Torsten Löber

Städtebaulich neuorientierte Regenwasserbehandlung

LEHMANNS
FACHBUCHHANDLUNG

Um die Datenmenge für den Download der Online-Version zu reduzieren wurde die Auflösung der Pixelbilder auf 300 dpi begrenzt. Dies führt zwangsläufig zu Qualitätsverlusten bei der Druckausgabe der vorliegenden PDF-Datei. Für höhere Ansprüche empfehle ich deshalb die gedruckte Ausgabe der Dissertation. Sie kann über den Buchhandel zum Preis von 69,90 DM bezogen werden (Bestellangaben / ISBN siehe Impressum).

Die Seiten 37, 71, 77, 83 sind in der gedruckten Ausgabe als Transparentseiten angelegt. Diese Seiten werden hier zwangsläufig mit weißem Hintergrund und mit unbeschriebener Rückseite angezeigt.

Torsten Löber

Der Autor:

geb. 1959	in Schwerin/Mecklenburg
1984	Dipl.-Ing. der Fachrichtung "Wasserwirtschaft" Sektion Wasserwesen der Technischen Universität Dresden
1984-1990	Anstellung bei den Berliner Wasserbetrieben
1990-1995	Assistent an der Hochschule der Künste Berlin, FB Architektur, FG Versorgungsplanung Versorgungstechnik, bei Prof. Dr.Heinrich Tepasse
Seit 1996	selbstständiger Ingenieur: - Promotion, - Wettbewerbe, - städtebauliche Gutachten, - Planung gebäudetechnischer Anlagen.

Torsten Löber, Röntgenstraße 3,
D - 10587 Berlin, loeber@hdk-berlin.de

Die Deutsche Bibliothek Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

Löber, Torsten:
Beitrag zu einer städtebaulich neuorientierten Regenwasserbehandlung in Wohnsiedlungen / Torsten Löber. – Berlin: Lehmanns, 2001

ISBN 3-931253-76-7

© 2001 by Lehmanns Fachbuchhandlungen
Hardenbergstr. 11, D-10623 Berlin
Alle Rechte vorbehalten

Gesamtherstellung: ReproBerlin GmbH, Tel: 030-3152821
Gedruckt auf alterungsbeständigem Papier
Printed in Germany

Internet: http://edocs.tu-berlin.de/diss_hdk/2000/loeber_torsten.pdf

Beitrag zu einer städtebaulich neuorientierten Regenwasserbehandlung in Wohnsiedlungen

Wasserwirtschaftlich-städtebauliche Untersuchung der Aufwandsverteilung bei Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen zwischen dem öffentlichen und privaten Bereich unter Berücksichtigung zunehmend restriktiver Einleitbedingungen in öffentliche Gewässer

vorgelegt von
Dipl.-Ing. Torsten Löber, Berlin

Von der Fakultät Gestaltung, Studiengang Architektur
der Hochschule der Künste Berlin
zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor-Ingenieur

- Dr.-Ing. -

genehmigte Dissertation

Promotionskommission:

Vorsitz: Prof. Dr. Franz-Josef Hilbers, HdK Berlin

Berichter: Prof. Dr. Heinrich Tepasse, HdK Berlin

Prof. Dr. Friedhelm Sieker, Universität Hannover

Tag der wissenschaftlichen Aussprache: 27.07.2000

Berlin 2001

Mein besonderer Dank

für die wertvollen Anregungen zum Thema, für die Unterstützung bei der methodischen Konzeption gilt den beiden Betreuern der Arbeit Prof. Dr. Heinrich Tepasse und Prof. Dr. Friedhelm Sieker.

Bedanken möchte ich mich auch bei allen, die durch ihr Mitwirken zur Entstehung und zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.

Torsten Löber

Inhalt

1. Einführung ... 3

1.1. Problemstellung ... 4

1.2. Untersuchungsziel ... 9

2. Untersuchungsansatz ... 11

2.1. Kriterien ... 11

2.2. Thesen ... 15

2.3. Methode ... 20

3. Wechselwirkungen zwischen Regenentwässerung und Städtebau ... 22

3.1. Die kommunalwirtschaftliche Bedeutung der Regenentwässerung ... 22

3.2. Die Bewirtschaftung des Regenwassers im Siedlungsgebiet ... 24

3.3. Leitbilder der Siedlungsentwicklung ... 26

3.4. Grundstrukturen städtischer Siedlungsgebiete ... 28

3.4.1 Der öffentliche und private Bereich der Siedlungsgebiete ... 30

3.4.2 Die öffentliche Erschließungsstruktur ... 31

3.4.3 Strukturmerkmale der öffentlichen Entwässerungssysteme ... 33

4. Erfahrungen zur oberirdischen Regenentwässerung ... 41

4.1. Städtewachstum und Regenentwässerung am Ende des 19. Jahrhunderts ... 41

4.1.1 Stadterweiterung Charlottenburg nach den Plänen von Bredtschneider um 1900 ... 43

4.2. Die Entwässerungsfrage der Kleinstädte und Siedlungen in der 1. Hälfte des 20. Jh. ... 49

4.2.1 Die Rolle der Regenentwässerung im städtebaulichen Entwerfen von J.Brix u. F.Genzmer ... 49

4.2.2 Die Berücksichtigung der Regenentwässerung in Bebauungsplänen durch E. Genzmer ... 52

4.2.3 Stadterweiterung Charlottenburg in den 1920er und 1930er Jahren ... 56

4.3. Regenentwässerung im Zeichen der 'aufgelockerten' Stadt ... 64

4.3.1 Die Wiederaufnahme der oberirdischen Regenentwässerung durch den Wasserwirtschaftler D.Kehr ... 64

4.3.2 Die Bebauungsplanungen zu Charlottenburg-Nord Ende der 1950er Jahre ... 74

4.4. Regenentwässerung und die neue Urbanität im Städtebau ... 80

4.4.1 Die Stadtgründung Wulfen Anfang der 1960er Jahre ... 80

5. Einflußgrößen auf den städtebaulichen Entwurf einer ökologisch orientierten Regenentwässerung nach dem Trennverfahren ... 103

5.1. Naturräumliche Einflüsse ... 104

5.1.1 Niederschlagscharakteristik ... 105

5.2. Städtebaulich / architektonische Einflüsse ... 111

5.2.1 Der Regenwasserabfluß von Siedlungsflächen ... 112

5.2.2 Der Regenwasserabfluß von den Grundstücken ... 114

5.2.3 Entwässerungskomfort 117
5.3. Entwässerungstechnische Einflüsse 119
5.3.1 Entwässerungssicherheit 120
5.3.2 Rückstauebene 124
5.3.3 Überschwemmungsweg 127
5.3.4 Speicherbewirtschaftung 129
5.3.5 Auswirkungen einer grundstücksbezogenen Abflußspitzenentlastung auf Funktion und Gestaltung der Grundstücksentwässerungsanlagen 139
5.4. Ökologische, ökonomische und ordnungspolitische / ordnungsrechtliche Einflüsse 150
5.4.1 Beschränkungen und Anreize zur Verringerung der RWAbleitung 152
5.4.2 Die wasserrechtliche Einflußnahme auf die RWBewirtschaftung 157
5.4.3 Das Emissions- und Immissionsprinzip bei der Bewirtschaftung der Gewässer 162
5.4.4 Qualitätsdifferenzierte Ver- und Entsorgung 165
5.4.5 Schutz der Umwelt vor wassergebundenen Schadstoffen 176
5.4.6 Der Flächenbedarf für RWBewirtschaftungsmaßnahmen 178

6. Zusammenfassende Empfehlungen zu einer städtebaulich neuorientierten Regenentwässerung in Wohnsiedlungen mit Trennsystem 181

Verzeichnisse
Quellen 197
Abbildungen 209
Tabellen 211
Abkürzungen und Symbole 212
Anhang 1 bis 3 215

1. Einführung

Die Entscheidung für den Ingenieurberuf und die anhaltende Konfrontation mit formalen Beurteilungskriterien bei der Bauplanung, nicht zuletzt durch meine Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fachbereich Architektur der Hochschule der Künste Berlin, führten zu einer Auseinandersetzung mit dem (scheinbar) 'willkürlichen Formalen' der Baukunst und dem (scheinbar) 'einzig Objektiven' der Bautechnik.

Durch meine Arbeit bzw. Mitarbeit an stadttechnischen-städtebaulichen Gutachten, in der Lehre, am Forschungsprojekt "Stadttechnik im Städtebau Berlins 1945-1995" und bei städtebaulichen Wettbewerben habe ich die Erkenntnis gewonnen, daß ganzheitlich optimale Lösungen nur in einem Abwägungsprozeß aus ökologischen, wirtschaftlichen, sozialen, gestalterischen, naturräumlichen und historischen Aspekten im städtebaulichen Entwurfsprozeß entstehen können. Gleichzeitig wurde aber auch die Sensibilität des Entwurfsprozesses gegenüber einseitig überzogenen technischen Forderungen deutlich.

Durch Auflagen wasserwirtschaftlicher Genehmigungsbehörden wird eine umweltschonende Regenentwässerung immer häufiger zum Aspekt städtebaulicher Wettbewerbe und Planungen. Demgegenüber verhalten sich Stadtplaner i.d.R. sehr zurückhaltend und verweisen in diesen Fragen gern auf den 'Sonderfachmann' der Siedlungswasserwirtschaft. So interpretiert, wird eine zukunftsorientierte Regenentwässerung zur bloßen Ausstattungsfrage von Grundstücken und Straßenräumen degradiert. Positive Effekte einer neuorientierten Regenentwässerung wie Stärkung innerstädtischer und öffentlich nutzbarer Grünräume bleiben dadurch weitgehend unbeachtet. Gleichzeitig gelingt es der Siedlungswasserwirtschaft in Bestandsgebieten nur sehr schwer, ohne städtebauliche Eingriffe innerhalb der meist vollständig mit Nutzungen oder Anrechten belegten Siedlungsflächen die vorhandenen Regenwasserableitungssysteme ökologisch anzupassen oder umzubauen.

Aus diesen Erkenntnissen heraus erscheint eine *strukturelle* Betrachtung ökologisch orientierter Bewirtschaftungsmaßnahmen des Regenwasserabflusses längst überfällig.

Die vorliegende Arbeit wendet sich vor allem an Stadt- und Freiraumplaner sowie an Architekten. Sie soll die entwässerungstechnische Relevanz bestimmter Entwurfsentscheidungen verdeutlichen und damit eine Einbeziehung entwässerungstechnischer Belange in den städtebaulichen und architektonischen Entwurfsprozeß provozieren. Darüber hinaus wendet sich die Arbeit an den mit generellen Planungsaufgaben der städtischen Wasserver- und -entsorgung betrauten Ingenieur. Anliegen ist hierbei, Ingenieuren städtebauliche Aspekte auf den Ebenen Grundstück und Stadt im Zusammenhang mit einer ökologisch orientierten Regenwasserbewirtschaftung vorzustellen, damit sie regenentwässerungstechnische Belange im Zuge städtebaulicher Planungen wirksamer vertreten können.

Die in der Arbeit gemachten Empfehlungen bezüglich einer neuorientierten RWEntsorgung sollen die Diskussion über Ziele, Prinzipien und Realisierungsphasen einer ökologisch orientierten RWBewirtschaftung zwischen Stadtplanung und Siedlungswasserwirtschaft anregen.

1.1. Problemstellung

Die konventionelle Regenwasserableitung

Vor etwa 150 Jahren begann man unter dem Eindruck der sich rasant entwickelnden Städte mit der systematischen Verrohrung des bis dahin weitgehend oberirdischen Ableitungssystems für Regenwasser [Pfeiff,1988,55]. Diese Entwicklung, welche anfangs nur den Großstädten galt, erreichte in den 60er und 70er Jahren unseres Jahrhunderts ihren Höhepunkt, als man auch in offenen Siedlungsstrukturen großzügig Freiflächen versiegelte und leistungsstarke Kanalsysteme für die Ableitung des anfallenden Regenwassers (RW) installierte.

In Deutschland sind heute 1/3 der Kanalisationsanlagen als Trennsystem und 2/3 als Mischsystem konzipiert. Historische Einflüsse bei der Wahl des Entwässerungssystems, wie z.B. in Berlin, treten neben territorialen Einflüssen (Topographie, Tradition) in den Hintergrund. Bis heute werden im norddeutschen Flachland Trennsysteme und in Süddeutschland Mischsysteme bevorzugt. Eine grundsätzliche Überlegenheit eines der beiden Systeme ist auch unter heutigen Bedingungen nicht festzustellen [Brombach,1992].

Neben der öffentlichen Kanalisation, die sich heute noch mehrheitlich im Eigentum der Kommunen befindet, sind die privaten, grundstücksbezogenen Entwässerungsanlagen zu berücksichtigen. Bezogen auf die Gesamtlänge der Kanalisationssysteme kann der Anteil privater Kanäle mit 2/3 beziffert werden [Reidenbach,1988,493] [Pecher,1990a].

Beim Mischsystem werden das häusliche, gewerbliche und industrielle Schmutzwasser (SW), Fremdwasser und der Regenwasserabfluß gemeinsam in einem Abwasserkanal abgeleitet. Über diesen sogenannten Mischwasserkanal gelangen bei Trockenwetter sämtliche Abwässer zur Kläranlage, werden dort gereinigt und über einen größeren Vorfluter aus dem Siedlungsgebiet herausgeleitet. Da aus ökonomischen Gründen die Kapazität wesentlicher Bereiche der Entwässerungsanlage begrenzt werden muß, wird bei Regen nach Erreichen einer vorher festgelegten kritischen Regenspende (r_{krit}) ein Teil dieses Mischwassers (MW) ungereinigt über Regenüberläufe oder vorgereinigt über Regenüberlaufbecken in das Vorflutgewässer geleitet. Nach Sieker [1995a,122] wird dieser Zustand im Durchschnitt ca. 15 mal pro Jahr erreicht. Als Vorteile gegenüber dem Trennsystem gelten hauptsächlich:
- geringerer Platzbedarf im unterirdischen Straßenraum (nur 1 Kanal);
- weniger Grundstücksanschlüsse;
- keine Fehlanschlüsse (z.B. Schmutzwasseranschlußleitung an Regenwasserkanal);
- abgespülte Schmutzstoffe werden bei schwächerem Regen nicht direkt in die Vorfluter geleitet;
- geringere Länge des Kanalnetzes;
- meist geringere Anlagenkosten gegenüber Trennsystem [ATV,1994,305] [Bretschneider,1993,867].

Beim Trennsystem wird das häusliche, gewerbliche und industrielle Schmutzwasser sowie das Fremdwasser über den Schmutzwasserkanal, der RWAbfluß und gezielt eingeleitetes Fremdwasser über den RWKanal abgeleitet. Die Schmutzwasserkanäle werden zur Kläranlage, die RWKanäle auf dem kürzesten Weg zum nächsten Vorflutgewässer geführt. Als wesentliche Vorteile gegenüber dem Mischsystem gelten:
- keine nachteilige Verdünnung des Schmutzwassers durch Regenwasser oder gezielt eingeleitetes Fremdwasser;
- geringere Anlagenkapazitäten bei Pumpwerken, Druckrohrleitungen und Abwasserreinigungsanlagen;
- aufgrund kleinerer Kanalabmessungen höhere Schleppkraft gegenüber absatzfähigen Inhaltsstoffen;
- höhere Sicherheit im Gebäudebereich gegenüber Rückstau in der Kanalisation;

- differenzierte Behandlung der RWAbflüsse möglich;
- meist geringere Betriebskosten gegenüber Mischsystem [ATV,1994,305] [Bretschneider,1993,867].

Bezogen auf das Entwässerungssystem einer Stadt ist die RWAbleitung i.d.R. bestimmend für die Größe der Anlagen*kapazitäten*, dagegen die SWAbleitung für die Größe der abzuleitenden Abwasser*menge*.

Nachteile der konventionellen RWAbleitung

Im Zuge der wachsenden Sensibilität der Bevölkerung gegenüber Umweltschäden ist auch die konventionelle Regenentwässerung Ende der 1970er Jahre ins Blickfeld der Kritik geraten. Waren anfangs die Gesichtspunkte verminderte Grundwasserneubildung und (verschärfter) Hochwasserabfluß in den natürlichen Gewässern für Forderungen nach Neuorientierung bei der Regenentwässerung ausschlaggebend, so kamen später die Aspekte Gewässerverschmutzung und Kostenreduzierung beim Bau bzw. bei der Sanierung von Kanalnetzen hinzu.

Heute wird die konventionelle Regenentwässerung bebauter Flächen über eine unterirdische Kanalisation für hohe Grundwasserflurabstände, eine stark schwankende Wasserführung der Gewässer und stoßartige Schadstoffeinleitungen verantwortlich gemacht. Für jeden sichtbar und fühlbar werden diese Folgen bei Hochwasserereignissen, dem sommerlichen Fischsterben nach einem Starkregenereignis oder der Überhitzung der Stadt durch verminderte Verdunstungskühlung im Sommer.

Aber auch aus anlagentechnischer Sicht stößt eine konventionelle RWAbleitung immer öfter an ihre Grenzen. Die Kanalsysteme, meist für geringere Versiegelungsgrade bzw. kleinere Einzugsgebiete konzipiert, sind heute überwiegend ausgelastet oder überlastet. Das hat zur Folge, daß zusätzlich anfallender RWAbfluß (z.B. im Zusammenhang mit städtebaulichen Entwicklungsmaßnahmen) oft nur durch Kapazitätserweiterung großer Abschnitte des Ableitsystems abgeführt werden kann. Periphere Stadterweiterungen würden dann häufig besonders kostspielige und unwirtschaftliche Zubauten an den zwischen Hauptvorflutgewässer und Stadterweiterungsgebiet liegenden innerstädtischen Systemabschnitten erfordern.

Vor dem Hintergrund der sich verschärfenden Gewässerschutzbestimmungen und der beachtlichen Fortschritte bei der Schadstoffentlastung der Kläranlagenabläufe bei Trockenwetter durch moderne Abwasserreinigungstechnologien gewinnen regenwasserbedingte Gewässerbelastungen zunehmend an Bedeutung [Krauth,1992,13].

Betrachtet man bei einer Mischkanalisation das Gesamtsystem aus MWAbleitung, MWEntlastung in das Vorflutgewässer (Regenüberlauf, ggf. mit Vorreinigung), MWReinigung (Kläranlage) und Klarwasserablauf von der Kläranlage in das Vorflutgewässer, so zeigt sich, daß ein Kapazitätsausbau der Kanalisation mit dem Ziel, weniger oder nur geringer verschmutztes Mischwasser bei Starkregen unter Umgehung der Kläranlage in das Vorflutgewässer 'abzuschlagen', nicht den bisher angenommenen Erfolg hat. Infolge einer verminderten Reinigungsleistung der Kläranlage durch den hohen RWAnteil wird dem Vorfluter über erhöhte Konzentrationswerte des Klarwasserablaufs zeitverzögert ein Großteil der Schmutzfracht zugeführt, welche vorher über die Regenüberläufe eingeleitet worden wäre [Sieker, 1988a,544] [Sieker,1995a,122]. Eine bessere Anpassung der Abwasserreinigung an die Belastungsstöße infolge größerer Niederschlagsereignisse ist technologisch und ökonomisch sehr aufwendig.

Aber auch beim Trennsystem können je nach dem Verschmutzungsgrad der abflußliefernden Flächen, den Straßenreinigungszyklen und der Niederschlagshäufigkeit Belastungswerte im RWAbfluß erreicht werden, die deutlich über dem Schwellenwert für Abgabefreiheit nach dem Abwasserabgabengesetz

liegen [Sieker,1988a,544] [Grottker,1991]. Erschwerend kommt beim Trennsystem hinzu, daß durch die Vielzahl der RWEinleitstellen eine Einleitüberwachung oder RWReinigung mit den konventionellen 'end of pipe'-Verfahren kaum möglich sein wird.

Der in der Siedlungswasserwirtschaft bislang geltende Grundsatz "... Schmutz- und Niederschlagswasser schnell zusammenzuführen, betriebssicher und gefahrlos abzuleiten ..." [Bischof,1989,1] ist heute bei der Regenentwässerung aus ökologischen und ökonomischen Gründen zu hinterfragen. An die Stelle der schnellen und umfassenden Ableitung muß in Zukunft eine weitgehend örtliche Aufbereitung und Eingliederung des RWAbflusses von befestigten Siedlungsflächen in den natürlichen Wasserkreislauf treten.

In den letzten Jahren ist ein rasanter Anstieg der Entwässerungsgebühren zu beobachten. Die angespannte Haushaltslage der öffentlichen Hand und der damit einhergehende Wegfall von Subventionen für den Abwasserbereich sowie ein wachsender Instandhaltungsbedarf für die Kanalisation werden diesen Trend noch verstärken. Damit wird Abwasser, und zukünftig in noch stärkerem Maße der Anteil Regenwasser, zum Gegenstand privat-, betriebs- und stadtwirtschaftlicher Optimierungen werden.

Dabei ist zu beachten, daß auch im Städtebau bedeutende Veränderungen stattfinden. An die Stelle des Staates oder der Kommune tritt heute verstärkt der private Investor, der seine Entscheidungen an die kurz- bis mittelfristig zu erreichende Rendite bindet. Damit einhergehend entfernt sich die kommunale Stadtplanung von ihrem Ethos aus der Wiederaufbauzeit unter dem Motto 'Stadt weitgehend vorzuplanen', indem sie Planungsentscheidungen in wachsendem Maße privaten Investoren überläßt.

Umweltschonende Regenwasserentsorgung

Um die anthropogenen Einflüsse auf den Wasserhaushalt in Siedlungsgebieten minimieren zu können, sind zwei Aspekte zu betrachten. Zum einen die *Minimierung des Entwässerungsbedarfs* besiedelter Flächen (RW-Abflußvermeidung) und andererseits die möglichst *naturnahe Wiedereingliederung* des unvermeidbaren RWAbflusses in den natürlichen Wasserkreislauf (umweltschonende RWEntsorgung). Beide Aspekte stehen in wechselseitigen Beziehungen zueinander. So werden Aufwendungen für eine umweltschonende RWEntsorgung von der Größe des zu bewältigenden RWAbflusses beeinflußt, und umgekehrt wird der Druck zur Umsetzung abflußvermeidender Maßnahmen von den Aufwendungen bei der RWEntsorgung bestimmt.

Zu den abflußvermeidenden Maßnahmen zählen:
- Reduzierung der befestigten Flächen;
- Einsatz von wasserdurchlässigen Flächenbefestigungen;
- Begrünung versiegelter Flächen (z.B. Dächer, Tiefgaragen).

Eine umweltschonende RWEntsorgung haben dagegen folgende Maßnahmen zum Ziel:
- Entwässerungstechnische RWVersickerung;
- Bau von Regenbecken, Wirbelabscheidern [Brombach,1995], Stauweihern und Bodenfilteranlagen;
- Steuerung des Abflußverhaltens der Kanalnetze auf der Grundlage von Wetterprognosen [Pfister, 1995];
- Filtration des RWAbflusses unter Einsatz von Chemikalien [Heinzmann,1995].

Dabei sind die aufgeführten Maßnahmen zur umweltschonenden RWEntsorgung nicht isoliert von einander zu sehen. Je nach konkreter Ausbildung der Anlagen variieren Unterschiede und Gemeinsamkeiten in der wasserwirtschaftlichen Wirkung und dem äußeren Erscheinungsbild. Ohne den Zusammenhang zwischen RWAbflußvermeidung und umweltschonender RWEntsorgung aus den Augen zu verlie-

ren, und ohne die Bedeutung abflußvermeidender Maßnahmen zu schmälern, steht im Mittelpunkt der vorliegenden Arbeit die umweltschonende RWEntsorgung.

Im Unterschied zu den ausschließlich dezentral wirkenden abflußvermeidenden Maßnahmen werden heute im wesentlichen zwei Wege verfolgt, um die Umweltverträglichkeit der Regenentsorgung zu verbessern: Zum einen die dezentrale und naturnahe Versickerung des Regenwassers auf den Grundstücken (privat), zum anderen eine mehr oder weniger zentrale und technische Behandlung des RWAbflusses in Anlagen der Kanalisation oder Kläranlage (öffentlich). Die entwässerungstechnische Versickerung, dezentral oder zentral organisiert, erhält dabei perspektivisch eine Schlüsselposition.

Entwässerungstechnische Versickerung des RWAbflusses

Eine Antwort auf die beschriebenen Nachteile der konventionellen RWAbleitung gibt die seit Anfang der 1980er Jahre erfolgte Rückbesinnung auf die Möglichkeit, Regenabflüsse an Ort und Stelle zu versickern. Wesentlicher Vorteil dieser oberirdischen, dezentralen und naturnahen RWVersickerung im Vergleich zu anderen RW-Behandlungsverfahren ist, daß sie dem ökologischen Ziel, den natürlichen Wasserkreislauf möglichst wenig zu beeinflussen, am nächsten kommt. Ihr Nachteil und gleichzeitig begrenzender Faktor ist der hohe spezifische Flächenbedarf in Abhängigkeit von den Bodenverhältnissen in unmittelbarer Nähe der abflußliefernden Flächen. Um diesem Nachteil zu begegnen, wurden seitdem umfangreiche Forschungen und Entwicklungen vorgenommen. Eine Reihe dieser entwässerungstechnisch gestützten Versickerungsverfahren für Niederschlagswasser verkörpern heute bereits den 'Stand der Technik'.

Die RWVersickerungsverfahren lassen sich in oberirdische und unterirdische Verfahren unterteilen. Oberirdische Verfahren (z.B. Flächen- und Muldenversickerung, Mulden-Rigolen-Kombinationen, Sickerbecken und Bodenfilter) sind dadurch gekennzeichnet, daß der RWAbfluß gut kontrollierbar, in der Abflußintensität gedämpft und durch eine relativ große und belebte Bodenpassage gereinigt wird. Bei den unterirdischen Versickerungsverfahren (z.B. Schacht- und Rohrversickerung) ist die Größe und biologische Aktivität der Bodenpassage und damit das Reinigungspotential gegenüber Schadstoffen im RWAbfluß wesentlich geringer. Die Funktion insbesondere bei vernetzten Anlagen läßt sich nur schwer kontrollieren, gegenüber Schadstoffeintrag in den Grundwasserleiter besteht ein erhöhtes Risikopotential. Je nach Bodenbeschaffenheit wird bei der entwässerungstechnischen Versickerung die Gesamtmenge oder ein wesentlicher Teil des RWAbflusses dem Grundwasser zugeführt.

Die Bewirtschaftung der Niederschlagsabflüsse im Siedlungsgebiet

Bei einer städtebaulichen Dichte und Bodenbedingungen, die eine vollständige RWVersickerung auf den Grundstücken flächendeckend gestattet, ist eine dezentrale und naturnahe RWVersickerung aus ökologischen und ökonomischen Gründen vorzuziehen, da ein übergeordnetes RWAbleitungssystem entfallen kann. In den überwiegenden Fällen aber ist eine Vernetzung der Versickerungs - und Rückhalteanlagen über ein Vorflutsystem erforderlich, um Flächenpotentiale für die RWBehandlung effektiv nutzen und seltene Starkregenereignisse schadensarm bewältigen zu können. Damit stellt sich die Frage, welche RWBehandlungsmaßnahmen an welcher Stelle im Entwässerungssystem und in welchem Umfang insbesondere unter ökologischen und städtebaulichen sowie unter Kostengesichtspunkten *langfristig* sinnvoll sind.

Für eine ökologisch nachhaltige Weiterentwicklung der heute in unseren Städten vorhandenen Regenentwässerungs*systeme* fehlen grundlegende Konzepte. Darüber hinaus wurde bisher die aus einer veränderten RWBewirtschaftungsstrategie resultierenden Anforderungen an die städtische *Infrastruk-*

tur nur ungenügend untersucht und diskutiert. Diese Untersuchungen sind aber Voraussetzung, um unter gesamtstädtischer Sicht langfristig, d.h. bei einem Betrachtungszeitraum bis zum Jahr 2030 und länger, tragfähige RWEntsorgungsstrukturen entwickeln zu können.

Die von den Kommunen bestellten Wasserentsorgungsunternehmen (WEU) sehen den Schwerpunkt ihrer Aktivitäten bezüglich einer umweltorientierten RWBehandlung eindeutig im technischen Bereich. Dazu zählen eine verbesserte Ausnutzung des Kanalstauraums zur RW-Abflußdämpfung sowie der Bau von Regenbecken, Wirbelabscheidern und Filtrationsanlagen zur RW-Abflußdämpfung und -reinigung.

