissenschaftskommunikation der Zukunft, 4. Konferenz der Zentralbibliothek im Forschungszentrum Jülich, 6.- 8. 11. 2007, Jülich 2007, S. 61-69.

SENIOR, B.: Team roles and team performance. Is there ‚really' a link?, in: Journal of Occupational and Organizational Psychology 70 (1991), S. 241-258

SERRATO-COMBE, A.: The Aztec Templo Mayor. A visualization, Salt Lake City 2001.

SEXTON, J. B. und HELMREICH, R. L.: Analyzing Cockpit Communications. The Links between Language, Performance, Error, and Workload, in: Journal of Human Performance in Extreme Environments 6 (2000), S. 63-68.

SHOCKLEY, W.: On the statistics of individual variation of productivity in research laboratories, in: Proceedings of the Institute of Radio Engineers 45 (1957), S. 279-290.

SHOEMAKER, P. J.: Communication concepts 3: Gatekeeping, Newbury Park 1991.

SIMON, H. A.: Models of Man, New York 1957.

SIMON, H. A.: Theories of Bounded Rationality, in: MCGUIRE, C. B. & RADNER, R. (Hrsg.): Decision and Organization, 1972, S. 161-176.

SIMON, H. A.: Invariants of human behavior, in: Annual Review of Psychology 41 (1990), S. 1-19.

SMILES, S. und MOSER, S.: Envisioning the past. Archaeology and the image, Malden 2005.

SNYDER, W. M.: Organization Learning and Performance. An Exploration of the Linkages between Organization Learning, Knowledge and Performance (Dissertation), Los Angeles 1996.

SOCIEDAD ESPAÑOLA DE ARQUEOLOGÍA VIRTUAL 2010. The Seville Charter [Online]. http://www.arqueologiavirtual.com/carta/, besucht am 10. 1. 2014.

SOLOMON, P.: Discovering information behavior in sense-making, in: Journal of the American Society for Information Science 48 (1997), S. 1109-1126.

SOLSO, R. L.: Cognition and the visual arts, Cambridge 1994.

SPIEß, E. und ROSENSTIEL, L. V.: Organisationspsychologie. Basiswissen, Konzepte und Anwendungsfelder. Basiswissen, Konzept und Anwendungsfelder, München 2010.

SPRONDEL, W. M.: ‚Experte' und ‚Laie'. Zur Entwicklung von Typenbegriffen in der Wissenssoziologie, in: SPRONDEL, W. M. & GRATHOFF, R. (Hrsg.): Alfred Schütz und die Idee des Alltags in den Sozialwissenschaften, Stuttgart 1979, S. 140-154.

ŠRÁMEK, M.: Visualization of volumetric data by ray tracing (Dissertation), Wien 1998.

STACHOWIAK, H.: Gedanken zu einer allgemeinen Theorie der Modelle, in: Studium Generale 18 (1965), S. 432-463.

STACHOWIAK, H.: Allgemeine Modelltheorie, Wien 1973.

STAR, S. L. und GRIESEMER, J. R.: Institutional Ecology, ‚Translations' and Boundary Objects. Amateurs and Professionals in Berkeley's Museum of Vertebrate Zoology 1907-1939, in: Social Studies of Science 19 (1989), S. 387-420.

STEEG, G. V. und GALSTYAN, A.: Information Transfer in Social Media, WWW 2012 - Session: Information Diffusion in Social Networks, 16.- 20. 4. 2012, Lyon 2012.

STEINHEIDER, B. und BAYERL, P. S.: Wissensintegration in interdisziplinären Teams. Probleme und Lösungsansätze, in: Wirtschaftspsychologie 1 (2003), S. 26-29.

STEINKE, I.: Kriterien qualitativer Forschung. Ansätze zur Bewertung qualitativ-empirischer Sozialforschung, Weinheim [u. a.] 1999.

STEINMANN, F.: Modellbildung und computergestütztes Modellieren in frühen Phasen des architektonischen Entwurfs (Dissertation), Weimar 1997.

STEPHAN, P. E.: Denken am Modell, in: BÜRDEK, B. E. (Hrsg.): Der digitale Wahn, Frankfurt a. M. 2001, S. 109-129.

STERNBERG, R. J.: Cognitive Psychology, Belmont 2006.

STEVENS, S.: Matching Functions Between Loudness and Ten Other Continua, in: Perception and Psychophysics 1 (1966), S. 5-8.

STILLINGS, N. A., FEINSTEIN, M. H., GARFIELD, J. L., RISSLAND, E. L., ROSENBAUM, D. A., WEISLER, S. E. und BAKER-WARD, L.: Cognitive science. An introduction, Cambridge 1987.

STOJAKOVIC, V. und TEPAVCEVIC, B.: Optimal methods for 3d modeling of devastated architectural objects, in: REMONDINO, F., EL-HAKIM, S. & GONZO, L. (Hrsg.): 3D-ARCH 2009, Zürich 2009.

STORK, A.: Effiziente 3D-Interaktions- und Visualisierungstechniken für benutzerzentrierte Modellierungssysteme, Darmstadt 2000.

STRAUSS, A. L.: Arc of work and the division of labor, in: The sociological Quarterly 26 (1985), S. 1-19.

STRAUSS, A. L.: Creating sociological awareness. Collective images and symbolic representations, New Brunswick 1991.

STRAUSS, A. L. und CORBIN, J. M.: Grounded theory. Grundlagen qualitativer Sozialforschung, Weinheim 1996.

STRÜBING, J.: Just do it? Zum Konzept der Herstellung und Sicherung von Qualität in grounded theory-basierten Forschungsarbeiten, in: Kölner Zeitschrift für Sozialpsychologie 54 (2002), S. 318-342.

STÜTZER, C.: Informations- und Wissenstransfer innerhalb von Lernmanagementsystemen (Dissertation), Dresden 2013.

STÜTZER, C. M., CARLEY, K. M., KÖHLER, T. und THIEM, G.: The Impact of Brokers in Collaborative E-Learning Systems, in: N. B. (Hrsg.): Procedia - Social and Behavioral Sciences, 8th conference on Applications of Social Network Analysis (ASNA 2011), Im Druck.

STYHRE, A.: Disciplining professional vision in architectural work. Practices of seeing and seeing beyond the visual, in: The Learning Organization 17 (2010), S. 437-454.

STYLIADIS, A. D., AKBAYLAR, I. I., PAPADOPOULOU, D. A., HASANAGAS, N. D., ROUSSA, S. A. und SEXIDIS, L. A.: Metadata-based heritage sites modeling with e-learning functionality, in: Journal of Cultural Heritage 10 (2009), S. 296-312.

SZULANSKI, G.: Exploring Internal Stickiness. Impediments to the Transfer of Best Practice Within the Firm, in: Strategic Management Journal 17 (1996), S. 27-43.

TALJA, S.: Information sharing in academic communities. Types and levels of collaboration in information seeking and use, Tampere 2002.

TAUBERGER, A.: Controlling für die öffentliche Verwaltung, München 2008.

TERPE, S. und STEINER, C.: Netzwerkstruktur und Informationsgehalt. Wann werden Beziehungen zur Ressource?, Bielefeld 2005.

THOMAS, J. W.: A Review of Research on Project-Based Learning, San Rafael 2000.

TIEFEL, S.: Vertrauensbildungsprozesse in unterschiedlichen Feldern der sozialen Arbeit, DGfE-Tagung 2008.

TÖPFER, A.: Erfolgreich Forschen. Ein Leitfaden für Bachelor-, Master-Studierende und Doktoranden, Berlin [u. a.] 2010.

TUCKER, A. W.: The Mathematics of Tucker. A Sample, in: The Two-Year College Mathematics Journal 14 (1983), S. 228-232.

TUPPY, H.: „Scientific Community“ und „Civil Society“, Österreichischer Wissenschaftstag 2001, 2001.

TURNER, J. R.: The Handbook of Project-Based Management, London 1999.

TURNER, J. R., KEEGAN, A. E. und CRAWFORD, L.: Learning by Experience in the Project-Based Organization, Rotterdam 2000.

TVERSKY, B.: Spatial Schemas in Depictions, in: GATTIS, M. (Hrsg.): Spatial Schemas and Abstract Thought, Cambridge 2002, S. 79-112.

TVERSKY, B.: Visuospatial reasoning, in: HOLYOAK, K. & MORRISON, R. (Hrsg.): Handbook of Reasoning, Cambridge 2005, S. 209-249.

ULICH, E.: Arbeitspsychologie, Zürich 2005.

UMLAUF, K.: Einführung in die bibliothekarische Klassifikationstheorie und -praxis, Berlin 2012.

VARGAS-QUESADA, B. und MOYA-ANEGÓN, F. D.: Visualizing the structure of science, Berlin [u. a.] 2007.

VDI: Simulation von Logistik, Materialfluß- und Produktionssystemen, Grundlagen, VDI 3633, Düsseldorf 1992.

VEHKAVAARA, T.: The outline of Peirce’s classification of sciences (1902-1911), Tampere 2001.

VINCENT-LANCRIN, S.: What is Changing in Academic Research? Trends and Future Scenarios, in: Journal of Education 41 (2006), S. 1-27.

VLAHAKIS, V., PLIAKAS, T., DEMIRIS, A. und IOANNIDIS, N.: Design and Application of an Augmented Reality System for continuous, context-sensitive guided tours of indoor and outdoor cultural sites and museums, in: ARNOLD, D., CHALMERS, A. & NICCOLUCCI, F. (Hrsg.): 4th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Cultural Heritage (VAST 2003), Brighton 2003, S. 155-164.

VOLLBRECHT, R.: Stichwort. Medien, in: MIKOS, L. & WEGENER, C. (Hrsg.): Qualitative Medienforschung. Ein Handbuch., Konstanz 2005, S. 29-39.

VON RANKE, L.: Geschichten der romanischen und germanischen Völker von 1494 bis 1514. Zur Kritik neuerer Geschichtsschreiber, Leipzig 1824.

VON ROSENSTIEL, L., MOLT, W. und RÜTTINGER, B.: Grundriss der Psychologie. Organisationspsychologie, Stuttgart 2005.

WAGEMANS, J.: Historical and conceptual background. Gestalt theory, Leuven 2008.

WALZ, A.: Virtuelle Welten - reale Entscheide?. Die Alpen im Modellbaukasten, Zürich 2008.

WASSERMAN, S. und FAUST, K.: Social Network Analysis, Cambridge 1994.

WATZLAWICK, P.: Menschliche Kommunikation, Bern 2000.

WEBER, M.: Soziologische Grundbegriffe, Tübingen 1978.

WEGNER, D. M.: Transactive Memory. A Contemporary Analysis of the Group Mind, in: MULLEN, B. & GOETHALS, G. R. (Hrsg.): Theories of Group Behavior, New York 1986, S. 185-208.

WEGNER, D. M.: Computer Network Model of Human Transactive Memory, in: Social Cognition 13 (1995), S. 319-339.

WEICK, K. E.: Educational Organisations as Loosely Coupled Systems, in: Administrative Science Quarterly 21 (1976), S. 1-19.

WEIDENMANN, B.: Abbilder in Multimedia - Anwendungen, in: ISSING, L. J. & KLIMSA, P. (Hrsg.): Information und Lernen mit Multimedia, Weinheim 1995, S. 107-121.

WEIMANN, G.: The influentials. People who influence people, Albany 1994.

WEINGART, P.: Interdisziplinarität als List der Institutionen, in: KOCKA, J. (Hrsg.): Interdisziplinarität. Praxis - Herausforderung - Ideologie Frankfurt a. M. 1987, S. 159-166.

WELLER, H.: Generalisierte 3D-Gebäuderepräsentation im Spannungsfeld von Primärinformation, Modellierungsaufwand und Wiedererkennbarkeit am Beispiel eines 3D-Stadtmodells von Dresden um 1940 (Diplomarbeit), Dresden 2013.

WELLMAN, B.: Structural Analysis. From Method and Metaphor to Theory and Substance, in: WELLMAN, B. & BERKOWITZ, S. D. (Hrsg.): Social Structures: A Network Approach, Princeton 1988, S. 19-61.

WENGENROTH, U.: Was ist Technikgeschichte?, o. O. 1998.

WERQUIN, P.: Terms, Concepts and Models for Analysing the Value of Recognition Programmes, Wien 2007.

WERTHEIMER, M.: Untersuchungen zur Lehre von der Gestalt, in: Psychologische Forschung: Zeitschrift für Psychologie und ihre Grenzwissenschaften 1 (1922), S. 47-58.

WERTHEIMER, M.: Untersuchungen zur Lehre von der Gestalt. II, in: Psychologische Forschung: Zeitschrift für Psychologie und ihre Grenzwissenschaften 4 (1923), S. 301-350.

WHITE, H. C., BOORMAN, S. A. und BREIGER, R. L.: Social structure from multiple Networks. I. Blockmodels of Roles and Positions, in: American Journal of Sociology 81 (1976), S. 730-780.

WIATER, W.: Wissensmanagement. Eine Einführung für Pädagogen, Wiesbaden 2007.

WIECZOREK, M.: Die Zisterzienserkirche Altenberg in 3D. Vom Generieren eines komplexen Gebäudemodells im Alleingang (Vortrag), Köln 2010.

WILKES-GIBBS, D. und CLARK, H. H.: Coordinating beliefs in conversation, in: Journal of Memory and Cognition 31 (1992), S. 183-194.

WILLKE, H.: Systemisches Wissensmanagement, Stuttgart 1998.

WILTON-ELY, J.: Architectural Model, in: N.B. (Hrsg.): The Dictionary of Art, Band 2, London [u. a.] 1996, S. 335-338.

WIPPICH, W.: Lehrbuch der angewandten Gedächtnispsychologie. Band 1, Stuttgart 1984.

WIRTH, U.: Abduktion und ihre Anwendungen, in: Zeitschrift für Semiotik 17 (1995), S. 405-424.

WISSEN, U.: Virtuelle Landschaften zur partizipativen Planung. Optimierung von 3D-Landschaftsvisualisierungen zur Informationsvermittlung (Dissertation), Zürich 2007.

WISSEN, U.: Virtuelle Landschaften zur partizipativen Planung. Optimierung von 3D-Landschaftsvisualisierungen zur Informationsvermittlung, Zürich 2009.

WITTE, E.: Organisation für Innovationsentscheidungen - Das Promotorenmodell, Göttingen 1973.

WITTKOPF, S.: I-Light. Ein webbasiertes Lernsystem zum Entwerfen mit Licht. Konzipierung und Realisierung eines Prototypen, Darmstadt 2000.

WITZEL, A.: Das problemzentrierte Interview, in: Forum Qualitative Sozialforschung 1, (2000), Art. 22.

WOODING, S., WILCOX-JAY, K., LEWISON, G. und GRANT, J.: Co-author inclusion. A novel recursive algorithmic method for dealing with homonyms in bibliometric analysis, in: Scientometrics 66 (2006), S. 11-21.

WRAY, K. B.: Scientific authorship in the age of collaborative research, in: Studies in History and Philosophy of Science 37 (2006), S. 505-514.

