



Zentralbibliothek

***Langzeitaufbewahrung digitaler Unterlagen
aus Archiven und Bibliotheken***

Aktuelle Probleme und Lösungsvorschläge

Ulrike Burkard

Herausgeber und Vertrieb: Forschungszentrum Jülich GmbH
Zentralbibliothek, Verlag
D-52425 Jülich
Telefon (02461) 615368 - Telefax (02461) 61-6103
e-mail: zb-publikation@fz-juelich.de
Internet: <http://www.fz-juelich.de/zb/verlag/>

Redaktion: Zentralbibliothek

Copyright: Forschungszentrum Jülich 2007

Vollständig veröffentlicht im Internet

Persistent Identifier: [urn:nbn:de:0001-00392](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0001-00392)

Resolving URL: <http://nbn-resolving.de/urn/resolver.pl?urn=urn:nbn:de:0001-00392>

Alle Rechte vorbehalten. Kein Teil des Werks darf in irgendeiner Form ohne schriftliche Genehmigung des Verlags reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Inhaltsverzeichnis

1	EINLEITUNG.....	1
2	DIGITALE UNTERLAGEN IN BIBLIOTHEKEN UND ARCHIVEN	2
3	PROBLEME DER LANGZEITAUFBEWAHRUNG	4
3.1	Problem der Erhaltung des Trägermediums	4
3.2	Problem der Erhaltung des Zugangs zum digitalen Dokument	5
3.3	Archivalische Fragestellungen	6
3.4	Juristische Fragestellungen	7
3.5	Persistenz bei Online-Publikationen	8
4	LÖSUNGSANSÄTZE ZUR LANGZEITAUFBEWAHRUNG	9
4.1	Datenspeicherung.....	9
4.2	Abspielumgebung.....	11
4.3	Weitere Ansätze	14
5	KOMPETENZNETZWERK LANGZEITARCHIVIERUNG: DAS NESTOR-PROJEKT	15
6	ZUSAMMENFASSUNG	15

The issue is really when, not if, over the course of several millennia, most what we produce as a society will return to the primordial elements from which they were formed. (..) However, of more practical concern is the survival of data in the immediate future. Providing a record for some researcher in the year 3020 is of secondary importance.

Bryan Bergeron¹

1 Einleitung

Seit Mitte des 20. Jahrhunderts hat die elektronische Datenverarbeitung zunehmend an Bedeutung gewonnen. Viele der heute erzeugten Dokumente und Publikationen liegen in digitaler Form vor, ein Teil dieser Dokumente ist sogar ausschließlich digital verfügbar. Mit der wachsenden Bedeutung der elektronischen Datenverarbeitung wird somit auch der Aspekt der langfristigen Aufbewahrung dieser digitalen Informationen immer wichtiger, um so zu verhindern, dass wichtige Informationen im Laufe der Zeit wegen Problemen bei der Speicherung oder aufgrund fehlender Zugangsmöglichkeiten verloren gehen.

Wie wichtig die langfristige Aufbewahrung digitaler Informationen und die Erhaltung des Zugangs zu ihnen ist, zeigen Beispiele aus den USA: So sollen die Daten, die die Sonde Pioneer 1979 vom Planeten Saturn aufgenommen hat, aufgrund fehlender Lesegeräte schon 1994 nicht mehr verfügbar gewesen sein, obgleich sie auf vier unterschiedlichen Datenträgern redundant gespeichert waren.² Die Daten der US-Volkszählung von 1960 konnten in den siebziger Jahren nur mit großem technischen Aufwand auf standardisierte Speichermedien übertragen werden, wobei sogar ein kleiner Anteil der Daten nicht wiederhergestellt werden konnte.³

Solche Datenverluste sind jedoch nicht primär auf technische Unzulänglichkeiten der Archivierungssysteme zurückzuführen, sondern auch auf organisatorische Defizite, die sich durch langfristige Planung der Archivierungsprozesse grundsätzlich vermeiden ließen.⁴

Neben der eigentlichen Datenspeicherung ist insbesondere auch die Interpretation der digitalen Informationen, also die Umwandlung der binären Information in eine für uns lesbare Darstellung ein zentraler Aspekt der Langzeitarchivierung. Zum Lesen digitaler Informationen benötigen wir die Unterstützung durch jeweils passende Hard- und Software. Diese ist jedoch einem stetigen Wandel

unterworfen und steht möglicherweise schon nach wenigen Jahren nicht mehr zur Verfügung.

Es ist heute die Aufgabe von Einrichtungen wie Archiven und Bibliotheken durch die Entwicklung von Konzepten eine langfristige Aufbewahrung digitaler Unterlagen so wie den Zugang zu diesen Unterlagen zu gewährleisten.

In dieser Arbeit werde ich zunächst im folgenden Abschnitt auf die Arten digitaler Unterlagen eingehen, die in Bibliotheken und Archiven gesammelt werden. Anschließend werde ich im dritten Abschnitt Probleme der Langzeitaufbewahrung erläutern, um dann im vierten Abschnitt einige Lösungsansätze vorzustellen. Im fünften Abschnitt werde ich mit nestor⁵ ein Projekt vorstellen, das zum Ziel hat, ein Kompetenznetzwerk zur Langzeitarchivierung und Langzeitverfügbarkeit digitaler Quellen für Deutschland aufzubauen. In Abschnitt 6 fasse ich meine Ausführungen zusammen.

2 Digitale Unterlagen in Bibliotheken und Archiven

Digitale Unterlagen erlangen immer größere Bedeutung in Archiven und Bibliotheken: Durch die zunehmende Anwendung von Dokumentenmanagementsystemen werden Archive zukünftig in verstärktem Maße mit digitalen Unterlagen konfrontiert werden, für die kein analoges Äquivalent zur Verfügung steht. In Bibliotheken haben elektronische Publikationen insbesondere im wissenschaftlichen Bereich, aber auch darüber hinaus, schon heute einen großen Anteil an den Medien.

Archive

Das digitale Archivgut umfasst neben den unten beschriebenen digitalen Akten auch Datenbanken mit statistischen Daten oder naturwissenschaftlichen Messdaten, Geoinformationssysteme oder elektronische Grundbücher. Insbesondere gehören auch Bilder, Multimedia-Dokumente und E-Mails zum digitalen Sammelgut der Archive.