Im Bereich naturnaher RWBehandlung verhalten sich die WEU zurückhaltend. Dies führt z.B. in Berlin dazu, daß nach den Vorstellungen der Berliner Wasser Betriebe (BWB) als WEU die Kommune selbst (Grünflächenamt, Tiefbauamt) oder ein von ihr beauftragtes Unternehmen (ähnlich den Wasser- und Bodenverbänden) den Betrieb und die Unterhaltung der Rinnen, Mulden, Gräben etc. übernehmen soll. Der Stadt Berlin gelingt es trotz vielfältiger Bemühungen nicht, die Bewirtschaftung naturnah gestalteter RWEntsorgungssysteme den BWB *vollständig* zu übertragen. Es liegt der Verdacht nahe, daß aus Sicht der BWB weitgehend oberirdische Regenentwässerungssysteme mittelfristig nicht (betriebs-)wirtschaftlich zu betreiben sind.

Die Kommunen ihrerseits versuchen, bei neuen Städtebauvorhaben über Auflagen die Entsorgung grundstücksbezogener RWAbflüsse weitgehend zu vermeiden. Das führt u.U. so weit, daß kein öffentliches Regenentwässerungssystem zum Anschluß für die Grundstücke mehr vorgesehen wird. Gleichzeitig wird die Existenz eines (Not-)Entwässerungsweges für grundstücksbezogene RWAbflüsse über die Straße oft zur Glücksache. Da der Notabflußweg bei der konventionellen Regenentwässerung verfahrensbedingt vorhanden ist und bei einer oberirdischen Regenentwässerung auf dem Grundstück vom Betreiber der Straßenentwässerung eine Überleitung 'gewöhnlicher' Regenabflüsse über diesen befürchtet wird, erhält der Notabflußweg für die Regenentwässerung der Grundstücke von der Stadtplanung bei der Festlegung der Baugelände- und Straßenhöhen oft nicht die notwendige Beachtung.

Im Gegensatz zum öffentlichen WEU verfügen die Grundstücksinhaber kaum über wasserwirtschaftlich relevantes Wissen, der Grundstücksbereich ist nur sehr eingeschränkt zugänglich und in einer Vielzahl unterschiedlicher Eigentümer aufgeteilt. Von seiten der WEU und Kommune wird deshalb vorgeschlagen, daß Grundstückseigentümer von untereinander vernetzten RWVersickerungsanlagen privatrechtliche Vereinbarungen eingehen, um Ansprüche untereinander rechtlich abzusichern und um die Funktion der Anlage in geeigneter Form zu gewährleisten. Daß die Kommune sich dabei von einem wesentlichen Stück ihres historischen Selbstverständnisses als Initiator und Manager städtischer Dienstleistungen entfernt, wurde bisher in diesem Zusammenhang noch nicht gesehen.

Diese Arbeit wird deshalb städtebauliche, wirtschaftliche und entwässerungstechnische Probleme im Zusammenhang mit einer neuorientierten RWEntsorgung darstellen sowie Alternativen und Empfehlungen für Stadtplanung und Siedlungswasserwirtschaft aus der Sicht der Stadttechnik formulieren. Die Verteilung des Aufwandes für RWBewirtschaftungsmaßnahmen auf öffentliche und private Bereiche wird dabei eine besondere Rolle spielen. Am Beispiel ausgewählter Wohnsiedlungen werden unterschiedliche Entwässerungs*prinzipien* und -*strukturen* dargestellt und einer kritischen Würdigung unterzogen. Eine unvernetzte, vollständig dezentrale RWEntsorgung auf dem Grundstück ist *nicht* Gegenstand der vorliegenden Arbeit.

1.2. Untersuchungsziel

In der Siedlungswasserwirtschaft wird die Notwendigkeit eines umweltschonenderen Umgangs mit Regenwasser und die besondere Bedeutung der RWVersickerung nicht mehr in Frage gestellt. Zahlreiche wissenschaftliche Arbeiten und technische Vorschriften bilden heute die Grundlage für eine hohe Planungssicherheit bei der Anwendung entwässerungstechnischer Versickerungsverfahren.

Den Schwerpunkt innerhalb der wissenschaftlichen Fachdiskussion zu einer zukunftsorientierten RWEntsorgung bildet dabei derzeit die naturnahe und dezentrale RWVersickerung auf den einzelnen Grundstücken. Demgegenüber geraten stadtteilbezogene RWBewirtschaftungskonzepte in den Hintergrund.

Städtebaulichen Aspekten werden bei der Entwicklung von umweltschonenden Regenentwässerungskonzepten, insbesondere bei verdichteten Bebauungsformen, zu wenig Aufmerksamkeit geschenkt. Folgen davon sind:

- eine dem Grundanliegen nicht gerecht werdende Zurückhaltung von Kommune, WEU oder Investor beim Aufbau einer umweltschonenden RWEntsorgung;
- die ungenügende Berücksichtigung entwässerungstechnischer Belange in städtebaulichen Entwürfen durch Architekten und Planer;
- eine mangelhafte Akzeptanz grundstücksbezogener oberirdischer Versickerungsanlagen durch die Grundstückseigentümer bzw. -besitzer;
- eine hohe Anzahl unterirdischer Versickerungsanlagen.

Als Gründe für die geringe Übernahme neuer RWBewirtschaftungsaufgaben durch den öffentlichen Bereich können gelten:

- die Nähe der dezentralen RWVersickerung zum natürlichen Versickerungsprozeß;
- ein starker Verwertungsdruck auf die Bruttobaulandfläche;
- Unsicherheiten bezüglich der späteren Bebauung (marktorientierte Umsetzung einer Angebotsplanung);
- Verlust des Kostenvorteils gegenüber einer konventionellen RWKanalisation bei vernetzten RWVersickerungsanlagen unter den gegenwärtigen ökonomischen Bedingungen;
- der starke stadträumliche Einfluß naturnaher Regenentwässerungsverfahren;
- zusätzliche Planungsbindungen für den Städtebau;
- das Fehlen einheitlicher Festlegungen über die im Stadtquartier im Zusammenhang mit der Regenentwässerung zu erreichenden ökologischen Ziele;
- das Fehlen einer monetären Bewertung der Umweltbelastung infolge der Regenentwässerung;
- das Vorhandensein öffentlicher Entwässerungskapazitäten
- das Fehlen öffentlicher Haushaltsmittel.

Von den Ingenieuren wird vielfach die gestalterische Relevanz ihrer Vorschläge und Forderungen zu einer ökologisch orientierten RWBewirtschaftung unterschätzt. Das hat zur Folge, daß bei Neubauvorhaben ökologisch orientierte Regenentwässerungsprinzipien von Architekten und Stadtplanern immer noch zu wenig aufgenommen werden. Demgegenüber nehmen die Ingenieure Gegebenheiten im städtebaulichen Bestand hin, ohne die Notwendigkeit von Vorschlägen für einen langfristigen entwässerungstechnischen Umbau zu sehen (z.B. [Uhl,1995,149]).

Der Stadtplanung als übergeordnete, die Fachdisziplinen verbindende Instanz ist der 'konzeptionelle Blick' bei der Regenentwässerung weitgehend verlorengegangen. Dieses Defizit zeigt sich darin, daß es der Stadtplanung selten gelingt, im Rahmen des städtebaulichen Entwurfsprozesses eine stadtwirtschaftlich effektive Kombination unterschiedlicher Flächenansprüche (z.B.: Erholung und RWEntsor-

gung) verschiedener Teildisziplinen (z.B.: Freiraumplanung und Siedlungswasserwirtschaft) zu problematisieren und umzusetzen. Im Gegensatz zu frühen Diskussionen über die Wichtigkeit und gestalterische Einordnung von kleinen Vorflutgewässern (so z.B. durch J. Brix und E. Genzmer - Anfang des 20.Jh.) wird deren Rolle im Rahmen eines ökologisch orientierten Umbaus der städtischen RWEntsorgung seitens der Stadtplanung nicht problematisiert.

Ziel dieser Arbeit ist es deshalb,

(1.) städtebauliche Probleme im Zusammenhang mit dem langfristig notwendigen ökologischen Umbau der RWEntsorgung darzustellen;

(2.) stadtstrukturelle und stadtwirtschaftliche Hintergründe dieser Probleme aufzudecken;

(3.) unter Berücksichtigung stadtwirtschaftlicher, -struktureller und -ökologischer Erfordernisse Empfehlungen für die Stadtplanung und für die RWBewirtschaftung abzuleiten;

(4.) eine Diskussion über Ziele, Zeithorizonte und Prinzipien einer ökologisch orientierten RWBewirtschaftung zwischen Stadtplanung und Siedlungswasserwirtschaft anzuregen;

Im Kontext dieser Ziele gelten den Aspekten minimaler Entsorgungsaufwand, stadtbaukünstlerische Entwurfsfreiheit, Unabhängigkeit der Parzelle und der 'Stadt als Dienstleistungseinrichtung' auf der Grundlage eines neuen stadtökologischen Verständnisses meine besondere Aufmerksamkeit.

Die Arbeit ist in sechs Kapitel gegliedert. Nachdem das erste Kapitel einen Überblick über die Problemstellung und das Untersuchungsziel gegeben hat, wird im zweiten Kapitel der Untersuchungsansatz beschrieben. Er dient der Klärung der Gesichtspunkte, unter denen die Untersuchung vorgenommen wurde, macht bekannt mit den Untersuchungsthesen und beschreibt die Untersuchungsmethode. Daran anschließend werden im Kapitel 3 grundlegende Wechselbeziehungen zwischen Regenentwässerung und Städtebau dargestellt. Die Ausführungen sollen für städtebauliche Zusammenhänge bei der Niederschlagsentwässerung von Siedlungsflächen sensibilisieren, um bei der anschließenden Darstellung von Beispielen zur Stadtentwicklung (Kapitel 4) die Relevanz bestimmter Vorgänge und Erscheinungen besser erkennen zu können. Mit dem Wissen aus der Beispielsammlung zu städtebaulichen Planungen bzw. Entwicklungen im Zusammmenhang mit der Regenentwässerung werden Einflußgrößen auf den städtebaulichen Entwurf einer ökologisch orientierten Regenentwässerung abgeleitet und im Kapitel 5 analysiert. Die Einflußgrößen lassen sich dabei einteilen in: naturräumliche, städtebaulich / architektonische, entwässerungstechnische, ökologische und ökonomische Faktoren. Das Kapitel 6 formuliert abschließend Empfehlungen zu einer städtebaulich neuorientierten Regenentwässerung in Wohnsiedlungen mit Trennsystem.

2. Untersuchungsansatz

2.1. Kriterien

Der Untersuchung zur Aufwandsverteilung bei RW-Bewirtschaftungsmaßnahmen zwischen öffentlichen und privaten Bereichen liegen folgende Kriterien zugrunde:

(1) Ökologisch zukunftsfähige Entwässerungsstrukturen

Eines der wichtigsten Ziele des Städtebaus wird zukünftig der haushälterische Umgang mit Ressourcen sein. Vor dem Hintergrund eines steigenden Wirtschafts- und Bevölkerungswachstums in den Ländern der 'Dritten Welt' und einer wachsenden globalen Umweltbedrohung wird deutlich, daß die Städte und Siedlungen, so wie wir sie heute in den Industriestaaten vorfinden, als globales Entwicklungsmodell revisionsbedürftig sind [BUND,1997] [Sieverts,1998,51].

Die Diskrepanz zwischen dem Wissen um ressourcensparende Technologien und dem massenhaften Einsatz entsprechender Techniken wird größer. Hier können und müssen die *Industriestaaten* Lösungen entwickeln, welche eine globale Entwicklung des Lebensstandards ermöglichen. Das Verteidigen des eigenen, uneffizienten Ressourcengebrauchs und gleichzeitige Beschränkenwollen der 'Entwicklungsländer', wie auf den beiden letzten Weltklimakonferenzen deutlich wurde, weist einen falschen Weg.

Um zukunftsfähige Stadtmodelle zu entwickeln, sind radikalere Konzepte als bisher notwendig. Sie müssen vorbereitet werden durch eine lebendige Auseinandersetzung um städtebauliche Leitbilder, durch die Entwicklung weitgehend variabel anwendbarer Systembausteine der einzelnen Städtebaudisziplinen für die 'Stadt von morgen' und durch eine stärkere ökonomische Bewertung der Ressourcen.

In den traditionellen Industriestaaten wird umweltverträgliche Stadtentwicklung im wesentlichen Stadt*umbau* bedeuten. Aufgrund stagnierender Bevölkerungszahlen, innerstädtischer Industriebrachen und einer entwickelten Infrastruktur geht es primär um ein Neuordnen, Verdichten, Entflechten und Neuknüpfen von Funktionszuweisungen für Siedlungsräume. Die Siedlungswasserwirtschaft als eine Disziplin des Städtebaus hat dabei einen wesentlichen Beitrag zu leisten. Die lebensnotwendige Rolle des Wassers hat schon früh das Engangement der sich herausbildenden Bürgerschaft für eine planmäßige Bewirtschaftung der Ressource Wasser herausgefordert. Der frühzeitigen, konzeptionell weitsichtigen und technisch hochwertigen Ausführung sowie der Tatsache, daß die Stadtentwässerungsanlagen unter kommunaler Obhut stehen, ist es nicht unwesentlich zu verdanken, daß die Städte bei hohen Einwohnerdichten bis heute "funktionieren". So stellen die vorhandenen Entwässerungsanlagen einerseits durch ihre Kapitalintensität sowie durch ihre Funktion einen hohen stadtwirtschaftlichen Wert dar, andererseits beruhen sie auf städtebaulichen Grundvoraussetzungen, welche heute nicht mehr zu akzeptieren sind.

Wir nutzen heute in der Siedlungswasserwirtschaft Grundprinzipien der Wasserver- und -entsorgung, welche bezogen auf die gesellschaftlichen Bedingungen vor ca. 100 Jahren zukunftsweisend waren. Gemeint ist das Schwemmprinzip bei flüssigen Abfallstoffen, eine weitgehend bedarfsundifferenzierte Ver- und Entsorgungsleistung und die Zentralität der Systeme.

Für die weiteren Untersuchungen gilt es deshalb, sich mit der notwendigen Radikalität von alten, ökologisch nachteiligen wasserwirtschaftlichen Leitbildern zu lösen, unter Einbeziehung vorhandener wasserwirtschaftlicher Infrastrukturen. Dieser gedankliche Spagat kann nur gelingen, indem beide Struktu-

ren dargestellt und anschließend überlagert werden. Aus dieser Überlagerung sind dann Prioritäten für den ökologisch notwendigen Umbau des städtischen RWEntsorgungssystems abzuleiten.

(2) Entwässerungsprinzip mit hoher Allgemeingültigkeit

Kaum ein anderes Metier ist anfälliger für Moden und Ideologien wie Städtebau und Architektur. In der Regel ließen gesellschaftliche Brüche und Mißstände beim Gebrauch des 'Alten' neue Leitbilder entstehen. So entstanden nach dem 2. Weltkrieg städtebauliche Leitbilder, welche mit Begriffen wie 'gegliederte und aufgelockerte Stadt' und 'Urbanität durch Dichte' markiert werden können. Allen gemeinsam ist der Anspruch, *die* zweckmäßige Siedlungsform gefunden zu haben, welche gleichzeitig Defizite im Wohnsiedlungsbau vergangener Epochen vermeidet und zukünftige Bedürfnisse der Menschen hinreichend berücksichtigt. Trotz punktueller Qualitäten haben Städtebau und Architektur dieser Leitbilder nicht das halten können, was sie an Lösungen versprochen haben.

Neben diesem, auf wechselnden Leitbildern beruhenden, Städtebau entwickelte sich, von Stadtplanern und Architekten weitgehend ignoriert, die 'diffuse' Stadt. Dies ist ein Städtebau, der das Resultat von rationalen Einzelentscheidungen von Eigenheimbauern, Betrieben und Handelsketten ist und in den Landgemeinden zwischen den alten Städten entstand.

Wenn heute von Stadt die Rede ist, so ist dies kein einheitliches Gebilde, sondern ein verflochtenes Konglomerat unterschiedlichster Bebauungsformen. *Die ökologische Stadt* wird es auch in Zukunft nicht geben, weil eine primär ökologische Optimierung unserer Umwelt der Komplexität des menschlichen Lebens nicht gerecht wird. Ein entsprechendes Leitbild ist deshalb wenig hilfreich. Aus ökologischen und ökonomischen Gründen besteht eine wesentliche Aufgabe unserer Gesellschaft zukünftig darin, bestehende Siedlungsräume durch Umbau und Entwicklung an veränderte gesellschaftliche Bedingungen anzupassen. Nach Curdes und Sieverts ist es deshalb an der Zeit, die grundlegende Struktur von Städten zu überdenken [Curdes,1997,VIII] [Sieverts,1998]. Damit stellt sich u.a. die Frage, inwieweit eine ökologisch orientierte Regenentwässerung stadtstrukturell bedeutsam ist, und inwieweit diese Strukturen neue Bindungen im Städtebau rechtfertigen.

Für die Stadtplanung besteht die Aufgabe, langfristig tragfähige Ver- und Entsorgungsstrukturen zu entwickeln, welche weitgehend *unabhängig* von konkreten Bebauungsformen sind. Der heutige Gegensatz zwischen einer höheren städtebaulichen Dichte als Voraussetzung für eine effiziente Bereitstellung von Ver- und Entsorgungsleistungen und einer niedrigen Dichte als Voraussetzung zur Nutzung von lokalen Umweltpotentialen ist durch städtebaulich angemessene Dichten und angepaßte stadttechnische Systeme zu lösen.

(3) Dauerhafte Bereitstellung öffentlich nutzbarer und preisgünstiger Entsorgungsleistungen

Das öffentliche Straßennetz als Verkehrs- und technische Infrastrukturtrasse garantiert dauerhaft die Erschließung jeder Parzelle. Die Vorhaltung dieses Erschließungssystems mit Kapazitäten und Medien gestattet eine variable, sichere, größtmögliche und stadtverträgliche Nutzung der städtischen Grundstücke. Die Bündelung der (Ver- und Entsorgungs-)Bedürfnisse über die stadttechnischen Netze ermöglicht deren kostengünstige Befriedigung. Damit ist die Qualität der öffentlichen Erschließung ein wertbildender Faktor für die Grundstücke.

Nachdem die Grundstückseigentümer in den Anfängen der Großstadtentwicklung vergeblich versuchten, die Entwässerung in Eigenregie sicherzustellen, erfolgte die Entsorgung des auf den Grundstü-

cken anfallenden Regenwassers bislang in der Verantwortung der Kommune. Die Stadtentwässerung gehört somit zum klassischen Bereich der materiellen Infrastruktur.

Neuerdings wird an die Grundstückseigentümer bei Stadterweiterungen vermehrt die Forderung gestellt, die RWEntsorgung weitgehend selbst zu übernehmen. Das öffentliche RW-Entsorgungssystem soll im wesentlichen der Entwässerung des öffentlichen Straßenlandes vorbehalten bleiben. So wurden auch die gesetzlichen Grundlagen für Regelungen zum Anschluß*recht* und zum Anschluß- und Benutzungs*zwang* einer öffentlichen Regenentwässerungsanlage mit der Novellierung des Landeswassergesetzes von Nordrhein-Westfalen 1995 in Richtung dezentraler und privater RWEntsorgung geändert. Dies ermöglicht eine einfache, verursachergerechte und direkte Zuordnung wesentlicher Anteile des regenentwässerungstechnischen Aufwandes und erschließt effektiv grundstücksbezogene RWBewirtschaftungspotentiale, die Wirksamkeit bleibt jedoch auf Stadterweiterungen beschränkt. Eine dezentralisierte und in vielen Händen privatisierte RWEntsorgung birgt zugleich die Gefahr, daß durch den verminderten Einflußbereich der Kommunen langfristig schlecht funktionierende und stadtwirtschaftlich unrentable RWEntsorgungsstrukturen entstehen. Eine anteilige Übernahme von RWEntsorgungsaufgaben durch den Grundstücksbereich erfordert deshalb ein robustes Entsorgungsprinzip. Hier sollte das konventionelle RWEntsorgungsprinzip bezüglich der Bereichsabgrenzung, der allgemeinen Zugänglichkeit, der Absicherung einer Notentsorgung und bezüglich der Übernahme der Gesamtverantwortung Vorbildcharakter haben.

Die vorhandenen Kanalisationsanlagen stellen heute einen bedeutenden stadt- und betriebswirtschaftlichen Wert dar. So werden z.B. die Abwasserentsorgungskosten im öffentlichen System zu mehr als 50% von fixen Kosten (Abschreibung, Verzinsung) der Kanalisationsanlagen bestimmt. Die Größe dieses langfristig schwer zu beeinflussenden Kostenfaktors macht deutlich, daß beim ökologischen Umbau der vorhandenen oder bei der Konzeption neuer RWEntsorgungssysteme ein besonderes Augenmerk auf den wirtschaftlichen Einsatz der Transportnetze zu legen ist.

Mit der Größe der RWVersickerungs- und RWSpeicheranlagen steigt die Effizienz hinsichtlich der Flächenausnutzung, der Bau- und Betriebskosten. Dies kann ökonomische und ökologische Auswirkungen haben. So läßt sich der Einfluß hoher Bodenpreise auf die Erschließungskosten durch Zentralisierung der RWAnlagen zurückdrängen und es kann dem Anspruch des flächensparenden Bauens besser entsprochen werden.

Im Sinne einer langfristig tragfähigen Stadtentwicklung ist die Forderung zu stellen, daß ökologisch orientierte RWEntsorgungssysteme in der Lage sein müssen den Grundstücken vergleichbare Entsorgungs*leistungen* anbieten zu können wie konventionelle Kanalisationen.

(4) Risikogerechte Entwässerungssicherheit

Bis heute gilt eine ungehinderte RWAbleitung aus dem Grundstücksbereich als Selbstverständlichkeit. Damit muß, unabhängig vom realen Schadensrisiko gegenüber RW-Überschwemmungen auf den Grundstücken, eine hohe Entwässerungskapazität im öffentlichen Bereich von der Allgemeinheit vorgehalten werden. Aber auch für den öffentlichen Bereich werden die Entwässerungsanlagen mit einer hohen Entwässerungssicherheit konzipiert, die nach Sieker [1991a,17] einer reinen Kosten-Nutzen-Analyse in den wenigsten Fällen standhält.

Damit besteht für Architekten und Ingenieure die Aufgabe, durch entsprechende Anordnung und Ausbildung von Überschwemmungsflächen eine verminderte RWAbleitung von Entwässerungsanlagen kalkulierbar und tolerierbar zu machen. Nur so kann eine nutzungsgerechte Entwässerungssicherheit

ermittelt und eine wirtschaftlich sowie ökologisch sinnvolle Minimierung von Entwässerungskapazitäten erreicht werden.

Grundvoraussetzung für die Nutzung von RW-Überschwemmungen als planmäßige Entlastungsstufe im System der städtischen Regenentwässerung ist das Anbieten einer *variablen Entwässerungssicherheit* durch den Betreiber des öffentlichen RW-Entsorgungssystems.

(5) Verursachergerechte und sozialverträgliche Umlage des RW-Entsorgungsaufwandes

Lange Zeit konnten die Gewässerfolgen aus den Regenwassereinleitungen der Kanalisation gegenüber den viel stärker belasteten Kläranlagenabflüssen vernachlässigt werden. Dieses Bild hat sich jedoch durch die Entwicklung der Abwasserreinigung seit den 1930er Jahren auf dem Gebiet der Kläranlagen, durch die nach wie vor zunehmende Versiegelung von Flächen sowie durch wachsende Ansprüche an die Gewässergüte wesentlich gewandelt. Zukünftig sind in stärkerem Maße als bisher besondere Maßnahmen zur Verminderung von Umweltbelastungen aus der Regenentwässerung zu ergreifen.

Der Gewässerschutz wird heute noch, anders als bei anderen Umweltzielen zu einem wesentlichen Teil aus 'neutralen' Steuergeldern finanziert. Soll es zu einer Entschuldung der öffentlichen Haushalte kommen, so stehen diese Mittel künftig nicht mehr in dem Maße wie heute zur Verfügung. Diese beiden Faktoren haben zur Folge, daß perspektivisch beträchtlich mehr finanzielle Mittel für die RWEntsorgung über zweckbezogene Gebühren oder Abgaben aufgebracht werden müssen als heute. Damit sind gleichzeitig höhere Anforderungen bezüglich einer gerechten und sozial verträglichen Kostenumlage verbunden.

Bei der Festlegung von Grenzwerten und Auflagen für die RWAbleitung aus dem Siedlungsgebiet wird im wesentlichen des Immissionsprinzip angewendet, wonach Maßnahmen zum RWRückhalt erst bei erschöpften Ableitkapazitäten im Vorflutsystem notwendig werden. Dies hat zur Folge, daß neue Städtebauvorhaben mit weitgehenden RWAbleitbeschränkungen beauflagt werden, wohingegen Grundstücke im städtebaulichen Bestand weiterhin sämtliches Regenwasser konventionell ableiten können.

Die Gebühren für die Regenentwässerung werden zumeist realitätsfern nach dem Trinkwassermaßstab berechnet. Das bedeutet, daß die Höhe der Gebühren für die RWEntsorgung ausschließlich an den TWVerbrauch gebunden ist. Hinzu kommt, daß für die Einleitung von verschmutztem Niederschlagswasser in die Oberflächengewässer heute nach §7 des Abwasserabgabengesetzes Sonderregelungen gelten. Danach wird den RWEinleitern durch die Kommunen Abgabenfreiheit oder wesentliche Ermäßigungen gewährt (Berlin: siehe §6 [AbwAGBln]).

Eine neuorientierte RWEntsorgung wird künftig auch danach zu beurteilen sein, inwieweit eine verursachergerechte Aufteilung der Finanzierungslasten des öffentlichen RW-Entsorgungssystems möglich ist.

(6) Minimierung städtebaulicher Bindungen

Die RWAbleitung von den Grundstücken erfolgt heute zumeist über eine im öffentlichen Raum liegende unterirdische Vorflut. Zusammen mit den anderen Medien der technischen Infrastruktur und der verkehrlichen Erschließung wird jede Parzelle über die Straße an die Stadt angebunden: oberirdisch die Verkehrserschließung, darunter, im differenziert unterteilten unterirdischen Straßenraum, die leitungsgebundenen Ver- und Entsorgungsmedien.

Unter dem Aspekt einer umweltschonenden Regenentwässerung gewinnen oberirdische oder in beiden Ebenen verlaufende Ableitungsverfahren aufgrund ihres RWSpeicher- und RWVersickerungspotentials

an Bedeutung. In diesem Zusammenhang ist nach den städtbaulichen Auswirkungen zu fragen, die aus einer weitgehend oberirdischen RWAbleitung resultieren.

Das rapide anwachsende Wissen über einzelne Aspekte des Bauens führt vermehrt zu einer Überfrachtung des Entwurfsprozesses mit gestaltungsfremden Kriterien und Randbedingungen. So kann man bei städtebaulichen Wettbewerben oder Planungen beobachten, daß ein breites Spektrum ökologischer Belange mit hochgesteckten Zielen und viel Sachverstand in die Verfahren hineingetragen wird, die Verantwortung für die Gewichtung der z.T. gegensätzlichen Wünsche einzelner Fachdisziplinen aber dem Architekten überlassen bleibt. Dieser wird jedoch in erster Linie nach gestalterischen Aspekten urteilen, und so kommt es aus der Sicht der Fachdisziplinen oft nur zu unbefriedigenden Gesamtlösungen.

Das Dilemma der gegenwärtigen Stadtplanung auf ökologischem Gebiet besteht nicht im fehlenden Wissen, sondern in einer ungenügenden gesellschaftlich gestützten Abwägung einzelner Kriterien.

In diesem Zusammenhang ist es wichtig zu erkennen, daß ein ökologisch motivierter Umbau des städtischen Regenentwässerungssystems als Selbstzweck nicht durchsetzbar ist. Grundvoraussetzung ist vielmehr eine weitgehende Symbiose mit ähnlich ausgerichteten Veränderungskräften aus anderen Bereichen des Städtebaus.

Einerseits ist die Forderung zu erheben, daß entwässerungstechnische Belange früher in der Siedlungsplanung berücksichtigt werden, andererseits besteht aber auch die Gefahr einer Überfrachtung des städtebaulichen Entwurfsprozesses. Dieser Konflikt kann nur gelöst werden, indem Prinzipien entwickelt werden, welche flexibel anwendbar und einfach handhabbar sind und die es ermöglichen, bereits in einem frühen Entwurfsstadium Grundansprüche einer ökologisch orientierten RWBewirtschaftung zu berücksichtigen. Die dabei entstehenden Strukturen müssen robust gegenüber Änderungen im weiteren Entwurfsprozeß sein, sollten eine weitere Urbanisierung zulassen und offen gegenüber künftigen Erfordernissen der Stadtentwässerung sein.

2.2. Thesen

(1) Der Aufbau von umweltverträglichen RWEntsorgungssystemen führt zu einem neuen stadtstrukturierenden Element im Städtebau.