WULF, U. und RIEDEL, A.: Investigating buildings three-dimensionally. The "Domus Severiana" on the Palatine, in: HASELBERGER, L., HUMPHREY, J. und ABERNATHY, D.: Imaging ancient Rome. Documentation, visualization, imagination. Proceedings of the 3rd Williams Symposium on Classical Architecture, Rome, 20.- 23. 5. 2004, Portsmouth 2006, S. 221-233.

YANEVA, A.: Scaling Up and Down. Extraction Trials in Architectural Design, in: Social Studies of Science 35 (2005), S. 867-894.

YIN, R. K.: Applications of case study research, Thousand Oaks 2003.

YIN, X., WONKA, P. und RAZDAN, A.: Generating 3D building models from architectural drawings, in: IEEE Computer Graphics and Applications 29 (2008), S. 20-30.

YUAN, Y. C., CARBONI, I. und EHRLICH, K.: The impact of awareness and accessibility on expertise retrieval. A multilevel network perspective, in: Journal of the American Society for Information Science and Technology 61 (2010), S. 700-714.

ZHANG, X. und DONG, D.: Ways of Identifying the Opinion Leaders in Virtual Communities, in: International Journal of Business and Management 3 (2008), S. 21-27.

ZIEGLER, S.: Lernen bei Gregory Bateson und lernende Organisation. Die Veränderung sozialer Systeme durch organisationales Lernen (Dissertation), Paderborn 2006.

ZIMBARDO, P. G.: Psychology and life, New York 1992.

ZIMBARDO, P. G. und GERRIG, R. J.: Psychologie, München 2004.

ZÖLLNER, M., BECKER, M. und KEIL, J.: Snapshot Augmented Reality - Augmented Photography, in: ARTUSI, A., JOLY-PARVEX, M., LUCET, G., RIBES, A. & PITZALIS, D. (Hrsg.): 11th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Cultural Heritage (VAST 2010), Paris 2010, S. 53-56.

ZRENNER, E. und EYSEL, U.: Visuelles System, in: DEETJEN, P. (Hrsg.): Physiologie, München 2005, S. 90-134.

ZÜRCHER, R.: Informelles Lernen und der Erwerb von Kompetenzen. Theoretische, didaktische und politische Aspekte, Wien 2007.

10 Anhang

10.1 Interviewleitfaden

Gesprächsdauer ca. 60 min, Interview wird anonymisiert

Aufzeichnung des Interviews mittels Diktiergerät

Begrüßung

Einleitung

- Bitte skizzieren Sie kurz Ihr Projekt.
- Welchen Bearbeitungsstand hat das Projekt/haben die Projekte?
- Hatten Sie vorher schon mit 3D-Visualisierung Berührung?

Intention

- Welche Zielgruppe soll angesprochen werden?
- Aus welchem Grund wird 3D-Visualisierung im Projekt eingesetzt? Werden andere Visualisierungstechniken (Fotografie, Grafische Darstellung, etc.) genutzt? Warum bzw. warum nicht?

Prozess

- Wie setzt sich die Arbeitsgruppe zusammen?
- Bitte beschreiben Sie die anderen Arbeitsgruppenmitglieder und deren Aufgaben.
- Bitte schätzen Sie ein, welches Wissen die anderen Arbeitsgruppenmitglieder jeweils einbringen.

Zusammenarbeit

- Wie findet Kommunikation innerhalb der Arbeitsgruppe statt? Welche Kommunikationswege werden genutzt?
- Wie bewerten Sie die Zusammenarbeit der Arbeitsgruppe?
- Welche Mechanismen zur Zusammenarbeit haben sich bewährt? Welche nicht?

Phasen

- Versuchen Sie, den bisherigen Projektablauf kurz zu skizzieren. Lassen sich hierbei einzelne Projektphasen abgrenzen? Wie sieht eine zeitliche Verteilung aus?
- Wie bewerten Sie den bisherigen Projektablauf?
- Wie werden einzelne Arbeitsschritte im Projekt festgelegt?

Qualität

- Welchen Anforderungen müssen Visualisierungsergebnisse im Projekt genügen? Wie und durch wen sind diese festgelegt? Wie werden diese kontrolliert?
- Hat sich Ihre Sichtweise auf 3D-Visualisierung im Laufe der Bearbeitung verändert?

Datenbasis

- Welche Datenbasis benutzen Sie?
- Sehen Sie besondere Anforderungen von 3D-Visualisierung an die Aufbereitung der Datenbasis (Quellen, Messwerte etc.)?
- Wie gehen Sie mit Unklarheiten in der Datenbasis um?

Kosten

- Gibt es einen Kostenrahmen des Projektes? Wann und wie wurde dieser festgelegt?
- Wird dieser eingehalten?

Persönliche Erfahrung

- Hat sich Ihre Sichtweise auf Ihr Forschungsgebiet durch die 3D-Bearbeitung verändert?

Gibt es in Ihren Augen noch bisher ungenannte wichtige Aspekte im Zusammenhang zu 3D?

Ich danke Ihnen sehr für das Gespräch.

10.2 Untersuchungsbasis der Publikationsanalysen

Legende:	
Datensatz	Vorhandensein eines Datensatzes in der Untersuchungsbasis
Autorenanalyse	Einbeziehung der Autoren in Analyse von disziplinärer sowie nationaler Herkunft und Netzwerkanalyse
Inhalte	Erfolgte Analyse und Typisierung der Publikationsinhalte
Qualitative Analyse	Auswertung der Publikationsinhalte im Rahmen der qualitativen (Inhalts-) Analyse

#	Typ	Journal	Jahr		Daten-satz	Autoren-analyse	Inhalte	Qualit. Analyse
1	Journal Article	Journal of Cultural Heritage 11 (2010) 42–49	2010	FROM 3D RECONSTRUCTION TO VIRTUAL REALITY: A COMPLETE METHODOLOGYFOR DIGITAL ARCHAEOLOGICAL EXHIBITION	x	x	x	
2	Journal Article	Virtual Reality DOI 10.1007/s10055-011-0191-0		THE PALENQUE PROJECT: EVALUATING INTERACTION IN AN ONLINE VIRTUALARCHAEOLOGY SITE	x	x	x	
3	Journal Article	Journal of Cultural Heritage 10 (2009) 458–470	2009	EXPERIENTIAL ARCHAEOLOGY: IS VIRTUAL TIME TRAVEL POSSIBLE?	x	x	x	
4	Journal Article	Journal of Field Archaeology, Vol. 30, No. 4 (Winter, 2005) 443-455	2005	A THREE-DIMENSIONAL MODEL OF A THULE INUIT WHALE BONE HOUSE	x	x	x	
5	Journal Article	Library Hi Tech Vol. 27 No. 2, 2009 pp. 205-216	2009	DEALING WITH THE COMPLEXITYDELUGEVRES IN THE ARTS AND HUMANITIES	x	x	x	
6	Journal Article	Journal of Cultural Heritage 10S (2009) 112–117	2009	ANCIENT CONTEXTS AND VIRTUAL REALITY: FROM RECONSTRUCTIVE STUDY TO THECONSTRUCTION OF KNOWLEDGE MODELS	x	x	x	
7	Journal Article	Machine Vision and Applications (2006) 17 349–360	2006	THREE-DIMENSIONAL ACQUISITION OF LARGE AND DETAILED CULTURALHERITAGE OBJECTS	x	x	x	
8	Journal Article	Journal of Cultural Heritage 8 (2007) 209-214	2007	DUST AND LIGHT: PREDICTIVE VIRTUAL ARCHAEOLOGY	x	x	x	
9	Journal Article	Journal of Cultural Heritage 5 (2004) 63–74	2004	ARCHAEOLOGICAL AND CULTURAL HERITAGE: BRINGING LIFE TO AN UNEARTHEDMUSLIM SUBURB IN AN IMMERSIVE ENVIRONMENT	x	x	x	
10	Journal Article	Journal of Archaeological Science 36 (2009) 2298–2307	2009	USING fiNITE ELEMENT METHODS TO ANALYZE ANCIENT ARCHITECTURE: AN EXAMPLEFROM THE NORTH AMERICAN ARCTIC	x	x	x	
11	Journal Article	Journal of Cultural Heritage 8 (2007) 396-411	2010	A WEB INFORMATION SYSTEM FOR THE MANAGEMENT AND THE DISSEMINATION OF CULTURAL HERITAGE DATA	x	x	x	
12	Journal Article	Educational Research Vol. 52, No. 2, June 2010, 169–182	2006	DEVELOPING A fiVE-STAGE MODEL OF LEARNING IN SECOND LIFE	x	x	x	
13	Journal Article	Journal of Archaeological Science 33 (2006) 1356-1367	2006	FROM ABSTRACT DIGITAL MODELS TO RICH VIRTUAL ENVIRONMENTS: LANDSCAPE CONTEXTS IN KILMARTIN GLEN, SCOTLAND	x	x	x	
14	Journal Article	Journal of Cultural Heritage 11 (2010) 1–9	2010	A PRACTICAL APPROACH TO MAKING ACCURATE 3D LAYOUTS OF INTERESTING CULTURAL HERITAGE SITES THROUGH DIGITAL MODELS	x	x	x	

#	Typ	Journal	Jahr		Daten-satz	Autoren-analyse	Inhalte	Qualit. Analyse
15	Journal Article	Journal of Cultural Heritage 8 (2007) 423-427	2007	DOCUMENTATION OF CULTURAL HERITAGE USING DIGITALPHOTOGRAMMETRY AND LASER SCANNING	x	x	x	
16	Journal Article	Journal of Cultural Heritage 7 (2006) 98–109	2006	ACTIVE VISION APPLICATIONSTO CULTURAL HERITAGE ACQUISITION AND MONITORING	x	x	x	
17	Journal Article	Journal of Cultural Heritage 7 (2006) 214–226	2006	BEYOND MANUAL DRAFTING: A RESTORATION-ORIENTED SYSTEM	x	x	x	
18	Journal Article	International Journal of Solids and Structures 48 (2011) 1024–1033	2011	FOLLOW-UP OF A PANEL RESTORATION PROCEDURE THROUGH IMAGE CORRELATION ANDfiNITE ELEMENT MODELING	x	x	x	
19	Journal Article	Journal of Cultural Heritage 8 (2007) 87-92	2007	GPR TECHNIQUE AS A TOOL FOR CULTURAL HERITAGE RESTORATION: SANMIGUEL DE LOS REYES HIERONYMITE MONASTERY, 16TH CENTURY(VALENCIA, SPAIN)	x	x	x	
20	Journal Article	Journal of Archaeological Science 36 (2009) 1847–1856	2009	LASER SCANNING FOR CONSERVATION AND RESEARCH OF AFRICAN CULTURAL HERITAGE SITES:THE CASE STUDY OF WONDERWERK CAVE, SOUTH AFRICA	x	x	x	
21	Journal Article	Journal of Cultural Heritage 5 (2004) 63–74	2004	ARCHAEOLOGICAL AND CULTURAL HERITAGE: BRINGING LIFE TO AN UNEARTHEDMUSLIM SUBURB IN AN IMMERSIVE ENVIRONMENT	x	x	x	
22	Journal Article	Journal of Cultural Heritage xxx (2011) xxx–xxx	2011	DIGITAL PRESERVATION OF BRAZILIAN INDIGENOUS ARTWORKS: GENERATING HIGH QUALITYTEXTURES FOR 3D MODELS	x	x	x	
23	Journal Article	The Imaging Science Journal Vol 54		THREE-DIMENSIONAL TOOLS FOR ANALYSIS AND CONSERVATIONOF ANCIENT WOODEN STAMPS	x	x	x	
24	Journal Article	Journal of Cultural Heritage 12 (2011) 128–133	2011	3D POTTERY SHAPE MATCHING USING DEPTH MAP IMAGES	x	x	x	
25	Journal Article	Journal of Cultural Heritage 12 (2011) 105–110	2011	IMAGE-BASED MODELING APPROACH IN CREATING 3D MORPHOGENETICRECONSTRUCTION OF LIBERTY SQUARE IN NOVI SAD	x	x	x	
26	Journal Article	Journal of Cultural Heritage xxx (2011) xxx–xxx	2011	3D PRESERVING XVIII CENTURY BARROQUE MASTERPIECE: CHALLENGES AND RESULTS ON THEDIGITAL PRESERVATION OF ALEIJADINHO'S SCULPTURE OF THE PROPHET JOEL	x	x	x	
27	Journal Article	Journal of Cultural Heritage 8 (2007) 93-98	2007	METHODS FOR 3D DIGITIZATION OF CULTURAL HERITAGE	x	x	x	
28	Journal Article	Journal of Cultural Heritage 2 (2001) 63–70	2001	3D DIGITIZING OF CULTURAL HERITAGE	x	x	x	
29	Journal Article	Journal of Cultural Heritage 10S (2009) e112–e117	2009	ANCIENT CONTEXTS AND VIRTUAL REALITY: FROM RECONSTRUCTIVE STUDY TO THECONSTRUCTION OF KNOWLEDGE MODELS	x	x	x	
30	Journal Article	Journal of Cultural Heritage 12 (2011) 243–252	2011	PHOTOGRAPHY-BASED FAC ¸ ADE RECOVERY & 3-D MODELING: A CAD APPLICATION INCULTURAL HERITAGE	x	x	x	
31	Journal Article	Journal of Cultural Heritage 4 (2003) 321–329	2003	NEW APPLICATIONS OF SCANNING LASER DOPPLER VIBROMETRY (SLDV)TO NON-DESTRUCTIVE DIAGNOSTICS OF ARTWORKS: MOSAICS, CERAMICS,INLAID WOOD AND EASEL PAINTING	x	x	x	
32	Journal Article	J. Visual. Comput. Animat. 2003; 14: 121–138	2003	NRC 3D IMAGING TECHNOLOGY FORMUSEUMAND HERITAGE APPLICATIONS	x	x	x	