In Entsprechung zum papiergebundenen, also „analogen“ Schriftgut, lassen sich auch digitale Verwaltungsunterlagen in drei Ebenen, also Akt, Vorgang und Dokument gliedern: Ein digitaler Akt ist ein „Container“, der Metadaten enthält,

die auf die zugehörigen digitalen Vorgänge verweisen. Diese umfassen wiederum Metadaten, die auf die enthaltenen digitalen Dokumente verweisen. Diese digitalen Dokumente bestehen aus den Primärinformationen und wiederum aus Metadaten.⁶ Im Rahmen des DOMEA®⁷-Projekts⁸ wurde dieses dreistufige Organisationskonzept für elektronische Akten prototypisch umgesetzt und evaluiert.

Digitale Akten enthalten drei Typen von Informationen⁹:

- Primärinformationen (eigentliches Dokument): Diese Informationen liegen beispielsweise bei einem Eingang als gescannte Bilddateien und bei einem Auslauf oder Konzept als Textdateien vor.
- Metadaten: Die Metadaten geben zusätzliche Informationen zu Akten, Vorgängen und Dokumenten. So beschreiben sie beispielweise die Zugehörigkeit von Dokumenten zu Vorgängen und von Vorgängen zu Akten. Darüber hinaus können Metadaten auch detailliertere Informationen zu den Akten¹⁰, Vorgängen¹¹ und Dokumenten¹² geben. Eine ausführliche Beschreibung von Metadaten digitaler Akten findet sich in den Ausführungen der Arbeitsgruppe *Archivierung digitaler Unterlagen der Verwaltung*.¹³ Die Ablage der Metadaten geschieht mit Hilfe von Auszeichnungssprachen¹⁴ wie SGML oder XML in Textdateien.
- Protokollinformationen: Sie beschreiben den Geschäftsgang und geben somit Informationen darüber, welche Verwaltungsabteilungen das Dokument durchlaufen hat und wer dort an dem Dokument gearbeitet hat.

Bibliotheken

Der Anteil der elektronischen Publikationen am bibliothekarischen Sammelgut ist in den letzten Jahren stark angestiegen. Die digitalen Medien werden zum einen auf Datenträgern wie CD-ROMs oder DVDs angeboten, dies sind meistens (Fakten)datenbanken, Nachschlagewerke, Ratgeber oder Lernsoftware. Zum anderen werden digitalen Publikationen online, d.h. über das Internet bereitgestellt,¹⁵ was beispielsweise Datenbanken oder auch elektronische Zeitschriften, Hochschulschriften und eBooks betrifft. Diese Medien stehen häufig ausschließlich in digitaler Form zur Verfügung, was die Notwendigkeit für Lösungen zur digitalen Langzeitaufbewahrung auch in Bibliotheken unterstreicht.

Mit Hilfe von Metadaten werden die elektronischen Publikationen der Bibliotheken beschrieben. Dabei werden nicht nur die bibliographischen Angaben vermerkt, sondern auch technische Informationen, wie Dateiformat oder Systemvoraussetzungen angegeben.

3 Probleme der Langzeitaufbewahrung

Die spezifischen Eigenschaften digitaler Unterlagen machen ihre Langzeitarchivierung zu einer vielschichtigen Aufgabe. Die Erhaltung der eigentlichen Datei garantiert noch nicht, dass die Informationen auf Dauer gelesen und interpretiert werden können. Da die Inhalte digitaler Dokumente nicht direkt durch die menschlichen Sinnesorgane aufgenommen werden können, sondern nur mit Hilfe von Computern indirekt lesbar sind, kommen zur Erhaltung der eigentlichen Information, d.h. der Datei, auch noch die Notwendigkeit der Erhaltung eines Trägermediums und die Bereitstellung der Wiedergabeumgebung, die zur Ansicht des Dokuments nötig ist.

Neben diesen eher technischen Problemen sind auch weitere Fragen, insbesondere rechtlicher Natur zu klären.

3.1 Problem der Erhaltung des Trägermediums

Die gängigen Trägermedien für digitale Publikationen sind CD-ROMs und DVDs, vereinzelt auch noch Disketten. Ältere Medien finden sich teilweise auch noch auf Magnetbändern. Medien, die über das Internet bereitgestellt werden, liegen auf den Festplatten der jeweiligen Server.

Alle diese Medien können ihre Informationen während längerer Lagerung verlieren: Hohe Temperaturen und starke und schnelle Temperaturschwankungen, im schlimmsten Fall mechanische Einwirkungen, schädigen alle digitalen Medien. Bei CD-Rs, DVD±Rs und DVD-RAMs¹⁶ also gebrannten CD-ROMs bzw. DVDs, ist die Trägerschicht für die Information eine Farbschicht. Durch starke oder häufige Lichteinwirkung kann die Farbschicht ausgebleicht werden und die Informationen verloren gehen. Auch hohe Luftfeuchtigkeit beeinträchtigt die Haltbarkeit von Medien¹⁷. Magnetbänder können ihre Information auch durch den schleichenden Rückgang der Magnetisierung im Laufe der Zeit, durch

magnetische Felder oder durch Zersetzung des Trägermaterials verlieren. Die Lebensdauer von Festplatten hängt wesentlich von ihrer Umgebung, wie beispielsweise der Kühleinrichtung, und ihrer richtigen Konfiguration, wie der automatischen Abschaltung der Festplatte nach längeren Zugriffspausen, ab. Tabelle 1 gibt einen Überblick über die Lebensdauer von gängigen Medientypen. Die großen Schwankungen in den Zeitangaben der Lebensdauer haben ihre Ursache darin, dass zum einen die bei der Fertigung der Medien verwendeten Materialien variieren können, zum anderen auch, wie oben beschrieben, die Lagerungsbedingungen starken Einfluss auf die Haltbarkeit der Medien haben.

Medium	Ideale Lebensdauer [Jahre]	Reale Lebensdauer [Jahre]
CD-R	5-100	2-30
CD-ROM	30-200	5-50
DVD	100	20
DVD±R	20-30	10
Festplatte	<100	10-20
Cartridge-Festplatte	<100	20-40
Magnetband	30-100	5-20
Digitalband ¹⁸	Keine Angabe	10-30

Tabelle 1: Lebensdauer von Medien¹⁹

3.2 Problem der Erhaltung des Zugangs zum digitalen Dokument

Ohne ein passendes Abspielsystem können elektronische Publikationen nicht angesehen und gelesen werden.