Die Erschließungstrassen und -flächen gliedern die Stadt, repräsentieren die öffentliche Sphäre und weisen den Gebäuden Platz und Stellung zu. Sie sind damit maßgeblich an der Bildung von Stadt*räumen* beteiligt. Aufgrund des Systemzusammenhangs im stadtgestalterischen, versorgungs- und verkehrstechnischen Sinne sowie aufgrund ihres stadtwirtschaftlichen Wertes ist diese Struktur, einmal aufgebaut, weitgehend festgelegt. Auf Veränderungen reagiert sie träge, wie u.a. Erfahrungen beim Wiederaufbau der Städte nach dem 2. Weltkrieg zeigen [Tepasse,in Vorb.] [Curdes,1997,87].

Die stadttechnische Erschließungsstruktur ist zu ergänzen durch ein wesentlich weitmaschigeres System offener, naturnaher und weitgehend in Grünflächen eingebetteter Vorflutgewässer. In diesem stadtteilbezogenen Grundgerüst der zukünftigen Regenentwässerung sind mehr oder weniger zusammenhängende, lineare und höhenmäßig definierte Flächen für die oberirdische RWVersickerung und RWAbleitung im Siedlungsgebiet bereitzustellen.

Dieses weitgehend naturräumlich bestimmte System aus Gewässern und naturnahen Grünflächen ist kein neues Element der Stadtfläche. Vom Städtebau seit dem ausgehenden 19. Jh. in wachsendem Maße ignoriert, ist diese natürliche Grundstruktur von Siedlungsräumen heute nur noch teilweise erlebbar. Auch Ökologie und Landschaftsplanung sind am Erhalt dieser historisch wertvollen Grundstruktur von Siedlungsräumen aus fachspezifischen Interessen, wie z.B. Biotopverbund und Stabilisierung des Stadtklimas, interessiert. Die Siedlungswasserwirtschaft kann dazu beitragen über entsprechend angepaßte RWBewirtschaftungsprinzipien diese Struktur zu erhalten, auszubauen bzw. wiederherzustellen.

Für den Städtebau folgt daraus, daß dieses Grundgerüst natürlicher Austauschbahnen zu respektieren und von jeglicher Bebauung freizuhalten ist. Anders als bei den übrigen Flächen, sind in diesem Bereich nicht urbane sondern naturnahe Gestaltungsprinzipien maßgebend. Die Herausforderung für die Landschaftsgestaltung besteht in diesem Bereich in der Koordinierung ökologischer und siedlungswasserwirtschaftlicher Interessen sowie in der Einbindung dieser Flächen als siedlungsnaher Erholungsraum.

(2) Die Entflechtung von RWAbleitungstrasse und Straße in den Anfangshaltungen führt zu unzweckmäßig hohen städtebaulichen Bindungen.

Heutige naturnahe RWEntsorgungskonzepte nutzen selten eine im Straßenland liegende öffentliche RWKanalisation, sondern bauen ein neues halböffentliches Ableitsystem auf. Als Mulden-/ Mulden-Rigolen- oder Grabensystem ausgebildet, dient es gleichzeitig zur Speicherung und Versickerung von Regenwasser. Von den zwei Möglichkeiten, dieses Ableitungssystem auf Stadtteilsebene zu führen, wird heute der private / halböffentliche Blockinnenbereich gegenüber dem öffentlichen Straßenraum präferiert.

Um dabei eine dauerhafte und funktionsgerechte Regenwasserentsorgung sicherzustellen, ist der Bestand und Betrieb der Anlage rechtlich zu sichern. Dies kann über Grunddienstbarkeiten (Bestandssicherung) und die Gründung eines Zweckverbandes (Betriebssicherung) geschehen. Die öffentlich bestellten Entwässerungsunternehmen weigern sich bisher meist, diese Anlagen zu übernehmen.

Damit wird eine zusätzliche, versetzt zur bisherigen Erschließungstrasse 'Straße' angeordnete 'RWEntsorgungstrasse' notwendig. Dies bedeutet einerseits eine zusätzliche Flächenbindung und andererseits den Aufbau einer neuen, sehr feingliedrigen Stadtstruktur mit zusätzlichen Bindungen für den Städtebau. Um zusätzliche Bindungen aus gestalterischen Gesichtspunkten zu minimieren und die Durchsetzungschancen einer ökologisch orientierten RWBewirtschaftung zu erhöhen, ist auf eine Entflechtung von RWAbleitungstrasse und Straße in den Anfangshaltungen zu verzichten.

(3) Mit zunehmender städtebaulicher Dichte sind im Grundstücksbereich abfluß*spitzen*entlastende RWRückhalteverfahren abfluß*mengen*entlastenden vorzuziehen.

Betrachtet man die Jahresdauerlinie der RWAbflüsse befestigter Flächen, so kann das auf dem Grundstück aktivierbare RWSpeichervolumen in Geländevertiefungen in der Spitzen- oder Grundlast zur RWBewirtschaftung herangezogen werden. Wird das verfügbare Speichervolumen, so wie es nach ATV A-138 [1990] derzeit üblich ist, in der Grundlast eingesetzt, so wird der Hauptanteil der Abflüsse (Anzahl der Regenereignisse und RWMenge) vom Speicher erfaßt und steht in Abhängigkeit der Bodenbeschaffenheit einer Versickerung auf dem Grundstück zur Verfügung. Bei einer Abflußspitzenentlastung dagegen werden nur vergleichsweise wenige, dafür aber die von der Niederschlagsintensität stärksten, Regenereignisse erfaßt und um ihre Abflußspitze vermindert abgeleitet.

Mit steigender Besiedlungsdichte, Standortgunst und steigenden Bodenpreisen vergrößert sich der Nutzungs- und Verwertungsdruck auf die Freiflächen derart, daß RWRückhaltemaßnahmen auf den Grundstücken nur eingeschränkt durchsetzbar sind. Unter diesen Bedingungen erlangt die Belastung der Versickerungsflächen mit Regenwasser eine stärkere Bedeutung für die Akzeptanz grundstücksbezogener Versickerungsmaßnahmen. Je öfter die Versickerungsflächen mit Regenwasser eingestaut werden, umso unverträglicher ist die Versickerung mit anderen Nutzungen (z.B. Spiel- und Sportflächen, Gartenland). Dem kann man durch eine abflußspitzenentlastende RWBewirtschaftung begegnen.

Grundstücksbezogene RWVersickerungsanlagen nutzen heute als Vorflut eigene Ableitungssysteme oder leiten direkt in ein oberirdisches Vorflutgewässer ein (vgl. These 2). Bei Nutzung der Kanalisation als Vorflut sind Rückwirkungen aus dem öffentlichen System auf die private Anlage nur bei Einhaltung der Rückstauebene ausgeschlossen. Dies würde aber generell ein über der Straße liegendes Grundstücksniveau erfordern, eine Bedingung, die besonders im städtebaulichen Bestand nicht umsetzbar ist. Wesentlicher Vorteil einer abflußspitzenentlastenden Speicherbewirtschaftung ist die weitgehende Unabhängigkeit der Geländehöhe des Grundstücks von der Rückstauebene des Kanalnetzes. Dadurch wird es möglich, die auf den Grundstücken im städtebaulichen Bestand vorhandenen RWSpeicherpotentiale unter Nutzung vorhandener stadttechnischer Anlagen zu erschließen.

Da bei einer grundstücksbezogenen Abflußspitzenentlastung nur eine verminderte RWAbleitungskapazität der öffentlichen Kanalisation in Anspruch genommen wird, sind die Kontrolle und der rechtliche Vollzug eindeutig über die zuvor mit dem Entwässerungsunternehmen vereinbarte Entwässerungssicherheit geregelt.

(4) Neben der Größe der über das öffentliche RWEntsorgungssystem entwässerten Grundstücksfläche muß zukünftig auch die dabei gewährleistete Entwässerungssicherheit Gegenstand der Vereinbarungen zwischen Grundstückseigentümer und Wasserentsorgungsunternehmen sein.

Noch heute werden überwiegend, die im öffentlichen System anfallenden Entsorgungskosten für die grundstücksbezogenen RWAbflüsse auf die Grundstücksinhaber, auf der Basis der von ihnen bezogenen Trinkwassermenge, umgelegt. Diese augenscheinlich nicht verursachergerechte Bemessungsgröße bei der Festlegung des Nutzungsentgeldes öffentlicher RWEntsorgungseinrichtungen ersetzen die Wasserentsorgungsunternehmen in wachsendem Maße durch die Größe der abflußwirksamen und an das öffentliche System angeschlossenen Grundstücksfläche. Die bei der RWAbleitung von den Grundstücken durch das Wasserentsorgungsunternehmen zu gewährleistende Entwässerungssicherheit ist dagegen nicht Gegenstand einer monetären Bewertung.

Dieses Gebühren- bzw. Abgabenmodell zielt auf eine größtmögliche RWBeseitigung bzw. Grundwasserneubildung im Grundstücksbereich, berücksichtigt aber nicht den hohen Fixkostenanteil der öffentlichen RWEntsorgungssysteme. Das führt tendenziell zu einer noch stärkeren Belastung der (verbleibenden) Anschlußnehmer mit Fixkostenanteilen und steht einer effizienten Auslastung der öffentlichen RWEntsorgungssysteme im Wege. Allein dadurch wird es zu einer Verteuerung öffentlicher RWEntsorgungsleistungen kommen.

Um möglichst geringe Ableitungs-, Speicher- und Versickerungskapazitäten für seltene Abflußereignisse im öffentlichen RWEntsorgungssystem vorhalten zu müssen und um nutzungsgerechtere Entsorgungsleistungen anbieten zu können, ist neben der Größe der zu entwässernden Fläche auch die dabei zu gewährleistende Entwässerungssicherheit zu berücksichtigen. Dies setzt voraus, daß die heute im Prinzip unbegrenzte Ableitungssicherheit grundstücksbezogener RWAbflüsse in das öffentliche RWEntsorgungssystem durch geeignete Maßnahmen begrenzt und zum Gegenstand separat auszu-

handelnder Anschlußbedingungen sowie zu einem Kostenfaktor zwischen Grundstückseigentümer und Wasserentsorgungsunternehmen wird.

(5) Zur flächendeckenden Durchsetzung einer umweltorientierten Regenentwässerung ist die Formulierung von RWRückhaltestandards an den Schnittstellen Grundstück - öffentliches Entwässerungssystem sowie öffentliches Entwässerungssystem - Vorflutgewässer notwendig.

Diese Standards haben zwei Funktionen, sie sollen einerseits RWBewirtschaftungspotentiale in Bestandsgebieten erschließen und andererseits einer städtebaulich bzw. architektonisch nachteiligen Überlastung von Siedlungsflächen mit RWBewirtschaftungsaufgaben vorbeugen.

Mit der Formulierung und Anwendung von Umweltstandards zur Regenentwässerung wird der Betrachtungsrahmen vom heute eng begrenzten Ausschnitt überlasteter Vorflutgewässer bzw. Kanalisationsanlagen und Neubauvorhaben wieder auf die gesamte Stadt erweitert. Maßstab für die Umfänge von RWBewirtschaftungsmaßnahmen im privaten und im öffentlichen Bereich muß zukünftig in erster Linie der jeweilige RWRückhaltestandard sein (Emissionsprinzip) und nicht wie gegenwärtig die vorhandenen Ableitkapazitäten (Immissionsprinzip). Richtungweisend hierfür können die Grundgedanken des Abwasserabgabengesetzes und der Wärmeschutzverordnung sein.

Umweltstandards sind, aufgrund unterschiedlicher Rechtsträger, an den Übergabestellen des Regenwassers vom Grundstück zum öffentlichen RWEntsorgungssystem und vom öffentlichen RWEntsorgungssystem zum Grundstück festzulegen.

Aufgabe des RWRückhaltestandards für Grundstücke ist die Ausnutzung kostengünstig zu erschließender RWBewirtschaftungspotentiale und die Schaffung eines Marktes für die Entwicklung und den massenhaften Einsatz von RWRückhaltekomponenten im Grundstücksbereich. Da dieser bebauungsformspezifische Umweltstandard *bei geringem Aufwand von allen Grundstücken zu erfüllen* sein sollte, werden die Mindestanforderungen an den RWAbfluß von Grundstücken vergleichsweise gering sein. Durch welche Maßnahmen auf der Freifläche des Grundstücks oder am Gebäude die Mindestanforderungen erreicht werden, sollte im Ermessensspielraum des Grundstückeigentümers liegen. Der Rückhaltestandard für RWAbflüsse aus dem Grundstücksbereich kann perspektivisch am einfachsten über eine, im Verhältnis zu heute verminderte RWAbleitungskapazität zum öffentlichen RWEntsorgungssystem eingeführt werden.

(6) Die Aufgabenteilung bei der Bewirtschaftung der RWAbflüsse sollte lauten: private Maßnahmen zur Senkung kurzzeitiger Abflußspitzen sowie öffentliche Maßnahmen zur Verringerung des künstlichen RWAbflusses aus dem Siedlungsgebiet.

Drei Aspekte begründen den Vorschlag, die Hauptmenge des RWAbflusses unter öffentlicher Kontrolle durch ein hierfür bestelltes Entwässerungsunternehmen vornehmen zu lassen:

Die Ressource Grundwasser ist vor jeglicher Verunreinigung dauerhaft zu schützen werden muß. Versickerungsanlagen dienen einerseits der Regenerierung der Grundwasservorkommen, stellen andererseits aber auch eine Verschmutzungsgefahr für das Grundwaser dar. Potentielle Schadstoffquellen sind der verschmutzte RWAbfluß befestigter Flächen, die Schadstoffbelastung des Bodens und eine unsachgemäße Benutzung von Versickerungsanlagen. Besonders in verdichteten Siedlungsgebieten wächst die Verschmutzungsgefahr durch dezentrale Versickerungsanlagen infolge wachsender Anonymität der Anlagennutzer bzw. -betreiber, stärkerer Verschmutzung der befestigten Flächen sowie

Stadtböden, höherer hydraulischer Belastung der Sickerflächen und höherer Schadstoffimmissionen über die Luft.

Lange Zeit galt Grundwasser bei der Entwicklung der Städte als ein entwicklungshemmender und schädlicher Stoff. Erst der in den 1930er Jahren einsetzende 'Raubbau' an der Ressource Grundwasser ließ dies bis heute vergessen. Vergleicht man den Wasserhaushalt einer unbesiedelten mit dem einer vergleichbaren besiedelten Fläche, so resultiert aus der stark verminderten Verdunstung über einer besiedelten Fläche, bei einer gleichzeitig flächendeckenden entwässerungstechnischen Versickerung des RWAbflusses, eine höhere GWNeubildung unter der besiedelten als unter der unbesiedelten Fläche. Daraus folgt, daß eine zukunftsorientierte RWBewirtschaftung mehr ist als Grundwasseranreicherung. RWBewirtschaftung ist auch RWManagement, d.h. an der natürlichen *und* künstlichen Umwelt ausgerichtete Regulierung der Grundwasseranreicherung.

Eine zentralisierte Aufbereitung und Versickerung des RWAbflusses ermöglicht den Einsatz effizienter und damit kostengünstig arbeitender RWEntsorgungsanlagen. Hier können, besser als im dezentralen Anlagenmaßstab, technisch optimierte und moderne RWEntsorgungsverfahren eingesetzt werden. Indem die Grundstücksentwässerungsanlagen hauptsächlich abflußspitzenentlastende Aufgaben wahrnehmen, reduzieren sie die Vorhaltung teurer Spitzenlastkapazitäten im zentralen Bereich. Dem Vorteil einer dezentralen RWEntsorgung, durch die flächenhafte GWAuffüllung am besten dem natürlichen Vorbild zu entsprechen, ist durch eine angemessene Zentralisierung nahezukommen. Eine angemessene Zentralisierung bedeutet, Dezentralisierung der RWBewirtschaftung konventioneller Regenentwässerungssysteme, dagegen bezogen auf die gegenwärtige Tendenz umweltorientierter Regenentwässerungskonzeptionen eine Bündelung der Bewirtschaftungsmaßnahmen in wenigen Anlagen.

(7) RWNutzungsanlagen können in städtischen Gebieten einen Beitrag zu einer umweltorientierten RWEntsorgung leisten.

Bei einer RWSpeicherung, die Trinkwassersubstitution *und* RWRückhalt zum Ziel hat, entsteht prinzipiell ein Interessenkonflikt bei der Bewirtschaftung des Speichers. Will man bei RWNutzungsanlagen das aufgefangene Regenwasser möglichst lange im Speicher belassen, um niederschlagsfreie Zeiten überbrücken zu können, so ist man bei RWRückhalteanlagen bestrebt, den Speicher möglichst schnell wieder zu leeren, damit bei einem neuen Regenereignis freier Speicherraum zur Reduzierung des RWAbflusses zur Verfügung steht. Diesem Widerspruch kann durch eine Erhöhung des Dargebotsnutzungsgrades und durch eine zentrale sowie jahreszeitlich variable Speicherbewirtschaftung (z.B. durch das Wasserver- und -entsorgungsunternehmen) begegnet werden.

Besonders in Siedlungsgebieten mit einer höheren städtebaulichen Dichte können RWNutzungsanlagen einen Beitrag zu einer umweltorientierten RWEntsorgung leisten, weil:

- die einwohnerbezogene geringe Größe versiegelter Flächen hohe Dargebotsnutzungsgrade bei der RWNutzung ermöglicht;
- ökonomische Einbußen infolge geringerer Netzauslastung, und höhere Wasserbedarfsschwankungen bei der Trinkwasserversorgung aufgrund hoher Versorgungsdichte und eines breiten Trinkwassernutzerprofils gering bleiben;
- RWNutzungsanlagen sich vergleichsweise einfach in vorhandene Entwässerungssysteme und vorhandene Bebauungsstrukturen einordnen lassen.

RWNutzungsanlagen sind damit als RWEntsorgungskomponente im Parzellen-, Grundstücksblock- oder Stadtquartiersmaßstab universell einsetzbar

2.3. Methode

Methodisch ist die Arbeit gegliedert in:
beobachten (1.) - strukturieren und analysieren (2.) - synthetisieren (3.):

(1.) Darstellung entwurfsrelevanter Einflußfaktoren auf stadtteilbezogene RWEntsorgungssysteme anhand historischer Wohnsiedlungsplanungen

Um vom Zeitgeist weitgehend unabhängige Empfehlungen für den städtebaulichen bzw. siedlungswasserwirtschaftlichen Entwurf bezüglich der Integration umweltschonender RWEntsorgungskomponenten in Wohnsiedlungsgebiete entwickeln zu können, sollen im Kapitel 4 anhand von städtebaulichen Planungen entwurfsrelevante Einflußfaktoren dargestellt werden. Die historische Betrachtungsweise ermöglicht es, städtebauliche und entwässerungstechnische Planungen zu ausgewählten Stadtflächen über zum Teil sehr lange Zeiträume zu verfolgen. Dabei werden zum einen die einem Zeitgeist geschuldeten Entwurfsentscheidungen im Städtebau und in der Siedlungswasserwirtschaft deutlich, zum anderen treten aber auch unumstößliche Entwurfsbindungen zutage. Dabei wird auch sichtbar, welche Planungsentscheidungen für eine langfristig sinnvolle, d.h. für eine nachhaltige RWBewirtschaftung strukturell wichtig sind, und welche dagegen auf spätere Zeit vertagt werden können.

(2.) Ableitung, Verallgemeinerung und Analyse der wichtigsten Einflußfaktoren

Die RWBewirtschaftungspotentiale von Siedlungsgebieten werden durch Nutzungskonkurrenzen sowie eigentumsrechtliche, bautechnische, städtebauliche, naturräumliche, ökologische und ökonomische Faktoren bestimmt. Diese Faktoren werden im Kapitel 5 aus der vorangegangenen Untersuchung historischer Wohnsiedlungsplanungen (Kap. 4) abgeleitet und verallgemeinert. Dabei wird ihr Einfluß auf eine ökologisch orientierte RWBewirtschaftung dargestellt. In engem Zusammenhang damit sind auch die Ausführungen im Kapitel 3 zu sehen. Um den Blick für bestimmte Aspekte bei der Erörterung historischer Wohnsiedlungsplanungen zu schärfen, weisen sie bereits vorab auf wichtige Einflußfaktoren hin.

(2.1) Oberster Betrachtungsrahmen ist die Unterteilung der Siedlungsgebiete in öffentliche und private Bereiche.

Um eine einfache und übersichtliche Einteilung von Siedlungsgebieten unter Berücksichtigung städtebaulich prägnanter Einflußfaktoren zu erreichen, wird bei der Untersuchung zwischen öffentlichem und privatem Bereich unterschieden. Durch diese Differenzierung werden grundlegende Unterschiede bei den wirtschaftlichen Interessen, den dabei zugrunde liegenden Betrachtungszeiträumen, und eine unterschiedliche Interessenvielfalt berücksichtigt.

(2.2) Eine weitere Untergliederung der Siedlungsgebiete wird in die Betrachtungsräume Parzelle, Grundstücksblock, Stadtquartier und Stadtteil (horizontale Gliederung) sowie in die Funktionsebenen Ausstattung, Erschließung, Anbindung (vertikale Gliederung) vorgenommen.

Dieses Gliederungsschema soll die Analyse der Siedlungsbeispiele erleichtern und entwässerungsrelevante Schnittstellen bei der Untersuchung der Einflußgrößen (Kap. 5) verdeutlichen.

(2.3) Im Rahmen dieser Arbeit sind dabei in erster Linie Einflußfaktoren interessant, die für verdichtete Bebauungsformen mit einer GFZ von ca. 1,0 bis 1,4 maßgebend sind.

Wie im Abschnitt 3.3 dargelegt wird, gibt es gegenwärtig zwei Leitvorstellungen von einer zukünftigen Siedlungsentwicklung. Die eine Leitvorstellung geht von einer flächenhaften Bebauung der Siedlungsflächen mit verdichteten Bebauungsformen des Eigenheimbaus aus, die zugleich mit einer bewußten Kultivierung und Integration der Landschaft in die Bauland- und Siedlungsflächen verbunden ist. Alternativ dazu verfolgt das zweite Leitbild eine Konzentration der Bebauung durch Geschoßwohnungsbau, was ein Freihalten größerer Landschaftsflächen von einer unmittelbaren Inanspruchnahme der Bewohner ermöglicht.

Wird das erste Leitbild besonders bei der Weiterentwicklung der im wesentlichen nach 1945 entstandenden Eigenheimsiedlungen anzuwenden sein, so das zweite bei der Weiterentwicklung städtischer Siedlungsgebiete. Für den Neubau bilden beide Leitvorstellungen gleichermaßen eine Perspektive. Bei der Konzeption der öffentlichen Ver- und Entsorgungsysteme sind diese unterschiedlichen städtebaulichen Entwicklungsvorstellungen zu berücksichtigen.

Bisherige Forschungsarbeiten zu einer umweltschonenderen Regenentwässerung in Wohnsiedlungsgebieten gingen im wesentlichen von städtebaulichen Bedingungen aus, die der ersten Leitvorstellung entsprechen. Um diese Forschungslücke zu schließen, widmet sich die vorliegende Arbeit schwerpunktmäßig städtebaulichen Bedingungen, die zur zweiten Leitvorstellung gehören. Von der Bebauungsdichte her kann dieser Städtebau mit einer GFZ von ca. 1,0 – 1,4 charakterisiert werden.

(3) Erarbeitung von Empfehlungen zu einer städtebaulich neuorientierten RWBehandlung am Beispiel eines ausgewählten Bebauungstyps

Die Erfahrungen aus städtebaulich-entwässerungstechnischen Planungen und Entwicklungen (Kap. 4), sowie die Erkenntnisse aus den daraus abgeleiteten und analysierten Einflußgrößen (Kap. 3 und 5) werden im Kapitel 6 gewichtet und zu einem Gesamtbild verbunden. Als Resultat werden Empfehlungen zu einer städtebaulich neuorientierten Regenentwässerung in Wohnsiedlungsgebieten mit Trennsystem ausgesprochen. Die Empfehlungen betreffen den strukturellen Aufbau zukunftsweisender RWEntsorgungssysteme bei einem für diese Systeme angebrachten langfristigen Betrachtungshorizont.

3. Wechselwirkungen zwischen Regenentwässerung und Städtebau

Die Entstehung der Städte ist eng mit der Bewirtschaftung des Wassers verbunden. Berlin ist dafür ein markantes Beispiel. Gewässerregulierungen verhinderten Überschwemmungen, ermöglichten die Bebauung vormals grundwassernaher Flächen und schufen einen ersten wichtigen Transportweg.

Mit der Gründerzeit begannen die Städte zu prosperieren, was erst durch die Bewirtschaftung des für den Menschen notwendigen Frischwassers sowie des anfallenden Abwassers möglich wurde. Die in jener Zeit entstandenen Strukturen sind bis heute für die Stadtentwässerung charakteristisch [Hahn,1992]. Damit ihre Funktion dauerhaft gesichert bleibt, werden die Anlagen des Entwässerungssystems auf öffentlichen Flächen errichtet. Die Haupt-Vorflutgewässer als Teil des Entwässerungssystems unterstehen der Länderhoheit.

Einige Besonderheiten der städtischen Wasserwirtschaft bedingen gegenüber anderen Versorgungswirtschaften eine vergleichsweise hohe städtebauliche Relevanz. Diese Besonderheiten sind in folgenden Merkmalen der Stadtentwässerung begründet, in:
- großen, in ihrer Lage unflexiblen Wasserableitungstrassen;
- einem hohen baulichen Anlagenwert der Kanalisation;
- einer langen Nutzungsdauer der Anlagen.

Die Stadtentwässerung bildet darüber hinaus eine(n) wichtige(n):
- Bestandteil der öffentlichen Hygiene;
- Voraussetzung für den Erhalt und die Nutzung baulicher Anlagen;
- Bedingung zur Gewährleistung des öffentlichen Straßenverkehrs.

Besonders die beiden letzten Eigenschaften, aber auch das aus dem hohen Wert und der langen Nutzungsdauer der Anlagen resultierende hohe wirtschaftliche Risiko, ließen die Stadtentwässerung zu einer der ersten und größten öffentlichen Einrichtungen der Kommunen werden.

Das Kapitel 3 soll einen Überblick über die wichtigsten Aspekte beim Umgang mit Regenwasser in der Stadt geben. Es sind dies im wesentlichen wirtschaftliche und städtebauliche Gesichtspunkte. Beginnend mit der Darstellung von kommunalwirtschaftlichen Zusammenhängen bei der Regenentwässerung (Punkt 3.1) und der Klärung wichtiger Begriffsinhalte einer zukunftsorientierten Bewirtschaftung des RWAbflusses (Punkt 3.2) werden Leitbilder zukünftiger Siedlungsentwicklung dargestellt (Punkt 3.3). Anschließend sind, anhand des hier maßgebenden Leitbildes, Grundstrukturen städtischer Siedlungsgebiete zu erklären (Punkt 3.4).

3.1. Die kommunalwirtschaftliche Bedeutung der Regenentwässerung

Wasserversorgung und Stadtentwässerung sind meist zwei getrennte Unternehmen. Es sind drei grundsätzliche Betriebsformen zu unterscheiden: die Stadtentwässerung als Teil der öffentlichen Verwaltung, der Eigenbetrieb mit eigenem Haushalt und die private Gesellschaft (GmbH, AG). Im Gegensatz zur Wasserversorgung, wo es schon frühzeitig private Unternehmen gab, ist die Entwässerung seit Anbeginn als typische Aufgabe einer "öffentlichen Daseinsvorsorge" aufgefaßt worden. In diesem Sinne wird i.d.R. auch heute noch die Benutzung der öffentlichen Entwässerungsanlagen zwingend vorgeschrieben, und die Gebühren werden unterhalb des wirklichen, kostendeckenden Betrag angesetzt.

Eine eindeutige Kostenzuordnung und Kostenermittlung für einzelne Maßnahmen, wie z.B. die Straßenentwässerung, ist unter diesen Umständen nur schwer möglich.