#	Typ	Journal	Jahr		Daten-satz	Autoren-analyse	Inhalte	Qualit. Analyse
33	Journal Article	Int. J. Human-Computer Studies 68 (2010) 243–253	2010	EXPLORING THE RELATIONSHIP BETWEEN PRESENCE ANDENJOYMENT IN A VIRTUAL MUSEUM	x	x	x	
34	Journal Article	International Journal of Digital Earth Vol. 1, No. 1, March 2008, 88-106	2008	REALITY-BASED GENERATION OF VIRTUAL ENVIRONMENTS FOR DIGITAL EARTH	x	x	x	
35	Journal Article	Journal of Cultural Heritage 4 (2003) 367-371	2003	THE LASER RECORDING AND VIRTUAL RESTORATIONOF A WOODEN SCULPTURE OF BUDDHA	x	x	x	
36	Journal Article	Journal of Cultural Heritage 4 (2003) 289–293	2003	NON-DIVESTMENT LASER APPLICATIONS IN ART CONSERVATION	x	x	x	
37	Journal Article	Journal of Cultural Heritage 4 (2003) 355–367	2003	MODELLING AND ANALYSIS OF A BASILICA UNDER EARTHQUAKE LOADING	x	x	x	
38	Journal Article	Journal of Cultural Heritage 10S (2009) 72–77	2009	HIGH RESOLUTION 3-DIMENSIONAL DOCUMENTATION OF ARCHAEOLOGICALMONUMENTS & LANDSCAPES USING AIRBORNE LIDAR	x	x	x	
39	Journal Article	Computers & Graphics 30 (2006) 800–814	2006	SEMANTIC MODELING FOR ANCIENT ARCHITECTURE OF DIGITAL HERITAGE	x	x	x	
40	Journal Article	Journal of Cultural Heritage 10 (2009) 281–295	2009	QP: A TOOL FOR GENERATING 3D MODELS OF ANCIENT GREEK POTTERY	x	x	x	
41	Journal Article	Journal of Cultural Heritage 12 (2011) 82–87	2011	VIRTUALLY PRESERVING THE INTANGIBLE HERITAGE OF ARTISTIC HANDICRAFT	x	x	x	
42	Journal Article	Journal of Cultural Heritage 10 (2009) 161–173	2009	RECONSTRUCTION OF PHOTOREALISTIC 3D MODEL OF CERAMIC ARTEFACTSFOR INTERACTIVE VIRTUAL EXHIBITION	x	x	x	
43	Journal Article	Journal of Cultural Heritage 10S (2009) 20–26	2009	SPACE OBSERVATION FOR GENERATING 3D PERSPECTIVE VIEWS AND ITS IMPLICATIONTO THE STUDY OF THE ARCHAEOLOGICAL SITE OF BADAMI IN INDIA	x	x	x	
44	Journal Article	Journal of Cultural Heritage 8 (2007) 26-31	2007	ON 3D RECONSTRUCTION OF THE OLD CITY OF XANTHI. A MINIMUM BUDGETAPPROACH TO VIRTUAL TOURING BASED ON PHOTOGRAMMETRY	x	x	x	
45	Journal Article	Journal of Cultural Heritage 10 (2009) 458–470	2009	EXPERIENTIAL ARCHAEOLOGY: IS VIRTUAL TIME TRAVEL POSSIBLE?	x	x	x	
46	Journal Article	Syst Technol, 19, 244–259	2009	CONTEMPORARY TECHNOLOGIES FOR 3D DIGITIZATION OF MAORIAND PACIfiC ISLAND ARTIFACTS	x	x	x	
47	Journal Article	Journal of Archaeological Science 37 (2010) 3037-3047	2010	TERRESTRIAL LASER SCANNING INTENSITY DATA APPLIED TO DAMAGE DETECTION FOR HISTORICALBUILDINGS	x	x	x	
48	Journal Article	Journal of Cultural Heritage 3 (2002) 325–331	2002	THREE-DIMENSIONAL MODELLING OF STATUES: THE MINERVA OF AREZZO	x	x	x	
49	Journal Article	Journal of Cultural Heritage 10 (2009) 269–274	2009	3D PHOTOGRAMMETRIC MODEL OF EflATUNPINAR MONUMENTAT THE AGE OF HITTITE EMPIRE IN ANATOLIA	x	x	x	
50	Journal Article	Journal of Cultural Heritage 11 (2010) 329–338	2010	3D POTTERY CONTENT-BASED RETRIEVAL BASED ON POSE NORMALISATION ANDSEGMENTATION	x	x	x	
51	Journal Article	Journal of Cultural Heritage 11 (2010) 438–451	2010	RECORDING AND DOCUMENTING THE CHROMATIC INFORMATION OF ARCHITECTURAL HERITAGE	x	x	x	
52	Journal Article	Journal of Cultural Heritage 11 (2010) 81–90	2010	HARVESTING COMMUNITY ANNOTATIONS ON 3D MODELS OF MUSEUMARTEFACTS TO ENHANCE KNOWLEDGE, DISCOVERY AND RE-USE	x	x	x	
53	Journal Article	Journal of Cultural Heritage 11 (2010) 42–49	2010	FROM 3D RECONSTRUCTION TO VIRTUAL REALITY: A COMPLETE METHODOLOGYFOR DIGITAL ARCHAEOLOGICAL EXHIBITION	x	x	x	

#	Typ	Journal	Jahr		Daten-satz	Autoren-analyse	Inhalte	Qualit. Analyse
54	Journal Article	Computers & Graphics 35 (2011) v–vi	2011	EDITORIALSPECIAL SECTION ON CULTURAL HERITAG	x	x	x	
55	Journal Article	Journal of Archaeological Science 37 (2010) 3158-3169	2010	A SIMPLE METHODOLOGY FOR RECORDING PETROGLYPHS USING LOW-COST DIGITAL IMAGECORRELATION PHOTOGRAMMETRY AND CONSUMER-GRADE DIGITAL CAMERAS	x	x	x	
56	Journal Article	Journal of Cultural Heritage 8 (2007) 428-433	2007	IMPORTANCE OF DIGITAL CLOSE-RANGE PHOTOGRAMMETRY INDOCUMENTATION OF CULTURAL HERITAG	x	x	x	
57	Journal Article	Journal of Cultural Heritage 11 (2010) 350–353	2010	CULTURAL HERITAGE INTERACTIVE 3D MODELS ON THE WEB: AN APPROACH USING OPENSOURCE AND FREE SOFTWARE	x	x	x	
58	Journal Article	J. Comput. Cult. Herit. 2, 3, Article 7 (December 2009)	2009	RESEARCH CHALLENGES FOR DIGITAL ARCHIVES OF 3D CULTURALHERITAGE MODELS	x	x	x	
59	Journal Article	Int J Comput Vis (2011) 94: 2–11	2011	IMAGE GUIDED RECONSTRUCTION OF UN-SAMPLED DATA:A FILLING TECHNIQUE FOR CULTURAL HERITAGE MODELS	x	x	x	
60	Journal Article	Survey Review, (July 2010) 42, 317, 300-315	2010	VIRTUAL ARCHAEOLOGICAL SITES MODELLING THROUGH LOW-COST METHODOLOGY	x	x	x	
61	Proceedings	3DArch	2005	3-D RECONSTRUCTION OF COMPLEX ARCHITECTURES FROM MULTIPLE DATA	x	x	x	
62	Proceedings	3DArch	2005	FIRST EXPERIENCESWITH A MOBILE PLATFORM FOR FLEXIBLE 3D MODEL ACQUISITION IN INDOOR AND OUTDOOR ENVIRONMENTS – THE WÄGELE	x	x	x	
63	Proceedings	3DArch	2005	OPENHERITAGE: AN INTEGRATED APPROACH TO WEB 3D PUBLICATION OF VIRTUAL LANDSCAPES	x	x	x	
64	Proceedings	3DArch	2005	GEOREFERENCING OF TERRESTRIAL LASERSCANNER DATA FOR APPLICATIONS IN ARCHITECTURAL MODELLING	x	x	x	
65	Proceedings	3DArch	2005	3D BUILDING FACADE RECONSTRUCTION UNDER MESH FORM FROM MULTIPLE WIDE ANGLE VIEWS	x	x	x	
66	Proceedings	3DArch	2005	STRATEGY FOR THE EXTRACTION OF 3D ARCHITECTURAL OBJECTS FROM LASER AND IMAGE DATA ACQUIRED FROM THE SAME VIEWPOINT	x	x	x	
67	Proceedings	3DArch	2005	TERRESTRIAL LASER SCANNING – APPLICATIONS IN CULTURAL HERITAGE CONSERVATION AND CIVIL ENGINEERING	x	x	x	
68	Proceedings	3DArch	2005	LONG-TERM PRESERVATION OF 3-D CULTURAL HERITAGE DATA RELATED TO ARCHITECTURAL SITES	x	x	x	
69	Proceedings	3DArch	2005	A METHOD ON MODELING AND VISUALIZATION OF 3D OBJECT	x	x	x	
70	Proceedings	3DArch	2005	ORDERING CRITERIA AND INFORMATION FUSION IN 3D LASER SURVEYING OF SMALL URBAN SPACES	x	x	x	
71	Proceedings	3DArch	2005	A SURVEY OF "THE SALA DEGLI STUCCHI", AN ORNATE BAROQUE HALL	x	x	x	
72	Proceedings	3DArch	2005	DIRECT GEOREFERENCING OF TLS IN SURVEYING OF COMPLEX SITES	x	x	x	
73	Proceedings	3DArch	2005	3D MODELING OF HIGH RELIEF SCULPTURE USING IMAGE BASED INTEGRATED MEASUREMENT SYSTEM	x	x	x	

#	Typ	Journal	Jahr		Daten-satz	Autoren-analyse	Inhalte	Qualit. Analyse
74	Proceedings	3DArch	2005	3D MODELING OF STRUCTURES USING BREAK-LINES AND CORNERS IN 3D POINT CLOWD DATA	x	x	x	
75	Proceedings	3DArch	2005	3D MODELING OF HIGH RELIEF SCULPTURE USING IMAGE BASED INTEGRATED MEASUREMENT SYSTEM	x	x	x	
76	Proceedings	3DArch	2005	COMBINED 3D SURVEYING TECHNIQUES FOR STRUCTURAL ANALYSIS APPLICATIONS	x	x	x	
77	Proceedings	3DArch	2005	THE MONUMENTS RESTORATION YARD: A VIRTUALIZATION METHOD AND THE CASE OF STUDY OF SALA DELLE CARIATIDI IN PALAZZO REALE, MILAN	x	x	x	
78	Proceedings	3DArch	2005	RECORDING AND MODELLING AN ABORIGINAL CAVE PAINTING: WITH OR WITHOUT LASER SCANNING?	x	x	x	
79	Proceedings	3DArch	2005	TOWARDS A 3D TRUE COLORED SPACE BY THE FUSION OF LASER SCANNER POINT CLOUD AND DIGITAL PHOTOS	x	x	x	
80	Proceedings	3DArch	2005	IMAGE ORIENTATION FOR INTERACTIVE TOURS OF VIRTUALLY-MODELED SITES	x	x	x	
81	Proceedings	3DArch	2005	MARKER-FREE REGISTRATION OF TERRESTRIAL LASER SCANS USING THE NORMAL DISTRIBUTION TRANSFORM	x	x	x	
82	Proceedings	3DArch	2005	ORDERING CRITERIA AND INFORMATION FUSION IN 3D LASER SURVEYING OF SMALL URBAN SPACES	x	x	x	
83	Proceedings	3DArch	2005	3D LASER SCANNER AIMED TO ARCHITECTURAL HERITAGE SURVEY: FROM THE POINT'S CLOUD TO THE GEOMETRICAL GENESIS DETERMINATION	x	x	x	
84	Proceedings	3DArch	2005	SUITABILITY ASSESSMENT OF GROUND LEVEL IMAGERY FOR GEOSPATIAL VR MODELING	x	x	x	
85	Proceedings	3DArch	2005	NETWORK ORIENTATION MODELS FOR IMAGE-BASED 3D MEASUREMENT	x	x	x	
86	Proceedings	3DArch	2005	PHOTOGRAMMETRIC DOCUMENTATION AND MODELLING OF AN ARCHAELOGICAL SITE: THE FINNISH JABAL HAROUN PROJECT	x	x	x	
87	Proceedings	3DArch	2005	NEW TECHNOLOGIES FOR EFFICENT LARGE SITE MODELING	x	x	x	
88	Proceedings	3DArch	2005	OCCLUSION-FREE IMAGE GENERATION FOR REALISTIC TEXTURE MAPPING	x	x	x	
89	Proceedings	3DArch	2005	USING MULTIPLE SCANNING TECHNOLOGIES FOR THE 3D ACQUISITION OF TORCELLO'S BASILICA	x	x	x	
90	Proceedings	3DArch	2005	A NEW METHOD FOR VANISHING POINTS DETECTION IN 3D RECONSTRUCTION FROM A SINGLE VIEW	x	x	x	
91	Proceedings	3DArch	2005	SV3DVISION: 3D RECONSTRUCTION AND VISUALIZATION FROM A SINGLE VIEW	x	x	x	
92	Proceedings	3DArch	2005	THE ROMAN THEATRE OF CLVNIA: HYBRID STRATEGIES FOR APPLYING VIRTUAL REALITY ON LASER SCANNING 3D FILES	x	x	x	
93	Proceedings	3DArch	2007	INTEGRATED SURVEYING TECNIQUES IN CULTURAL HERITAGE DOCUMENTATION	x	x	x	
94	Proceedings	3DArch	2007	COMPARISON OF TECHNIQUES FOR TERRESTRIAL LASER SCANNING DATA GEOREFERENCING APPLIED TO 3-D MODELLING OF CULTURAL HERITAGE	x	x	x	
95	Proceedings	3DArch	2007	MODEL REFINEMENT BY INTEGRATED PROCESSING OF LASER SCANNING AND PHOTOGRAMMETRY	x	x	x	

#	Typ	Journal	Jahr		Daten-satz	Autoren-analyse	Inhalte	Qualit. Analyse
96	Proceedings	3DArch	2007	VISUALIZING AND ANALYZING LARGE AND DETAILED 3D DATASETS	x	x	x	
97	Proceedings	3DArch	2007	HISTORICAL DOCUMENTATION OF ROCK CHURCHES IN THE "SASSI" OF MATERA WITH TERRESTRIAL LASER DATA IN A 3D GIS	x	x	x	
98	Proceedings	3DArch	2007	STABILITY CONTROL OF AN HISTORICAL STRUCTURE WITH TLS SURVEY	x	x	x	
99	Proceedings	3DArch	2007	THE RECONSTRUCTION OF THE ARCHAEOLOGICAL LANDASCAPE THROUGH VIRTUAL REALITY APPLICATIONS: A DISCUSSION ABOUT METHODOLOGY	x	x	x	
100	Proceedings	3DArch	2007	PHOTOGRAMMETRY AND ARCHAEOLOGICAL KNOWLEDGE: TOWARD A 3DINFORMATION SYSTEM DEDICATED TO MEDIEVAL ARCHAEOLOGY: A CASESTUDY OF SHAWBAK CASTLE IN JORDAN	x	x	x	
101	Proceedings	3DArch	2007	3D MODELING OF COMPLEX ARCHITECTURE INTEGRATING DIFFERENT TECHNIQUES – A CRITICAL OVERVIEW	x	x	x	
102	Proceedings	3DArch	2007	AUTOMATIC MULTI-VIEW TEXTURE MAPPING OF 3D SURFACE PROJECTIONS	x	x	x	
103	Proceedings	3DArch	2007	ARCHAEOLOGICAL INVESTIGATION ON THE FOUNTAINS IN POMPEII AND CREATING VIRTUAL ENVIRONMENTS	x	x	x	
104	Proceedings	3DArch	2007	DOCUMENTATION AND VISUALIZATION OF ANCIENT BURIAL MOUNDS BY HELICOPTER LASER SURVEYING	x	x	x	
105	Proceedings	3DArch	2007	USE THE 3D LASER SCANNING FOR DOCUMENTATION THE RIGA CATHEDRAL IN LATVIA	x	x	x	
106	Proceedings	3DArch	2007	DIGITAL MODELING OF MONUMENT OF QUEEN KHENTKAWES	x	x	x	
107	Proceedings	3DArch	2007	RULE-BASED 3D MODELING FOR CHINESE TRADITIONAL ARCHITECTURE	x	x	x	
108	Proceedings	3DArch	2007	CLOSE-RANGE SCANNING OF THE CUVILLIES-THEATRE IN MUNICH	x	x	x	
109	Proceedings	3DArch	2007	ON THE WAY TO WATER-TIGHT MESH	x	x	x	
110	Proceedings	3DArch	2007	ANCIENT COINS & CERAMICS - 3D AND 2D DOCUMENTATION FOR PRESERVATIONAND RETRIEVAL OF LOST HERITAGE	x	x	x	
111	Proceedings	3DArch	2007	VIRTUAL RESEARCH ENVIRONMENT FOR THE MANAGEMENT AND THEVISUALIZATION OF COMPLEX ARCHAEOLOGICAL SITES	x	x	x	
112	Proceedings	3DArch	2007	THE "TRUTHLIKENESS" OF VIRTUAL REALITY RECONSTRUCTIONS OF ARCHITECTURAL HERITAGE: CONCEPTS AND METADATA	x	x	x	
113	Proceedings	3DArch	2007	THE APPLICATION OF CONTENT-BASED INDEXING AND RETRIEVAL OF DIGITAL PICTURES AND RANGE IMAGES TO THE 3D VIRTUAL RECONSTRUCTION OF COMPLEX SITES AND ARCHITECTURES	x	x	x	
114	Proceedings	3DArch	2007	3D SOLID REPRESENTATION AND VISUALIZATION FOR LARGE HETEROGENEOUS SITES WITH URBAN AND RURAL HERITAGE - A CASE STUDY	x	x		
115	Proceedings	3DArch	2007	3D LANDMARKS – GENERATION, CHARACTERISTICS AND APPLICATIONS	x	x	x	