Solche Abspielumgebungen bestehen wie gängige Personalcomputer aus:

- der Hardware, also aus den elektronischen und den elektromechanischen Teilen des Computers
- der Betriebssystemsoftware, d.h. einer hardwarenahen Softwareschicht, die grundsätzliche Funktionen und die Kommunikation zwischen den verschiedenen Hardwareteilen koordiniert
- der Anwendungssoftware, wie beispielsweise Texteditoren oder Viewer-Programme²⁰

Hardware- und Softwaresysteme „veralten“ innerhalb weniger Jahre. Die Komponenten haben eine relativ kurze Lebensdauer und werden häufig nur über kurze Zeiträume hergestellt, so dass eine Ersatzbeschaffung von beschädigten

Hardwarekomponenten schon nach wenigen Jahren schwierig sein kann. Um auch zukünftig auf digitale Dokumente, die auf bestimmte Abspielumgebungen angewiesen sind, zugreifen zu können, müsste eine entsprechende Abspielumgebung entweder physikalisch erhalten oder emuliert werden, oder die Dokumente müssten so verändert werden, dass sie in einer neuen Abspielumgebung lesbar sind (vgl. Abschnitt 4).

3.3 Archivalische Fragestellungen

In der letzten Zeit kommen in der Verwaltung des Bundes und der Länder elektronische Vorgangsbearbeitungs- und Registraturverwaltungssysteme zum Einsatz, die durch die digitalen Akten, die sie erzeugen, auch neue Aufgaben an die digitale Langzeitarchivierung stellen.

Um wahrheitsgetreue Akten zu garantieren, darf im Rahmen der Langzeitaufbewahrung keine Möglichkeit gegeben werden:

- Digitale Akten oder deren Bestandteile nachträglich zu entfernen oder zu verfälschen
- Bestandteile, die nicht zu Akten gehören, in diese einzufügen
- Akten unrechtmäßig zu vernichten, d.h. zu löschen.²¹

Insbesondere muss auch gewährleistet werden, dass die Protokollinformationen, die den Entstehungs- und Bearbeitungsprozess der Akten beschreiben, nicht verändert werden können.

Im Rahmen der Langzeitaufbewahrung müssen zudem die verschiedenen Versionen von digitalen Dokumenten aufbewahrt werden, die bei wichtigen Veränderungen an digitalen Dokumenten jeweils neu angelegt werden. Insbesondere müssen dabei auch die Versionsabfolgen und Abhängigkeiten erkennbar bleiben.

Eine weiterer Problembereich bei digitalen Akten ist der Umgang mit digitalen Signaturen. Mit ihnen soll die Authentizität und Integrität des entsprechenden Dokuments gewährleistet werden. Solche Signaturen verlieren jedoch nach §7 der Signaturverordnung nach fünf Jahren ihre Gültigkeit und müssen dann erneuert werden, was zur Folge hat, dass die Archive nach Übernahme von digital signierten Unterlagen den Signierprozess weiterführen müssen, um die Authentizität aufrecht zu erhalten. Auch bei einem Wechsel des Speichermediums,

der im Rahmen der Langzeitsicherung nach einigen Jahren erforderlich sein wird, muss erneut nachsigniert werden.²²

Im Rahmen der Langzeitarchivierung würde zudem bei der Konvertierung eines Dokumentes von einem älteren Datenformat in ein aktuelles die digitale Signatur ihre Funktion verlieren.²³

Eine Möglichkeit, diese vielfältigen Aufgaben zu bewältigen, ist die Vorgehensweise des Bundesarchivs:²⁴ die Primärinformationen einschließlich ihrer Protokollinformationen werden als Bilddateien im Tiff-Format²⁵ übernommen, die Metadaten dagegen als ASCII-kodierte Textdateien. Auf die Erhaltung digitaler Signaturen wird aufgrund des häufig notwendigen Nachsignaturprozesses verzichtet. Dokumente, die mit digitalen Signaturen versehen sind, werden vor der Übergabe an das Bundesarchiv mit Hilfe der entsprechenden Schlüssel dekodiert, so dass sie ohne Zuhilfenahme von Dekodierungsschlüssel gelesen werden können. Die Authentizität der Unterlagen wird durch die Dokumentation von Transfer- und Archivierungsverfahren gesichert.

3.4 Juristische Fragestellungen

Neben den oben aufgeführten Problemen der Langzeitaufbewahrung müssen insbesondere auch juristische Fragen geklärt werden. Eine ausführliche Abhandlung zu rechtlichen Fragen der Langzeitarchivierung findet sich in den Nestor-Materialien 1.²⁶ Ich werde im Folgenden nur exemplarisch einige wichtige Aspekte aufgreifen:

- Falls im Rahmen der Langzeitarchivierung Dokumente von einem Datenträger auf einen anderen übertragen werden, bedeutet dies eine Vervielfältigung nach §16 Abs. (2) des UrhG. Dies ist nur bei ausdrücklicher Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers oder durch den Ausnahmetatbestand §53 Abs. (2) Nr. 2 UrhG zulässig. Dieser Ausnahmetatbestand greift jedoch wegen des im Urheberrecht sehr restriktiv ausgelegten Archivbegriffs beispielsweise nicht für Bibliotheken, die ihre archivierten Medien der Nutzung zugänglich machen wollen.²⁷ Für „Datenbankwerke, deren Elemente einzeln mit Hilfe elektronischer Medien zugänglich sind“,²⁸ gilt der Ausnahmetatbestand §53 Abs. (2) Nr. 2 UrhG

grundsätzlich nicht, so dass in diesem Fall das Vervielfältigungsprivileg nur für Archive gilt.²⁹

- Bei der Langzeitaufbewahrung kopiergeschützter Medien müsste bei der Überspielung von einem Medium auf ein anderes der Kopierschutz umgangen oder überwunden werden. Die Überspielung selbst wäre nur in den oben genannten Fällen zulässig, doch schon die Umgehung des Kopierschutzes ist nach §95a Abs. (1) ohne Zustimmung des Rechteinhabers unzulässig.
- Ähnliches gilt für Medien, die mit Digital Rights Management (DRM)-Verfahren³⁰ versehen sind: Der Schutz darf nicht deaktiviert werden, es sei denn der Rechteinhaber willigt der Deaktivierung zu.³¹

Gerade dieser Tage haben jedoch der Bundesverband der phonographischen Wirtschaft und der Börsenverein des deutschen Buchhandels mit Der Deutschen Bibliothek die Vereinbarung getroffen, dass die DDB nun Pflichtexemplare von DRM-geschützten Tonträgern, CD-ROMs oder eBooks vervielfältigen darf und Kopien an berechnigte Nutzer zum wissenschaftlichen Bedarf herausgeben darf.³²

- Wie in Abschnitt 3.2 erwähnt, könnte es notwendig werden, die Abspielumgebung für ein digitales Medium zu emulieren, da die Originalumgebung nicht mehr zur Verfügung steht. Solche Emulationen sind ohne Einwilligung des Inhabers der Rechte am digitalen Medium möglich, wenn eine Abspielung des Mediums ohne Veränderungen am Medium selbst möglich ist.