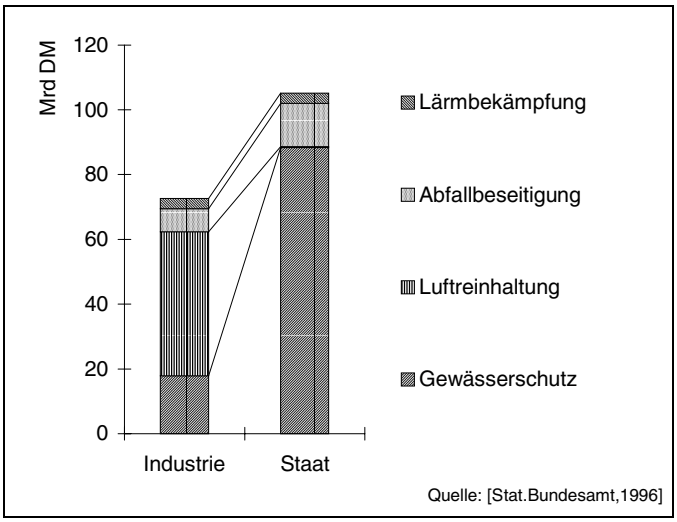


Abb. 1 Investitionen für den Umweltschutz in Westdeutschland 1982-1993

Der Abwassersektor ist auch heute noch der Hauptzuwendungsbereich von Steuergeldern innerhalb der Umweltausgaben. So wurden in den Jahren 1982-93 von 106 Mrd DM Gesamtinvestitionen im Bereich Gewässerschutz 83% von Bund und Ländern getragen. Kosten der Luftreinhaltung (z.B. Rauchgasentschwefelung, -entstickung der Kraftwerke) werden dagegen in viel stärkerem Maße über das Produkt dem Verursacher zugeordnet (99% der Investitionen Industrie, 1% Bund und Länder) (Abb. 1) [Stat.Bundesamt,1996].

Dieser Vergleich ist deshalb interessant, weil im Zuge der notwendigen Entschuldung der öffentlichen Haushalte Subventionen hinterfragt und eine Privatisierung der Abwasserentsorgung erwogen wird. Tendenziell wird dies zu einer deutlichen Preissteigerung bei öffentlichen Entwässerungsleistungen führen und verstärkt eine privat- und betriebswirtschaftliche Betrachtungsweise bei der Auswahl von RW-Entsorgungskomponenten nach sich ziehen.

Alte Bundesländer	
Kanalsanierung	90 Mrd.DM
Niederschlagswasserbehandlung	50 Mrd.DM
Ausbau von Kläranlagen	50 Mrd.DM
Klärschlammverbrennung	10 Mrd.DM
Neue Bundesländer	
Für die o.g.vier Bereiche insgesamt	100 Mrd.DM
Insgesamt	**300 Mrd.DM**

Tab. 1 Investitionsbedarf für Abwasseranlagen (Stand 1992) [ATV,1995a,10]

Vor welchen finanziellen Aufgaben die Siedlungswasserwirtschaft der Bundesrepublik in den nächsten Jahren dabei steht, zeigt Tab. 1. Diese vergleichsweise hohen Investitionen sind allein zur Umsetzung

bereits beschlossener Umweltstandards und zur Sanierung des öffentlichen Kanalnetzes notwendig. Wie aus der Bedarfsaufstellung ersichtlich ist, werden Fragen der RWBehandlung dabei zukünftig eine besondere Rolle spielen. Darüber hinaus können zweckmäßige RWKonzepte auch zu erheblichen Ko s-teneinsparungen bei der Position Kanalsanierung führen.

Die hohen Kosten der Regenentwässerung und das bislang besondere Engangement der öffentlichen Hand bei deren Finanzierung zeigt die Wichtigkeit, optimale Bewirtschaftungsstrategien zu entwickeln, um auch zukünftig eine sozial verträgliche, städtebaulich vorteilhafte, umweltschonende sowie ausreichende Entwässerung befestigter Flächen sicherzustellen.

3.2. Die Bewirtschaftung des Regenwassers im Siedlungsgebiet

Maßnahmen, die darauf abzielen, die Umweltverträglichkeit der Regenentwässerung zu erhöhen, werden heute mit einer Vielzahl von Begriffen umschrieben. So werden seit Mitte der 1990er Jahre anstelle von Begriffen wie RWBehandlung und RWVersickerung vermehrt die Begriffe RWBewirtschaftung, RWManagement und Nachhaltigkeit verwendet. Eine Abgrenzung der einzelnen Begriffe voneinander existiert indes nur unvollkommen. Dabei erscheint der Begriff RWBewirtschaftung dank der terminologischen Analogie zum Begriff Wasserwirtschaft (oder: Versorgungswirtschaft, Energiewirtschaft, Stromwirtschaft) und wegen der Betonung des wirtschaftlichen bzw. haushälterischen Aspektes langfristig am tragfähigsten zu sein. Um sich den Begriff zu erschließen, liegt ein Vergleich zur Entstehung des Begriffs Wasserwirtschaft nahe. Solche Vergleiche bildeten oft die Basis bei der Erarbeitung von 'Abwasserlastplänen' für Vorflutgewässer (vgl. [Imhoff,1951,268&307] [Marquardt,1948])

Der Begriff Wasserwirtschaft stammt aus den 1930er Jahren, als man begann, unter dem Eindruck wachsender Umweltprobleme und einer zunehmend zentral gesteuerten Gesellschaft die vorhandenen Ressourcen und Potentiale unter der Prämisse eines gesamtgesellschaftlich minimierten Aufwandes auszunutzen. Um dieses Ziel zu erreichen, wurden vorher separate Wirtschafts- und Wissensgebiete, wie z.B. die Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung, einer ganzheitlichen Betrachtung und gemeinsamen Lenkung unterstellt (Abb. 26). Dies ermöglichte ein *volkswirtschaftliches* Vergleichen und Optimieren von anthropogenen Eingriffen in den Wasserhaushalt. Als Beispiel hierfür kann der monet ä-re Vergleich von Einsparungen bei der Abwasseraufbereitung durch eine verminderte Reinigungsleistung mit daraus resultierenden Mehraufwendungen bei der Wasseraufbereitung ang eführt werden.

Dabei wird deutlich, daß sich das Wirtschaftlichkeitsprinzip nur auf einen bestimmten und begrenzten Haushalt beziehen kann. So bewirtschaften z.B. der Grundstücksinhaber, das Wasserentsorgungsunternehmen, die Stadtgemeinde und das Land unterschiedliche Wasserhaushalte mit spezifischen Interessen. Über die Nahtstellen der Haushalte ist der Zusammenhang zum volkswirtschaftlichen Betrachtungsrahmen über rechtliche Bestimmungen und finanziellen Ausgleich herzustellen.

Legt man dem Begriff Wasserwirtschaft diese Bedeutung zugrunde, so fand schon immer eine Bewirtschaftung des Regenwassers statt. Neu an dieser Bewirtschaftung sind heute erweiterte Bewirtschaftungs*kriterien*. Neben dem Erhalt einer ständigen Gebrauchsfähigkeit baulicher Anlagen und Wasservorkommen gewinnen die Gesichtspunkte Ökologie und Nachhaltigkeit an Bedeutung. Und hier beginnen die Schwierigkeiten. Denn die neuen Bewirtschaftungskriterien lassen sich bisher kaum monetarisieren und damit nur schwer mit konkurrierenden Ansprüchen vergleichen. Insofern vermittelt der Beg-

riff RWBewirtschaftung ohne Nennung der nicht monetarisierbaren Bewirtschaftungskriterien noch keine neuen Qualitäten.

Betrachtet man Wirtschaftlichkeitsvergleiche, welche heute eine neuorientierte RWBewirtschaftung legitimieren sollen (z.B. [Huhn,1996b]), so muß eine naturnahe RWEntsorgungslösung z.B. über ein Mulden-Rigolen-System allein über die Investitionskosten mit einer konventionellen Kanalisationslösung (einschließlich technischer RWAbflußdämpfungsmaßnahmen) verglichen werden. Das bedeutet aber auf der Ebene des wirtschaftlichen Vergleichs qualitativ nichts Neues, da ökologische Aspekte unbewertet bleiben. So werden heute, auch bei einer gesondert ausgewiesenen RWEntsorgungsgebühr die unterlassene Grundwasserneubildung bzw. die Inanspruchnahme von Ableitungs- und Reinigungskapazitäten der Vorflutgewässer bei einer RWAbleitung aus dem Siedlungsgebiet finanziell nicht berücksichtigt. Ein solcher Vergleich kann demnach nur in ländlichen Gebieten und/oder ohne Berücksichtigung des Bodenwertes zugunsten der naturnahen RWEntsorgungslösung gelingen. Um umweltschonende RWEntsorgungskonzepte zu stärken, sind ökologische Aspekte stärker einem ökonomischen Vergleich zugänglich zu machen.

Bei Wirtschaftlichkeitsvergleichen müssen die Bewirtschaftungsgrenzen der jeweiligen Haushalte berücksichtigt werden. Geschieht dies nicht, wie Beispiele zeigen, so kann, es selbst bei niedrigeren Gesamtkosten der Vorzugslösung, bei dieser Variante zu einer höheren Belastung *eines der Haushalte* kommen und die Vorzugslösung verhindern.

Bei der Suche nach zweckmäßigen RWBewirtschaftungsmodellen sind verkürzt folgende Fragen zu stellen:
- Wer ist der Träger ?,
- Wo, d.h. in welchem räumlichen Bereich agiert er ?,
- Was für Maßnahmen ergreift er ?

Die drei Fragen hängen unmittelbar miteinander zusammen - eine Rangfolge bei der Beantwortung besteht nicht.

Als Träger von RWBehandlungsmaßnahmen kommen Grundstückseigentümer, die Kommune sowie das Land in Frage. Inwieweit diese Interessengruppen ihrerseits Unternehmen mit der Wahrnehmung ihrer Rechte und Pflichten beauftragen bzw. Behandlungsmaßnahmen untereinander bündeln, bleibt davon grundsätzlich unberührt.

Heute ist der räumliche Bereich, in welchem die Behandlung des RWAbflusses erfolgt, noch eng verknüpft mit deren Trägerschaft. Mögliche Orte, an denen RWBehandlungsmaßnahmen stattfinden können, sind damit der private Grundstücksbereich, der halböffentliche Bereich (Gemeinschaftseigentum mehrerer Grundstückseigentümer) und der öffentliche Bereich. Aufgrund des zusätzlichen Flächenbedarfs einer umweltorientierten RWEntsorgung erlangt die Entscheidung der/des Entsorgungsorte(s) auch eine stadträumliche Bedeutung.

Die Abwassertechnische Vereinigung (ATV) bietet am Beispiel der RWVersickerung u.a. eine Klassifizierung der Entwässerungsanlagen nach dem Entsorgungsort an. Danach ist von einer dezentralen RWVersickerung zu sprechen, wenn die Versickerung auf dem Grundstück selbst erfolgt, auf dem der Niederschlagsabfluß entsteht. Von einer zentralen RWVersickerung ist dagegen die Rede, wenn die Abflüsse von mehreren Grundstücken zusammengefaßt einer Versickerungsanlage zugeführt werden [ATV,1995,797].

Sieker [1992,17] und Geiger [1995,66] sprechen darüber hinaus noch von einem semizentralen Anlagentyp. An welchen Kriterien der semizentrale Anlagen- und Bewirtschaftungsmaßstab auszurichten

ist, darüber gibt die Fachliteratur wenig Anhaltspunkte. Der semizentrale Bewirtschaftungsmaßstab orientiert sich grundsätzlich an den privaten Grundstücksflächen eines oder mehrerer Grundstückseigentümer. Die Anlagen liegen auf privaten Flächen und entsorgen heute in der Regel ausschließlich grundstücksbezogene RWAbflüsse. Die semizentralen Anlagen werden von den Grundstückseigentümern bewirtschaftet, die Kommune und das öffentlich bestellte Wasserentsorgungsunternehmen beteiligen sich nicht am Betrieb der privaten Gemeinschaftsanlagen. Dabei gehen die Anlagen oft über den Bereich des Grundstücksblocks hinaus. Sieker [1992,17] begrenzt den Umfang der semizentralen Anlagengröße mit einer RWBehandlung von Siedlungsteilen mit einer Größe von ca. ≤ 5 ha.

Diese von Sieker und Geiger zusätzlich vorgenommene Unterteilung der Bewirtschaftungsbereiche ist sinnvoll, weil sie spezifischen Bedingungen der Zugänglichkeit, des Betriebes und das Erhalts sowie der stadtgestalterischen Einordnung und des sozialen Beitrags von Gemeinschaftsanlagen besser gerecht wird als die stärker entwässerungstechnisch motivierte Einteilung der ATV.

Das 'Was' beinhaltet eine Vielzahl von RWBehandlungsmaßnahmen, die zu unterschiedlichen Anteilen die Aufgaben RWAbflußdämpfung, RWReinigung und RWBeseitigung bzw. RWNutzung wahrnehmen und somit einer umweltschonenden RWEntsorgung dienen. Speicherung, Reinigung, Transport und Verwendung des RWAbflusses sind die Grundkomponenten jeglicher RWBewirtschaftung. Der Umfang der einzelnen Grundkomponenten bei der Zusammenstellung von RWBehandlungsmaßnahmen ist abhängig von natürlichen Gegebenheiten, von öffentlichen Vorgaben bzw. wirtschaftlichen Erwägungen der Maßnahmenträger.

3.3. Leitbilder der Siedlungsentwicklung

Will man Aussagen über eine *langfristig* zweckmäßige Struktur der RWEntwässerung treffen, so ist primär nach den städtebaulichen Leitvorstellungen einer zukünftigen Siedlungsentwicklung zu fragen.

Hierzu bieten sich 'Leitbilder' an. Diese bildhaften Vorstellungen von zukünftigen Zuständen bilden eine gute Grundlage für eine interdisziplinäre Orientierung und Diskussion. Sie sollten einerseits genau genug sein, um diskutiert werden zu können, aber andererseits so allgemein sein, daß sie nicht als reale Planungsvorgabe wirken können.

Eindeutige Leitbilder haben in der gegenwärtigen Städtebaudiskussion an Bedeutung verloren, und zwar deshalb, weil man in der Vergangenheit versuchte, mit ihrer Hilfe "Stadt" unmißverständlich definieren zu wollen. Damit wurde man aber der Komplexität städtischer Ballungsräume nicht gerecht. So erlangen heute mehrdeutige Leitbilder wieder verstärkt Beachtung. Mit mehrdeutig ist gemeint, daß der städtebauliche Gestaltungsanspruch zugunsten größerer Freiheiten im Grundstücksbereich zurückgenommen wird. Damit verspricht man sich eine Entlastung von Unwägbarkeiten unter denen gegenwärtig Entscheidungsprozesse leiden.

Unterliegt ein propagiertes 'Leitbild' dagegen einer eingeschränkten Betrachtungsweise, wie z.B. 'ökologische Stadt', 'autogerechte Stadt', 'Solarstadt' oder noch differenzierteren Zielen, soll im weiteren von einer *Leitidee* gesprochen werden [Curdes,1997,201f]. Bei einer stark abstrahierten Betrachtungsweise gibt es aus der Sicht des Verfassers gegenwärtig zwei Leitvorstellungen von einer zukünftigen Siedlungsentwicklung. Diese Einteilung deckt sich im wesentlichen mit der Einschätzung von Hoffmann - Axthelm [1996a,224].

Leitbild A: 'Die verstädtete Landschaft oder die verlandschaftete Stadt' (Sieverts)

Stadttyp:	Die Natur wird zum integralen Bestandteil der Wohnsiedlung; nicht mehr Schutz der Natur vor dem Menschen, sondern die bewußte Kultivierung der Landschaft; Leitidee für einen nachfrageorientierten Städtebau und für die städtebauliche Entwicklung der ungeplanten 'Zwischenstädte'; Durch mäßige Verdichtung vorhandener Wohnsiedlungen mit Einzelhausbebauung läßt sich eine höhere ökologische Verträglichkeit erreichen;
Quellen:	[Rainer,1948], [Rainer,1995], [Sieverts,1989], [Sieverts,1998];
Siedlungsbeispiele:	Gartenstadt Falkenhöh (Berlin), Berlin-Gatow, Gelsenkirchen-Schüngelberg;
Strukturtyp:	Reihenhaus- und Kleinsiedlungen;
baul.Dichte:	GFZ ca. 0,4 - 0,6.

Leitbild B: Der kompakte Stadtteil mit deutlich abgegrenzten öffentlichen Räumen

Stadttyp:	Geschoßwohnungsbau; Minimierung des öffentlichen Straßenbereichs zugunsten abgeschlossener halböffentlicher Hofinnenbereiche; Anbieten kleiner Parzellen mit dem Ziel, eine größere Vielfalt (Gestaltung, Nutzung) und Stabilität (breitere Eigentumsbasis, stärkere soziale Durchmischung) innerhalb des Stadtteils zu erreichen; Quartiersbildung mit guter Erreichbarkeit von Versorgungseinrichtungen und guter Erschließung durch den öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV); kompakte Gebäude- und Bebauungsformen als Voraussetzung für einen geringeren Ressourcenbedarf und eine effiziente Versorgung über stadttechnische Einrichtungen;
Quellen:	Stimmann in [SenBauWohnen,1993,14], [Hoffmann-Axthelm];
Siedlungsbeispiele:	Freiburg-Rieselfeld, Karow-Nord (Berlin), Hannover-Kronsberg, Potsdam-Kirchsteigfeld, Rudower Felder (Berlin);
Strukturtyp:	Blockrandbebauung, Stadtvillen;
baul.Dichte:	GFZ ca. 1,0 - 1,4.

Diese Leitvorstellungen sind vorwiegend für Wohnsiedlungsflächen maßgebend. Die städtebauliche Entwicklung der hochverdichteten Zentren- und Kernbereiche der Städte folgt dagegen anderen Merkmalen. Aufgrund der flächenmäßig geringen Relevanz dieser Siedlungsbereiche bleiben sie im Rahmen dieser Arbeit weitgehend unbeachtet.

Der Schriftsteller und Stadtplaner Dieter Hoffmann-Axthelm schreibt zur Konkurrenz der beiden Leitbilder: "Die Fronten lauten: Peripherie gegen Stadt. Die Eine Seite kämpft für das Neue, die Realität der Zwischenräume zwischen den Städten, die unverbrauchten Kräfte der Teppichurbanisierung. Die andere Seite kämpft für dichte Stadt, für öffentliche Räume, für Zentralität. (...) Worum geht also der Streit? Er geht einerseits um den Gegenstand: Siedlung oder Stadt, Peripherie oder Zentrum, niedere oder hohe Dichte (...). Er geht, anhand dieser Merkmale, andererseits sicher auch um den Ort, auf den sich das Planen bevorzugt richten soll: das Dazwischen, die neuartigen, undefinierten, diffusen Räume mit ihren alltäglichen Sensationen oder das alte Terrain ortsidentischer, um begehbare öffentliche Räume entfalteter Stadtgebiete mit ihrer extremen kulturellen, historischen, architektonischen Vielsprachigkeit. Jenseits all dessen geht es aber auch um zwei konkurrierende Intellektualitäten, um die Auslegung des Erbes der Moderne - ein Streit also um das Paradigma: Netz oder Zentrum, Entmaterialisierung oder Massenraum, Internet oder Straße" [Hoffmann-Axthelm,1996a,225].

Dieses Zitat macht deutlich, daß es sich bei jedem städtebaulichen Entscheidungsprozeß, offen oder verdeckt, direkt oder indirekt auch um eine Auseinandersetzung gegensätzlicher städtebaulicher Grundpositionen handelt. Am Ende des Planungs-, Mitbestimmungs-, Entwurfs- und Vermarktungsprozesses für ein Baugebiet stehen Entscheidungen mit sozialer, wirtschaftlicher und ästhetischer Relevanz. Auch die Wissenschaftler und Planer der Siedlungswasserwirtschaft greifen in diese Auseinandersetzung ein, indem sie stadtteilbezogen Wichtungen vornehmen zwischen privater und öffentlicher RWBewirtschaftung, zwischen diffus unscheinbaren und gestaltprägenden RWEntsorgungselementen. Oder indem sie den Widerspruch zwischen bodenschonender und flächensparender Bauweise bzw. zwischen effizienter Ressourcenausnutzung und maximalem Gewinn 'erneuerbarer' Wasserquellen durch Optimierung in die eine oder in die andere Richtung lösen. Sie haben indirekt, über Grenzwertfestlegungen und Finanzierungsmodelle, und direkt, über die Entwicklung und den Einsatz geeigneter Systemkomponenten Einfluß auf die Etablierung spezifischer RWBewirtschaftungsmodelle. Das RWBewirtschaftungssystem kann ein städtebauliches Leitbild stärken oder schwächen, visuell wahrnehmbar oder als Faktor der (langfristigen) Rentabilität des Städtebauvorhabens.

Die Reduzierung der gegenwärtigen städtebaulichen Entwicklung auf diese zwei Leitbilder soll die Grundlage für eine Problematisierung siedlungswasserwirtschaftlicher, stadttechnischer und städtebaulicher Aspekte im Zusammenhang mit einer neuorientierten Regenentwässerung von Wohnsiedlungsgebieten bilden. Der Schwerpunkt liegt dabei auf dem dichteren Bebauungstyp B. Ein dazu entwickeltes städtebauliches Strukturschema zeigt Abb. 2.

3.4. Grundstrukturen städtischer Siedlungsgebiete

Indem die Bebauung, Parzellierung, Freiflächen und Gewässer stark abstrahiert dargestellt wurden, lassen sich Grundstrukturen städtischer Siedlungsgebiete verdeutlichen. Die Vielzahl der dargestellten Gebäudetypen und ihre gestalterisch weitgehend unmotivierte Anordnung dient ausschließlich dazu, prinzipielle Aspekte grundstücksbezogener Nutzungen zu verdeutlichen. Das Schema darf somit nicht als Bebauungsentwurf mißverstanden werden. Es steht bezüglich des Abstraktionsgrades gedanklich zwischen einem Systemschema (Abb. 4) und einer realen Bebauungsstruktur mit ihren ortspezifischen Zwängen (Abb. 7). Daß dieses Modell auch bestehende Siedlungsstrukturen angemessen widerspiegelt, zeigt ein Vergleich mit einem Ausschnitt des Siedlungsgebietes Berlin-Reinickendorf (Abb. 6, Abb. 7, Abb. 8).

Im Schema (Abb. 2) hervorgehoben die Strukturelemente *Parzelle, Grundstücksblock, Stadtquartier und Stadtteil*. Diese Siedlungskomponenten verfügen auf unterschiedlichen Maßstabsebenen über eine relative Autonomie. Sie stehen in wechselseitiger Abhängigkeit zueinander, da jedes Strukturelement wiederum Elemente unterer Maßstabsebenen enthält oder selbst Bestandteil eines Strukturelementes höherer Ebene ist [Curdes,1997,63].

Abb. 2 Städtebauliches Strukturschema (Leitbild B)

Eine *Parzelle* ist die kleinste von einem Vermessungs- oder Katasteramt vermessene und eigentumsrechtlich erfaßte Grundstücksfläche. Parzellen sind damit die kleinsten Teile städtischen Baubodens, über die ein Eigentümer mit einer relativen Autonomie verfügen kann. Mehrere Parzellen werden im Grundbuch zu einem Grundstück zusammengefaßt [Graf,1956] [Curdes,1997,86]. Da sprachlich in den wenigsten Fällen zwischen einem Grundstück und einer Parzelle unterschieden wird, so soll auch im Rahmen der vorliegenden Arbeit auf eine solche Differenzierung verzichtet werden. Analog zu den gebräuchlichen Begriffen wie z.B. Grundstücksentwässerung wird dabei überwiegend der Begriff Grundstück verwendet. Man sollte sich aber bewußt sein, daß die Begriffe streng betrachtet überwiegend die Parzelle zum Maßstab haben.

Unter einem *Grundstücksblock* ist eine durch öffentlich gewidmete Flächen umgrenzte Anzahl von Grundstücken zu verstehen. Er repräsentiert damit das Nettobauland. Diese Blockdefinition ist identisch mit dem Blockbegriff des Statistischen Landesamtes Berlin und somit Grundlage grundstücksbezogener Daten des Berliner Umweltatlanten [ARL,1970,3106] [SenStadtUm,1993]. Gleichbedeutend mit der Bezeichnung Grundstücksblock sind die in der Fachliteratur verwendeten Begriffe: Block [Hoffmann -Axthelm] [Curdes] [Stellmacher,1996,131], Baublock [Hütte,1911,688] [Hütte,1956,718] sowie Wohnblock oder Straßengeviert [ARL,1970,3104] zu sehen.

Als *Stadtquartier* wird ein relativ selbständiger, abgeschlossener und in sich funktionsfähiger Stadtbereich bezeichnet. (In der Fachliteratur auch oft nur als Quartier bezeichnet - vgl. [SenBauWohnen, 1995a,137].) Mehrere Stadtquartiere (Stadtmodule) wiederum bilden über dauerhaft tragfähige Stadt- und Freiraumzusammenhänge einen *Stadtteil*. So bildet in logischer Konsequenz die Maßstabsebene des Stadtteils, zwischen stadtbezogenen Flächennutzungsplan (FNP) und grundstücksbezogenen Be-

bauungsplan (B-Plan) die Grundlage für die Bereichsentwicklungsplanung (BEP). Oft folgen die Grenzen zwischen den Stadt- oder Ortsteilen dem natürlichen Verlauf von Gewässern und Grünzügen oder folgen Bahndämmen bzw. übergeordneten Straßen. Historisch sind das Stadtquartier und der Stadtteil im Zusammenhang mit Begriffen wie Wohnzelle, Wohnnachbarschaft, Wohnquartier bzw. Wohnkomplex zu sehen. Die Ausbildung von Stadtquartieren ist in besonderem Maße an den konkreten städtebaulichen Entwurf gebunden. Damit sind Größe und Gestalt des Stadtquartiers aber auch stark von orts- und zeitspezifischen Einflüssen abhängig, so daß eine zeitlose und allgemeingültige Abgrenzung zwischen Stadtquartier und Stadtteil nicht möglich ist [SenStadtUm,1994,5] [SenStadtUm,1995,70] [Albers,1984,169] [ARL,1970,3104].

Eine ähnliche Gliederung des Stadtraums verwendeten Curdes [1997,66] und Stellmacher [1996,131] für andere Themenbereiche städtebaulicher Planung.

Betrachtet man den überaus komplexen Plan eines historisch gewachsenen Stadtbereichs wie er z.B. in Abb. 7 dargestellt ist, so lassen sich bei einer Plananalyse Unterschiede und Gemeinsamkeiten zwischen einzelnen städtischen Elementen ausmachen. Unterscheidungsmerkmale können dabei sein: die Gestalt, die Nutzung und eigentumsrechtliche Eigenschaften. Bezogen auf das Strukturschema (Abb. 2) ergeben sich dabei sechs Grundstrukturen, die sich in drei Gruppen zusammenfassen lassen (Abb. 3).

3.4.1 Der öffentliche und private Bereich der Siedlungsgebiete

Der am stärksten verallgemeinerte Betrachtungsrahmen ist die Unterteilung der Wohnsiedlungsflächen in einen öffentlichen und einen privaten Bereich. Bildlich gesprochen liegen die Grundstücksblöcke als 'private Inseln' auf dem Territorium der Gemeinde (Abb. 3: Ebene 4). "Der Gegensatz von parzelliertem privaten und nichtparzelliertem öffentlichen Raum bildet die Grundstruktur der Institution Stadt. (...) Die Trennung von öffentlichem und privatem Raum ist die Grundlinie, anhand derer stadtpolitisch diskutiert werden kann. Verschiebungen auf dieser Linie sind Verschiebungen im politischen Gleichgewicht. Eingriffe der einen Seite in Bereiche der anderen können als Modernisierungen, aber auch als Usurpationen von Grundrechten beschrieben werden. Welche Beschreibung sich durchsetzt, darüber entscheiden sich stadtpolitische Auseinandersetzungen" [Hoffmann-Axthelm,1996a,100].

So ist der öffentliche Bereich oder der durch Architektur entstehende öffentliche Raum stark mit dem Begriff des Gemeinwohls verbunden (zum Begriff Gemeinwohl siehe S.159). Der öffentliche Bereich dient den Stadtbewohnern als Gemeinschaft. Er hat eine ausgleichende (zwischen Reichtum und Bedürftigkeit), eine vermittelnde Funktion (Kommunikation z.B. zwischen Menschen unterschiedlicher Lebensentwürfe, Fähigkeiten und Kulturen) und bildet das Verbindungsglied bzw. den Raum für den Austausch von Waren und Gütern. Der öffentliche Bereich ist somit einerseits Regulativ zu dem im privaten Bereich dominierenden egoistischen Individualinteresse und andererseits Grundbedingung für die Existenz des privaten Bereichs. Aus dem Unterschied sowie aus einem ausgewogenen Kräfteverhältnis zwischen beiden ensteht eine Spannung ohne die langfristig orientierter Städtebau nicht auskommt.

Neben dem privaten und dem öffentlichen Bereich findet, vor allem in Zeiten überbeanspruchter öffentlicher Haushalte der halböffentliche Bereich im Städtebau Beachtung. Voraussetzung für den halböffentlichen Bereich ist das Vorhandensein von Gemeinschaftseigentum mehrerer Grundstückseigentümer an Grundfläche. Eigentumsrechtlich bleibt es eine private Grundstücksfläche. Beispiele für Ge-

meinschaftsanlagen sind z.B.: separate Stellplatzanlagen, untergeordnete Erschließungswege und gemeinschaftlich genutzte RWBewirtschaftungsanlagen in Wohnsiedlungen.