#	Typ	Journal	Jahr		Daten-satz	Autoren-analyse	Inhalte	Qualit. Analyse
116	Proceedings	3DArch	2007	INTEGRATION OF NON-INVASIVE TECHNIQUES FOR DOCUMENTATION AND PRESERVATION OF COMPLEX ARCHITECTURES AND ARTWORKS	x	x	x	
117	Proceedings	3DArch	2007	IMAGE-BASED MODELLING OF ARCHITECTURAL SITES: THE IWITNESS APPROACH	x	x	x	
118	Proceedings	3DArch	2009	CALIBRATION AND REGISTRATION FRAMEWORK FOR 3D RECONSTRUCTION OFTHE KIRCHE SEEFELD	x	x	x	
119	Proceedings	3DArch	2009	DEFINITION OF A TRANSITION SURFACE WITH THE PURPOSE OF INTEGRATION BETWEEN A LASER SCANNER 3D MODEL AND A LOW RESOLUTION DTM	x	x	x	
120	Proceedings	3DArch	2009	ACQUISITION AND AUTOMATIC EXTRACTION OF FACADE ELEMENTS ON LARGE SITES FROM A LOW COST LASER MOBILE MAPPING SYSTEM	x	x		
121	Proceedings	3DArch	2009	AN INFORMATION SYSTEM FOR THE INTEGRATION, MANAGEMENT AND VISUALIZATION OF 3D REALITY BASED ARCHAEOLOGICAL MODELS FROM DIFFERENT OPERATORS	x	x	x	
122	Proceedings	3DArch	2009	PHOTOGRAMMETRIC RECONSTRUCTION OF THE MY SON “G1” TEMPLE IN VIETNAM	x	x	x	
123	Proceedings	3DArch	2009	AUTOMATIC ORIENTATION OF IMAGE SEQUENCES FOR 3D OBJECT RECONSTRUCTION: FIRST RESULTS OF A METHOD INTEGRATING PHOTOGRAMMETRIC AND COMPUTER VISION ALGORITHMS	x	x	x	
124	Proceedings	3DArch	2009	USE OF 3D MODELING FOR ARCHEOLOGICAL ARCHIVING IN A SENSIBLE AREA	x	x	x	
125	Proceedings	3DArch	2009	LOCALISATION AND AUGMENTED REALITY FOR MOBILE APPLICATIONS IN CULTURE HERITAGE	x	x	x	
126	Proceedings	3DArch	2009	MODELLING OF VIRTUAL COMPRESSED STRUCTURES THROUGH PHYSICALSIMULATION	x	x		
127	Proceedings	3DArch	2009	TOWARD AUTOMATIC RECONSTRUCTION OF INTERIORS FROM LASER DATA	x	x		
128	Proceedings	3DArch	2009	3D MODELING OF A ROMANESQUE CHURCH IN TUSCANY: ARCHAEOLOGICAL AIMS AND GEOMATICS TECHNIQUES	x	x	x	
129	Proceedings	3DArch	2009	LOW COST METHODOLOGY FOR 3D MODELING AND METRIC DESCRIPTION IN ARCHITECTURAL HERITAGE	x	x	x	
130	Proceedings	3DArch	2009	THE IMMERSIVE TIME-MACHINE: A VIRTUAL EXPLORATION OF THE HISTORY OF LIVORNO	x	x	x	
131	Proceedings	3DArch	2009	URBAN PROCEDURAL MODELING FOR REAL-TIME RENDERING	x	x	x	
132	Proceedings	3DArch	2009	SURVEY APPLICATIONS USING THE OPTECH ILRIS 3D LASER SCANNER AND PHOTOGRAMMETRY FOR A COMPLETE DETAILED 3D CAD RECONSTRUCTION OF OBJECTS	x	x	x	
133	Proceedings	3DArch	2009	AUTOMATIC MODELING OF LASER POINT CLOUDS BY STATISTICAL ANALYSIS OF SURFACE CURVATURE VALUES	x	x	x	

#	Typ	Journal	Jahr		Daten-satz	Autoren-analyse	Inhalte	Qualit. Analyse
134	Proceedings	3DArch	2009	THE VIRTUAL MUSEALIZATION OF ARCHAEOLOGICAL SITES: BETWEEN DOCUMENTATION AND COMMUNICATION	x	x	x	
135	Proceedings	3DArch	2009	INTERACTIVE MODELLING BY PROJECTION OF ORIENTED SPHERICAL PANORAMA – AD DEIR, PETRA, JORDAN	x	x	x	
136	Proceedings	3DArch	2009	VIRTUAL RECONSTRUCTION OF ROMAN MILITARY APULUM CAMP	x	x	x	
137	Proceedings	3DArch	2009	GOING TO SHAWBAK (JORDAN) AND GETTING THE DATA BACK: TOWARD A 3D GIS DEDICATED TO MEDIEVAL ARCHAEOLOGY	x	x	x	
138	Proceedings	3DArch	2009	DATA INTEGRATION FROM DIFFERENT SOURCES TO CREATE 3D VIRTUAL MODEL	x	x		
139	Proceedings	3DArch	2009	AUTOMATIC STRUCTURE RECOVERY AND VISUALIZATION	x	x	x	
140	Proceedings	3DArch	2009	A SYSTEMIC APPROACH FOR 3D RECOGNITION OF SIMPLE PRIMITIVES IN DISCRETE MODELS	x	x	x	
141	Proceedings	3DArch	2009	3D RECONSTRUCTION OF ARCHITECTURAL SCENES FROM UNCALIBRATEDVIDEO SEQUENCES	x	x		
142	Proceedings	3DArch	2009	3D MODEL FOR THE DOCUMENTATION OF CULTURAL HERITAGE: THE WOODEN DOMES OF ST. MARK'S BASILICA IN VENICE	x	x	x	
143	Proceedings	3DArch	2009	DOCUMENTATION OF THE ROMAN BRONZE HAND FOUND IN THE SITE OF "EL TOSSAL" IN LUCENTUM	x	x	x	
144	Proceedings	3DArch	2009	AN OPEN SOURCE APPLICATION FOR INTERACTIVE EXPLORATION OF CULTURAL HERITAGE 3D MODELS ON THE WEB.	x	x	x	
145	Proceedings	3DArch	2009	LASER SCANNING IN OSTIA A COMPARATIVE STUDY OF ACCURACY OF THE DRAWINGS IN 1950S AND FIELD SURVEY ON TALL STRUCTURES	x	x	x	
146	Proceedings	3DArch	2009	IMPROVED TEXTURES FOR 3D VIRTUAL RECONSTRUCTION AND VISUALIZATION BY A MODIFIED MULTISCALE TEXTURE SYNTHESIS APPROACH	x	x		
147	Proceedings	3DArch	2009	SAMATS – TEXTURE EXTRACTION EXPLAINED	x	x		
148	Proceedings	3DArch	2009	CITYFIT: HIGH-QUALITY URBAN RECONSTRUCTIONS BY FITTING SHAPEGRAMMARS TO IMAGES AND DERIVED TEXTURED POINT CLOUDS	x	x	x	
149	Proceedings	3DArch	2009	ADAPTIVE MESHING AND DETAIL-REDUCTION OF 3D-POINT CLOUDS FROM LASER SCANS	x	x	x	
150	Proceedings	3DArch	2009	LONG FOCAL LENGTH IMAGING FOR PHOTOGRAMMETRIC RECONSTRUCTION	x	x	x	
151	Proceedings	3DArch	2009	THE FUNERAL AREA IN "PONTE DELLA LAMA-CANOSA" (III-VI CENTURY). AN HYPOTHESIS OF 3D HISTORICAL-MONUMENTAL RECONSTRUCTION	x	x	x	
152	Proceedings	3DArch	2009	SEMANTIC APPROACH TO 3D HISTORICAL RECONSTRUCTION	x	x	x	
153	Proceedings	3DArch	2009	ADVANCED TECHNIQUES FOR THE STUDIES OF STONES AND PAINTINGS ON WALLS: STATE OF THE ART AND OPEN PROBLEMS	x	x	x	

#	Typ	Journal	Jahr		Daten-satz	Autoren-analyse	Inhalte	Qualit. Analyse
154	Proceedings	3DArch	2009	INTEGRATION OF PHOTOGRAMMETRIC AND 3D LASER SCANNING DATA AS A FLEXIBLE AND EFFECTIVE APPROACH FOR HERITAGE DOCUMENTATION	x	x	x	
155	Proceedings	3DArch	2009	MODULAR MODELING OF TEMPLE COLUMNS OF THE ANGKOR PERIOD	x	x	x	
156	Proceedings	3DArch	2009	EXPERIENCES ABOUT FUSIONING 3D DIGITALIZATION TECHNIQUES FOR CULTURAL HERITAGE DOCUMENTATION IN CÁCERES WALL (SPAIN)	x	x	x	
157	Proceedings	3DArch	2009	SPATIAL DATA INTEGRATION IN REAL-TIME COOPERATIVE SYSTEMS	x	x	x	
158	Proceedings	3DArch	2009	EMBODIED VIRTUAL COMMUNITIES: A NEW OPPORTUNITY FOR THE RESEARCH IN THE FIELD OF CULTURAL HERITAGE	x	x	x	
159	Proceedings	3DArch	2009	OLERDOLA'S CAVE, CATALONIA, PAST AND PRESENT: A VIRTUAL REALITY RECONSTRUCTION FROM TERRESTRIAL LASER SCANNER AND GIS DATA	x	x	x	
160	Proceedings	3DArch	2009	3D VIRTUAL RECONSTRUCTION AND VISUALIZATION OF COMPLEX ARCHITECTURES – THE "3D-ARCH" PROJECT	x	x	x	
161	Proceedings	3DArch	2009	INFORMATION AND KNOWLEDGE SYSTEMS FOR INTEGRATED MODELS IN CULTURAL HERITAGE	x	x	x	
162	Proceedings	3DArch	2009	3D REAL TIME VISUALIZATION FOR SUPPORT OF ARCHAEOLOGICAL ANALYSIS	x	x	x	
163	Proceedings	3DArch	2009	RC-HELI AND STRUCTURE & MOTION TECHNIQUES FOR THE 3-D RECONSTRUCTION OF A MILAN DOME SPIRE	x	x	x	
164	Proceedings	3DArch	2009	COMBINING GENETIC ALGORITHMS WITH IMPERFECT AND SUBDIVIDED FEATURES FOR THE AUTOMATIC REGISTRATION OF POINT CLOUDS	x	x	x	
165	Proceedings	3DArch	2009	STORAGE, MANIPULATION, AND VISUALIZATION OF LIDAR DATA	x	x	x	
166	Proceedings	3DArch	2009	A COLLABORATIVE VISUALIZATION ENVIRONMENT FOR NATURAL INTERACTION WITH ARCHITECTURAL CONTENT	x	x	x	
167	Proceedings	3DArch	2009	AUTOMATED 3D MODELING OF URBAN ENVIRONMENTS	x	x	x	
168	Proceedings	3DArch	2009	OPTIMAL METHODES FOR 3D MODELING OF DEVASTATED ARHITECTURAL OBJECTS	x	x	x	
169	Proceedings	3DArch	2009	3D MODELLING AND VISUALIZATION OF CULTURAL HERITAGE USING MOBILE PHONE CAMERAS	x	x	x	
170	Proceedings	3DArch	2009	KNOWLEDGE-BASED TOPOLOGICAL RECONSTRUCTION FOR BUILDING FAÇADE SURFACE PATCHES	x	x	x	
171	Proceedings	3DArch	2009	METHODOLOGIES CAPTURE THREE-DIMENSIONAL HIGH-DEFINITION OF SIXTEENTH WOODEN FRAMES. THE CASE OF WORKS BY CORREGGIO.	x	x	x	
172	Proceedings	3DArch	2009	3D MODELING OF THE ST.ANTHONY ABBOT CHURCH IN S.DANIELE DEL FRIULI (I): FROM LASER SCANNING AND PHOTOGRAMMETRY TO VRML/X3D MODEL	x	x	x	
173	Proceedings	3DArch	2009	LYNX SURVEY OF THE URBAN ENVIRONMENT AND HISTORICAL HERITAGE	x	x	x	