Falls jedoch eine Umgestaltung des Mediums notwendig ist, wie es auch bei der Migration geschehen kann, muss der Rechteinhaber dieser zustimmen.³³

3.5 Persistenz bei Online-Publikationen

Der Zugriff auf Online Publikationen geschieht heute überwiegend über URLs (Uniform Resource Locators), d.h. die Veröffentlichung wird über ihren Speicherort identifiziert. Da der URL einer Online-Resource eindeutig ist, wird er auch beim Zitieren von Publikationen verwendet und kann daher auch insbesondere in Katalogen als Verweis zum Dokument Verwendung finden. Wenn

jedoch der Speicherort des Dokumentes verändert wird, verweist der URL ins Leere und die Referenzen auf das Dokument sind nicht mehr nutzbar.

Dieses Problem kann jedoch mit Hilfe von sog. Persistent Identifiers³⁴, die ein Dokument unabhängig von ihrem Speicherort eindeutig identifizieren, gelöst werden: Ein sog. Resolver stellt die Verbindung zwischen dem Persistent Identifier des Dokumentes und seinem Speicherort her und erzeugt die entsprechende URL. Dabei muss selbstverständlich sichergestellt werden, dass der Resolver über jede Änderung des Speicherortes von Dokumenten, für die er zuständig ist, informiert wird.

Die zur Zeit am weitesten verbreiteten Persistent Identifier Systeme sind das Handle System³⁵, der DOI³⁶ (Digital Object Identifier), PURL³⁷ (Persistent URLs) und die URN³⁸ (Uniform Resource Names).

4 Lösungsansätze zur Langzeitaufbewahrung

Für eine erfolgreiche Langzeitaufbewahrung digitaler Dokumente müssen, wie in den vorherigen Kapiteln beschrieben, vielfältige Aspekte berücksichtigt werden: Neben der Auswahl geeigneter Datenformate und Datenträger müssen auch die eigentlichen Vorgehensweisen bei der Informationserhaltung optimal gewählt werden. Die gängigsten Vorgehensweisen sind Migration und Emulation, darüber hinaus gibt es jedoch weitere Ansätze wie den Aufbau von Hardware-Museen, Analoges Speichern etc., die in diesem Abschnitt angesprochen werden.

4.1 Datenspeicherung

4.1.1 Geeignete Dateiformate

Es gibt eine Fülle von Dateiformaten, die im Zusammenhang mit digitalen Dokumenten verwendet werden. Einen Überblick über Dateiformate und deren Eigenschaften und Eignung für die Archivierung elektronischer Unterlagen findet man in den Ausführungen von Helfer und Lupprian³⁹.

Für eine Langzeitarchivierung eignen sich in erster Linie Standardformate, die verbreitet sind und deren Spezifikation offengelegt ist. Für Textdokumente wären dies sog. Flat Files, also einfache Textdateien mit ASCII-Zeichensatz, für

Graphiken ist in diesem Zusammenhang das Tiff-Format zu nennen. Die Metadaten, die die digitalen Dokumente strukturieren und beschreiben, werden am besten, wie in Abschnitt 2 angesprochen, mit Hilfe von deskriptiven Auszeichnungssprachen wie SGML oder XML in Textdateien festgelegt.⁴⁰

Zur Zeit wird ein weiteres Standardformat entwickelt, das insbesondere zur Langzeitarchivierung von elektronischen Dokumenten vorgesehen ist. Dieses PDF/A-Format⁴¹ basiert auf einer vereinfachten Form des PDF-Formates und eignet sich für Dokumente, die Texte, Raster- oder auch Vektorgraphiken enthalten. Im Zuge der Entwicklung des Formates sollen auch die Eigenschaften der Systeme definiert werden, mit denen diese Dateien gelesen und durchsucht werden können. Im Frühjahr 2005 soll die Ausgabe von PDF/A als ISO-Standard erfolgen⁴².

4.1.2 Geeignete Datenträger

Es steht außer Frage, dass zur Langzeitaufbewahrung grundsätzlich nur Datenträger geeignet sind, die eine lange Haltbarkeit aufweisen (vgl. Abschnitt 3.1). Um die Verwendungsdauer der Datenträger zu erhöhen, sollten sie zudem international anerkannten Standards folgen und eine weite Verbreitung haben. Gerade im Bereich der Datenträger finden zur Zeit beachtliche Weiterentwicklungen statt. So hat das Bundesarchiv bis Ende der neunziger Jahre Magnetbänder eingesetzt, die jedoch ab Mitte der neunziger Jahre durch Digital Audio Tapes (DAT) ergänzt⁴³ und ab 1998 durch CD-Rs ersetzt wurden⁴⁴.

In den letzten Jahren haben sich DVDs auf dem Markt etabliert. Diese ähneln CD-ROMs, haben jedoch mit etwa 4,7 GB⁴⁵ eine sehr viel größere Kapazität als diese. Dem Problem der Lebensdauer von CDs und DVDs (vgl. Tabelle 1 auf S. 5) widmet sich eine Langzeitstudie der Library of Congress in Zusammenarbeit mit dem National Institute for Standards and Technology (NIST)⁴⁶. Ferner will das NIST in Kooperation mit der DVD Association Anforderungen für CDs und DVDs definieren, die beispielsweise auch eine Mindest-Haltbarkeit von CDs und DVDs festlegen⁴⁷.

Mit dem Ultra Density Optical (UDO)⁴⁸ kam kürzlich ein Speichermedium mit 28GB Speicherkapazität auf den Markt, das speziell zur professionellen Archi-

vierung entwickelt wurde. UDO basiert auf einer herstellerübergreifenden Norm und es wird ihm eine Lebensdauer von 50 Jahren garantiert. Falls sich dieses Medium auf dem Markt durchsetzt, könnte es zu einem der Langzeitdatenträger der nächsten Generation werden.