Der stadtgestalterisch und soziale Charakter dieses halböffentlichen Raumes ist u.a. abhängig von der Zusammensetzung der Eigentümergemeinschaft. Er wird mehr öffentlich sein bei einer Eigentümergemeinschaft von gemeinnützigen Wohnungsbauunternehmen, und kaum vom privaten Bereich zu unterscheiden sein bei Gemeinschaftsprojekten sozial homogener Gruppen oder bei verdichteten Eigenheimgebieten. Die Nutzung des halböffentlichen Bereichs kann somit in einer engen oder lockeren Beziehung zum Anlieger dieses Bereichs stehen. Trotz vereinbarten Wegerecht können von den Anliegern psychologische Barrieren aufgebaut werden, die eine öffentliche Nutzung erschweren oder verhindern. Der rechtliche Rahmen für den Zugriff der Eigentümergemeinschaft auf diese Flächen ist dehnbar und kann, aufgrund der großen Anzahl von Grundstückseigentümern die Gemeinde bei der Auflagenkontrolle und im Rechtsstreit schnell überfordern. Unter diesen Gesichtspunkten wird im Rahmen der vorliegenden Arbeit der halböffentliche Bereich dem privaten Bereich zugeordnet.

Aus versorgungsplanerischer Sicht ist die Ebene 4 in Abb. 3 von grundlegender Bedeutung.

3.4.2 Die öffentliche Erschließungsstruktur

Die Planer der großen Stadterweiterungen um 1900 waren in der Regel Ingenieure wie z.B. Hobrecht, Cerda und Lindley. Sie schufen im großen Stil ein Erschließungsraster parzellierungsfähiger Baufelder (Grundstücksblöcke). Die Gestaltungsvorgaben der Gemeinde beschränkten sich auf den öffentlichen Raum, d.h. im wesentlichen auf das Straßenland und die raumbildenden Fassaden der angrenzenden Vorderhäuser. Was innerhalb der Grundstücksblöcke geschah, überließ man weitgehend dem freien Grundstücksmarkt bzw. den Eigentümern der Parzellen. Einzigstes bau- und nutzungsrelevantes Ordnungsinstrument der Kommune im Grundstücksbereich war die Bauordnung.

Das Verdienst der Ingenieure war die Schaffung eines *reproduktionsfähigen funktionalen Ordnungssystems*, in einer Zeit, in der die Städte rasant wuchsen und wenig Zeit war für ortsspezifische Entwicklungskonzepte, wie sie Camillo Sitte forderte [Sitte,1909,140] (vgl. S. 48). Die (Erschließungs-) Struktur ist *offen gegenüber architektonischen Ausdeutungen* und Variationen und gegenüber einem *Nutzungswechsel* auf den Parzellen. Ein allen Parzellen zugängliches, öffentliches stadttechnisches Versorgungssystem hält entsprechende Kapazitäten vor, um diese Variablitität zu gewährleisten [Hoffmann-Axthelm,1993,180ff].

Eine frühe Forderung war die Unterbringung der Ver- und Entsorgungsleitungen im öffentlichen Straßenraum. Ausschlaggebend dafür waren neben hoheitlichen Aspekten die Garantie einer ständigen Zugänglichkeit sowie die "Minimierung des von den Grundstückseigentümern für die öffentliche Erschließung abzutretenden Baulandes" [Weyrauch,1914,65]. So ist auch heute noch die verkehrliche und die stadttechnische Erschließungsstruktur weitgehend identisch. Die enge Verknüpfung beider Strukturen hat zur Folge, daß die Ausgestaltung der stadttechnischen Systeme auch von der städtebaulich bzw. architektonisch motivierten Gestaltung des Straßen*raums* abhängig ist.

Straße ist damit traditionell städtischer *Raum und Ort* öffentlichen Lebens. "Und es ist kein abstrakter städtischer Zustand, sondern ein konkreter Raum. Es sind Gebäude, die ihn bilden, damit Leben sich darin ereignen kann - es ist gefaßter Raum für die Bühne, auf der wir Schauspieler und Zuschauer zugleich sind. So darf der Platz auch nicht bloß eine willkommene Gelegenheit sein, Autos darauf abzustellen oder den Verkehr zu teilen" [Sack,1996,91].

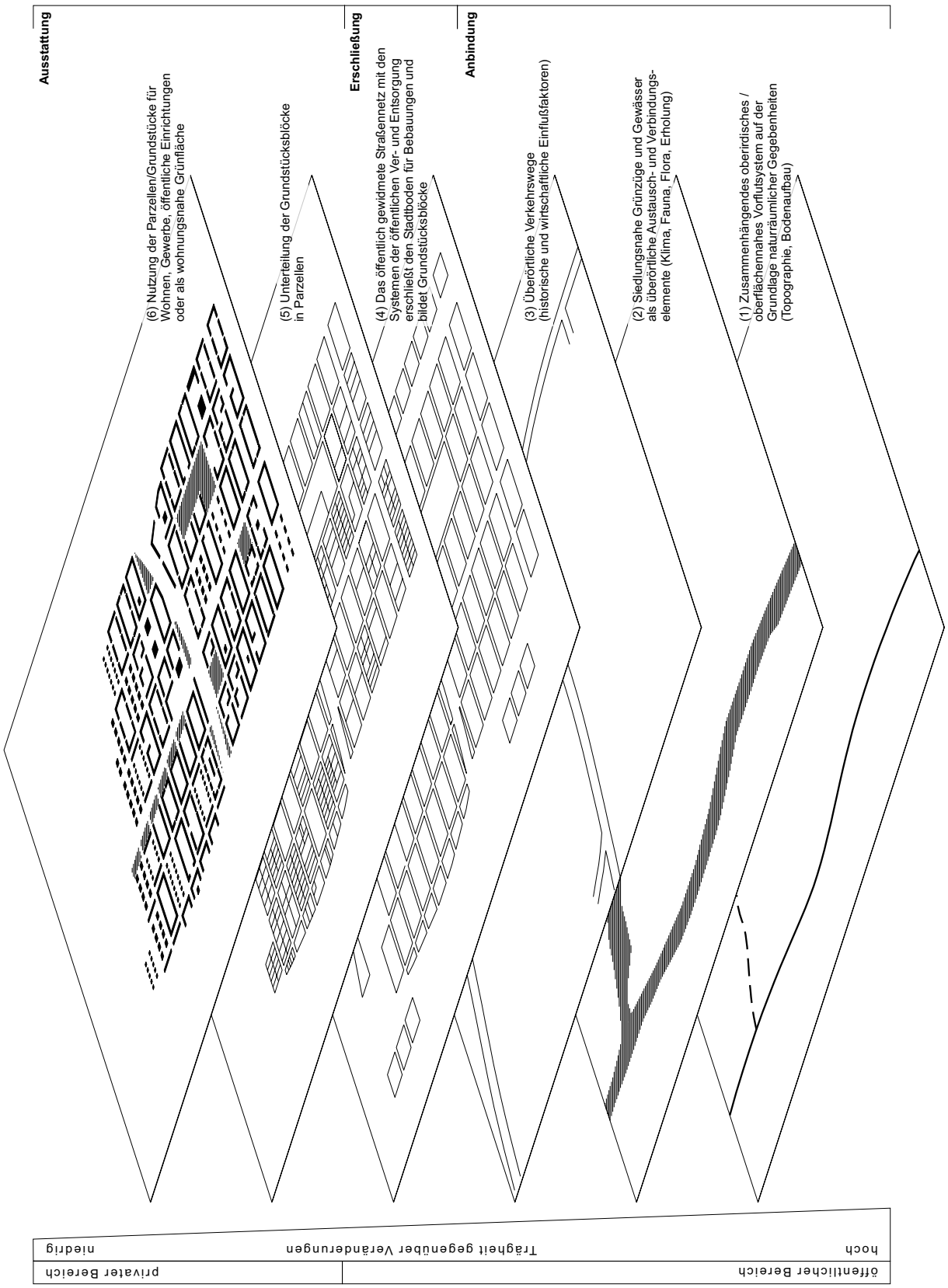


Abb. 3 Grundstrukturen städtischer Siedlungsgebiete (Grundlage: Strukturschema, Abb. 2)

Die Architekten und Stadtplaner Alison und Peter Smithson, die nach Jahren starker stadtplanerischer Einflußnahme auf die Flächen der Grundstücksblöcke zu den ersten Stimmen gehörten, die eine größere Eigenständigkeit grundstücksbezogener Planungen und eine stärkere Urbanisierung im Städtebau forderten, äußerten auf dem X. CIAM-Kongress 1956 in Dubrownik: "Zum Schluß möchten wir gerne vorschlagen, daß sich der CIAM XI mit dem Thema der städtischen Infra-Struktur beschäftigen sollte. Der grundlegenden und dauerhaften Struktur, der Straßen, Eisenbahnen, Energieleitungen, Kanäle usw. usw., die grundlegenden Voraussetzungen, das Gerippe, welches dem Gebäude seinen Platz anweist; der Punkt, wo die Arbeit des (beamteten) Stadtplaners aufhören und die Arbeit des Architekten beginnen sollte. Die grundlegenden Voraussetzungen können eine Zwangsjacke oder ein Kanal städtischer Energie sein" [Newman,1961,70]. Es kann davon ausgegangen werden, daß der dauerhaft stadtstrukturierende Charakter der öffentlichen Erschließung (Straßen mit den leitungsgebundenen Versorgungssystemen) erst beim Wiederaufbau der kriegszerstörten Städte ins allgemeine Bewußtsein trat. So wird der Begriff der Infra*struktur* auch erst seit Ende des 2. Weltkrieges benutzt [TUBerlin, 1970,13].

Analysiert man die einzelnen Medien der leitungsgebundenen Infrastruktur nach ihren Strukturmerkmalen, so werden Unterschiede deutlich. Die leitungsgebundenen Versorgungssysteme sind entweder mehr (Wasser-/ Gasversorgung) oder weniger (Fernwärme-/ Stromversorgung) netzförmig oder wurzelförmig (Schmutz-/ Regenwasserableitung) strukturiert. Diese Unterscheidung ist insofern relevant, als man z.B. in Wasser- und Gasversorgungsnetzen an allen Netzpunkten etwa gleiche Bedingungen vorfindet, dagegen bei Entwässerungssystemen Leitungsgröße, Anschlußhöhe und Rückstaubedingungen erheblich zwischen einzelnen Netzpunkten differieren können.

3.4.3 Strukturmerkmale der öffentlichen Entwässerungssysteme

Wesentliches Merkmal der Regenentwässerungsverfahren ist die weitgehende Bindung an das Geländegefälle. Unter Ausnutzung des Geländegefälles beginnen die Leitungen (Rohre, Gerinne, Gräben, etc.) i.d.R. an topographischen Hochpunkten und streben einigen wenigen gemeinsamen Tiefpunkten an einem der natürlichen Vorflutgewässer der Stadt zu (wurzelförmige Struktur). Eine zentrale Bedeutung erlangt dabei der Begriff der Vorflut. Vereinfacht kann Vorflut mit Wasserableitungsmöglichkeit gleichgesetzt werden. Umfassend betrachtet ist unter einem Vorflutsystem das Zusammenwirken aller technischen und natürlichen, unter- und oberirdischen Entwässerungskomponenten auf dem Weg des Niederschlagsabflusses vom Niederschlagsgebiet zum Meer zu verstehen. Auf dem gesamten Weg müssen Transportkapazitäten für das Wasser vorhanden sein bzw. Ausgleichsmaßnahmen bei einem künstlich beschleunigten RWAbfluß bereitgestellt werden. Damit ist das Vorflutsystem ein Bindeglied zwischen der urbanisierten Grundstücksfläche und dem natürlichen Außenraum der Stadt. Ohne diesen ganzheitlichen Standpunkt zu verlassen, soll im folgenden der Einfachheit halber nur der Weg bis zum ersten natürlichen Hauptvorflutgewässer (Gewässer 1. oder 2. Ordnung bzw. Grundwasser) betrachtet werden.

Die wurzelförmig strukturierten Wasserableitungssysteme reagieren bezüglich Kapazitätserweiterungen und städtebaulichen Veränderungen besonders in den Endstrecken unflexibel. Dieses Merkmal gilt auch für ökologisch orientierte Regenentwässerungssysteme, wenn eine vollständige RWBeseitigung im unmittelbaren Bereich der abflußliefernden Flächen nicht mit der erforderlichen Sicherheit gewährleistet werden kann (Abb. 4). Aufgrund des Untersuchungsansatzes ist dieser Fall im Rahmen der vorliegenden Arbeit maßgebend.

Lange Zeit wurden oberirdische und unterirdische RWAbleitungsverfahren unter gleichen Kriterien betrachtet. Oberirdische Entwässerungsverfahren hatten danach den Vorteil einer hydraulisch effizienteren Wasserableitung gleichzeitig aber den Nachteil eines höheren Flächenverbrauchs. So setzten sich besonders bei niedrigen Bodenpreisen, in Zeiten wirtschaftlicher Not oder bei ungünstigen Gefälleverhältnissen oberirdische Entwässerungsverfahren durch. Diese vorwiegend hydraulische Betrachtungsweise führte zu Gewässervertiefungen, -begradigungen und zu widerstandsfähigen Gewässerbefestigungen unter ingenieurmäßigen Gesichtspunkten. Der Gewässerausbau im Märkischen Viertel (Berlin) steht dafür stellvertretend.

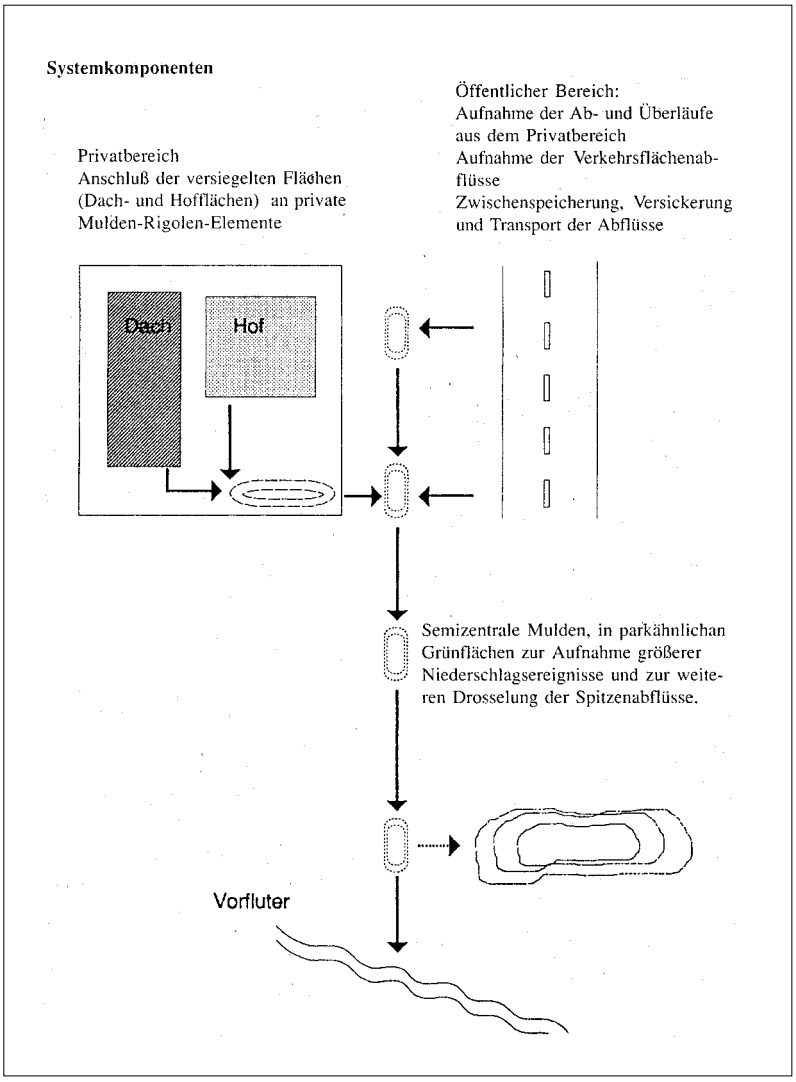


Abb. 4 Systemschema einer ökologisch orientierten Regenentwässerung [Rudolph,1994]

Innerhalb des unterirdischen Straßenkörpers sind den einzelnen leitungsgebundenen Versorgungsmedien bestimmte Bereiche zugeordnet. Diese Raumordnung ist historisch gewachsen und insbesondere in städtischen Siedlungsgebieten unverzichtbar. Dabei liegt das Wasserversorgungsnetz aus Gründen des Frostschutzes etwa 1,50 m unter der Straßenoberfläche. Die Tiefe der Anfangshaltungen von Schmutz- oder Mischwasserkanälen wurde bei der Errichtung der Kanalisationssysteme auf eine Kellerentwässerung unter Beachtung der Tiefe der Baublöcke auf 2,5 - 3 m abgestimmt. Regenentwässe-

rungsleitungen welche möglichst flach liegen sollten, sind jedoch unterhalb des TWNetzes anzuordnen, um eine planfreie Kreuzung der beiden Systeme zu ermöglichen. Abb. 5 zeigt Empfehlungen zur Aufteilung des unterirdischen Straßenraums auf der Grundlage der DIN 1998.

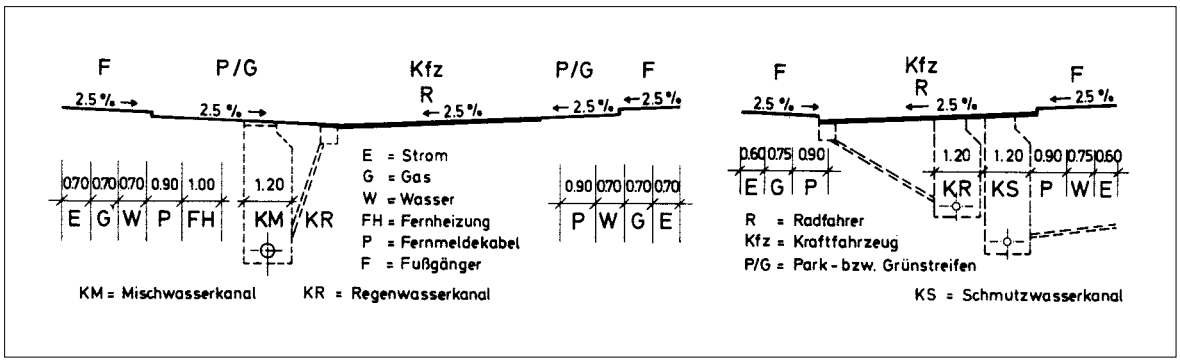


Abb. 5 Grundbreiten der Ver- und Entsorgungsleitungen und zweckmäßige Anordnung im Straßenraum nach DIN 1998 [EAE,1985,31]

Die Straße stellt darüber hinaus einen Notabflußweg für die Kanalisation dar. Bei Überlastung oder Defekt der Entwässerungssysteme tritt das nicht abfließende Abwasser aus Kanalschächten oder Straßenabläufen aus und kann im Straßenraum aufstauen bzw. über diesen abfließen. Bei technisch einwandfreien Grundstücksentwässerungsanlagen werden so die vergleichsweise hohen Werte auf den Grundstücken vor Überflutungsschäden wirkungsvoll geschützt (siehe Abschnitt 5.3.3).

Mit den großen Stadterweiterungen seit Ende der 2. Hälfte des 19. Jahrhunderts und dem Bau der Kanalisationen wurde das vorhandene, die natürlichen Entwässerungstrassen nutzende, oberirdische RWAbleitungssystem durch Verrohrung an das städtebauliche Raster der Grundstücksblöcke angepaßt. Kritisiert werden kann, insbesondere auch bei einem aus dem Wasserbau kommenden Stadtplaner wie Hobrecht, dem Städtebau nicht die wasserwirtschaftlich so vorteilhaften offenen Vorflutgewässer als 'willkommene Störung des Blockrasters' [Sitte,1909,145] angeboten zu haben. Dieser Sachverhalt kann gut anhand von Abb. 6 und Abb. 7 nachvollzogen werden. Offene RWAbflußtrassen würden heute eine umweltgerechte Sanierung des Regenentwässerungssystems bedeutend erleichtern. Dahingehend besitzt das Hobrechtsche Stadterweiterungssystem aufgrund fehlender oberirdischer Vorflutgewässer wenig Möglichkeiten für wasserwirtschaftliche Verbesserungen und Weiterentwicklungen.

Eine ökologisch orientierte Regenentwässerung ist wesentlich stärker als die konventionellen Entwässerungsverfahren auf die Geländeoberfläche fixiert. Das ist zum einen darin begründet, daß der belebte Bodenkörper als natürliches Reinigungselement zukünftig möglichst auch in den anthropogen beeinflußten Wasserkreislauf eingeordnet werden sollte. Andererseits kann das zur Vergleichmäßigung des RWAbflusses benötigte RWSpeichervolumen kostengünstig und städtebaulich sinnvoll vor allem über Geländemulden bereitgestellt werden. Damit erlangen oberirdische Regenentwässerungsverfahren zukünftig wieder eine stärkere Bedeutung. Diese Verfahren stehen deshalb auch im Mittelpunkt der vorliegenden Untersuchung.

Die im Kapitel 3 gemachten Ausführungen sollten grundlegende Aspekte des Städtebaus, insbesondere im Zusammenhang mit der Regenentwässerung darstellen und so den Leser gleichzeitig für Probleme an der Schnittstelle zwischen wasserwirtschaftlichen und angrenzenden Interessen anderer Disziplinen im Städtebau sensibilisieren. Dieses Wissen erleichtert es, anhand der nun folgenden Beschreibung von Beispielen zur Stadtentwicklung (Kapitel 4) die städtebauliche und wasserwirtschaftliche Relevanz bestimmter Vorschläge bzw. Entwicklungen zu erkennen. In Auswertung dieser Beispiele erfolgt dann im Kapitel 5 eine vertiefende Untersuchung von städtebaulichen und entwässerungstechnischen Einzelaspekten, die einen maßgeblichen Einfluß auf den Entwurf ökologisch orientierter Regenentwässerungssysteme haben.

Abb. 6 Natürliche Vorflutgewässer und Trassen der Technischen Infrastruktur, Stadtteil Reinickendorf im Bezirk Reinickendorf (Berlin) [DIGK,1996] [GW 20,1990]

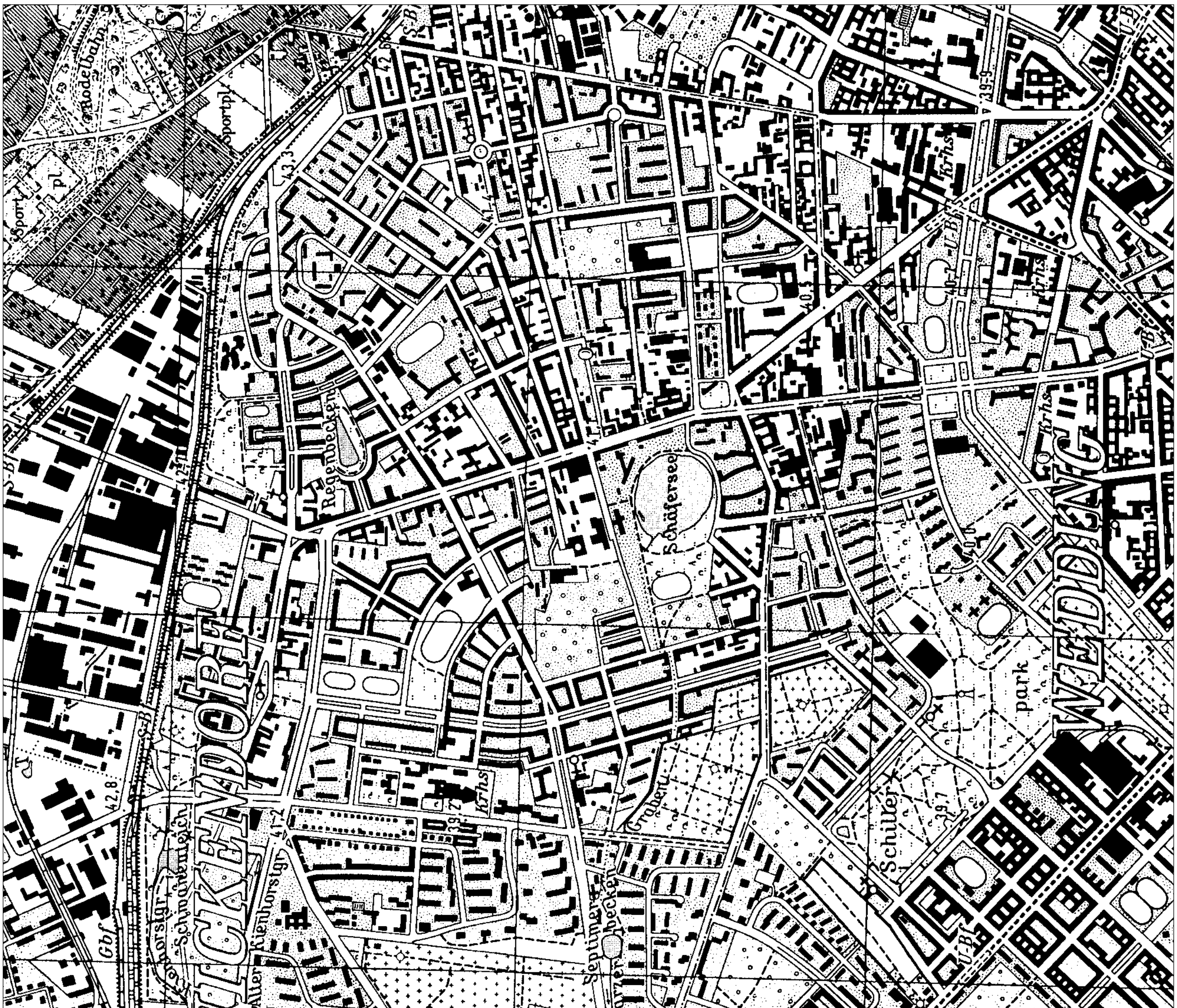


Abb. 7 Bebauungsstrukturen Stadtteil Reinickendorf (Berlin)
[TK 25 Spandau,1973] [TK 25 Nord,1983] - vergrößert auf M 1:20.000

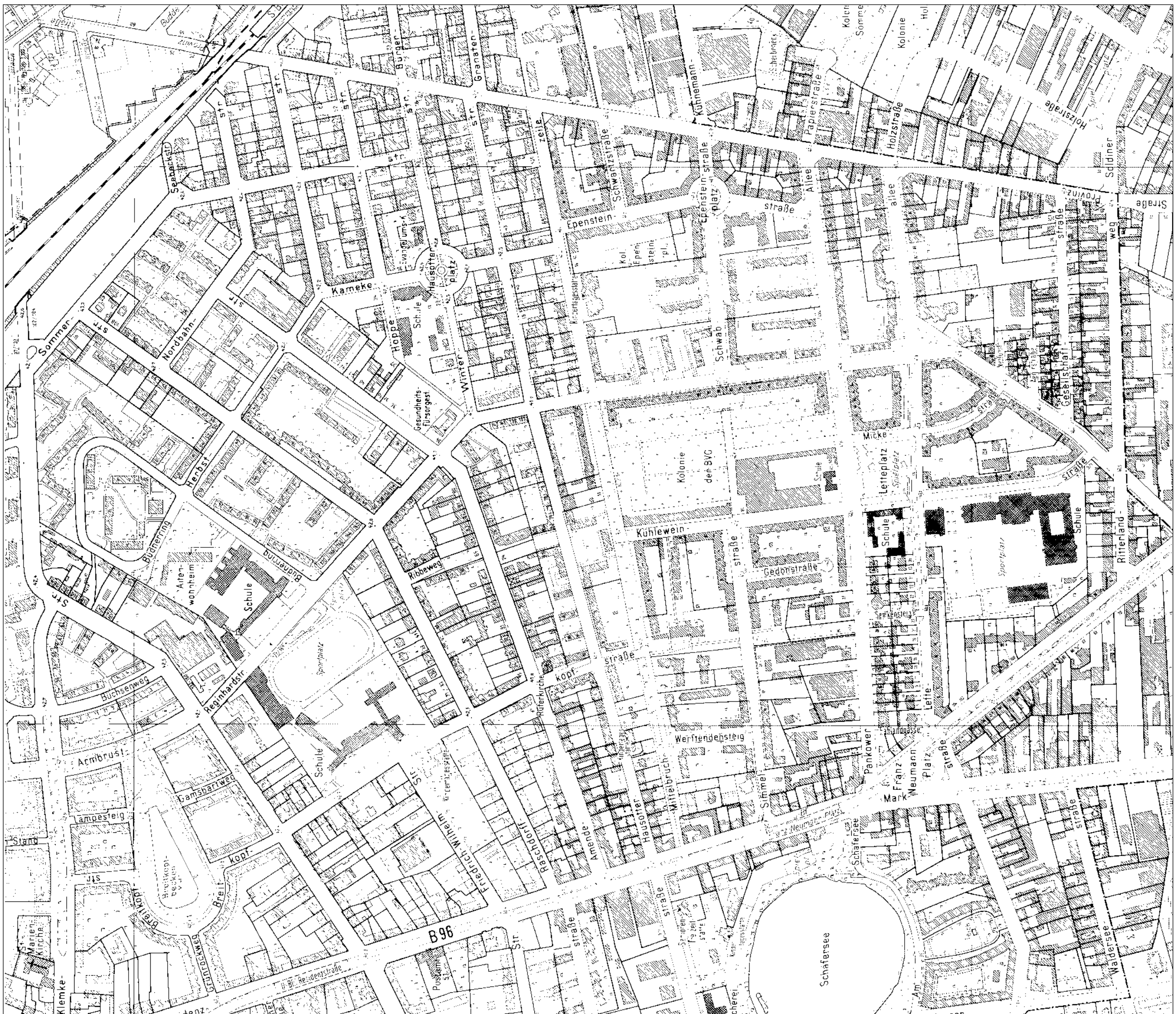


Abb. 8 Bebauungs- und Parzellenstrukturen Stadtteil Reinickendorf (Berlin)
[K5 /433a,1991] [K5 /433c,1993] - verkleinert auf M 1:10.000

4. Erfahrungen zur oberirdischen Regenentwässerung

4.1. Städtewachstum und Regenentwässerung am Ende des 19. Jahrhunderts

Mit dem beschleunigten Städtewachstum Ende des 19. Jahrhunderts in Europa stellte sich das Problem einer geordneten Regen- und Brauchwasserableitung. Die Fäkalienentsorgung war dagegen meist nebensächlich [Hobrecht,1884,58]. Seit der Einführung der zentralen Wasserversorgung nahmen die abzuleitenden Brauchwassermengen erheblich zu. Besonders in den Großstädten war es aufgrund der hohen Bebauungsdichte selbstverständlich, daß das auf den Grundstücken anfallende Regen- und Brauchwasser über den Straßenrinnstein abgeleitet wurde. Wachsende Vorfluterentfernungen durch die sich ständig ausweitende Stadt sowie das Zunehmen der abflußwirksamen Fläche, verbunden mit einem geringen natürlichen Geländegefälle (z.B. im Berliner Urstromtal), führten zu tiefen Rinnsteinen und zu Wasseransammlungen infolge des ungenügenden Wasserabflusses. Die tiefen Rinnsteine wurden bei gleichzeitiger Zunahme des städtischen Verkehrs und der Verkehrsgeschwindigkeit besonders an Kreuzungen und Hofeinfahrten zu einem ernsten Hindernis. In Fäulnis übergehende Wasseransammlungen führten zu Belästigungen und hygienischen Mißständen.