#	Typ	Journal	Jahr		Daten-satz	Autoren-analyse	Inhalte	Qualit. Analyse
174	Proceedings	CAA	2007	HYBRID 3D VISUALISATIONS OF ARCHAEOLOGICAL SITES: DYNAMIC 3D VISUALISATIONS OF HARRIS MATRIX DATA FOR RESCUE TOWN EXCAVATIONS, GDAŃSK / SZAFARNIA SITE, POLAND	x	x	x	
175	Proceedings	CAA	2007	3D GIS VOXEL-BASED MODEL BUILDING IN ARCHAEOLOGY	x	x	x	
176	Proceedings	CAA	2007	PUSHING THE ARCHAEOLOGICAL INTERPRETATION BY ANALYSING WORKFLOW PROTOCOLS: THE "VARIABLE TRANSPARENCY IMAGE STACKER" AND DATARCH© ARCHAEOLOGICAL DATA MANAGEMENT SYSTEM	x	x	x	
177	Proceedings	CAA	2007	SILCHESTER – A VIRTUAL RESEARCH ENVIRONMENT FOR ARCHAEOLOGY	x	x	x	
178	Proceedings	CAA	2007	RECOVERING THE URBAN NETWORK OF ANCIENT SIKYON THROUGH MULTI-COMPONENT GEOPHYSICAL APPROACHES	x	x	x	
179	Proceedings	CAA	2007	COMBINED GEOPHYSICAL SURVEY OF AN ANCIENT HITTITE DAM: NEW AND OLD HIGH-TECH	x	x	x	
180	Proceedings	CAA	2007	INTEGRATION OF MAGNETIC AND RESISTIVITY IMAGING SURVEYS FOR ARCHAEOLOGICAL PROSPECTION IN THE SOUTHERN PART OF MEROE CITY (CAPITAL OF KUSH, SUDAN)	x	x	x	
181	Proceedings	CAA	2007	ELECTRICAL RESISTIVITY TOMOGRAPHY METHODS FOR ARCHAEOLOGICAL PROSPECTION	x	x	x	
182	Proceedings	CAA	2007	OPTICAL 3D MEASUREMENT TECHNIQUES IN ARCHAEOLOGY: RECENT DEVELOPMENTS AND APPLICATIONS	x	x	x	
183	Proceedings	CAA	2007	EFFECTIVE HIGH RESOLUTION 3D GEOMETRIC RECONSTRUCTION OF HERITAGE AND ARCHAEOLOGICAL SITES FROM IMAGES	x	x	x	
184	Proceedings	CAA	2007	SHOWING THE INVISIBLE – DOCUMENTATION AND RESEARCH ON THE ROMAN DOMITILLA CATACOMB, BASED ON IMAGE LASER SCANNING AND 3D MODELLING	x	x	x	
185	Proceedings	CAA	2007	DOCUMENTATION AND INTERPRETATION OF THE PETROGLYPHS OF CHICHICTARA, PALPA (PERU), USING TERRESTRIAL LASER SCANNING AND IMAGE-BASED 3D MODELING	x	x	x	
186	Proceedings	CAA	2007	DOCUMENTATION OF MEDIEVAL CAVES IN SOUTHERN CRIMEA (UKRAINE) USING HYBRID DATA SOURCES	x	x	x	
187	Proceedings	CAA	2007	HIGH RESOLUTION DOCUMENTATION AND EVALUATION OF DECORATED WALL STONES WITH OPTICAL 3D MEASUREMENT TECHNIQUES TAKING THE MEGALITHIC GALLERY-GRAVE AT ZÜSCHEN / LOHNE, GERMANY AS AN EXAMPLE	x	x	x	
188	Proceedings	CAA	2007	LASER SCAN MEASUREMENT OF THE NICHE AND VIRTUAL 3D REPRESENTATION OF THE SMALL BUDDHA IN BAMIYAN	x	x	x	

#	Typ	Journal	Jahr		Daten-satz	Autoren-analyse	Inhalte	Qualit. Analyse
189	Proceedings	CAA	2007	LATE ROMAN VILLA AT FARAGOLA (FOGGIA, ITALY): LASER SCANNING FOR A GLOBAL DOCUMENTATION METHODOLOGY DURING FIELD RESEARCH	x	x	x	
190	Proceedings	CAA	2007	VISUALISING ARCHAIC TOMBS AND THEIR POSTDEPOSITIONAL HISTORIES: THE 3D MODELLING OF THE TOMBS FROM CISTERNA GRANDE, CRUSTUMERIUM (ROME, ITALY)	x	x	x	
191	Proceedings	CAA	2007	STRUCTURAL ANALYSIS: A TOOL FOR TESTING 3D COMPUTER RECONSTRUCTIONS OF THULE WHALEBONE HOUSES	x	x	x	
192	Proceedings	CAA	2007	3D VIRTUAL RECONSTRUCTIONS AT THE SERVICE OF COMPUTER ASSISTED ARCHAEOLOGICAL MEASUREMENTS	x	x	x	
193	Proceedings	CAA	2007	PUTTING THE "REALITY" IN VIRTUAL REALITY: NEW ADVANCES THROUGH GAME ENGINE TECHNOLOGY	x	x	x	
194	Proceedings	CAA	2007	3D FUSION DATA FOR THE PRESENTATION OF ARCHAEOLOGICAL LANDSCAPES: A SCOTTISH PERSPECTIVE	x	x	x	
195	Proceedings	CAA	2007	3D LITHIC ANALYSIS	x	x	x	
196	Proceedings	CAA	2007	DATA MANAGEMENT FOR MOULDED CERAMICS AND DIGITAL IMAGE COMPARISON: A CASE STUDY OF ROMAN TERRA COTTA FIGURINES	x	x	x	
197	Proceedings	CAA	2007	SPECTRAL AND GIS ANALYSIS FOR QUARRY LOCATION IN ANCIENT MESSENE, GREECE	x	x	x	
198	Proceedings	CAA	2007	SECANTO: A RETRIEVAL SYSTEM AND CLASSIFICATION TOOL FOR SIMPLE ARTEFACTS	x	x	x	
199	Proceedings	CAA	2007	OPTICAL RECOGNITION OF MODERN AND ROMAN COINS	x	x	x	
200	Proceedings	CAA	2007	THE NATIONAL DATABASE FOR SCOTLAND: EVOLUTION OF THE DIGITAL RESOURCE	x	x	x	
201	Proceedings	CAA	2007	FROM QUESTIONS TO ANSWERS: OUTCOMES FROM THE "BIG DATA" PROJECT	x	x	x	
202	Proceedings	CAA	2007	CHIMERA: A SERVICE ORIENTED COMPUTING APPROACH FOR ARCHAEOLOGICAL RESEARCH	x	x	x	
203	Proceedings	CAA	2007	SOCIAL FEATURES, SPATIAL FEATURES AND TEMPORAL FEATURES: AN URBAN ARCHAEOLOGICAL DATA MODEL	x	x	x	
204	Proceedings	CAA	2007	METHOD TO LINK DATA IN 3D ENVIRONMENT	x	x	x	
205	Proceedings	CAA	2007	CACTUS, A DOCUMENT MANAGEMENT SYSTEM TO SUPPORT THE ARCHAEOLOGICAL AND HISTORICAL RESEARCH OF SAN JUAN, A PLANTATION ON CURAÇAO	x	x	x	
206	Proceedings	CAA	2007	A 3D SOLUTION FOR A WEB-BASED BUILDING INFORMATION SYSTEM	x	x	x	
207	Proceedings	CAA	2007	A WEB-GIS APPROACH TO CULTURAL RESOURCES MANAGEMENT IN CRETE: THE DIGITAL ARCHAEOLOGICAL ATLAS OF CRETE	x	x	x	
208	Proceedings	CAA	2007	FROM POINTS TO AREAS: CONSTRUCTING TERRITORIES FROM ARCHAEOLOGICAL SITE PATTERNS USING AN ENHANCED XTENT MODEL	x	x	x	

#	Typ	Journal	Jahr		Daten-satz	Autoren-analyse	Inhalte	Qualit. Analyse
209	Proceedings	CAA	2007	SCALE DEPENDENT PATTERNS IN LARGE MUSEUM DATASETS	x	x	x	
210	Proceedings	CAA	2007	CONFIDENCE MAPS: A TOOL TO EVALUATE ARCHAEOLOGICAL DATA'S RELEVANCE IN SPATIAL ANALYSIS	x	x	x	
211	Proceedings	CAA	2007	USING GIS TO DECONSTRUCT IBERIAN IRON AGE LANDSCAPES: THE TERRITORY OF KELIN BETWEEN 6TH–5TH CENTURIES BC (LA PLANA D'UTIEL, VALÈNCIA)	x	x	x	
212	Proceedings	CAA	2007	THE ORGANIZATION OF TAMAN'S DEFENSE FROM THE MID 1ST CENTURY BC TO THE TURN OF THE 2ND CENTURY AD: A HISTORICAL SIMULATION BASED ON GIS TECHNOLOGIES	x	x	x	
213	Proceedings	CAA	2007	TERRITORIAL MODELLING AND ARCHAEOLOGICAL DATA: HOW COMPLETE MUST THE PICTURE BE?	x	x	x	
214	Proceedings	CAA	2007	MEASUREMENTS OF DIACHRONIC STABILITY OF AGRARIAN EXPLOITATION	x	x	x	
215	Proceedings	CAA	2007	ANALYSIS OF THE INTENSITY OF AGRARIAN EXPLOITATION BY SPATIAL ANALYSIS OF ANCIENT FIELD SYSTEMS PRESERVED BY FOREST COVER	x	x	x	
216	Proceedings	CAA	2007	LANDSCAPE ARCHAEOLOGY IN THE VENETIAN PLAIN (NORTHERN ITALY)	x	x	x	
217	Proceedings	CAA	2007	SOME NOTES REGARDING DISTRIBUTIONAL ANALYSIS OF SPATIAL DATA	x	x	x	
218	Proceedings	CAA	2007	EXPANDING SCALES IN GIS ANALYSIS	x	x	x	
219	Proceedings	CAA	2007	TESTING ARCHAEOLOGICAL PREDICTIVE MODELS: A ROUGH GUIDE	x	x	x	
220	Proceedings	CAA	2007	CONDITIONAL GIS SURFACES AND THEIR POTENTIAL FOR ARCHAEOLOGICAL PREDICTIVE MODELLING	x	x	x	
221	Proceedings	CAA	2007	GEOARCHAEOLOGICAL STUDIES IN CENTRAL CRETE BASED ON REMOTE SENSING AND GIS	x	x	x	
222	Proceedings	CAA	2007	APPLYING ECOLOGICAL NICHE FACTOR ANALYSIS FOR PREDICTIVE MODELLING IN THE KAULONIA FIELD SURVEY	x	x	x	
223	Proceedings	CAA	2007	ARCHAEOLOGICAL PREDICTIVE MODELS FOR THE ELBE VALLEY AROUND DRESDEN, SAXONY, GERMANY	x	x	x	
224	Proceedings	CAA	2007	PREDICTIVE MODELING OF CULTURAL RESOURCES IN THE THEBAN NECROPOLIS, LUXOR, EGYPT	x	x	x	
225	Proceedings	CAA	2007	PATH MODELLING AND SETTLEMENT PATTERN	x	x	x	
226	Proceedings	CAA	2007	SIMULATING COMMUNICATION ROUTES IN MEDITERRANEAN ALLUVIAL PLAINS	x	x	x	
227	Proceedings	CAA	2007	ROMAN OSTIA: SPACE SYNTAX AND THE DOMESTICATION OF SPACE	x	x	x	
228	Proceedings	CAA	2007	MODELING HUMAN CIRCULATION IN THE MINOAN PALACE AT MALIA	x	x	x	
229	Proceedings	CAA	2007	THE APPLICATION OF 3D RECONSTRUCTION TECHNIQUES IN THE ANALYSIS OF ANCIENT TARRACO'S URBAN TOPOGRAPHY	x	x	x	
230	Proceedings	CAA	2007	ANTHROPOMETRIC METHODS AND THE INTERDISCIPLINARY CONVERSATION BETWEEN ARCHAEOLOGY AND ECONOMICS	x	x	x	

#	Typ	Journal	Jahr		Daten-satz	Autoren-analyse	Inhalte	Qualit. Analyse
231	Proceedings	CAA	2007	WHERE DID THEY GO FISHING? A MULTI-SCALAR SPATIAL ANALYSIS OF JOMON FISHING ACTIVITIES IN THE TOKYO-YOKOHAMA DISTRICT, EAST JAPAN	x	x	x	
232	Proceedings	CAA	2007	FINDING ROMAN BRICKYARDS IN GERMANIA SUPERIOR BY MODEL-BASED CLUSTER ANALYSIS OF ARCHAEOMETRIC DATA	x	x	x	
233	Proceedings	CAA	2007	THE BEDOLINA MAP – AN EXPLORATORY NETWORK ANALYSIS	x	x	x	
234	Proceedings	CAA	2007	EARLY NEOLITHIC SOCIAL NETWORKS IN WESTERN GERMANY	x	x	x	
235	Proceedings	CAA	2007	TOWARDS AN ECONOMETRICALLY INFORMED ARCHAEOLOGY: THE COLOGNE TABLEAU (KÖTA)	x	x	x	
236	Proceedings	CAA	2007	APPROACHING LINEAR POTTERY ECONOMICS – DISTRIBUTION AND SUPPLY OF AMPHIBOLITE ADZES	x	x	x	
237	Proceedings	CAA	2007	DIFFERENT TYPES OF ECONOMIES WITHIN THE LBK SETTLEMENT ERKELENZ-KÜCKHOVEN	x	x	x	
238	Proceedings	CAA	2007	THE EVENT HORIZON IN LANDSCAPE DEVELOPMENT: WHEN ECONOMY MAKES THE LANDSCAPE CULTURAL	x	x	x	
239	Proceedings	CAA	2007	QUANTITATIVE APPROACH TO THE DIFFUSION OF OBSIDIAN IN THE ANCIENT NORTHERN NEAR EAST	x	x	x	
240	Proceedings	CAA	2007	CONSUMPTION AND CIRCULATION OF PREHISTORIC PRODUCTS IN EUROPE: CHARACTERIZATION OF SPATIAL EVOLUTIONS BY USING MAP ALGEBRA	x	x	x	
241	Proceedings	CAA	2007	THE REGULARITIES OF COIN ACCUMULATION AND COIN CIRCULATION BASED ON SETTLEMENT MATERIALS IN PANNONIA	x	x	x	
242	Proceedings	CAA	2007	RECONSTRUCTION OF HERON'S FORMULAS FOR CALCULATING THE VOLUME OF VESSELS	x	x	x	
243	Proceedings	CAA	2007	WHEN THE POINT BECOMES THE AREA: MULTIVARIATE AND SPATIAL ANALYSIS OF POLLEN DATA	x	x	x	
244	Proceedings	CAA	2007	GIS AS A TOOL FOR INVESTIGATION OF EARLY MEDIEVAL CLIMATIC CHANGES IN THE KISLOVODSK BASIN (SOUTHERN RUSSIA)	x	x	x	
245	Proceedings	CAA	2007	RECONSTRUCTING THE NEOLITHIC LANDSCAPE OF THESSALY THROUGH A GIS AND GEOLOGICAL APPROACH	x	x	x	
246	Proceedings	CAA	2007	PALYNOLOGICAL AND ARCHAEOLOGICAL DATA – A COMPARATIVE APPROACH	x	x	x	
247	Proceedings	CAA	2007	TOWARDS A TRUE AUTOMATIC ARCHAEOLOGY: INTEGRATING TECHNIQUE AND THEORY	x	x	x	
248	Proceedings	CAA	2007	MUSEO NARRANTE: THE FOCE SELE HERA SANCTUARY VIRTUAL MUSEUM	x	x	x	
249	Proceedings	CAA	2007	TO WHOM IT MAY CONCERN? THE USERS AND USES OF DIGITAL ARCHAEOLOGICAL INFORMATION	x	x	x	
250	Proceedings	CAA	2009	ARCHITECTURAL ANALYSIS AND 3D RECONSTRUCTION: A CASE STUDY OF LEOPOLI – CENCELLE IN ITALY	x	x	x	
251	Proceedings	CAA	2009	THE NETCONNECT-PROJECT – NEW ACCESS TO ANCIENT SITES	x	x	x	
252	Proceedings	CAA	2009	TRACING LEVELED EARTHWORKS AT PETERSBURG	x	x	x	