4.2 Abspielumgebung

4.2.1 Emulation der Abspielumgebung

Für den Zugriff auf digitale Dokumente braucht man, wie in Abschnitt 3.2 beschrieben, jeweils geeignete Abspielumgebungen. Statt das System funktionsfähig zu halten, das ursprünglich zum Lesen der Daten verwendet wurde (vgl. Abschnitt 4.2.4: Hardware-Museum), kann man ein solches System auch durch Software umfassend in seiner Funktion nachbilden. Diese Vorgehensweise wird als Emulation bezeichnet. Mit dem emulierten System können insbesondere auch die Dateien angezeigt werden, die mit dem Originalsystem erzeugt wurden bzw. damit lesbar waren. Rothenberg stellt diesen Ansatz umfassend dar⁴⁹. Grundsätzlich sind drei Ausprägungen bei der Emulation eines Systems denkbar⁵⁰:

1. Emulation der gesamten Abspielumgebung, also des Hardwaresystems, des Betriebssystems und der Anwendungssoftware
2. Emulation des Hardwaresystems und des Betriebssystems
3. Emulation des Hardwaresystems

Die Emulation der Betriebssystemsoftware wird dabei als weitaus komplexer angesehen als die von Hardwaresystemen, insbesondere da die Spezifikationen von einem großen Teil der Software nicht offengelegt ist.^{51, 52} Daher sind die beiden ersten Varianten nur schwer umsetzbar. Rothenberg⁴⁹ beschreibt eine weitere Möglichkeit, die dritte Variante, also die Beschränkung der Emulation auf die Hardware: Das Konzept dieses Ansatzes ist die Kapselung des Originaldokumentes mit den Programmen und Informationen, die benötigt würden, um das Dokument auf jeder erdenklichen Hardwareplattform lesen zu können: Diese „Dokumentkapsel“ enthält also neben dem Originaldokument die lauffähige Anwendungssoftware, mit der das Dokument erzeugt oder angezeigt werden kann, die Betriebssystemsoftware des ursprünglichen Systems sowie die Spe-

zifikation des Emulators für die Original-Hardwareplattform. Zusätzlich werden noch weitere Informationen hinzugefügt, die erläutern, wie die Inhalte der Kapsel zu verwenden sind, um das Original-Dokument zu lesen.

Zum bloßen Lesen eines digitalen Dokumentes muss jedoch nicht die gesamte Funktionalität des Systems emuliert werden. Es würde ausreichen, diejenigen Funktionalitäten des Systems zu emulieren, die die Ansicht des digitalen Dokuments ermöglichen. Im Rahmen eines Forschungsprogramms untersucht IBM auch einen solchen Ansatz:⁵³ Sie entwickeln einen Dokument-Viewer, der das Dokument lesen und anzeigen kann und auf einem sog. Universal Virtual Computer (UVC) läuft. Wenn in Zukunft das Dokument auf einer anderen Hardwareumgebung gelesen werden soll, benötigt man für die Ausführung des Viewers auf der neuen Hardwareumgebung nur einen Interpreter für die UVC Befehle und kann sich das digitale Dokument anzeigen lassen.

Der Emulationsansatz weist einige Charakteristika auf, die ihn für die Langzeitarchivierung interessant machen:⁵⁴ Die Dokumente werden i.A. nicht verändert, womit die Authentizität erhalten bleibt. Da einem Emulator viele Dokumente in einer neuen Umgebung angezeigt werden können und die Dokumente selbst nicht einzeln angepasst werden müssen, kann der Aufwand für das einzelne Dokument gering gehalten werden.

Allerdings kann der Aufwand zur Erstellung eines Emulators nur schwer abgeschätzt werden.⁵⁵ In der Praxis kann die Emulation zudem daran scheitern, dass die Spezifikationen, die für den Emulator benötigt werden, nicht offengelegt werden, oder im Detail fehlerbehaftet sind.

4.2.2 Migration der digitalen Dokumente

Die Migration ist eine weitere Methode, um auf digitale Dokumente in einer neuen Abspielumgebung zuzugreifen. Dabei werden die Dokumente in ein aktuelles Format konvertiert, das von der neuen Abspielumgebung angezeigt werden kann.

Die Anpassungen, die im Rahmen der Migration an den Dokumenten vorgenommen werden müssen, führen zu einer Veränderung der Dokumente. Daher müssen bei der Migration, wie in Abschnitt 3.4 erläutert, auch rechtliche Aspekte beachtet werden und gegebenenfalls die Zustimmung der Rechteinhaber

eingeholt werden. Zudem muss der gesamte Migrationsvorgang protokolliert werden⁵⁶, um die Authentizität der Daten zu sichern.

Für den Benutzer der Dokumente hat die Migration den Vorteil, dass er aktuelle Umgebungen benutzen kann und sich nicht in die Bedienung früherer Anwendungsprogramme einarbeiten muss. Falls keine rechtlichen Gründe dagegen sprechen, können die Dokumente auch mit aktueller Anwendungssoftware verändert und durch Nutzung von neueren technischen Möglichkeiten gegebenenfalls auch in ihrer Darstellung verbessert werden.

Ein Nachteil der Migration im Vergleich zur Emulation besteht darin, dass jedes Dokument bei einem Wechsel von einer Computergeneration zur nächsten konvertiert werden muss. Selbst wenn dies zum größten Teil automatisch geschehen kann, verlangt es doch aufgrund des großen Fehlerpotentials einen hohen Kontrollaufwand und macht gegebenenfalls manuelle Nachbearbeitungen erforderlich.⁵⁷ Mit jedem Systemwechsel wächst zudem die Anzahl der zu migrierenden Dokumente, da neben den schon archivierten Dokumenten auch die zwischenzeitlichen Neuzugänge migriert werden müssen. Aufgrund der großen Datenmenge bedeutet dies langfristig eine schwer zu lösende Aufgabe.

Die Migration ist zur Zeit, zumindest für Archive, die wichtigste Lösung im Rahmen der Langzeitarchivierung.⁵⁸

4.2.3 Kombiniertes Ansatz

Sowohl die Migration als auch die Emulation weisen Nachteile auf, könnten sich jedoch in Kombination, zumindest beim Einsatz in Bibliotheken, gut ergänzen.⁵⁹

So könnte man zum einen für wichtige Dokumente, die in der Originalfassung erhalten werden sollten, die dazugehörige Abspielumgebung emulieren. Dokumente, auf die häufig zugegriffen wird, könnte man migrieren und so einen benutzerfreundlichen Zugang auf aktuellen Abspielumgebungen ermöglichen.