Bereits Mitte des 19. Jahrhunderts wurden im Zuge heftiger Debatten um das anzuwendende Verfahren bei der Stadtentwässerung die wesentlichen städtischen Abwasserarten unterschieden. Es waren dies die Fäkalwässer der Abortgruben auf den Höfen, die Haus- oder Brauchwässer (Wasch-, Bade-, Küchenwässer), das von Höfen und Straßen abfließende Regenwasser und das Dachablaufwasser. Zur Beseitigung dieser Abwässer standen mehrere Verfahren zur Diskussion. Neben der Abfuhr der Fäkalien in Tonnen und dem Fördern der Fäkal- und Hauswässer über eine Druckentwässerung wurde vor allem die Schwemmkanalisation favorisiert.

Von der Schwemmkanalisation versprach man sich den Vorteil, *alle Abwasserarten über ein einziges System* sowie über ein mehr oder weniger *bewährtes Verfahren* aus dem Siedlungsbereich beseitigen zu können. Um die Schwemmkanalisation zu verbilligen, stellte sich von Anfang an die Frage, ob man nicht das Regenwasser möglichst oberirdisch in den nächstliegenden natürlichen Wasserlauf ableiten sollte [Hobrecht,1884,81]. Diese Frage wurde umso dringender, je flacher ein Entwässerungsgebiet war und je mehr natürliche Wasserläufe als Vorfluter zur Verfügung standen, da das abzuleitende Regenwasser Anzahl und Größe der Pumpwerke bzw. die Größe der unterirdischen Kanäle bestimmte.

Forderungen nach Ausschluß des Regenwassers von der Kanalisation wurden bereits Mitte des 19. Jahrhunderts in England laut, u.a. von dem Hygieniker Edwin Chadwick sowie dem Ingenieur Philipps. Vorbilder für eine solche Schwemmkanalisation im Trennsystem gab es ebenfalls bereits in England, u.a. in den Städten Awick, Reading, Oxford und Halstead [Hobrecht,1884,82] [Musat,1913,I]. Das Hauptargument gegen ein Trennsystem bei sonst günstigen natürlichen Verhältnissen, wie in Berlin und Hamburg, war lange Zeit die Befürchtung übermäßiger Gewässerverschmutzung infolge direkter RWEinleitung [Hobrecht,1884,82] [LAB,10.11.1901] [Heydt,1908,18] [Geiger,1985,1.1].

Da die Einsparungen beim Trennsystem neben Pumpwerks- und Klärwerkskapazitäten anfangs im wesentlichen in der Substitution teurer unterirdischer Kanalisationsanlagen bestanden, war man bestrebt, möglichst viel Regenwasser oberirdisch abzuleiten. Probleme ergaben sich dabei besonders in den Anfangsstrecken wegen der Überlagerung des RWAbflußweges mit dem Verkehrsweg. Entwässerungsrinnen in den Ein- und Ausfahrten der Grundstücke führten i.d.R. das hofseitig anfallende Regenwasser auf die Straße. Über den Rinnstein wurde das Regenwasser dann zusammen mit dem Straßenablaufwasser zum nächsten oberirdischen Gewässer (Vorfluter) geleitet. Das bedeutete letztendlich,

bezüglich der Niederschlagsentwässerung eine Beibehaltung des ursprünglichen Entwässerungsverfahrens. Damit war für größere Städte das hygienische, nicht jedoch das verkehrliche Problem gelöst. Das hatte zur Folge, daß eine vollständig oberirdische Regenwasserableitung auch zur damaligen Zeit nur für Klein- und Mittelstädte als die zweckmäßige Lösung angesehen wurde. "Die unterirdische Regenwasserabführung, welche für kleinere Städte und Landgemeinden eher eine Annehmlichkeit als eine Notwendigkeit bildet, läßt sich in mittleren, namentlich aber in großen Städten nicht mehr entbehren. Sowohl die Anforderungen des heutigen städtischen Verkehrs, wie die Ansprüche, welche an die weitergehende bauliche Aufschließung des Grund und Bodens gestellt werden, setzen die vollständige Entwässerung auf unterirdischem Wege voraus." [Frühling,1903,361], in diesem Sinne auch Bredtschneider [1902], Brix [1910,19], Musat [1913], Kehr [1930] und Genzmer [1924,497].

Klein- und Mittelstädte erschienen geeigneter, weil ihre Ansprüche an eine Hindernisfreiheit für den Verkehr geringer (kleineres Verkehrsaufkommen, geringere Geschwindigkeiten) und weil die finanziellen Lasten aus der Kanalisation für die Bürger aufgrund der geringeren Besiedlungsdichte größer waren. Für die Großstädte wurde von Anfang an eine unterirdische RWAbleitung in den Anfangsstrecken als notwendig erachtet, da der durch die Verfechter des Trennsystems immer wieder betonte Kostenvorteil gegenüber dem Mischsystem durch das doppelte Leitungssystem aufgehoben wurde [Hobrecht, 1884,82&86].

Die Stadt Berlin entschied sich unter diesen Bedingungen 1873 für die Anlage einer planmäßigen Schwemmkanalisation nach dem Mischsystem. Ihr folgte 1885 die Stadt Charlottenburg. Die übrigen an Berlin angrenzenden kleineren Städte entschieden sich aus den bereits besprochenen Gründen für das Trennsystem (z.B. Weissensee 1892, Steglitz 1893, Pankow 1893). Größtenteils hat man dort das Regenwasser anfangs oberirdisch abgeleitet und erst später in den verkehrsreichen Straßen eine gesonderte unterirdische Regenwasserleitung angelegt [Musat,1913,9] [Weyrauch,1914,52]. Diese Vorgehensweise ist nur beim Trennsystem möglich, denn im Unterschied hierzu müssen beim Mischsystem die Kanäle von vornherein auf den Endzustand bemessen werden. Dabei spielt der RWAbfluß die entscheidende Rolle. Die Möglichkeit einer stufenweisen Errichtung des Entwässerungssystems wurde schon früh als ein Vorteil des Trennsystems erkannt [Bredtschneider,1902,25]. Dieser kam besonders bei Klein- und Mittelstädten, in den Außenbereichen der Großstädte oder in wirtschaftlich ungünstigen Zeiten zum Tragen [Genzmer,1928,865] [Hahn,1928,39] [Kehr,1930,58].

Bedeutende Veränderungen für die Regenentwässerung brachte die Entwicklung des Betonrohrs. Mit der einsetzenden Massenfertigung des gegenüber dem Tonrohr bzw. dem gemauerten Kanal billigeren Betonrohres ab ca. 1880 [Bärthel,1969,123] wurde die (unterirdische) Trennkanalisation für Bereiche interessant, die vorher der Mischkanalisation bzw. der oberirdischen Regenentwässerung vorbehalten blieben. Die Verbilligung der unterirdischen RWAbleitung hatte zur Folge, daß für verkehrsreiche und dicht bebaute Gebiete eine Trennkanalisation erwogen werden konnte bzw. daß es bei dünner besiedelten Gebieten möglich wurde, störende Bereiche der oberirdischen Regenentwässerung von vornherein zu verrohren. Zu diesen Bereichen gehörten zweifellos die Anfangsstrecken, die längenmäßig den bedeutendsten Anteil am Entwässerungssystem darstellen (wurzelförmige Gestalt), und wo die Überlagerung von Verkehrsweg und oberirdischem RWAbflußweg zu großen Behinderungen führte.

Mit dem Bau der Kanalisation wurde das schlecht funktionierende, jedoch *vorhandene* oberirdische RWAbleitungssystem überflüssig. Beide Systeme, die unterirdische RWAbleitung über die Kanalisation und die oberirdische über Straßenrinne, Vorflutgraben, Vorflutgewässer, bestanden in Berlin lange Zeit nebeneinander. Das bestehende oberirdische Ableitungssystem wurde von den Stadtbauingenieuren jedoch nur als 'provisorische Maßnahme betrachtet' [Hahn,1928,161] [Bredtschneider,1902,25] und deshalb schrittweise außer Betrieb genommen. Das vorhandene und die natürlichen Entwässerungs-

trassen nutzende RWAbleitungssystem paßte man durch Verrohrung an das Raster der Baublöcke an. Im Zuge dieser von Mitte des 19. bis Mitte des 20. Jahrhunderts andauernden Entwicklung wurden in Berlin auch kleinere natürliche Wasserläufe wie der Hamburger Graben, Königsgraben, Pfefferluchgraben, Ruschegraben, Südpanke, Marzahn-Hohenschönhauser-Grenzgraben verrohrt bzw. in die Kanalisation einbezogen. Dieser Prozeß wird in Abb. 6 deutlich und kann für das gesamte Berliner Stadtgebiet nachvollzogen werden (siehe: [Hahn,1928,194], [TÜK 200-O,1985], [GW 20,1990]).

Neben den verkehrlichen Problemen die die oberirdischen RW -Ableitungsstrassen verursachten, waren auch andere Gründe für eine Verlagerung der RWAbleitung in den unterirdischen Straßenraum ausschlaggebend. Als solche sind zu nennen:

- unansehnlich aussehende Vorflutgewässer, hervorgerufen durch eine unausgeglichene Wasserführung infolge fallender Grundwasserstände und Zunahme der befestigten Flächen;
- erschwerte gestalterische Einordnung der, durch Gewässervertiefung oder Geländeanschüttungen tiefliegenden Vorflutgewässer;
- zunehmender bodenwirtschaftlicher Verwertungsdruck auf das von den Wasserläufen beanspruchte Gelände.

Diese Gründe werden in der Fachliteratur nicht problematisiert. Wahrscheinlich nicht zuletzt deshalb, weil sehr oft mehrere der angeführten Aspekte für eine Verrohrung der RWAbleitung sprachen. Eine Reihe von Äußerungen von Stadtbauingenieuren bzw. die bauliche Entwicklung im Bereich ursprünglich offener Vorflutgewässer rechtfertigen jedoch diese Aussagen.

Typisch für die städtebauliche Haltung gegenüber den natürlichen Wasserabflußtrassen ist eine zwischen 1893 und 1900 von A. Bredtschneider aufgestellte Erschließungsplanung für eine Erweiterung der unweit von Berlin gelegenen Stadt Charlottenburg. Die dabei angestellten entwässerungstechnischen Überlegungen wurden zur damaligen Zeit von einer breiten Fachöffentlichkeit wahrgenommen (siehe u.a.: [Bredtschneider,1902], [Frühling,1903,377], [Salomon,1906,Bd.2], [VDI,1906,248]).

4.1.1 Stadterweiterung Charlottenburg nach den Plänen von Bredtschneider um 1900

Um ein zur Stadt Charlottenburg gehörendes 556 ha großes Gelände auf dem rechten Spreeufer für eine planmäßige Bebauung aufzuschließen, wurde vom Stadtbaurat und Leiter des Tiefbauamtes Charlottenburg August Bredtschneider (1855-1924) ein Bebauungsplan und ein Entwässerungsplan aufgestellt. Die städtebaulichen Planungen beschränkten sich dabei nach dem Preußischen Fluchtliniengesetz von 1875 auf die rasterförmige Aufteilung des Gebietes in parzellierungsfähige und von öffentlichen Straßen umschlossene Baufelder (Grundstücksblöcke). Allein über die Festlegung: der Straßen- und Baufluchtlinien, der zukünftigen Straßenhöhen, der Mindest-Kellersohlenhöhe und der Bauweise (Bauklasse) der Gebäude, sowie durch die Bestimmungen der Bauordnung wurde die Gestalt des späteren Stadtgebietes beeinflußt. Bestimmungen über Parzellierung und Grundstückstiefen gab es nicht.

Die Planungen, die im Verantwortungsbereich des Charlottenburger Tiefbauamtes lagen, gingen von einer 5-geschossigen geschlossenen, sogenannten 'großstädtischen Bauweise', nach der Bauordnung von 1898 aus (Abb. 12). Dies hätte eine Überbauung von 2/3 bis 3/4 der Grundstücksfläche (GRZ = 0,67 bis 0,75) mit einer Einwohnerdichte von 600 E/ha zugelassen. Zur Veranschaulichung der geplanten Bebauungsform ist in Abb. 9 ein vergleichbarer, um 1909 bebauter Grundstücksblock der Nachbargemeinde Tiergarten dargestellt.

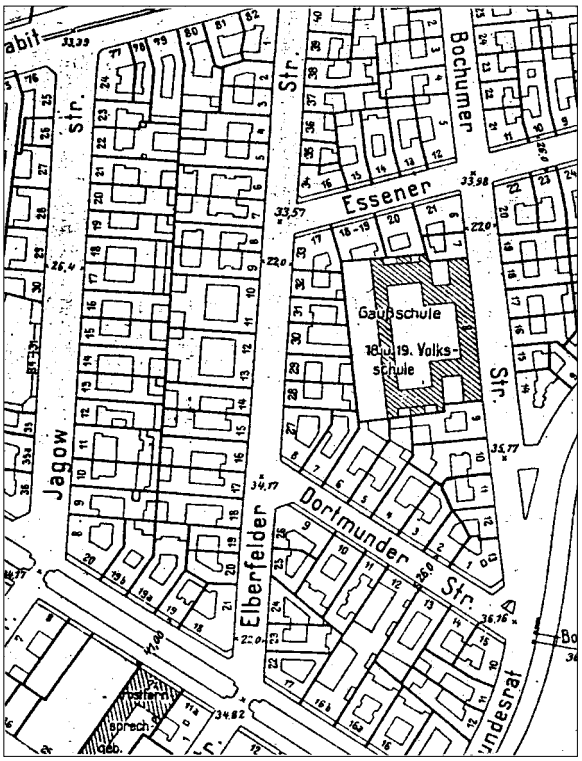


Abb. 9 Berlin-Moabit, Grundstücksblöcke der Bauklasse V, um 1909 bebaut [K4 /4241,1941]

Für vierzehn dieser Baufelder, gleichmäßig über das gesamte Bebauungsgebiet verteilt, plante die Stadt Charlottenburg eine öffentliche Nutzung in Form allgemein zugänglicher Plätze bzw. Grünanlagen. Das Gelände sollte nach den Plänen weiter eingeebnet werden und die im Gebiet vorhandenen, natürlichen Vorflutgewässer (Abb. 10) spielten städtebaulich keine Rolle mehr.

Im Zuge der Entwurfsarbeiten stellte Bredtschneider zwei entwässerungstechnische 'Konkurrenzentwürfe' auf, einen für eine Entwässerung des Gebietes im Trennsystem sowie einen weiteren für eine Gebietsentwässerung im Mischsystem. Die städtebaulich relevante Erschließungsstruktur der Straßen sowie deren Höhe blieb durch diese Überlegungen unb erührt.

Aufgrund der für das Trennsystem günstigen Lage des Entwässerungsgebietes (dreiseitig von Vorflutgewässern umgeben, geringes Geländegefälle, geringe Geländehöhe) und der Möglichkeit des Einsatzes billiger Betonrohre ergab sich unter Berücksichtigung der Bau-, Betriebs- und Unterhaltskosten bei Anwendung des Trennsystems ein wirtschaftlicher Vorteil von 6% gegenüber dem Mischsystem *für die öffentliche Hand*. Die *Mehrbelastung der Grundstückseigentümer* durch das doppelte Rohrsystem auf den Grundstücken rechtfertigte Bredtschneider mit der beim Trennsystem erzielbaren höheren Rückstausicherheit für tiefliegende Entwässerungseinrichtungen. Die geringeren Kosten für die Gemeinde waren für Bredtschneider entscheidend für die Wahl des Trennsystems [LAB,25.4.1900].

Bredtschneider, welcher als einer der Pioniere des Trennsystems in Deutschland gilt, war städtebaulich befangen bei dessen ortsspezifischer Ausbildung. Dazu ist es wichtig, sich die Gelände-, Grundwasser- und Vorflutverhältnissen im Gebiet zu vergegenwärtigen (Abb. 12).

● Standort
Abwasserpumpstation

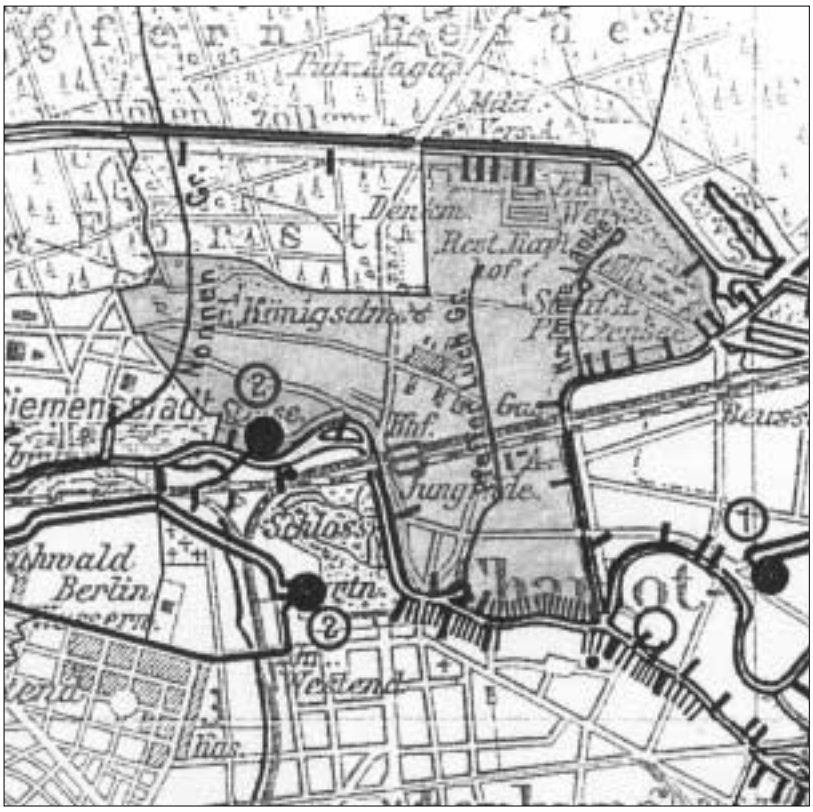


Abb. 10 Entwässerungsgebiet Charlottenburg III mit Gewässern [Hahn,1928,Beil.] M ca. 1 : 50.000

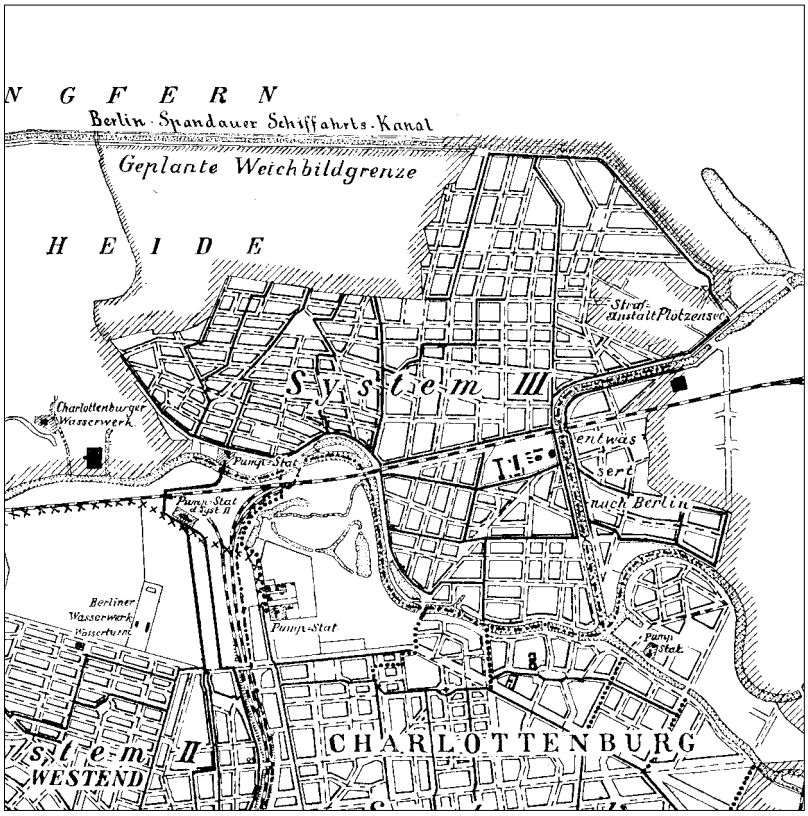


Abb. 11 Bebauungs- u. Entwässerungsplanung Stadterweiterung Charlottenburg um 1900 von A. Bredtschneider, Planausschnitt aus: [Salomon,1906,Bd.2,190]

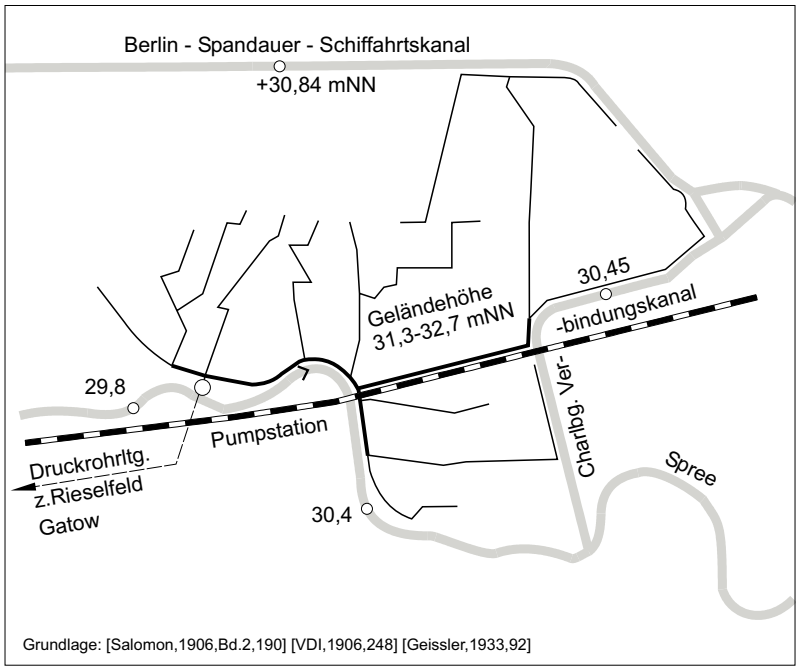


Abb. 12 Stadterweiterungsplanung Charlottenburg um 1900; Mischkanalisation, Gelände-, Grundwasser- u. Vorflutverhältnisse (M 1 : 50.000)

Mit Abb. 12 wird deutlich, daß das zur Bebauung vorgesehene Terrain an drei Seiten von ausgedehnten Gewässern umschlossen wird, relativ eben war und in Bezug auf die umgebenden (Vorflut-)Gewässer vergleichsweise tief lag. Daraus resultierten u.a. zwei Probleme: (1.) eine *ungenügende Vorflut* für das anfallende Regenwasser durch einen zu geringen Höhenunterschied zwischen dem Baugelände und den wasseraufnehmenden Gewässern und (2.) ein nur *geringfügig unter dem Baugelände anstehendes Grundwasser*, welches unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten eine Unterkellerung der Gebäude verbot und eine Verlegung der Abwasserkanäle verteuert hätte. Bredtschneider reagiert auf diese naturräumlichen Bedingungen, indem er den Straßenbereich um ca. 1,5 m anschütten will.

Eine Aufdämmung der Straßen, die damals immense Kosten für die öffentliche Hand verursacht hätte, war bis zu einem gewissen Grade durchaus vernünftig. Liegen die Straßen höher als das Bauland innerhalb der Grundstücksblöcke, so kann der bei den Ausschachtungsarbeiten für das Kellergeschoss anfallende Bodenaushub auf den Parzellen zur Angleichung an das Straßenniveau verwendet werden. Gleichzeitig lassen sich die Entwässerungsleitungen vor der Aufhöhung des Straßenkörpers mit geringeren Ausschachtungstiefen verlegen. Liegt das zu bebauende Gelände zudem im Verhältnis zu den umgebenden Vorflutgewässern tief bzw. ist der GWStand im Baugebiet hoch, so ermöglichen höherliegende Straßen eine kostengünstige Unterkellerung der Bebauung durch Anhebung der Kellersohlen über dem GWSpiegel und erleichtern die RWAbleitung aus dem Gebiet. Bredtschneider konnte sich bezüglich der Straßenanschüttung auf einen breiten Konsens in Fachkreisen stützen. Straßenaufhöhungen von ca. 1,0 m in Bezug auf die ursprüngliche Geländehöhe bzw. von mindestens 1,3 m in Bezug auf den maßgebenden GWStand galten als normal (siehe [Foerster,1914,1700&1801]). Dennoch fordert die vorliegende Bebauungsplanung, besonders auch unter entwässerungstechnischen Gesichtspunkten zum Widerstand heraus.

Die Gewässer Nonnengraben, Pfefferluchgraben, Krumme Lanke und Teufelssee markieren *Geländesenken* und damit natürliche Entwässerungsbahnen des Niederschlagswassers. Aufgrund ihrer seit langem wahrgenommenen Entwässerungsfunktion eignet sich der Gewässerbereich schlecht als Bau-

grund. Spätere Baugrunduntersuchungen stützen diese allgemeine Erkenntnis (siehe [LAB,17.1.1940, 92]). Da das Bebauungsgebiet auch zur damaligen Zeit ausgesprochen groß war, mußte Bredtschneider selbst bei optimistischer Planung bzw. unter dem Eindruck der starken Bevölkerungszunahme in Realisierungsetappen denken. Er behandelte aber das gesamte Bebauungsgebiet gleich. Die Geländesenken mit den Gewässern sollten verfüllt und zu Bauland gemacht werden.