#	Typ	Journal	Jahr		Daten-satz	Autoren-analyse	Inhalte	Qualit. Analyse
253	Proceedings	CAA	2009	DEVELOPING AN INTUITIVE GIS INTERFACE FOR ARCHAEOLOGICAL DATA AT THE PYRGOS MUSEUM, GREECE	x	x	x	
254	Proceedings	CAA	2009	HIGH TECH ON A BUDGET: RECORDING MARITIME CULTURAL HERITAGE USING A TOTAL STATION, RHINOPHOTO, AND RHINOCEROS NURBS	x	x	x	
255	Proceedings	CAA	2009	AN INTERACTIVE SYSTEM FOR STORAGE, ANALYSIS, QUERY AND VISUALIZATION OF ARCHAEOLOGICAL POTTERY	x	x	x	
256	Proceedings	CAA	2009	A PROPOSAL OF CERAMIC TYPOLOGY BASED ON THE IMAGE COMPARISON OF THE PROFILE	x	x	x	
257	Proceedings	CAA	2009	A SCIENTIFIC APPROACH, INVOLVING THE USE OF COMPUTER GRAPHICS, TO RECONSTRUCT THE POTENTIAL ORIGINAL ARCHITECTURAL UNITY OF ARCHAEOLOGICAL REMAINS	x	x	x	
258	Proceedings	CAA	2009	MANAGING CHANGE: INTRODUCING INNOVATION INTO WELL ESTABLISHED SYSTEMS	x	x	x	
259	Proceedings	CAA	2009	TOWARDS A 3D VISUALIZATION INTERFACE FOR CULTURAL LANDSCAPES AND HERITAGE INFORMATION	x	x	x	
260	Proceedings	CAA	2009	MESOAMERICAN SCULPTURE: THREE-DIMENSIONAL DOCUMENTATION TO DISSEMINATION	x	x	x	
261	Proceedings	CAA	2009	AUTOMATIC POINT-CLOUD SURVEYS IN PREHISTORIC SITE DOCUMENTATION AND MODELLING	x	x	x	
262	Proceedings	CAA	2009	MODELS FOR COMPLEX SPATIO-TEMPORAL RELATIONSHIPS AND THEIR IMPLEMENTATION USING OPEN SOURCE COMPONENTS	x	x	x	
263	Proceedings	CAA	2009	INTEGRATING NEW TECHNOLOGIES INTO ESTABLISHED SYSTEMS: A CASE STUDY FROM ROMAN SILCHESTER	x	x	x	
264	Proceedings	CAA	2009	THE FRAGILE CRESCENT PROJECT (FCP): ANALYSIS OF SETTLEMENT LANDSCAPES USING SATELLITE IMAGERY	x	x	x	
265	Proceedings	CAA	2009	HOW TO CREATE A VIRTUAL MOUNTAIN WITH A MAP, COMPASS AND CAMERA	x	x	x	
266	Proceedings	CAA	2009	RESEARCH ON 3D REALITY-BASED MODELING AND 3D VIRTUAL WALKTHROUGH FOR CULTURAL ARCHAEOLOGICAL SITES. A CASE STUDY OF THE SMALL WILD GOOSE PAGODA IN THE TANG DYNASTY	x	x	x	
267	Proceedings	CAA	2009	NON-CONTACT FIDUCIAL BASED 3-DIMENSIONAL PATCH MERGING METHODOLOGY AND PERFORMANCE	x	x	x	
268	Proceedings	CAA	2009	IN SEARCH OF A FUTURE FOR THE PAST: USE OF DIGITAL TECHNOLOGY IN PRESERVING A TWENTIETH CENTURY LEGEND	x	x	x	
269	Proceedings	CAA	2009	MULTI-TEMPORAL LANDSCAPE HISTORY IN BURGUNDY: AN INNOVATIVE APPLICATION OF GENEALOGY SOFTWARE	x	x	x	
270	Proceedings	CAA	2009	SCIENTIFIC PUZZLE SOLVING: CURRENT TECHNIQUES AND APPLICATIONS	x	x	x	
271	Proceedings	CAA	2009	COMBINING 3D LASER-SCANNING AND CLOSE-RANGE PHOTOGRAMMETRY - AN APPROACH TO EXPLOIT THE STRENGTH OF BOTH METHODS	x	x	x	

#	Typ	Journal	Jahr		Daten-satz	Autoren-analyse	Inhalte	Qualit. Analyse
272	Proceedings	CAA	2009	RE-LOCATING MEANING IN HERITAGE ARCHIVES: A CALL FOR PARTICIPATORY HERITAGE DATABASES	x	x	x	
273	Proceedings	CAA	2009	HOW TO DESCRIBE AND SHOW DYNAMICS OF URBAN FABRIC: CARTOGRAPHY AND CHRONOMETRY?	x	x	x	
274	Proceedings	CAA	2009	EXPLORING ARCTIC CULTURES: CONSTRUCTING A VIRTUAL WORLD FOR THE GEODE, A 3D VIRTUAL REALITY THEATRE	x	x	x	
275	Proceedings	CAA	2009	TOWARDS A STRATEGY FOR EVALUATING HERITAGE VISUALIZATIONS	x	x	x	
276	Proceedings	CAA	2009	AN IMPROVED METHOD FOR EXTRACTION OF HISTORICAL CARTOGRAPHIC FEATURES INTO GIS: A FRENCH CASE STUDY	x	x	x	
277	Proceedings	CAA	2009	APPLICATION OF DATA-MINING TECHNOLOGIES TO PREDICT PALEOLITHIC SITE LOCATIONS IN THE ZAGROS MOUNTAINS OF IRAN	x	x	x	
278	Proceedings	CAA	2009	MULTIDISCIPLINARY INTEGRATIVE GEORELATIONAL DATABASE FOR SPATIO-TEMPORAL ANALYSIS OF EXPANSION DYNAMICS OF EARLY HUMANS	x	x	x	
279	Proceedings	CAA	2009	THE VERA INFORMATION ENVIRONMENT	x	x	x	
280	Proceedings	CAA	2009	CONTINUITY AND CHANGE: ON A COMPUTER-AIDED CLASSIFICATION OF LATE NEOLITHIC AND EARLY BRONZE AGE POTTERY FROM THE NETHERLANDS	x	x	x	
281	Proceedings	CAA	2009	EARTHTEXTSPACETIME: MAKING HISTORICAL SOURCES IN CITIES AVAILABLE THROUGH THE AGENCY OF GIS	x	x	x	
282	Proceedings	CAA	2009	REMOTE SENSING AND GIS APPLIED TO THE STUDY OF AN IBERIAN IRON AGE OPPIDUM'S HINTERLAND: LA CARÈNCIA PROJECT (VALENCIA, SPAIN)	x	x	x	
283	Proceedings	CAA	2009	REAL-TIME VISUALIZATION OF THE FORUM OF POMPEI	x	x	x	
284	Proceedings	CAA	2009	THE ALABAMA YARDSTICK: TESTING AND ASSESSING THREEDIMENSIONAL DATA CAPTURE TECHNIQUES AND BEST PRACTICES	x	x	x	
285	Proceedings	CAA	2009	ISREAL: ADVANCED COMPUTER GRAPHICS METHODS FOR ARCHEOLOGY	x	x	x	
286	Proceedings	CAA	2009	RELIVING THE PAST: 3D MODELS AND VIRTUAL REALITY AS SUPPORTING TOOLS FOR ARCHAEOLOGY AND THE RECONSTRUCTION OF CULTURAL HERITAGE: THE CASE STUDY OF THE ROMAN VILLA OF FREIRIA	x	x	x	
287	Proceedings	CAA	2009	A CONTRIBUTION TO THE STUDY OF THE DEFENCE OF THE CITY OF LISBON: THE PENINSULAR WARS	x	x	x	
288	Proceedings	CAA	2009	THE EFFECTS OF TIME CONSTRAINT ON 3D ACQUISITION AND DATA PROCESSING: THE CASE OF "VILLA DELLE VIGNACCE"	x	x	x	
289	Proceedings	CAA	2009	ARCHIVING ARCHAEOLOGICAL SPATIAL DATA: STANDARDS AND METADATA	x	x	x	
290	Proceedings	CAA	2009	CLOSE-RANGE 3D LASER SCANNING AND VIRTUAL MUSEUMS: BEYOND WONDER CHAMBERS AND CABINETS OF CURIOSITY?	x	x	x	

#	Typ	Journal	Jahr		Daten-satz	Autoren-analyse	Inhalte	Qualit. Analyse
291	Proceedings	CAA	2009	COGITATING PREHISTORIC ARCHAEOLOGICAL LANDSCAPE WITH PATTERN RECOGNITION	x	x	x	
292	Proceedings	CAA	2009	LIGHTING SYSTEMS IN THREE DIMENSIONAL NON-CONTACT DIGITIZING: A VIEW FROM THE VIRTUAL HAMPSON MUSEUM PROJECT	x	x	x	
293	Proceedings	CAA	2009	TIME AS A HIDDEN DIMENSION IN ARCHAEOLOGICAL INFORMATION SYSTEMS: SPATIAL ANALYSIS WITHIN AND WITHOUT THE GEOGRAPHIC FRAMEWORK	x	x	x	
294	Proceedings	CAA	2009	TRACKING MOBILITY IN THE SYRIAN DESERT. POTENTIAL OF SIMPLE FEATURES FOR MAPPING LANDSCAPES OF MOBILE PASTORALISTS	x	x	x	
295	Proceedings	CAA	2009	NATIONAL EXTENSIVE DATABASES IN NORWAY – PITFALLS IN A BRIGHT FUTURE	x	x	x	
296	Proceedings	CAA	2009	LEARNING, ACCESS, AND MOBILITY (LAMB) FOR CULTURAL HERITAGE EDUCATION	x	x	x	
297	Proceedings	CAA	2009	RECONSTRUCTION OF A NINETEENTH CENTURY PLASTER PIECE MOLD AND RECREATION OF A CASTING	x	x	x	
298	Proceedings	CAA	2009	SHADOWS OF CANAVERAL: THE APPLICATION OF VR TO A POST WORLD WAR II SUBJECT	x	x	x	
299	Proceedings	CAA	2009	GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS FOR SUBMERGED CULTURAL RESOURCE MANAGMENT	x	x	x	
300	Proceedings	CAA	2009	ARCHAEOLOGICAL PREDICTIVE MODELING IN EAST ANGLIA AND NORFOLK	x	x	x	
301	Book		1997	VIRTUAL ARCHAEOLOGY	x	x	x	
302	Proceedings	Conference on Authenticity, Intellectual Integrity and Sustainable Development of the Public Presentation of Archaeological and Historical Sites and Landscapes	2002	AUTHENTICATION AND VISUAL LANGUAGE	x	x	x	
303	Book		2008	REASONING IN 3D: A CRITICAL APPRAISAL OF THE ROLE OF 3D MODELLING ANDVIRTUAL RECONSTRUCTIONS IN ARCHAEOLOGY	x	x	x	
304	Journal Article	Computer Visualizations on the TV Screen 205	2008	THE REAL, THE VIRTUALLYREAL, AND THE HYPERREAL:THE ROLE OF VR IN ARCHAEOLOGY	x	x	x	
305	Proceedings	VAST	2008	BACK TO 2ND ADA VR ON-LINE EXPERIENCE WITH VIRTUAL ROME PROJECT	x	x	x	
306	Journal Article	Presence, Vol. 15, No. 3, June 2006, 262–277	2006	WEB-BASED HISTORICAL CITY WALKS: ADVANCES AND BOTTLENECKS	x	x	x	
307	Proceedings	VAST	2004	A CASE STUDY OF A VIRTUAL AUDIENCE IN A RECONSTRUCTION OF AN ANCIENT ROMAN ODEON IN APHRODISIAS	x	x	x	
308	Proceedings	VAST	2004	THE ANCIENT OLYMPIC GAMES: BEING PART OF THE EXPERIENCE	x	x	x	
309	Proceedings	VAST	2004	ADAPTIVE CROWD BEHAVIOUR TO AID REAL-TIME RENDERING OF A CULTURAL HERITAGE ENVIRONMENT	x	x	x	
310	Proceedings	VAST	2003	SCHOLARLY DOCUMENTATION THROUGH DIGITAL STORYTELLING: OPENING THE TOMB OF RAMSSES II	x	x	x	

#	Typ	Journal	Jahr		Daten-satz	Autoren-analyse	Inhalte	Qualit. Analyse
311	Proceedings	VAST	2003	GENUINE ARCHAEOLOGY AND REAL COMPUTER GRAPHICS	x	x	x	
312	Proceedings	VAST	2003	VCLAB S TOOLS FOR 3D RANGE DATA PROCESSING	x	x	x	
313	Proceedings	VAST	2003	COMPUTER AIDED ANALYSIS OF UNDERDRAWINGS IN INFRARED REFLECTOGRAMS	x	x	x	
314	Proceedings	VAST	2003	MANAGING THE REAL WITH THE VIRTUAL: A ROLE FOR DIGITAL MEDIA RECORDING IN ARCHAEOLOGICAL FIELDWORK	x	x	x	
315	Proceedings	VAST	2003	DIGITAL REUNIFICATION OF THE PARTHENON AND ITS SCULPTURES	x	x	x	
316	Proceedings	VAST	2003	PHOTOREALISM AND NON-PHOTOREALISM IN VIRTUAL HERITAGE REPRESENTATION	x	x	x	
317	Proceedings	VAST	2003	MODELLING THE WALLED CITY OF NICOSIA	x	x	x	
318	Proceedings	VAST	2003	ON THE INTERACTIVE 3D RECONSTRUCTION OF IBERIAN VESSELS	x	x	x	
319	Proceedings	VAST	2003	VIRTUAL VESSEL RECONSTRUCTION FROM A FRAGMENT S PROFILE	x	x	x	
320	Proceedings	VAST	2003	MULTI-PLATFORM SKELETAL VISUALISATION AND REPRODUCTION IN STEREOLITHOGRAPHY	x	x	x	
321	Proceedings	VAST	2003	ANIMATING THE DANCE ARCHIVES	x	x	x	
322	Proceedings	VAST	2003	INTERACTIVE VIRTUAL MUMMY DISSECTIONS IN A HISTORICAL ANATOMIC THEATRE	x	x	x	
323	Proceedings	VAST	2003	WEB-BASED VISUALIZATION OF VIRTUAL ARCHAEOLOGICAL SITES	x	x	x	
324	Proceedings	VAST	2003	PRESENTING AN ARCHAEOLOGICAL SITE IN THE VIRTUAL SHOWCASE	x	x	x	
325	Proceedings	VAST	2003	MONTICELLO THROUGH THE WINDOW	x	x	x	
326	Proceedings	VAST	2003	THE DISSEMINATION & PROMOTION OF CULTURAL HERITAGE SITES TO PEOPLE "ON THE MOVE" EMPLOYING DIGITAL TV.	x	x	x	
327	Proceedings	VAST	2003	PORTALS: AIDING NAVIGATION IN VIRTUAL MUSEUMS	x	x	x	
328	Proceedings	VAST	2003	DESIGN AND APPLICATION OF AN AUGMENTED REALITY SYSTEM FOR CONTINUOUS, CONTEXT-SENSITIVE GUIDED TOURS OF INDOOR AND OUTDOOR CULTURAL SITES AND MUSEUMS	x	x	x	
329	Proceedings	VAST	2003	PROVIDING MULTIMEDIA TOOLS FOR RECORDING, RECONSTRUCTION, VISUALISATION AND DATABASE STORAGE/ACCESS OF ARCHAEOLOGICAL EXCAVATIONS	x	x	x	
330	Proceedings	VAST	2003	ENHANCING VIRTUAL REALITY WALKTHROUGHS OF ARCHAEOLOGICAL SITES	x	x	x	
331	Proceedings	VAST	2003	NEW APPROACHES TO EFFICIENT RENDERING OF COMPLEX RECONSTRUCTED ENVIRONMENTS	x	x	x	
332	Proceedings	VAST	2003	HIGH FIDELITY LIGHTING OF KNOSSOS	x	x	x	
333	Proceedings	VAST	2003	VISUALISATION OF HIGHLY TEXTURED SURFACES	x	x	x	