4.2.4 Hardware - Museen

Das sog. Hardware-Museum⁶⁰ ist diejenige Maßnahme zur Langzeitarchivierung, die am stärksten auf die Erhaltung der Original-Abspielumgebung abzielt: Im Hardware-Museum werden möglichst viele Computersysteme gesammelt und funktionsfähig erhalten, um zukünftig digitale Dokumente in ihrer ursprüng-

lichen Umgebung lesen zu können. Aufgrund der vielen verschiedenen Hardwaresysteme wird es jedoch kaum möglich sein, eine auch nur halbwegs vollständige Hardware-Sammlung auf Dauer zu erhalten. Zudem wird die Reparatur funktionsuntüchtiger Geräte mit zunehmendem Hardware-Alter immer schwieriger werden.⁶¹ Da auf gleichen Hardwaresystemen unterschiedliche Betriebssysteme installiert sein könnten, müsste auch die Softwarekonfiguration der Original-Hardware berücksichtigt werden.

4.3 Weitere Ansätze

Andere Ansätze der Langzeitaufbewahrung zielen auf eine Aufbewahrung der Dokumente losgelöst von einer Abspielumgebung:

Rematerialisierung bzw. Analoges Speichern

Bei der Rematerialisierung werden digitale Dokumente in analoge umgewandelt. Der neue Informationsträger kann dabei beispielsweise Papier oder auch Mikrofilm bzw. Mikrofiche sein. Allerdings gehen bei dieser Maßnahme mit der Digitalität auch wichtige Eigenschaften und Funktionalitäten des Dokumentes verloren. Bei der Aufbewahrung der so erzeugten analogen Medien kann man jedoch auf bewährte Verfahren zurückgreifen und eine Lebensdauer von 100 Jahren oder mehr erwarten. Beim COM (Computer Output on Mikrofilm)-Verfahren, mit dem digitale Daten direkt auf Mikrofilm gesichert werden, besteht bei einigen Geräten die Möglichkeit, neben den Primärdaten auch Indexdaten auf einem Mikrofilm speichern, so dass die analog archivierten Dokumente zumindest als Bilddateien wieder redigitalisiert werden können.^{62, 63}

Im Rahmen des Rosetta Projektes⁶⁴ wurde mit der Rosetta Disk⁶⁵ ein weiteres analoges Medium entwickelt, das bis zu 300.000 Seiten Text bzw. Bilder speichern kann.⁶⁶

Digitale Daten als Binärstring auf analogen Datenträgern

Ein weiterer Ansatz zur Langzeitarchivierung, der jedoch in Bibliotheken und Archiven wohl kaum Anwendung finden wird, ist das Speichern der digitalen Information als Binärstring auf analogen Datenträgern (z.B. Iridium-CD, Holografischer Kristall-Datenspeicher⁶⁷).

5 Kompetenznetzwerk Langzeitarchivierung: Das nestor-Projekt

Das nestor-Portal⁶⁸ ist eine zentrale Plattform, die Informationen zu den verschiedensten Aspekten der Langzeitarchivierung bietet. Sie entstand im Rahmen des BMBF-Projekts nestor⁶⁹, dessen Ziel der Aufbau eines Kompetenznetzwerks zur Langzeitarchivierung digitaler Ressourcen in Deutschland ist. Sechs Projektpartner⁷⁰ aus den Bereichen Archiv, Bibliothek und Museum haben sich für dieses Projekt zusammengetan, um ihre Erfahrungen und Kompetenzen in der Langzeitarchivierung zu bündeln: In Expertenberichten werden wichtige Themen aus der Langzeitarchivierung⁷¹ unter Berücksichtigung der Situation in Deutschland erörtert und Empfehlungen ausgesprochen. Insbesondere werden im Rahmen des Projekts Kriterien für vertrauenswürdige digitale Archive sowie Verfahren zur Zertifizierung von Archivservern erarbeitet werden.

6 Zusammenfassung

Diese Arbeit kann aufgrund der begrenzten Länge nur einen kurzen Überblick über die Probleme und Lösungsstrategien der Langzeitarchivierung geben. Inwieweit sich diese Ansätze letztendlich bewähren, wird sich jedoch erst bei ihrer praktischen Umsetzung in verschiedenen Szenarien zeigen können.

Für eine erfolgreiche Langzeitarchivierung muss eine Kette von Handlungsschritten sorgfältig durchlaufen werden, angefangen von der Auswahl der Dateiformate und Datenträger über die Lösung von nicht-technischen Problemen, bis hin zur Bereitstellung eines wie auch immer gearteten Zugangs zum Dokument. Die Durchführung der Langzeitarchivierung ist daher nicht nur eine technische Herausforderung, sondern vor allem auch eine verwaltungstechnische, da eine unbedingt exakte Einhaltung aller Einzelschritte über einen langen Zeitraum gewährleistet sein muss.

Durch die Bündelung von Kompetenzen zur Langzeitarchivierung im Rahmen des nestor-Projekts wurde ein Netzwerk geschaffen, das sowohl im Bezug auf die technischen als auch auf die organisatorisch Herausforderungen wichtige Impulse in Richtung einer erfolgreichen Langzeitaufbewahrung von digitalen Unterlagen in Deutschland geben wird.