Ein wesentlicher Vorteil des Trennsystems ist u.a. die Möglichkeit, die Regenentwässerung oberirdisch vornehmen zu können. Dabei kann die oberirdische RWAbleitung *teilweise* und/oder *zeitweise* die teurere unterirdische ersetzen [Bredtschneider,1902,25]. Da für Bredtschneider bei der vorgesehenen Bebauungsform eine oberirdische RWAbleitung in den Anfangshaltungen aus verkehrlichen Gründen ausschied, boten sich hierfür vor allem die Endstrecken des RWAbleitungssystems und damit die natürlichen Gewässertrassen an. Eine wasserbauliche Regulierung der Gewässer sowie Retention, Versickerung und Verdunstung, unterstützt durch zusätzliche Gewässeraufweitungen hätten den RWAbfluß aus dem Gebiet wesentlich verringert und die Erschließungskosten reduziert.

Die Beibehaltung der natürlichen Entwässerungstrassen aus rein ingenieurtechnischer Sicht hätte Impulse für die stadträumliche Entwicklung des nördlichen Erweiterungsgebietes von Charlottenburg geben können. Dies als Anregungen zum einen für Bredtschneiders Entwurfsarbeiten selbst oder zum anderen bei stagnierender Entwicklung des Gebietes für spätere Bebauungsplanungen. Bredtschneider, welcher die Vorzüge des Trennsystems im allgemeinen und die seines Entwurfes für die nördliche Stadterweiterung Charlottenburgs im besonderen im Handbuch der Hygiene von Theodor Weyl beschreibt, problematisierte diese Sachverhalte nicht. Die stadtgestalterische Einordnung und Entwicklung von Gewässern in Siedlungsgebieten und deren Nutzung für die Regenentwässerung war für ihn kein zur Veröffentlichung würdiges Thema.

Anstelle des von Bredtschneider vorgeschlagenen Trennsystems wurde die als 'Konkurrenzentwurf' konzipierte *Mischkanalisation* (Abb. 12) für die weiteren Planungen bindend, da der Polizeipräsident als maßgebende Aufsichtsbehörde die unmittelbare Einleitung des Regenwassers in die öffentlichen Gewässer Spree und Schiffahrtskanal untersagte [LAB,10.11.1901]. Mit ausschlaggebend werden dabei die öffentlich gemachten Einwände von betroffenen Grundeigentümern bezüglich der *privaten Mehrbelastung* beim Trennsystem gewesen sein (siehe [LAB,23.5.1900]).

Das Gebiet wird in der Folgezeit trotz vielfachen Drängens der Grundeigentümer nur ungenügend erschlossen. Ab 1910 baut die Firma Siemens verstärkt ihren Standort unmittelbar an der westlichen Gebietsgrenze aus, nutzt dabei aber ausschließlich Gelände der Nachbargemeinde Spandau. Bredtschneider, bis zu seiner Pensionierung 1920 Stadtbaurat und Leiter des Tiefbauamtes, mußte sich im Zusammenhang mit der ausstehenden Gebietserschließung auch mit persönlichen Anfeindungen auseinandersetzen. Objektive Gründe für die erst in den 1930er Jahren unter völlig anderen Bedingungen einsetzende Bebauung waren nicht zu ermitteln. Daß die natürlichen Gegebenheiten des Gebietes im Unterschied zur Entwässerungsplanung zu alternativen Bebauungslösungen herausforderte, zeigen spätere Planungen, von denen noch die Rede sein wird.

Es ist bemerkenswert, daß um die Jahrhundertwende Fragen der Gestaltung und städtebaulichen Einordnung des oberirdischen Vorflutsystems von Städtebauern nicht problematisiert wurden - Fragen, die im Zuge der expandierenden Städte einer dringenden Klärung bedurft hätten. Dies kommt auch in den damals vielbeachteten Ausführungen von Camillo Sitte in seinem 1889 erstmals erschienenen Buch "Der Städtebau nach seinen künstlerischen Grundsätzen" zum Ausdruck. Er kritisiert darin heftig die sich mechanisch wiederholenden, auf maximalen Mietzins ausgerichteten, orthogonalen Parzellierungsblöcke der Stadterweiterungen und plädiert für eine offenere, später auszugestaltende Bebau-

ungsstruktur [Sitte,1909,135]. 'Störungen' im Blockraster sind ihm aus gestalterischen Gründen willkommen: "Unebenheiten des Terrains, vorhandene Wasserläufe oder Wege wären nicht gewaltsam zu beseitigen, um eine nüchterne Quadratur zu erzwingen, sondern als willkommene Ursachen zu gebrochenen Straßen und sonstigen Unregelmäßigkeiten beizubehalten. Solche Unregelmäßigkeiten, welche gegenwärtig oft mit großen Kosten beseitigt werden, sind ja geradezu notwendig. Ohne solche Unregelmäßigkeiten wird selbst bei schönster sonstiger Ausführung eine gewisse Steifigkeit im Efffekt des Ganzen übrigbleiben, eine kalte Geschraubtheit" [Sitte,1909,145]. In den umfangreichen Erörterungen von Gestaltungsprinzipien öffentlicher Stadträume spielen Gewässer bzw. oberirdische Entwässeungstrassen bei Sitte jedoch keine Rolle mehr.

Nach den 'Ingenieur-Städtebauern' der ersten Stunde, wie z.B. Hobrecht (Berlin), Lindley (Hamburg) und Cerda (Barcelona), kommt es in der Folgezeit mit der Herausbildung einer eigenständigen und systematisch betriebenen 'Stadt-Planung' oft zu Arbeitsgemeinschaften zwischen einem ingenieurmäßig und einem mehr künstlerisch geprägten Städtebauer. Den mehr ingenieurmäßigen Part und damit auch Fragen der Entwässerung vertreten dabei Städtebauer wie z.B. Joseph Brix (1859-1943), Ewald Genzmer (1856-1932) und Robert Weyrauch (1874-1924).

Betrachtet man die Städtebaudiskussion Anfang des 20. Jahrhunderts, so gab es einige bemerkenswerte Ansätze für eine gestalterisch bewußte und (städte-)baulich ablesbare Übernahme von Aufgaben der RWEntsorgung innerhalb des Siedlungsgebietes. So betont Brix die Bedeutung oberirdischer Wasserläufe als Vorfluter zum einen für die Regenentwässerung und zum anderen zur Senkung des Grundwasserstandes als Voraussetzung für eine Bebaubarkeit des Terrains. "Wie das System der Trennkanalisation uns hilft, die alten Stadtgräben, wo es angebracht ist, zu erhalten, so setzt sie uns in den Stand, auch bei neuen Gebieten künstliche Gräben und Wasserläufe in denselben anzulegen und zur Regenwasserableitung zu benutzen, während die Brauchwässer durch ein besonderes geschlossenes Kanalsystem abgeführt werden" [Brix,1910,30]. Brix unterteilt die künstlichen Vorflutgewässer in die Kategorien (a) Stadtgräben, (b) Flut- und Abführungsgräben und (c) Entwässerungs- und Schifffahrtskanäle. Um das Vorflutsystem besser auszulasten, bzw. ein bestehendes infolge Stadterweiterungen nicht zu überlasten, schlägt Brix 'Aufhalte- oder Ausgleichsbecken' vor [Brix,1910,33].

In den Erläuterungen zum Generalbebauungsplan für Groß-Berlin (J. Brix und F. Genzmer mit Hochbahngesellschaft 1910, 1. Preis des dazu ausgeschriebenen Wettbewerbs) betont Brix die Bedeutung von Vorflutgräben in der Stadt. "Dagegen ist es außerordentlich wichtig, die Vorflutgräben jeder Art offen und in gutem Stande zu erhalten, sowie nötigenfalls eine Korrektion derselben eintreten zu lassen. (...) Um die in Groß-Berlin vorhandenen Vorflutgräben zur Belebung der Landschaft und für Zwecke der Kanalisation zu verwenden, sind sie nach Instandsetzung und Regulierung als offene Wasserläufe zu belassen. Zu beiden Seiten sind Park- und Wiesenflächen angelegt. Auch sind zum Teil die Wasserläufe in Sammelbecken und Seen übergeleitet (vgl. Pankow, Schloßteich), so daß auch bei den stärksten Regengüssen diese oberirdischen Entwässerungsanlagen für die Ableitung der Regenwässer aus den Orten und Siedlungen ausreichen" [Brix,1910,34]. Im gleichen Erläuterungsbericht wird auch auf die Notwendigkeit des seit 1900 geplanten und immer wieder verschobenen Baus des 32 km langen Nordkanals als Hauptvorfluter für die Regenentwässerung der nördlichen Erweiterungsgebiete hingewiesen. "Wie der Teltowkanal einen wesentlichen Faktor für die Vorflut der Entwässerungsanlagen der südlichen Vororte darstellt, ist es nur durch den Nordkanal möglich, die Vorflutfrage der nördlichen Vororte in einer für alle Zeit zufriedenstellenden Weise zu lösen" [Brix,1910,35].

Der von Brix und Genzmer für notwendig erachtete Bau des Nordkanals birgt aber auch die Gefahr, daß nicht mehr der Gebietsabfluß vor der Bebauung Bemessungskriterium für baugebietsinterne RW-Behandlungsanlagen ist, sondern das RW-Abflußkapazitäten gesamtstädtisch geplant und meist groß-

zügig bereitgestellt werden. Kapazitätsausbau von Fließgewässern heißt Vertiefung und Befestigung des Gewässerbettes verbunden mit einer größeren Abflußgeschwindigkeit und größeren Durchflußschwankungen. Durch den größeren Niveauunterschied zwischen Wasserspiegel und Terrain sowie die ungleichmäßige Wasserführung (u.a. Wassergüteprobleme) sind sie städtebaulich schwieriger einzuordnen als ihr natürliches Pendant. Kleinere Fließgewässer werden so für den Städtebau unattraktiv, womit ihre spätere Verrohrung wahrscheinlich ist.

Damit werden die Äußerungen von Brix und F. Genzmer zur Rolle der kleinen (Vorflut-)Gewässer im Stadtorganismus widersprüchlich und entwertet. Es ist anzunehmen, daß sich ihr Vorschlag 'zu beiden Seiten sind Park- und Wiesenflächen angelegt' nur auf die auch namentlich genannten größeren Gewässer Panke, Wuhle, Nuthe und Notte bezog. In seinen recht umfassenden Ausführungen zur "Be- und Entwässerung des Geländes und der Häuser" stellt Brix die 'schnelle und schadlose RWAbleitung' über unterirdische Kanäle in den Vordergrund [Brix,1919]. Fragen der städtebaulichen Bedeutung und Ausgestaltung oberirdischer RWAbflußtrassen werden nicht mehr thematisiert.

4.2. Die Entwässerungsfrage der Kleinstädte und Siedlungen in der 1. Hälfte des 20. Jh.

4.2.1 Die Rolle der Regenentwässerung im städtebaulichen Entwerfen von J.Brix u. F.Genzmer

Joseph Brix und Felix Genzmer richteten 1907 an der Königlich Technischen Hochschule zu Berlin das 'Seminar für Städtebau' ein, das erste seiner Art in Deutschland. Aus Seminararbeiten dieses Seminars ist ersichtlich, daß die Integration eines offenen RW-Ableitungssystems in einen Bebauungsplan Bestandteil der Lehre für Architekten war. Um die abflußdämpfende Wirkung des Ableitungssystems zu erhöhen, wurden Grabenabschnitte zu teichartigen Gewässern ausgeweitet. Im Verständnis von Brix und Genzmer sowie ihren Studenten waren diese in einen Grünzug eingebetteten offenen Wasserläufe 'Ziergewässer' (Abb. 13).

Vergleicht man die städtebauliche Struktur der Bebauungsplan-Studie (Abb. 13) mit dem von Bredtschneider im Jahre 1900 angefertigten Bebauungsplan für die Stadterweiterung Charlottenburg (Abb. 12) unter Berücksichtigung der natürlichen Gewässerstruktur des Gebietes (Abb. 10), so wird die Neuartigkeit des städtebaulichen Ansatzes deutlich. In der Studienarbeit aus dem Seminar für Städtebau wird ein Teil des RWAbleitungsweges naturnah ausgestaltet, um die Erschließungsstruktur zu beleben und um Erholungsflächen für die Bewohner zu schaffen.

Daß die Vorstellungen von Brix und Genzmer zur städtebaulichen Einordnung einer oberirdischen Regenentwässerung nicht ohne Probleme in der Praxis umsetzbar waren, zeigt ihr Wettbewerbserfolg 'Gartenstadt Frohnau'.

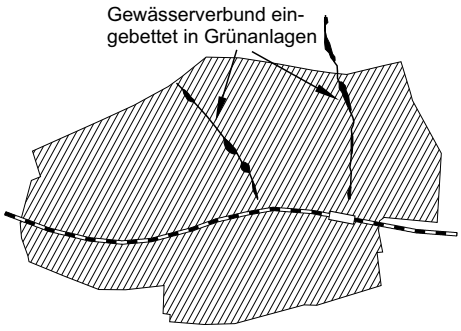


Abb. 13 Bebauungsplanstudie, Seminar für Städtebau an der Königl.Techn.Hochschule zu Berlin (links) [Brix,1910,36]

1908 schreibt die "Berliner Terrain Centrale", Bauland-Verkaufsgesellschaft des Grafen Henkel von Donnersmarck für die Vorortneugründung Frohnau (700 ha), im Norden Berlins einen Wettbewerb zur Erlangung von Bebauungsplänen aus. Brix und Genzmer gewinnen den Wettbewerb und ihr Bebauungsplan wird Grundlage der ab 1910 einsetzenden Bauarbeiten. Da kein natürliches Vorflutgewässer entsprechender Kapazität in unmittelbarer Nähe zur Verfügung steht und die Bodenbedingungen für eine Versickerung überwiegend günstig sind, soll das anfallende Regenwasser über in Grünzügen integrierte 'Ziergewässer' versickert werden. Betrachtet man eine ca. ein Jahr spätere Verkaufsofferte für Grundstücke, so sind bereits mehrere der von Brix und Genzmer konzipierten Grünzüge als Bauland deklariert (Abb. 14). Nehmen die in Grünflächen bzw. Grünzügen eingebetteten Sickerteiche im Wettbewerbsentwurf noch ganze Baublöcke ein, so rückt die Bebauung im Parzellierungsplan nah an die Teiche heran. Damit müssen die Sickerteiche zwangsläufig steilere Böschungen und größere Wassertiefen erhalten, um das erforderliche RW-Speichervolumen zu gewährleisten. Aus den 'Ziergewässern' werden dadurch überwiegend Sickerbecken. Das hat stadtgestalterische und ökologische Folgen. So geht durch die weitgehende Umbauung der Sickerteiche der Bezug zum Straßenraum verloren und durch die meist tiefe Wasserspiegellage entstehen enge abgehängte Bereiche mit einem geringen stadträumlichen Wert für die Siedlung. Szamatolski [1987] benennt u.a. folgende Gründe für die geringe ökologische Wirksamkeit der Sickerteiche: fehlende oder ökologisch entwertete Uferbereiche durch zu steile Böschungen, zu geringe Größe der einzelnen Anlagen bzw. zu geringes Wasservolumen, fehlende biologische Vernetzung der Anlagen, zeitweises Austrocknen der Teiche und hohe Schadstoff- bzw. Nährstoffeinträge.

Die Regenentwässerung des nur im südlichen Bereich fertiggestellten Vorortes funktioniert auf diese Weise bis heute ohne Beanstandungen (entwässerungstechnische Einzelheiten siehe [Jacobi,1995]).

Die oben beschriebenen Veränderungen im Bebauungsplan zum Wettbewerbsentwurf von Brix und Genzmer (Abb. 15), die bisher in der Fachliteratur noch nicht kommentiert wurden, werden mehrere Gründe haben. Einerseits ist der Überbauungsgrad der Parzellen klein und die Wasserdurchlässigkeit des Bodens groß genug, um das auf den Grundstücken anfallende Regenwasser auch auf diesen ohne Probleme versickern zu können. Die Versickerungsteiche dienen im wesentlichen nur der Straßenentwässerung. Damit lassen sich Flächenansprüche für die siedlungsbezogenen Sickerteiche entwässerungstechnisch schlechter rechtfertigen und die vergleichsweise kleineren Teichanlagen werden als

städtebauliches Element schwächer. Andererseits sind öffentliche Grünzüge, so wie Brix und Genzmer sie vorschlugen, aufgrund der offenen und durchgrünten Bebauungsform zu entbehren.

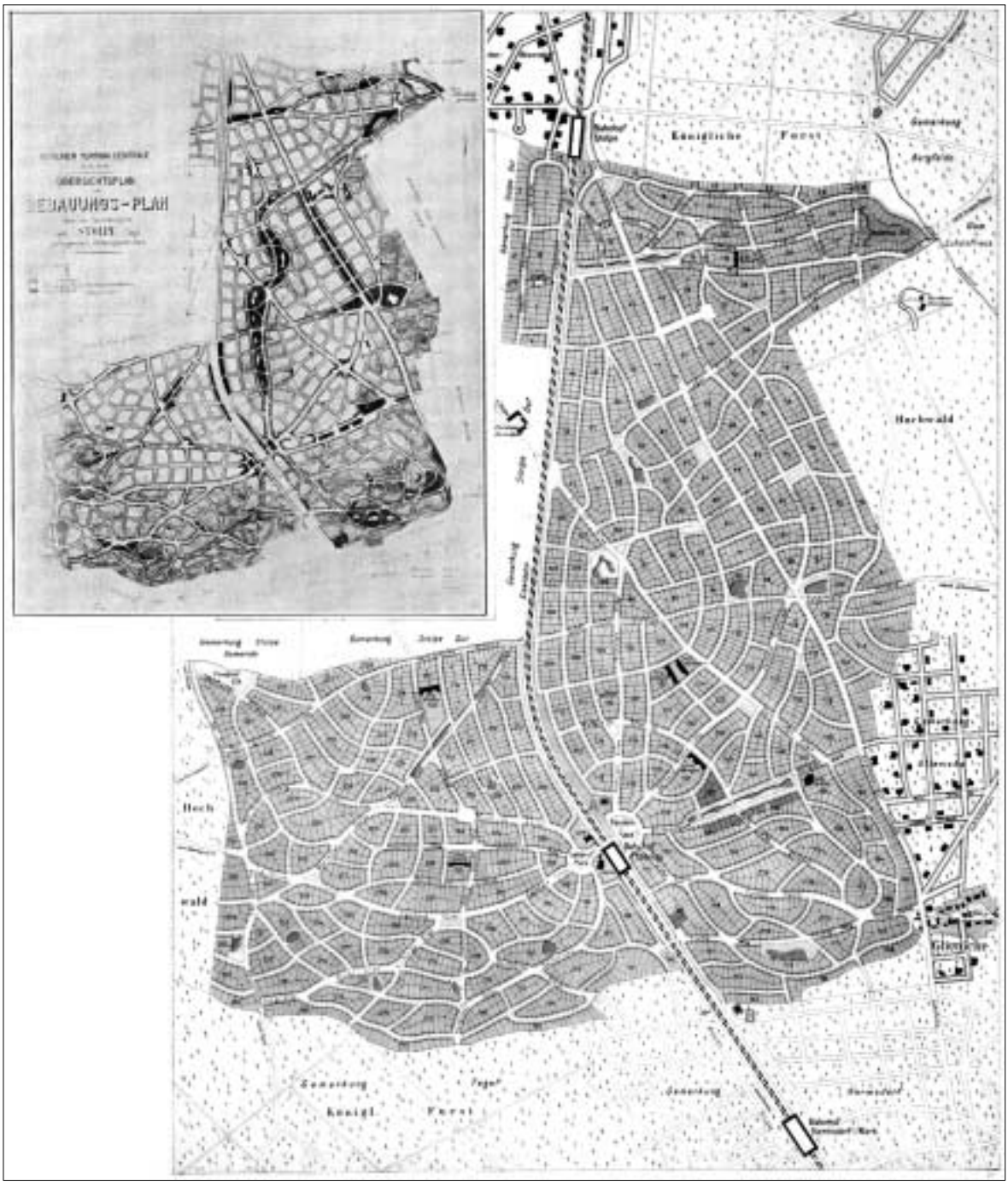


Abb. 14 Wettbewerbs-Bebauungsplan von J.Brix und F.Genzmer, 1908 [Brix,1910,36] (oben) und Parzellierungsplan der Gartenstadt Frohnau, um 1909 [SenBauWohnen,1995a,90]

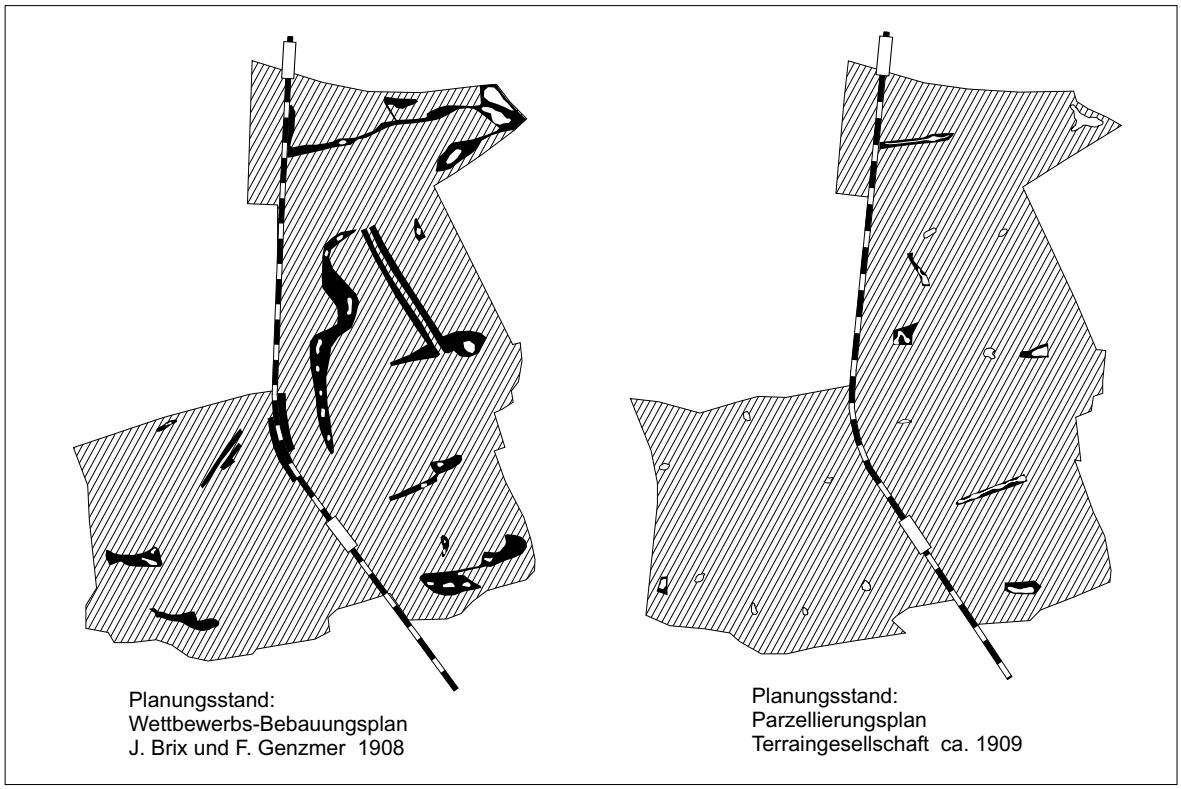


Abb. 15 Gartenstadt Frohnau (Berlin), Versickerungsanlagen und Größe der sie umgebenden Grünanlagen (schwarz), Grundlage: [Brix,1910,36], [SenBauWohnen,1995a,90]

Neben Joseph Brix ist es vor allem der Inhaber des Lehrstuhls für Städtebau und städtischen Tiefbau an der Technischen Hochschule Dresden Ewald Genzmer (Vetter von Felix Genzmer), welcher sich in wechselnden Arbeitsgemeinschaften etwa zeitgleich für die Integration einer oberirdischen Regenentwässerung in Siedlungsgebieten einsetzt. Durch die Schaffung neuer Wasserläufe als Erschließungsmaßnahme und ihre Einbettung in Grünzüge wird die Regenentwässerung bei E. Genzmer zu einem strukturierenden Element im Städtebau.

4.2.2 Die Berücksichtigung der Regenentwässerung in Bebauungsplänen durch E. Genzmer

In Abb. 16 und Abb. 17 sind beispielhaft zwei von E. Genzmer konzipierte Regenentwässerungssysteme dargestellt. Es handelt sich dabei um die Kleinstädte Brand-Erbisdorf (Sachsen) und Ronneburg (Thürigen). Beide Städte sind in mehrerer Hinsicht vergleichbar, und Stadterweiterungen solcher Städte können als typische Stadtplanungsaufgabe der damaligen Zeit gelten.