#	Typ	Journal	Jahr		Daten-satz	Autoren-analyse	Inhalte	Qualit. Analyse
334	Proceedings	VAST	2004	INTERACTIVE CLOTH EDITING AND SIMULATION IN VIRTUAL REALITY APPLICATIONS FOR THEATER PROFESSIONALS	x	x	x	
335	Proceedings	VAST	2004	AN INTERACTIVE VISUALISATION INTERFACE FOR VIRTUAL MUSEUMS	x	x	x	
336	Proceedings	VAST	2005	RAPID SYNCHRONOUS ACQUISITION OF GEOMETRY AND APPEARANCE OF CULTURAL HERITAGE ARTEFACTS	x	x	x	
337	Proceedings	VAST	2005	PASSIVE RECONSTRUCTION OF HIGH QUALITY TEXTURED 3D MODELS OF WORKS OF ART	x	x	x	
338	Proceedings	VAST	2005	REFLECTION TRANSFORMATION IMAGING AND VIRTUAL REPRESENTATIONS OF COINS FROM THE HOSPICE OF THE GRAND ST. BERNARD	x	x	x	
339	Proceedings	VAST	2005	3D MODELING FOR NON-EXPERT USERS WITH THE CASTLE CONSTRUCTION KIT V0.5	x	x	x	
340	Proceedings	VAST	2005	3D FACE MODELING FROM ANCIENT KABUKI DRAWINGS	x	x	x	
341	Proceedings	VAST	2005	VIEWPOINT QUALITY AND SCENE UNDERSTANDING	x	x	x	
342	Proceedings	VAST	2005	RAPID VISUALIZATION OF LARGE POINT-BASED SURFACES	x	x	x	
343	Proceedings	VAST	2005	PARTICIPATING MEDIA FOR HIGH-FIDELITY CULTURAL HERITAGE	x	x	x	
344	Proceedings	VAST	2005	REAL-TIME SHADER RENDERING FOR CROWDS IN VIRTUAL HERITAGE	x	x	x	
345	Proceedings	VAST	2005	VISUALIZING TEMPORAL UNCERTAINTY IN 3D VIRTUAL RECONSTRUCTIONS	x	x	x	
346	Proceedings	VAST	2005	INVESTIGATING THE STRUCTURAL VALIDITY OF VIRTUAL RECONSTRUCTIONS OF PREHISTORIC MALTESE TEMPLES	x	x	x	
347	Proceedings	VAST	2005	EXPLORING DIGITIZED ARTWORKS BY POINTING POSTURE RECOGNITION	x	x	x	
348	Proceedings	VAST	2005	INTERFACE EVALUATION FOR CULTURAL HERITAGE APPLICATIONS: THE CASE OF FERRUM EXHIBITION	x	x	x	
349	Proceedings	VAST	2005	VISITORS' EVALUATIONS OF ICTS USED IN CULTURAL HERITAGE	x	x	x	
350	Proceedings	VAST	2005	A TEXTURE BASED APPROACH TO RECONSTRUCTION OF ARCHAEOLOGICAL FINDS	x	x	x	
351	Proceedings	VAST	2005	DIGITAL RESTORATION OF MEDIEVAL TAPESTRIES	x	x	x	
352	Proceedings	VAST	2004	A NOVEL APPROACH TO CONTEXT-SENSITIVE GUIDED E-TOURS IN CULTURAL SITES: LIGHT - AUGMENTED REALITY ON PDAS	x	x	x	
353	Proceedings	VAST	2006	HAPTIC NAVIGATION AND EXPLORATION OF HIGH QUALITY PRE-RENDERED ENVIRONMENTS	x	x	x	
354	Proceedings	VAST	2006	RESTORATION OF COLOR IN NOH MASKS BASED ON RETINEX ALGORITHM	x	x	x	
355	Proceedings	VAST	2006	REAL-TIME ANIMATION OF VARIOUS FLAME SHAPES	x	x	x	
356	Proceedings	VAST	2006	MULTI-RESOLUTION DIGITAL 3D IMAGING SYSTEM APPLIED TO THE RECORDING OF GROTTO SITES: THE CASE OF THE GROTTA DEI CERVI	x	x	x	

#	Typ	Journal	Jahr		Daten-satz	Autoren-analyse	Inhalte	Qualit. Analyse
357	Proceedings	VAST	2006	TERRESTRIAL LASER SCANNER AND HIGH-RESOLUTION CAMERA REGISTRATION THROUGH SINGLE IMAGE-BASED MODELING	x	x	x	
358	Proceedings	VAST	2006	CO-REGISTRATION OF PHOTOGRAMMETRIC AND LASER SCANNER DATA FOR GENERATION OF 3D VISUAL MODELS	x	x	x	
359	Proceedings	VAST	2006	TOWARDS A PHOTOGRAMMETRY AND VIRTUAL REALITY BASED HERITAGE INFORMATION SYSTEM: A CASE STUDY OF SHAWBAK CASTLE IN JORDAN	x	x	x	
360	Proceedings	VAST	2006	WWW-BASED BUILDING INFORMATION SYSTEM FOR "DOMUS SEVERIANA" PALACE AT PALATINE IN ROME BY OPEN SOURCE SOFTWARE	x	x	x	
361	Proceedings	VAST	2006	INTERACTIVE MOBILE ASSISTANTS FOR ADDED-VALUE CULTURAL CONTENTS	x	x	x	
362	Proceedings	VAST	2006	EDUCATIVE VISUALS - DIGITAL DELIVERY OF ARCHITECTURAL INFORMATION FOR (POTENTIAL) HERITAGE BUILDINGS	x	x	x	
363	Proceedings	VAST	2006	GEOGRAPHICAL PRESENTATION OF VIRTUAL MUSEUM EXHIBITIONS	x	x	x	
364	Proceedings	VAST	2006	ICT INVESTMENT CONSIDERATIONS AND THEIR INFLUENCE ON THE SOCIO-ECONOMIC IMPACT OF HERITAGE SITES	x	x	x	
365	Proceedings	VAST	2006	WATERMARKING AND DIGITAL RIGHTS MANAGEMENT - A PILOT DRM SYSTEM IMPLEMENTATION AND TECHNICAL GUIDELINES TO CULTURAL DIGITIZATION PROJECTS	x	x	x	
366	Proceedings	VAST	2006	DECONSTRUCTING THE VR - DATA TRANSPARENCY, QUANTIFIED UNCERTAINTY AND RELIABILITY OF 3D MODELS	x	x	x	
367	Proceedings	VAST	2006	A CONCEPT FOR THE SEPARATION OF FOREGROUND/ BACKGROUND IN ARABIC HISTORICAL MANUSCRIPTS USING HYBRID METHODS	x	x	x	
368	Proceedings	VAST	2006	PROCEDURAL 3D RECONSTRUCTION OF PUUC BUILDINGS IN XKIPCHÉ	x	x	x	
369	Proceedings	VAST	2006	MULTI-SPECTRAL LASER SCANNING FOR INSPECTION OF BUILDING SURFACES - STATE OF THE ART AND FUTURE CONCEPTS	x	x	x	
370	Proceedings	VAST	2006	DIGITAL TERRAIN MODELLING FOR ARCHAEOLOGICAL INTERPRETATION WITHIN FORESTED AREAS USING FULL-WAVEFORM LASERSCANNING	x	x	x	
371	Proceedings	VAST	2006	COMBINING LASER SCANNING AND PHOTOGRAMMETRY - A HYBRID APPROACH FOR HERITAGE DOCUMENTATION	x	x	x	
372	Proceedings	VAST	2006	AUTOMATIC REGISTRATION AND CALIBRATION FOR EFFICIENT SURFACE LIGHT FIELD ACQUISITION	x	x	x	
373	Proceedings	VAST	2006	HIGH QUALITY PTM ACQUISITION: REFLECTION TRANSFORMATION IMAGING FOR LARGE OBJECTS	x	x	x	
374	Proceedings	VAST	2006	CURRENT PRACTICE IN DIGITAL IMAGING IN UK ARCHAEOLOGY	x	x	x	
375	Proceedings	VAST	2006	NEW REFLECTION TRANSFORMATION IMAGING METHODS FOR ROCK ART AND MULTIPLE-VIEWPOINT DISPLAY	x	x	x	
376	Proceedings	VAST	2006	AN ONTOLOGY FOR 3D CULTURAL OBJECTS	x	x	x	

#	Typ	Journal	Jahr		Daten-satz	Autoren-analyse	Inhalte	Qualit. Analyse
377	Proceedings	VAST	2006	ONTOLOGICAL MODELLING FOR ARCHAEOLOGICAL DATA	x	x	x	
378	Proceedings	VAST	2006	EVALUATING THE SOCIAL CONTEXT OF ICT APPLICATIONS IN MUSEUM EXHIBITIONS	x	x	x	
379	Proceedings	VAST	2006	DESTROYING CULTURAL HERITAGE: TECHNICAL, EMOTIONAL AND EXHIBITION ASPECTS IN SIMULATING EARTHQUAKE EFFECTS ON A GOTHIC CATHEDRAL	x	x	x	
380	Proceedings	VAST	2006	REFLECTING ON THE CREATION OF AN AUTHENTIC AURAL EXPERIENCE IN THE DIGITAL SONGLINES GAME ENGINE: PART OF A CONTEXTUALISED CULTURAL HERITAGE KNOWLEDGE TOOLKIT	x	x	x	
381	Proceedings	VAST	2006	ON THE DIGITAL RECONSTRUCTION AND INTERACTIVE PRESENTATION OF HERITAGE SITES THROUGH TIME	x	x	x	
382	Proceedings	VAST	2006	THE BACKSTAGE OF BYBLOS' ROMAN THEATRE: NEW DIGITAL DEVICES USING INFORMATION AND COMMUNICATIONS TECHNOLOGY (ICT)	x	x	x	
383	Proceedings	VAST	2006	A PARAMETRIC EXPLORATION OF THE LIGHTING METHOD OF THE HAGIA SOPHIA DOME	x	x	x	
384	Proceedings	VAST	2004	THE POTENTIAL OF INTERNET-BASED TECHNIQUES FOR HERITAGE INTERPRETATION	x	x	x	
385	Proceedings	VAST	2004	DEVELOPING THE TOURISM ASPECTS OF A CULTURAL ROUTE	x	x	x	
386	Proceedings	VAST	2004	GENERATION OF HIGH-RESOLUTION MOSAIC FOR PHOTO-REALISTIC TEXTURE-MAPPING OF CULTURAL HERITAGE 3D MODELS	x	x	x	
387	Proceedings	VAST	2004	DIGITAL REPRESENTATION AND MULTIMODAL PRESENTATION OF ARCHEOLOGICAL GRAFFITI AT POMPEI	x	x	x	
388	Proceedings	VAST	2004	A POINT-BASED APPROACH FOR CAPTURE, DISPLAY AND ILLUSTRATION OF VERY COMPLEX ARCHEOLOGICAL ARTEFACTS	x	x	x	
389	Proceedings	VAST	2004	IMAGE-BASED REGISTRATION OF 3D-RANGE DATA USING FEATURE SURFACE ELEMENTS	x	x	x	
390	Proceedings	VAST	2004	THE SHOTTON RIVER AND MESOLITHIC DWELLINGS: RECREATING THE PAST FROM GEO-SEISMIC DATA SOURCES	x	x	x	
391	Proceedings	VAST	2004	ICLAY: DIGITIZING CUNEIFORM	x	x	x	
392	Proceedings	VAST	2004	DIGITAL RECONSTRUCTION OF THE ARRIGO VII FUNERARY COMPLEX	x	x	x	
393	Proceedings	VAST	2004	IDENTIFYING TECHNOLOGIES USED IN CULTURAL HERITAGE	x	x	x	
394	Proceedings	VAST	2004	AN ENVIRONMENT FOR THE ANALYSIS AND RECONSTRUCTION OF ARCHAEOLOGICAL OBJECTS	x	x	x	
395	Proceedings	VAST	2004	3D ORIENTATION OF ARCHAEOLOGICAL FRAGMENTS COMING FROM A GOTHIC SPIRE	x	x	x	
396	Proceedings	VAST	2004	3D FACE RECONSTRUCTION FROM SKULL AIMED TO ARCHAEOLOGICAL APPLICATIONS. THE SITE OF MURECINE: A CASE STUDY	x	x	x	
397	Proceedings	VAST	2004	GENERATIVE PARAMETRIC DESIGN OF GOTHIC WINDOW TRACERY	x	x	x	