Anmerkungen

- ¹ Bergeron (2002), S. XXVI.
- ² Vgl. Rathje (2002), S. 117
- ³ Vgl. Waters; Garret (1996)
- ⁴ Vgl. Rathje (2002), S. 117
- ⁵ Vgl. nestor - Kompetenznetzwerk Langzeitarchivierung (2004)
- ⁶ Vgl. Generaldirektion der Staatlichen Archive Bayerns (2004), S. 4
- ⁷ DOMEA®: Dokumentenmanagement und elektronische Archivierung im IT-gestützten Geschäftsgang
- ⁸ Vgl. Koordinierungs- und Beratungsstelle der Bundesregierung für Informationstechnik in der Bundesverwaltung (1999)
- ⁹ Vgl. Lupprian (2002), S. 59, 60
- ¹⁰ z.B. Aufbewahrungsfrist
- ¹¹ z.B. federführende Organisationseinheit
- ¹² z.B. Dokumenttyp
- ¹³ Vgl. Generaldirektion der Staatlichen Archive Bayerns (2004)
- ¹⁴ Durch die Verwendung von Auszeichnungssprachen, auch Markup-Sprachen genannt, können Dokumente strukturiert und beschrieben werden. Dabei werden insbesondere die Struktur- und Layout-Informationen eines Dokumentes vom eigentlichen Inhalt getrennt.
- ¹⁵ CD-ROMs oder DVDs können über einen Server auch innerhalb eines Intranets zur Verfügung gestellt werden, was sich für den Benutzer wie ein Online-Service darstellen kann.
- ¹⁶ Die DVD-RAM ist unter den DVD-Formaten das mit der höchsten Datensicherheit.
- ¹⁷ Vgl. Bergeron (2002), S. 78-83.
- ¹⁸ Vgl. Grote (2000), S. 118
- ¹⁹ Vgl. Bergeron (2002), S. 82
- ²⁰ Vgl. Borghoff; Rödiger; Scheffczyk; Schmitz et. al. (2003), S. 8-9
- ²¹ Vgl. Wettengel, Michael (1997), S. 26
- ²² Vgl. Bischoff (1999), S. 183 ff.
- ²³ Vgl. Ebd. S. 194, 195
- ²⁴ Vgl. Wettengel; Engel (1999)
- ²⁵ Vgl. Borghoff; Rödiger; Scheffczyk; Schmitz et. al. (2003), S. 110
- ²⁶ Vgl. Goebel; Scheller (2004)
- ²⁷ Vgl. Ebd. S. 46, S. 49
- ²⁸ UrhG, § 53 Abs. (5)
- ²⁹ Vgl. Goebel; Scheller (2004), S. 46, 47.
- ³⁰ Mit Digital Rights Management-Verfahren können beliebige digitale Inhalte an ein individuelles Gerät oder auch einen individuellen Datenträger gebunden werden. Somit könnte beispielsweise eine DVD nur auf einem Gerät abgespielt werden. Falls dieses Gerät unbrauchbar würde, wäre damit auch der Zugang zur DVD unmöglich. Auf diese Art und Weise sollen die Urheberrechte bewahrt werden und Raubkopien verhindert werden.
- ³¹ Vgl. Goebel; Scheller (2004), S. 50.
- ³² Vgl. Sietmann (2005)
- ³³ Vgl. Goebel; Scheller (2004), S. 58
- ³⁴ PI-Hompage: Überblick <http://www.persistent-identifier.de/> (15.1.2005)
- ³⁵ The Handle System, Webseite unter <http://www.handle.net/> (15.1.2005)
- ³⁶ The Digital Object Identifier System, Webseite unter <http://www.doi.org/> (15.1.2005)
- ³⁷ Persistent URL, Webseite unter <http://purl.oclc.org/> (15.1.2005)
- ³⁸ RFC 2141 - URN Syntax, Webseite <http://www.faqs.org/rfcs/rfc2141.html> (15.1.2005)
- ³⁹ Vgl. Helfer; Lupprian (2004)
- ⁴⁰ Vgl. Borghoff; Rödiger; Scheffczyk; Schmitz et al. (2003), S. 115-125
- ⁴¹ Eine Formatbeschreibung findet sich unter der URL <http://www.digitalpreservation.gov/formats/fdd/fdd000125.shtml> (vgl. o. V. 2004a)
- ⁴² Vgl. Sullivan (2003)
- ⁴³ Digital Audio Tapes müssen allerdings alle zwei Jahre umkopiert werden.
- ⁴⁴ Vgl. Rathje (2002), S. 119
- ⁴⁵ für einlagig und einseitig bespielte DVDs (single-sided, single layer DVDs)
- ⁴⁶ Vgl. Slattery; Lu; Zheng; Byers et al. (2004)

- ⁴⁷ Vgl. Kosko (2004)
- ⁴⁸ Vgl. Gieselmann (2004)
- ⁴⁹ Vgl. Rothenberg (1999)
- ⁵⁰ Vgl. Borghoff; Rödiger; Scheffczyk; Schmitz et. al. (2003), S. 67.
- ⁵¹ Vgl. Ebenda, S. 67
- ⁵² Vgl. Lupprian (2002), S. 60, 61.
- ⁵³ Vgl. Lorie (2001)
- ⁵⁴ Vgl. Borghoff; Rödiger; Scheffczyk; Schmitz et. al. (2003), S. 19
- ⁵⁵ Vgl. Borghoff; Rödiger; Scheffczyk; Schmitz et. al. (2003), S. 82
- ⁵⁶ Vgl. Lupprian (2002), S. 61
- ⁵⁷ Vgl. ebenda, S. 61
- ⁵⁸ Vgl. z.B. Fonnes, S. 217
- ⁵⁹ Vgl. Schmitz (2002)
- ⁶⁰ Vgl. Borghoff; Rödiger; Scheffczyk; Schmitz et. al. (2003), S. 16
- ⁶¹ Dies gilt insbesondere, da die Hardwarekomponenten auch nur eine relativ geringe Lebensdauer haben und i.A. nur über kurze Zeiträume produziert werden.
- ⁶² Vgl. Lupprian (2002), S. 61.
- ⁶³ Vgl. Gellert (2001)
- ⁶⁴ Ziel des Rosetta Projektes ist die Bewahrung von Textbeispielen und Informationen zu 1000 Sprachen, die wahrscheinlich in den nächsten 100 Jahren aussterben werden.
- ⁶⁵ Vgl. o.V. (2004b)
- ⁶⁶ Vgl. Lupprian (2002), S. 62
- ⁶⁷ Vgl. ebenda, S. 62
- ⁶⁸ Webseite des nestor-Portals: <http://www.langzeitarchivierung.de>
- ⁶⁹ Vgl. Dobratz; Neuroth (2004)
- ⁷⁰ Die Projektpartner sind: Die Deutsche Bibliothek, die Bayerische Staatsbibliothek München, die Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen, der Computer- und Medienservice der Humboldt-Universität Berlin, die Generaldirektion der Staatlichen Archive Bayerns in München und das Institut für Museumskunde der Stiftung Preußischer Kulturbesitz in Berlin
- ⁷¹ Dies sind elektronische Zeitschriften, Langzeitarchivierung von Multimediaobjekten, Entwicklung einer Strategie zur Langzeitarchivierung, rechtliche Aspekte der Langzeitarchivierung, Langzeitbereitstellung von wissenschaftlich relevanten Daten, der Vergleich von bestehenden Archivierungssystemen und die Digitalisierung und Erhaltung von digitalem Material in deutschen Museen.