#	Typ	Journal	Jahr		Daten-satz	Autoren-analyse	Inhalte	Qualit. Analyse
398	Proceedings	VAST	2004	AN AUTHORING TOOL FOR INTERACTIVE DIGITAL STORYTELLING	x	x	x	
399	Proceedings	VAST	2004	A CULTURAL HERITAGE REPOSITORY AS SOURCE FOR LEARNING MATERIALS	x	x	x	
400	Proceedings	VAST	2004	VIRTUAL SAN STORYTELLING FOR CHILDREN: CONTENT VS. EXPERIENCE	x	x	x	
401	Proceedings	VAST	2004	TELLING THE LOCAL STORY: AN INTERACTIVE CULTURAL PRESENTATION SYSTEM FOR COMMUNITY AND REGIONAL SETTINGS	x	x	x	
402	Proceedings	VAST	2004	AS TIME FLIES BY: MIXED IMAGE AND MODEL-BASED RENDERING OF AN HISTORICAL LANDSCAPE FROM HELICOPTER IMAGES	x	x	x	
403	Proceedings	VAST	2004	NEW PERSPECTIVES ON ANCIENT LANDSCAPES: A CASE STUDY OF THE FOULNESS VALLEY	x	x	x	
404	Proceedings	VAST	2004	SIMULATION OF ANCIENT TECHNOLOGYWORKS USING HAPTIC INTERACTION AND GESTURE RECOGNITION	x	x	x	
405	Journal Article	Science 8 January 2010: Vol. 327 no. 5962 pp. 140-141	2010	VIRTUAL ARCHAEOLOGISTS RECREATE PARTS OF ANCIENT WORLDS		x	x	
406	Journal Article	Archaeological Dialogues 7.1.2000	2000	VIRTUAL AVEBURY REVISITED		x	x	
407	Journal Article	Computer Graphics World 2001, p. 6	2001	THE PITFALLS OF VIRTUAL ARCHAEOLOGY		x	x	
408	Journal Article	Journal of Cultural Heritage 8 (2007) 396-411	2007	A WEB INFORMATION SYSTEM FOR THE MANAGEMENT ANDTHE DISSEMINATION OF CULTURAL HERITAGE DATA		x	x	
409	Journal Article	Journal of Archaeological Science 36 (2009) 100–109	2009	RECOVERING TRADITIONS IN THE DIGITAL ERA: THE USE OF BLIMPSFOR MODELLING THE ARCHAEOLOGICAL CULTURAL HERITAGE		x	x	
410	Journal Article	Program: electronic library and information systems, Vol 38, 1 2004, 15-28		DIGITAL CULTURAL HERITAGE PROJECTS IN EUROPE: AN OVERVIEW OF TRIS AND THE TAKE-UP TRIAL PROJECTS		x	x	
411	Proceedings	3DArch	2007	BUILDING 3D MAPSWITH SEMANTIC ELEMENTS INTEGRATING 2D LASER, STEREO VISION AND IMU ON A MOBILE ROBOT		x		
412	Proceedings	3DArch	2009	OUT-OF-CORE TOPOLOGICALLY CONSTRAINED SIMPLIFICATION FOR CITY MODELING FROM DIGITAL SURFACE MODELS		x		
413	Proceedings	3DArch	2009	CLOSE RANGE PHOTOGRAMMETRY FOR MEASUREMENT OF PAINTINGS SURFACE DEFORMATIONS		x		
414	Proceedings	3DArch	2009	LASER SCANNING IN POMPEIAN CITY WALL A COMPARATIVE STUDY OF ACCURACY OF THE DRAWINGS FROM 1930S TO 40S		x		
415	Proceedings	3DArch	2009	REGISTERING POINTCLOUDS OF POLYHEDRAL BUILDINGS TO 2D MAPS		x		
416	Proceedings	3DArch	2009	REAL-TIME VIDEO-BASED RECONSTRUCTION OF URBAN ENVIRONMENTS		x		
417	Proceedings	VAST	2006	MOSAIC RENDERING USING COLORED PAPER		x	x	
418	Proceedings	VAST	2004	THE MUSEUM OF PURE FORM: TOUCHING REAL STATUES IN AN IMMERSIVE VIRTUAL MUSEUM		x	x	
419	Journal Article	Survey Review, 42, 317, (July 2010) 300-315	2010	VIRTUAL ARCHAEOLOGICAL SITES MODELLING THROUGH LOW-COST METHODOLOGY		x	x	

#	Typ	Journal	Jahr		Daten-satz	Autoren-analyse	Inhalte	Qualit. Analyse
420	Proceedings	VAST	2010	USING ABSTRACTMODEL REPRESENTATIONS TO COMPLETE THREE DIMENSIONAL SCANS OF ARCHITECTURAL SPACE		x		
421	Proceedings	VAST	2010	VIRTUAL INSTITUTIONS FOR PRESERVING AND SIMULATING THE CULTURE OF MOUNT BEGO'S ANCIENT PEOPLE		x		
422	Proceedings	VAST	2010	A VIRTUAL TOUR OF THEWALLS OF NICOSIA: AN ASSESSMENT OF CHILDREN'S EXPERIENCE AND LEARNING PERFORMANCE		x		
423	Proceedings	VAST	2010	VIRTUAL REPLICATION OF THE IDALION TABLET		x		
424	Proceedings	VAST	2010	LE CORBUSIER IN BOGOTA 1947-1951: DESIGNING A VR EXPERIENCE		x		
425	Proceedings	VAST	2010	GRAPH-BASED 3D VISUALIZATION OF COLOR CONTENT IN PAINTINGS		x		
426	Proceedings	VAST	2010	3D PIPELINE FROM DATA ACQUISITION TO DATA VISUALIZATION OF THE HELLENISTIC - ROMAN THEATRE OF PAPHOS		x		
427	Proceedings	VAST	2010	VIRTUAL REALITY FOR THE EXPLOITATION OF HOUSES AND HISTORICAL GARDENS. THE EXAMPLE OF VILLA ARCONATI.		x		
428	Proceedings	VAST	2010	3D RECONSTRUCTION OF ARCHAEOLOGICAL SITES USING PHOTOGRAMMETRY		x		
429	Proceedings	VAST	2010	EXPLORING CONTEMPORARY PAINTING THROUGH SPATIAL ANNOTATIONS USING RFID TAGS		x		
430	Proceedings	VAST	2010	SNAPSHOT AUGMENTED REALITY - AUGMENTED PHOTOGRAPHY		x		
431	Proceedings	VAST	2010	EXTENDING PHYSICAL COLLECTIONS INTO THE VIRTUAL SPACE OF A DIGITAL DOME		x		
432	Proceedings	VAST	2010	3D-DIGITIZATION OF THE "WILD GOAT" VASES		x		
433	Proceedings	VAST	2010	DENSE POINT CLOUD ACQUISITION VIA STEREO MATCHING APPLIED TO: THE KILWA ARCHAEOLOGICAL SITE AND THE GALLO-ROMAN THEATRE OF MANDEURE		x		
434	Proceedings	VAST	2010	VISMAN-DHER: A VIRTUAL ARCHAEOLOGY APPLICATION FOR VISUALIZATION AND MANAGEMENT OF ARCHAEOLOGICAL DATA RELATED TO ANCIENT HERCULANEUM (NA), ITALY		x		
435	Proceedings	VAST	2010	AUTOMATION IN MULTI-IMAGE SPHERICAL PHOTOGRAMMETRY FOR 3D ARCHITECTURAL RECONSTRUCTIONS		x		
436	Proceedings	VAST	2010	ARCHITECTURAL 3D MODELING FOR A 3D GIS WEB-BASED SYSTEM		x		
437	Proceedings	VAST	2010	SURVEYING HYPOGEOUS STRUCTURES: THE CASE STUDY OF SANTA MARIA IN STELLE IN VALPANTENA		x		
438	Proceedings	VAST	2010	PLUG, UNIVERSITÉ PARIS NUIT: A DESIGN REITERATION OF A MOBILE MUSEUM EDUTAINMENT APPLICATION		x		
439	Proceedings	VAST	2010	ICT IN JAPANESE MUSEUMS: A STRATEGIC AND CONTEXTUAL SURVEY		x		
440	Proceedings	VAST	2010	FIVE YEARS AFTER: THE LONDON CHARTER REVISITED		x		
441	Proceedings	VAST	2010	DC-NET: THE ESTABLISHMENT OF THE DIGITAL CULTURAL HERITAGE NETWORK		x		

#	Typ	Journal	Jahr		Daten-satz	Autoren-analyse	Inhalte	Qualit. Analyse
442	Proceedings	VAST	2010	PRINCIPLES AND PRACTICES OF ROBUST, PHOTOGRAPHY-BASED DIGITAL IMAGING TECHNIQUES FOR MUSEUMS		x		
443	Proceedings	VAST	2005	DETAIL-PRESERVING SURFACE INPAINTING	x			
444	Proceedings	VAST	2007	3D-POWERPOINT - TOWARDS A DESIGN TOOL FOR DIGITAL EXHIBITIONS OF CULTURAL ARTIFACTS	x			
445	Proceedings	VAST	2007	DESIGNING BEHAVIOUR-RICH INTERACTIVE VIRTUAL MUSEUM EXHIBITIONS	x			
446	Proceedings	VAST	2007	POPULATING ANCIENT POMPEII WITH CROWDS OF VIRTUAL ROMANS	x			
447	Proceedings	VAST	2007	USING 3D SCANNING TO ANALYZE A PROPOSAL FOR THE ATTRIBUTION OF A BRONZE HORSE TO LEONARDO DA VINCI	x			
448	Proceedings	VAST	2007	GPU SPECTRAL VIEWER: ANALYSING PAINTINGS FROM A COLORIMETRIC PERSPECTIVE	x			
449	Proceedings	VAST	2007	REGISTRATION OF MULTI-SPECTRAL MANUSCRIPT IMAGES	x			
450	Proceedings	VAST	2007	ARCHEOTUI - A TANGIBLE USER INTERFACE FOR THE VIRTUAL REASSEMBLY OF FRACTURED ARCHEOLOGICAL OBJECTS	x			
451	Proceedings	VAST	2007	SHAPE CAPTURE ASSISTED BY TRADITIONAL TOOLS	x			
452	Proceedings	VAST	2007	INTERACTIVE AUGMENTED EXPERIENCES FOR CULTURAL HISTORICAL EVENTS	x			
453	Proceedings	Imaging ancient Rome: documentation, visualization, imagination	2006	IN THE EYES OF THE BEHOLDER: VIRTUAL REALITY RE-CREATIONS AND ACADEMIA	x	x		x
454	Proceedings	Imaging ancient Rome: documentation, visualization, imagination	2006	A NEW DIGITAL MODEL OF THE ROMAN FORUM	x	x		x
455	Proceedings	Imaging ancient Rome: documentation, visualization, imagination	2006	IMAGING ANCIENT ROME	x	x		x
456	Proceedings	Imaging ancient Rome: documentation, visualization, imagination	2006	DIGITIZING ROMAN IMPERIAL ARCHITECTURE IN THE EARLY 21ST CENTURY: PURPOSES, DATA, FAILURES, AND PROSPECTS	x	x		x
457	Proceedings	Imaging ancient Rome: documentation, visualization, imagination	2006	INVESTIGATING BUILDINGS THREE-DIMENSIONALLY: THE 'DOMUS SEVERIANA' ON THE PALATINE	x	x		x
458	Journal Article	Didaskalia Volume 6 Issue 2 (Summer 2005)	2005	THE GREAT THEATRE AT POMPEII AND A POMPEIAN FRESCO	x	x		x
459	Journal Article	Buried History 2005 - Volume 41 51-64	2005	RECONSTRUCTING ANCIENT KELLIS	x	x		x
460	Book Chapter	Synagogues in Germany-A Virtual Reconstruction	2004	SYNAGOGUES IN GERMANY-A VIRTUAL RECONSTRUCTION	x	x		
461	Journal Article	Digital Hindcasting - Critical Analysis through Virtual Reconstruction. Architectural Information Management. Helsinki University of Technology, Helsinki, Finland pp 529-533	2001	DIGITAL HINDCASTINGCRITICAL ANALYSIS THROUGH VIRTUAL RECONSTRUCTION	x	x		x
462	Journal Article	Journal of Cultural Heritage 10 (2009) 296–312	2009	METADATA-BASED HERITAGE SITES MODELING WITH E-LEARNING FUNCTIONALITY	x	x		x
463	Book Chapter	Synagogues in Germany-A Virtual Reconstruction	2004	VISUALIZING WHAT HAS BEEN DESTROYED	x	x		x

#	Typ	Journal	Jahr		Daten-satz	Autoren-analyse	Inhalte	Qualit. Analyse
464	Script	Workshop: 3D-Rekonstruktionen 2010	2010	DIGITALE 3D-VISUALISIERUNGEN IM KUNSTHISTORISCHEN EINSATZ	x			x
465	Script	Workshop: 3D-Rekonstruktionen 2010	2010	BEGRÜSSUNG UND EINFÜHRUNG	x			x
466	Script	Workshop: 3D-Rekonstruktionen 2010	2010	VOM BEFUND ZUR REKONSTRUKTION – UND ZURÜCK.ZUR DISKURSIVEN KONKRETISIERUNG ARCHÄOLOGISCHEN WISSENS IN VIRTUELLEN MODELLEN: DAS BEISPIEL ‚COLONIA3D'	x			x
467	Script	Workshop: 3D-Rekonstruktionen 2010	2010	3D-TECHNOLOGIEN IN DER PRAXIS DER ALTERTUMSWISSENSCHAFTEN. DENK- UND ANWENDUNGSMUSTER	x			x
468	Script	Workshop: 3D-Rekonstruktionen 2010	2010	ZWANZIG JAHRE 3D-COMPUTER-REKONSTRUKTIONEN - VERSUCH EINER POSITIONSBESTIMMUNG	x			x
469	Script	Workshop: 3D-Rekonstruktionen 2010	2010	3D-MODELLE ALS VISUALISIERUNG UNSCHARFEN ARCHÄOLOGISCHEN WISSENS. METHODEN ZUR VERANSCHAULICHUNG ANHAND DES BURGBERGS VON PERGAMON	x			x
470	Script	Workshop: 3D-Rekonstruktionen 2010	2010	DIE ZISTERZIENSERKIRCHE ALTENBERG IN 3D. VOM GENERIEREN EINES KOMPLEXEN GEBÄUDEMODELLS IM ALLEINGANG	x			x
471	Report	Todt-3D-Festung-Dillenburg-2009	2009	VIRTUELLE REKONSTRUKTION UND INTERAKTIVE EXPLORATION DER SCHLOSSANLAGE DILLENBURG	x			x
472	Book Chapter	Kunst Chronik Heft 9/10	2010	STADTFORSCHUNG UND GEOINFORMATIK. BEISPIELE ROM UND REGENSBURG	x			x
473	Book	10-10-10-Hoppe-Der Altenberger Dom im Computer	1999	DER ALTENBERGER DOM IM COMPUTER. EIN ERFAHRUNGSBERICHT ZUR PRODUKTION EINER MULTIMEDIALEN HYPERTEXT-CD-ROM	x			x
474	Dissertation	10-09-23-Horst-Zur mittelalterlichen Sakraltopographie	2009	ZUR MITTELALTERLICHEN SAKRALTOPOGRAPHIE VON SANTIAGO DE COMPOSTELA	x			x
475	Proceedings	Masuch-mediaval_architecture-EG_99	1999	VIRTUAL RECONSTRUCTION OF MEDIEVAL ARCHITECTURE	x			x
476	Proceedings	3DArch	2009	A METHOD FOR THE 3D MODELLING OF HISTORIC MONUMENTS: THE CASE OF A GOTHIC ABBEY	x	x	x	x
477	Proceedings	3DArch	2007	ROME REBORN – VIRTUALIZING THE ANCIENT IMPERIAL ROME	x	x		x
478	Proceedings	3DArch	2009	SPACE THROUGHOUT TIME, APPLICATION OF 3D VIRTUAL RECONSTRUCTION AND LIGHT PROJECTION TECHNIQUES IN THE ANALYSIS AND RECONSTRUCTION OF CULTURAL HERITAGE	x	x	x	x