Literaturverzeichnis

Bergeron, Bryan P. (2002): Dark Ages II: [when the digital data die](#). Upper Saddle River, NJ 2002

Bischoff, Frank M. (1999): Zur Archivfähigkeit digitaler Signaturen in elektronischen Registern, in: Archivierung elektronischer Unterlagen, hrsg. v. Schäfer, U.; Bickhoff, N., Stuttgart, 1999, S. 183-198

Borghoff, Uwe M.; Rödig, Peter; Scheffczyk, Jan; Schmitz, Lothar (2003): Langzeitarchivierung: Methoden zur Erhaltung digitaler Dokumente, Heidelberg, 2003

Dobratz, Susanne; Neuroth, Heike (2004): nestor: Network of Expertise in Long-term STOrage of Digital Resources – A Digital Preservation Initiative for Germany, in: D-Lib Magazine 10 (2004), Nr. 4; URL: <http://www.dlib.org/dlib/april04/dobratz/04dobratz.html> (16.1.2005)

Fonnes, Ivar (1999): Methoden zur Langzeiterhaltung elektronischer Informationen, in: Archivierung elektronischer Unterlagen, hrsg. v. Schäfer, U.; Bickhoff, N., Stuttgart, 1999, S. 213-222

Gellert, Susanne (2001): Langzeitarchivierung mit POLYCOM; URL: http://www.microbox.de/download/POLCOM_flyer_dt.doc (15.1.2005)

Generaldirektion der Staatlichen Archive Bayerns (Hrsg.) (2004): Digitale Unterlagen. Nr. 2: Metadaten für die Aussonderung und Archivierung digitaler Sachakten, Empfehlungen für die Behörden des Freistaates Bayern, München, 2004; URL: <http://www.gda.bayern.de/metadat.pdf> (13.1.2005)

Gieselmann, Hartmut (2004): Blaues Gedächtnis - Professionelle Datensicherung der nächsten Generation, in: c't 2004, Heft 6, S. 196-200

Goebel, Jürgen W.; Scheller, Jürgen (2004): Digitale Langzeitarchivierung und Recht, Bad Homburg, 2004 (nestor - materialien 1); URL: http://www.langzeitarchivierung.de/downloads/nestor_mat_01.pdf (6.1.2005)

Grote, Andreas (2000): Verflüchtigt – Der Zahn der Zeit nagt an den digitalen Daten, in: c't 2000, Heft 24, S. 114-118

Helfer, Bernward; Lupprian, Karl-Ernst (Hrsg.) (2004): Dateiformate: Eigenschaften und Eignung für die Archivierung elektronischer Unterlagen - Eine Handreichung für Archivarinnen und Archivare, Wiesbaden; München, 2004; URL: <http://www.gda.bayern.de/datfor.pdf> (15.1.2005)

Koordinierungs- und Beratungsstelle der Bundesregierung für Informatik in der Bundesverwaltung (KBSt) (Hrsg.) (1999): Abschlußbericht zum Projekt DOMEA® - Dokumentenmanagement und elektronische Archivierung im IT-gestützten Geschäftsgang, Köln, 1999 (Schriftenreihe der KBSt, Bd. 41)

Kosko, Jan (2004): Identifying Top Quality CD and DVD Media for Archiving; URL: http://www.nist.gov/public_affairs/techbeat/tb2004_1208.htm (15.1.2005)

Lorie, Raymond A. (2001): A Project on Preservation of Digital Data, in: RLG DigiNews 5 (2001), Nr. 3; URL: <http://www.ohio.rlg.org/preserv/diginews/diginews5-3.html#feature2> (16.1.2005)

Lupprian, Karl-Ernst (2002): Ein Archiv für 1000 Jahre? Wege zu einer dauerhaften Archivierung digitaler Unterlagen, in: EDV-Tage Theuern 2001, Tagungsband, hrsg. vom Bergbau- und Industriemuseum Ostbayern, Kümmerbruck, 2002, S. 59-62

nestor - Kompetenznetzwerk Langzeitarchivierung (2004). URL: <http://www.langzeitarchivierung.de/> (13.1.2005)

o. V. (2004a): PDF/A; URL: <http://www.digitalpreservation.gov/formats/fdd/fdd000125.shtml> (15.1.2005)

o. V. (2004b): The Rosetta Project: Welcome; URL: <http://www.rosettaproject.org/live> (15.1.2005)

Rathje, Ulf (2002): Technisches Konzept für die Datenarchivierung im Bundesarchiv, in: Der Archivar 55 (2002), Nr. 2, S. 117-120

Rothenberg, Jeff (1999): Avoiding Technological Quicksand: Finding a Viable Technical Foundation for Digital Preservation, Washington, DC, 1999; URL: <http://www.clir.org/pubs/reports/rothenberg/contents.html> (16.1.2005)

Schmitz, Lothar (2002): Elektronische Langzeitarchivierung: Probleme und Lösungsansätze; URL: <http://www2-data.informatik.unibw-muenchen.de/People/lothar/DigBib.pdf> (16.1.2005)

Sietmann, Richard (2005): heise online - Deutsche Bibliothek darf Kopierschutz knacken; URL: <http://www.heise.de/newsticker/meldung/55266> (15.1.2005)

Slattery, Oliver; Lu, Richang; Zheng, Jian et al. (2004): Stability Comparison of Recordable Optical Discs—A Study of Error Rates in Harsh Conditions, in: Journal of Research of the National Institute of Standards and Technology. 109 (2004), S. 517-524

Sullivan, Susan J. (2003): ERPANET - erpaEvents - Vienna 2003: ISO Standard Development – Overview of the Draft PDF/A Standard; URL: <http://www.erpanet.org/events/2004/vienna/index.php?abstract=true&pid=122> (15.1.2005)

UrhG, 9.9.1965 - FNA 440-1, „§ 53 Vervielfältigungen zum privaten und sonstigen eigenen Gebrauch, Abs. (5)“ (2003)

Waters, Donald; Garret, John (1996): Preserving Digital Information. Report of the Task Force on Archiving of Digital Information 1996. URL: <http://www.rlg.org/legacy/ftpd/pub/archtf/final-report.pdf> (13.1.2005)

Wettengel, Michael (1997): Struktur und Form, in: Einfluß von Informationstechnologie auf Archivierungsverfahren, hrsg. v. Bundesverwaltungsamt – Bundesstelle für Büroorganisation und Bürotechnik Eschborn, 1997, S. 25-29

Wettengel, Michael; Engel, Andreas (1999): Die Archivierung authentischer elektronischer Akten: Das Konzept für die deutsche Bundesverwaltung. DLM Forum'99. URL: http://europa.eu.int/ISPO/dlm/program/abst_mwae_de.html (13.1.2005)