Die Städte hatten eine Einwohnerzahl von deutlich unter 10.000 E, enge und verwinkelte Altstädte mit handwerklich geprägten Gewerbebetrieben und einer schlecht funktionierenden Mischkanalisation. Durch die Nachbarschaft zu Entwicklungsschwerpunkten der Industrie bzw. ihre Lage an wirtschaftlich wichtigen Verkehrsverbindungen sahen sich die Gemeinden mit einer regen Bautätigkeit an verschiedenen Stellen der Stadt konfrontiert. Um diese Potentiale im Sinne einer gesamtstädtischen Entwicklung zu lenken, die Ansiedlung von Industrie und Gewerbe zu fördern und den neuen Anforderungen an die städtische Verkehrserschließung durch den anwachsenden Autoverkehr gerecht zu werden, entschlossen sich die Städte zu langfristig vorausschauenden Generalbebauungsplanungen. Dabei wur-

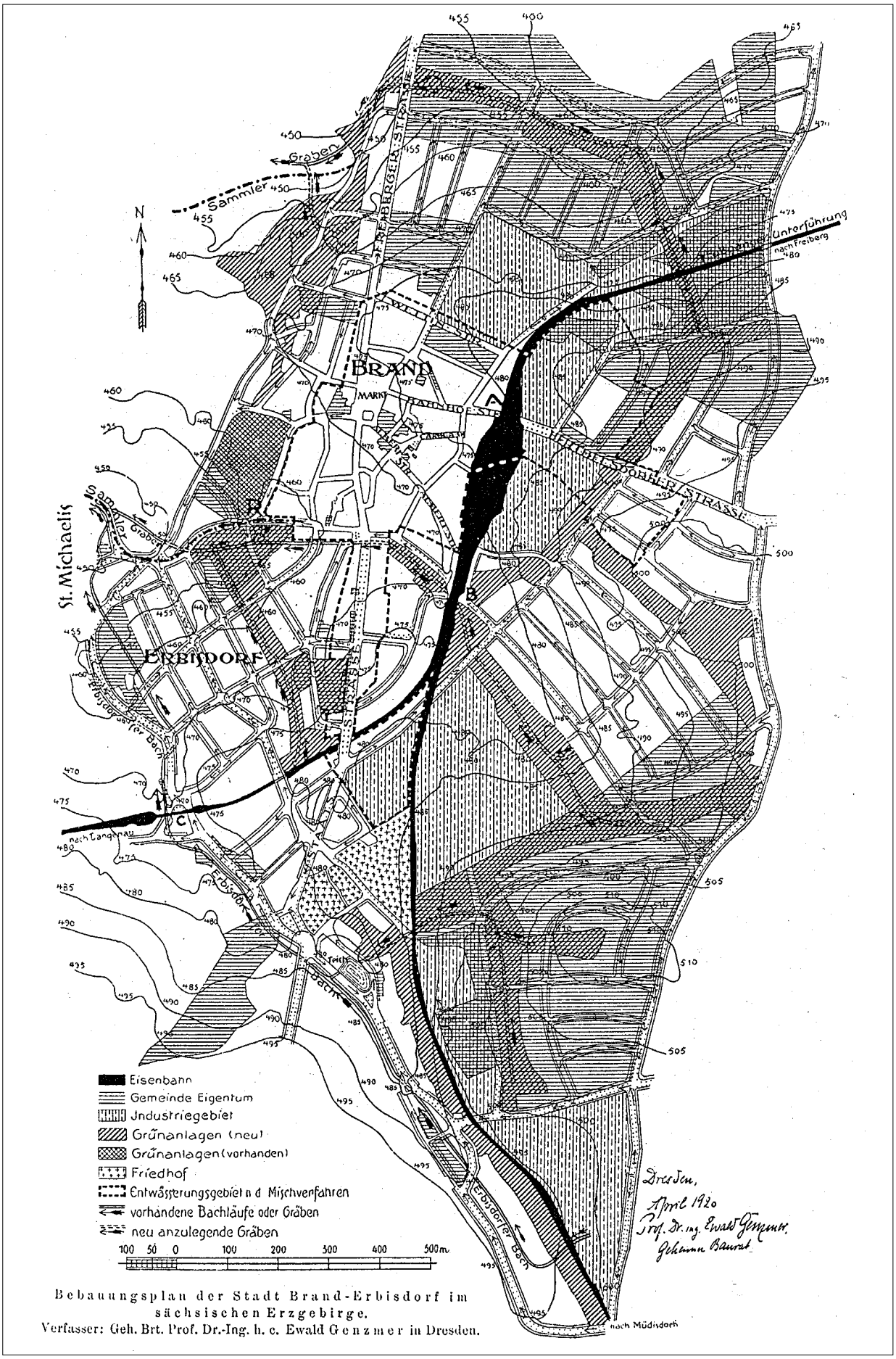


Abb. 16 Bebauungsplanentwurf Brand-Erbisdorf [Genzmer,1921,123]

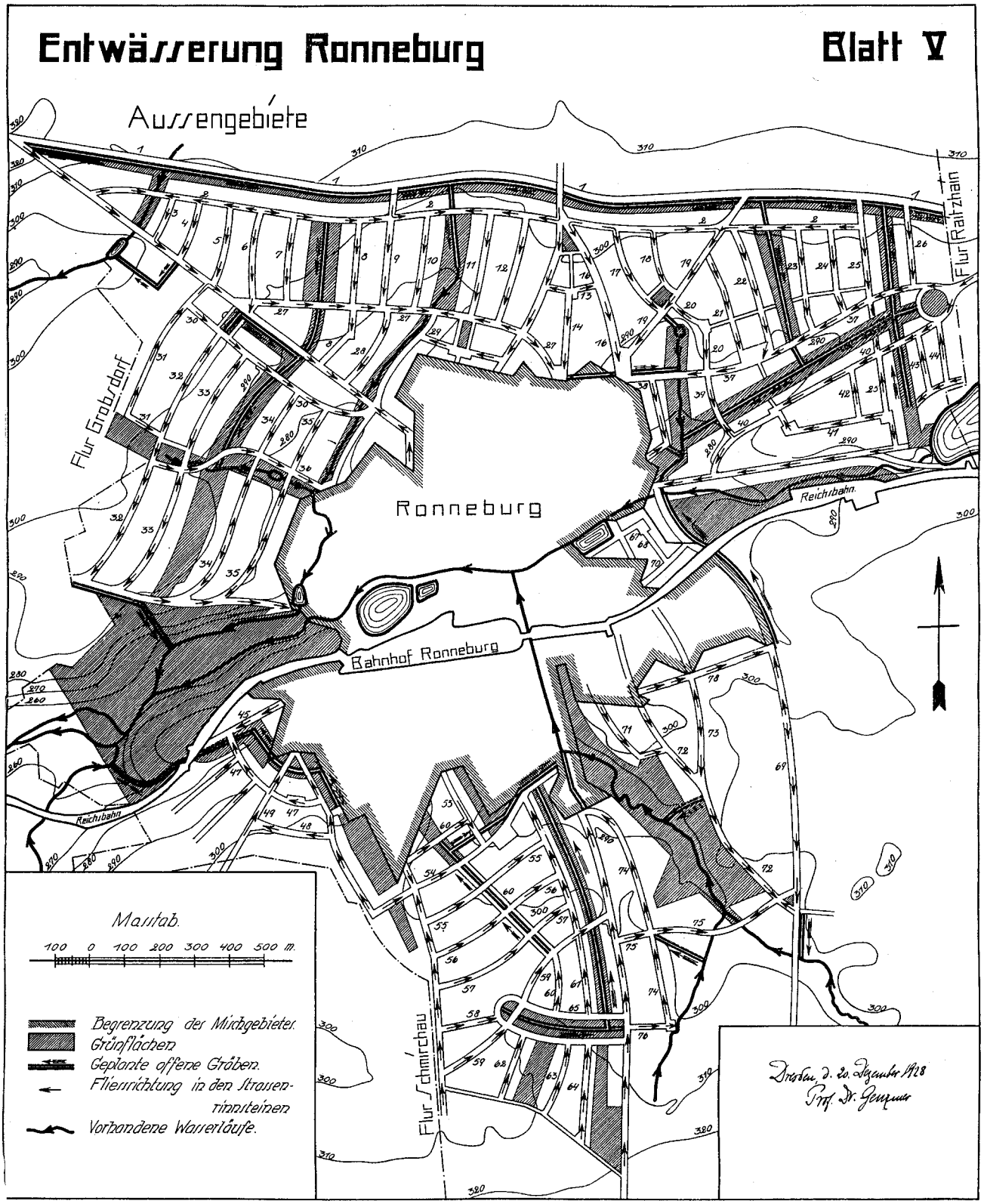
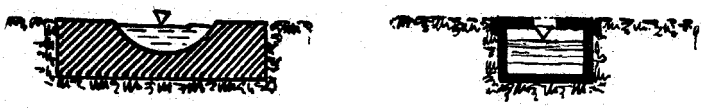


Abb. 17 Bebauungsplanentwurf Ronneburg [Genzmer,1930,Bd.2,Anl.]

den Stadterweiterungsgebiete konzipiert, die an Einwohnerzahl etwa doppelt so groß waren wie die dazugehörigen Altstädte und ausgedehnte Industriegebiete besaßen.

Die Wohngebiete der Stadterweiterungen sollten mit einer Einwohnerdichte von 125 E/ha bei einer überwiegend geschlossenen Bauweise mit zwei Vollgeschossen deutlich lockerer bebaut werden als die Altstädte. Für Brand-Erbisdorf stellt Ewald Genzmer 1920 den Bebauungs- und den Entwässerungsplan auf. Beim Vorhaben Ronneburg (1928) arbeitet Genzmer mit den beiden Berliner Architekten Walter Lehweß und E. Breidenbend zusammen, die für den Bebauungsplan verantwortlich zeichnen.

Als Entwässerungssystem für die Stadterweiterungen schlug E. Genzmer, im Unterschied zu den beizubehaltenden Mischsystemen der Altstädte, ein Trennsystem mit oberirdischer RWAbleitung vor. Die Ableitung des Regenwassers von den Straßen und Grundstücken zu den Entwässerungsgräben sollte, wie bei den besprochenen Entwürfen von Brix und F. Genzmer über den Rinnstein erfolgen (Abb. 18).



gebrannte Formsteine (links) und gußeiserne Schlitzrinnen (rechts) zur Ableitung des Regenwassers von den Grundstücken in die Straßenrinne und Querung der Gehwege [Genzmer,1930,Bd.3,18]

Straßenrinne (links); Regenwasserdüker zur Querung der Straße bei Straßenkreuzungen (rechts) [Genzmer,1930,Bd.3,19]

Abb. 18 Elemente des oberirdischen RW-Ableitungsweges in den Anfangsstrecken

Zu seinem Entwurf Brand-Erbisdorf schreibt E. Genzmer. "Die Freiflächen sind, entsprechend den heutigen im Städtebau geltenden Anschauungen, so angeordnet (...) daß zusammenhängende Grünanlagen geschaffen werden, die das ganze Ortserweiterungsgebiet planmäßig durchziehen. Diese 'Grünstreifen' sollen es der Stadterweiterung ermöglichen, auf bequemen Wegen, unbelästigt durch den Straßenverkehr und seine Geräusch- und Staub-Bildung, von ihren Wohnungen im Stadt-Inneren hinaus ins Freie zu gelangen (...) Die Grünstreifen sollen keineswegs lediglich als offene Parkanlagen angelegt werden, sondern auch zugleich zur Unterbringung von Spiel- und Sportplätzen, zur Anlage von Familiengärten (sogenannter 'Schrebergärten'), zu Friedhofsanlagen, Schulplätzen und dergleichen benutzt werden. (...) Die Grünstreifen sollen fast durchweg nicht neben den Straßenzügen, sondern auf dem Hinterlande der Baublöcke angelegt werden. (...) Dadurch wird aber der Wert der angrenzenden Grundstücke erfahrungsgemäß wesentlich erhöht, so daß der Verlust an Baugelände teilweise wirtschaftlich wieder ausgeglichen wird. (...) Endlich ist hervorzuheben, daß nur durch eine planmäßige Anordnung von Grünstreifen eine einwandfreie Abführung der Niederschlagswässer in offenen Gräben oder flachen Gerinnen durchführbar ist" [Genzmer,1921,130].

Bemerkenswert an den beiden Planungen ist die Tatsache, daß grundlegende Erfordernisse der Regenentwässerung sehr frühzeitig in die städtebauliche Planung einflossen. Weitgehend unabhängig von der späteren Bebauung wurden die *Regenentwässerungstrassen mit der Grünraumstruktur* des Siedlungsgebietes abgestimmt. Die Planung gibt Strukturen vor, keine 'fertigen' städtebaulichen 'Bilder'. Dies sichert vorausschauend die für Grünräume gewünschte und für die RWAbleitung notwendige Verbindung der Einzelanlagen, läßt aber auch die Freiheit, die Strukturen in einem späteren Planungsschritt entsprechend den konkreten gestalterischen Wünschen und entwässerungstechnischen Erfordernissen auszufüllen.

Wie die 'Grünstreifen' ausgefüllt werden können, hat Genzmer mit dem oben angeführten Zitat erörtert. Vergleichbares kann auch für die RWAbleitungstrassen gelten, ohne das aus Veröffentlichungen hervorgeht, daß E. Genzmer es zur damaligen Zeit so gesehen hat. Unter Berücksichtigung heutiger Anforderungen und dem gegenwärtigen technischen Entwicklungsstand wäre hier keineswegs nur an Gräben oder Rinnen zu denken, sondern an vielfältig gestaltbare und wassertechnisch gestützte Gewässer, die der Abflußdämpfung, Versickerung und Verdunstung des RWAbflusses dienen, - städtebaulich erfahrbar als Wiesen-, Sumpf- oder Wasserfläche.

Um das Niederschlagswasser in den Anfangsstrecken über den Straßenrinnstein ableiten zu können, war das Längsgefälle der Straßen entsprechend anzupassen. E. Genzmer schreibt dazu: "Zu den Forderungen, die aus entwässerungstechnischen Gründen an die Ausarbeitung des Bebauungsplanes gestellt werden mußten, gehörte in erster Linie die Bedingung, daß keine Straße ein schwächeres Längsgefälle als 1 : 200 erhalten dürfe. (...) Dieser Forderung wurde im vorliegenden Bebauungsplanentwurf (Ronneburg, A.d.V.) durchweg Rechnung getragen, (...) wobei an zahlreichen Stellen künstliche Aufhöhungen der Straßenkrone aus entwässerungstechnischen Gründen unvermeidlich waren, die aus Verkehrsrücksichten nicht erforderlich gewesen wären.
Die Rücksichtnahme auf eine wirtschaftliche Durchführbarkeit der Entwässerung erstreckte sich aber bei der Bearbeitung des Bebauungsplans nicht nur auf die Ausgestaltung der Längsschnitte der einzelnen Straßen, sondern teilweise auch auf die Wahl ihrer allgemeinen Lage und Richtung. Das Straßennetz mußte so eingerichtet werden, daß die Oberflächenwasser keine längeren Fließstrecken in den Straßenrinnsteinen zurückzulegen haben als 300 bis höchstens 400 m, bevor sie in einen offenen Graben oder in einen Bachlauf gelangen" [Genzmer,1930,Bd.2,3].

Die Entwässerungsplanung greift damit nicht nur über ihren Anspruch nach separaten oberirdischen und in Grünzügen eingebetteten Abflußtrassen in die Stadtplanung ein, sondern sie nimmt auch Einfluß auf Anordnung, Richtung und Gefälle der Straßen. Das kann u.a. bei einem ungünstigen Geländerelief zu zusätzlichen Kosten bzw. Gestaltungsproblemen infolge notwendig werdender Geländeregulierungen führen.

Beide Bebauungsplanungen wurden nicht umgesetzt und sind heute den Stadtverwaltungen auf Nachfrage unbekannt. Auswirkungen von Genzmers Ideen, insbesondere auch in Bezug auf die Regenentwässerung der Orte, sind im Stadtplan nicht ablesbar.

4.2.3 Stadterweiterung Charlottenburg in den 1920er und 1930er Jahren

Die bereits besprochene Planung einer nördlichen Stadterweiterung Charlottenburgs um 1900 kam nur zu einem geringen Teil zur Ausführung. Bebaut wurden lediglich Flächen südlich der Bahntrasse, der weitaus größere nördliche Bereich blieb baulich unerschlossen (Abb. 27). Im Zuge der Erschließung

des südlichen Bereichs wurde dabei der frühere Pfefferluchgraben im Unterlauf verrohrt bzw. zugeschüttet [Ribbe,1985,89].

In den 1920er Jahren verstärken sich die Bemühungen zu einer städtebaulichen Entwicklung des Gebietes. Nachdem die Stadt Charlottenburg 1908 vom Fiskus 208 ha des nördlich an das Bebauungsgebiet angrenzenden Bereichs für die Anlage eines städtischen Parks erworben hat, legt 1920 der Gartendirektor Charlottenburgs Erwin Barth den Entwurf für einen 'Volkspark Jungfernheide' vor. Ausgangspunkt seines bis heute vielbeachteten Entwurfs bildet die von Nord nach Süd verlaufende, nasse Geländemulde des Nonnengrabens (vormals Mäckeritzgraben). Barth nutzt die tiefe Geländelage bzw. den hohen Grundwasserstand im westlichen Parkbereich zum Anlegen einer großen Wasserfläche im Zuge des Nonnengrabens. Der Nonnengraben erhält eine regulierbare Wasserspeisung aus dem ca. 1,10 m höher liegenden Hohenzollernkanal, wird gefaßt und im südlichen Bereich naturnah ausgebaut. Den durch die Anlage der Wasserflächen gewonnenen Bodenaushub nutzt Barth für Geländeaufhöhungen im Bereich der Sportanlagen und der südlich des Volksparks geplanten Kleinhaussiedlung (Baugebiet der späteren 'Großsiedlung Siemensstadt') [Peus,1980]. Der Ausbau des Nonnengrabens gestattet eine Regulierung der Grundwasserverhältnisse im Gebiet, eine ausgeglichene Wasserführung der Gewässer, einen höheren Wasserdurchfluß und damit günstige Ausgangsbedingungen für eine gute Wasserqualität als Voraussetzung für die Anlage eines Freibades.

Barth führt damit exemplarisch vor, wie eine städtebauliche Aufnahme der naturräumlichen Gegebenheiten des Bebauungsgebietes aussehen kann: Aufnahme im Sinne einer Weiterentwicklung der vorgefundenen Strukturen. Der 1927 fertiggestellte Volkspark ist auch heute noch in seinen wichtigsten Gestalt- und Nutzungsmerkmalen in ursprünglicher Form erlebbar.

Die ab 1918 wiederholt einsetzenden Planungen zur baulichen Erschließung des Gebietes gehen von neuen städtebaulichen Ansätzen aus und verlassen somit die seit 1904 durch Fluchtlinienplan festgesetzte Bebauungsplanung aus den Jahre 1890er Jahren. Neu ist im wesentlichen: eine spürbar geringere Bebauungsdichte, Blockrandbebauung als maßgebende Bebauungsform, eine strenge Unterscheidung von Verkehrs- und Wohnstraßen, die Einordnung von Grünzügen und der Wunsch, "schon durch Bebauungspläne die Schaffung guter Städtebilder vorzubereiten oder gar mehr oder weniger zu erzwingen" [ChaStapla,15.11.1927,101].

Die im Vergleich zu den Planungen um 1900 wesentlich geringere Bebauungsdichte resultiert aus der Zurückstufung weiter Teile des Bebauungsgebietes von der Bauzone 5 in die Bauzone 3 und aus strengeren Bestimmungen hinsichtlich der baulichen Ausnutzung der Grundstücke durch die erste 'Großberliner' Bauordnung von 1925. Anstelle der fünfgeschossigen Bebauung mit einer zulässigen GRZ zwischen 0,67 und 0,75 der Jahrhundertwende tritt eine überwiegend dreigeschossige Bebauung mit einer zulässigen Geschoßfläche zwischen GFZ = 0,9 und 1,2, sowie einer zulässigen überbauten Grundstücksfläche zwischen GRZ = 0,3 und 0,4 [Frick,1970], [ChaStapla,15.11.1927]. Im Gegensatz dazu wird die generelle Entwässerungs-Konzeption auf der Grundlage des landespolizeilich genehmigten Bredtschneider-Entwurfs einer Mischkanalisation aus dem Jahre 1902 nicht in Frage gestellt.

Abb. 19 Bebauungsplan Charlottenburg-Nord, westlicher Teil, November 1927 [ChaStapla,7.11.1927]

Zu den städtebaulichen Entwürfen [ChaStapla], die sich alsbald nur noch auf den bedeutend kleineren westlichen Bereich des um die Jahrhundertwende vorgesehenen Stadterweiterungsgebietes beziehen, kann aus entwässerungstechnischer Sicht zusammenfassend gesagt werden: (1) Anzeichen für entwurfsspezifische Entwässerungslösungen waren nicht zu finden; (2) die in mehreren Entwürfen vorhandenen und in Nord - Süd Richtung verlaufenden Grünzüge werden argumentativ nicht durch eine erleichterte RWEntsorgung gestützt; (3) allein der Nonnengraben wird bei fast allen Planungen in einem ca. 50 m breiten Grünzug bis zur Bahnlinie Jungfernheide - Gartenfeld *offen* geführt und bei der Planung vom 7.11.1927 zusätzlich zu zwei Wasserflächen aufgeweitet (Abb. 19).

Auf den ersten Blick verwundert diese städtebauliche Haltung, sieht man vordergründig die Regenentwässerung. Da spätestens durch die bereits beschriebenen Arbeiten von Joseph Brix, Felix Genzmer sowie Ewald Genzmer die Vorteile einer sinnvollen Verknüpfung von Grünraumstruktur und oberirdischer Regenentwässerung benannt waren. Verständlicher wird das Ignorieren dieser Chance, wenn man bedenkt, daß die geringere Bebauungsdichte innerhalb der Grundstücksblöcke nur mühsam - gegen den zähen Widerstand der Grundeigentümer und Bauspekulanten - durchgesetzt werden konnte. Öffentlich nutzbare Grünzüge blieben dagegen in den innerstädtisch geprägten Wohngebieten vor dem 2. Weltkrieg noch eine Wunschvorstellung eines aufgeklärten Städtebaus - realisiert wurden sie allenfalls in den Vororten [Posener,1979,299]. Eine wichtige Aufgabe des Städtebaus bestand deshalb darin, eine *Mindestversorgung* der Bevölkerung mit wohnungsnahen Grünflächen sicherzustellen. Gleichzeitig trat der *Nutzwert* der Grünflächen in den Vordergrund, der Nutzwert, der daran gemessen wurde, welche Möglichkeiten die Grünflächen den Anwohnern zur körperlichen Betätigung gewährte. Die Entfernung zur Wohnung, die Nutzung als Sport- und Spielfläche sowie die gärtnerische Nutzung werden wichtige Aspekte bei der städtebaulichen Einordnung von Grünflächen in die Wohnsiedlungen [Posener,1979,289]. Je weniger Grünflächen sich verwirklichen lassen, desto stärker ist der Nutzungsdruck auf diese Flächen und umso konfliktreicher wird die gleichzeitige Benutzung für die Niederschlagsentwässerung.

Erklärbar, daß unter diesen Bedingungen die entwässerungstechnischen Vorzüge einer teilweise oberirdischen und in Grünzügen eingebetteten Regenentwässerung in den Hintergrund traten. Das ist aber auch bezeichnend für die fortgeschrittene Spezialisierung im Städtebau. Die *Konzeption* der Entwässerung wurde durch die zunehmend komplexer werdende städtebauliche Planung an Spezialisten delegiert. Damit entzog man der städtebaulichen Entwurfsarbeit aber auch ein Werkzeug, das helfen konnte, die Unverwechselbarkeit des Ortes zu stärken, und das helfen konnte, entwurfliche Wünsche wie z.B. innerstädtische Grünzüge zu verwirklichen.

Für die sich auf Entwässerungsfragen spezialisierten Stadtbauingenieure waren die generellen Fragen der Entwässerung des nördlichen Stadterweiterungsgebietes geklärt. Großstädtisch und damit fortschrittlich war in ihren Augen nur eine unterirdische RWAbleitung. Die großen Aufgaben in den Ballungsgebieten der 1920er/1930er Jahre lagen für sie in der Bereitstellung von Wasser für die im Zuge der industriellen Entwicklung stark anwachsenden Nutzungsansprüche und damit notgedrungen vor allem in der Abwasserreinigung. Aus keinem der eingesehenen Zeitdokumente geht in irgendeiner Weise hervor, daß die Entwässerungsplanung am Beispiel der Stadterweiterung Charlottenburg auf die städtebauliche Diskussion der damaligen Zeit mit facheigenen Argumenten Einfluß ausübte. Dabei forderten die Rahmenbedingungen des Bebauungsgebietes sowie die neuen städtebaulichen Pläne zu einer Auseinandersetzung heraus. Neben der städtebaulich wünschenswerten Aufnahme naturräumlicher Strukturen hätte man vor allem die kostspielige Geländeanschüttung und die Wahl der Mischkanalisation hinterfragen müssen. Alle drei Punkte stehen dabei in einer engen Wechselbeziehung zueinander.

Die Begründung der Niveauanhebung liest sich wie folgt: "Das Gelände, für das der Bebauungsplan aufgestellt ist, ist fast eben, erhebt sich wenig über + 32,00 NN. Da der Wasserspiegel des Hohenzollernkanals zwischen + 31,30 und + 31,60 NN liegt und das Hochwasser der Spree an der Charlottenburger Schleuse bis auf + 31,85 NN steigen kann, so kann man annehmen, daß sich auf der Mittellinie zwischen Spree und Hohenzollernkanal der höchste Grundwasserstand auf etwa + 32,00 NN einstellen und von hier nach dem nördlichen und südlichen Wasserlaufe gleichmäßig abfallen wird. Hiernach sind die künftigen Kellersohlen auf mindestens + 32,00 NN anzunehmen, die Fußböden der Erdgeschosse auf + 34,50 NN und die Straßenhöhen im Mittel auf + 33,50 NN." [ChaStapla,15.11.1927,172]. Ausgehend vom GWSpiegel wurde hier über die Kellersohle und unter Zugrundelegung eines bestimmten Gebäudetyps die Straßenhöhe festgelegt. Die Bezugnahme auf die seltenen und nur kurz andauernden Hochwasserereignisse (deren angesetzte Wasserspiegelhöhe im Fall der Spree sehr hoch war) und der höhere Wasserspiegel des ausgebauten Hohenzollernkanals führten aus *Grundwasserrücksicht* im Vergleich zum Bredtschneider-Entwurf zu einer weiteren Anhebung des geplanten Bebauungsniveaus.

Da eine konventionelle Unterkellerung der Bebauung stillschweigend vorausgesetzt wurde und höher liegende Straßen bislang den Vorteil eines kostengünstigen Geländeausgleichs durch grundstücks- oder blockbezogenen Einbau der beim Kelleraushub anfallenden Erdmassen boten, wurde der Einfluß der RWAbleitung auf die Baugeländehöhe nicht problematisiert. Da die Überbauung der Parzellen nach den städtebaulichen Vorstellungen der 1920er Jahre aber deutlich geringer ausfiel und die Keller durch die veränderte GWHöhe kaum in das ursprüngliche Gelände einschneiden sollten, standen keine Aushubmassen für den Geländeausgleich innerhalb der Baufelder zur Verfügung. Die RWAbleitung wurde damit zum bestimmenden Kriterium für die Straßenhöhen.

Die Höhenlage der Bebauung und der Straßenflächen war im Fall Charlottenburg-Nord durch das tief liegende Gelände aber auch abhängig vom gewählten Entwässerungverfahren.

Für die Regenentwässerung eines Gebietes ist die Wasserspiegelhöhe im Vorflutgewässer ausschlaggebend. Daraus folgt eine Mindesthöhe der zu entwässernden Flächen in Bezug auf die Höhe des Vorflutgewässers. Im Gegensatz dazu ist die Entwässerungsebene bei der SWAbleitung über eine Pumpstation - bei wirtschaftlich bedingten Grenzen - frei wählbar. Verbindet man im Fall der Mischkanalisation die SWAbleitung mit der RWAbleitung, so wird auch für die SWAbleitung die Wasserspiegelhöhe im Vorflutgewässer maßgebend. Da in den 1920er Jahren eine Kellerentwässerung im freien Gefälle (d.h. ohne Zwischenschaltung einer hauseigenen Pumpstation) bei Neubauvorhaben Entwässerungsstandard war, resultierte die Mindesthöhe der Kellersohlen aus der Wasserspiegelhöhe im Vorflutgewässer (hier: Spree, unterhalb der Schleuse Charlottenburg) und dem für die Ableitung des Mischwassers erforderlichen Höhengefälles.

Hiervon wiederum lassen sich die (Mindest-)Straßenhöhen für den Fall einer Mischkanalisation ableiten: Um die Abwässer aus den Vorderhäusern abführen zu können, ist aus hydraulischen und konstruktiven Gründen ein Gefälle von ca. 0,5 m notwendig (eine Hinterhausbebauung war nach dem Bebauungsplanungen der 1920er Jahre nicht mehr statthaft). Von diesem, ca. 0,5 m unter der Kellersohlenhöhe liegenden Anschlußkanälen erfolgt der Aufbau des unterirdischen Straßenraums (siehe Abb. 5). Um eine Überschneidung mit dem mehr oder weniger in einer Ebene verlaufenden Trinkwassernetz zu vermeiden, wurde dieses auch damals schon *über* der Kanalisation angeordnet. Unter Berücksichtigung der Frostempfindlichkeit des Trinkwassernetzes sowie konstruktiv bedingter Zuschläge, ergeben sich (Mindest-)Straßenhöhen von ca. 1,5 m über Kellersohle.

Anders der Fall einer Gebietsentwässerung im Trennverfahren. Durch die Ableitung des Schmutzwassers über eine separate Pumpstation kann die Kellersohle der Bebauung weitgehend unabhängig von

entwässerungstechnischen Zwangspunkten festgelegt werden. Ein Ausgleich von Aushub- und Aufschüttungsmassen innerhalb der Baublöcke bzw. grundlegende gestalterische Aspekte bei der Einordnung der Gebäude in die Geländeoberfläche des Bebauungsgebietes lassen sich so einfacher bewerkstelligen. Die (Mindest-)Straßenhöhe bleibt jedoch aufgrund der unterirdischen RWAbleitung im Vergleich zu einer Mischkanalisation unverändert. Ausschlagebend für die hohe Lage der Straßenflächen in Bezug auf das ursprüngliche Gelände ist die aus der stadttechnischen Einordnung der RWAbleitungstrasse in den unterirdischen Straßenraum resultierende Mindestüberdeckung der Kanäle von ca. 2,0 m.

Trotz aller Planungen kommt die großangelegte Bebauung des Gebietes nicht in Gang. Hervorgerufen durch den Rückgang der staatlichen Mittel für die Neubautätigkeit bewilligte die Stadt Berlin 1928 ein zusätzliches Bauprogramm *außerhalb* des regulären Beleihungssystems und der damit verbundenen baulichen Bestimmungen der Wohnungsfürsorgegesellschaft. Bedingungen für die Inanspruchnahme der Mittel waren u.a. stadteigene Gesellschaften als Bauherrn, außerdem mußte das zu bebauende Gelände der Stadt gehören und möglichst an ausgeführten Straßen liegen, damit keine großen Erschließungskosten zu erwarten waren [Huse,1987,17&159]. Auf der Grundlage dieses Sonderbauprogramms begann, initiiert durch den Stadtbaurat Martin Wagner, die Bebauung des nord-westliche Randbereich des Planungsgebietes (Abb. 27).

Im März 1929 legen Martin Wagner und der Architekt Hans Scharoun den städtebaulichen Entwurf für die geplante 'Großsiedlung Siemensstadt' vor, im Juli des gleichen Jahres erfolgt der Baubeginn und im April des Folgejahres werden bereits die ersten Wohnungen bezogen. Geplant werden die Wohngebäude durch die Architekten: Scharoun, Gropius, Bartning, Häring, Forbat und Henning. Die Grünplanung wird dem Gartenarchitekten Migge übertragen [Huse,1987]. Alle Architekten stehen für eine zur damaligen Zeit radikale und heute noch richtungsweisende Architektursprache, die sich vor allem auch auf wohnungsreformerische Ideen stützte. Die Berücksichtigung optimaler Besonnungs-, Belichtungs- sowie Lüftungsbedingungen, zweckmäßige Wohnungsgrundrisse und eine moderne Formensprache sind ebenso Merkmale der Siedlung wie wohngebietsbezogene Wärmeversorgung und Gemeinschaftseinrichtungen. Geschoßwohnungsbau bei einer angemessenen Bebauungsdichte und vergleichsweise kleine Wohnungsgrundrisse machten die Wohnungen einer breiten Bevölkerungsschicht zugänglich.

Zur Rationalisierung der Wohnungsgrundrisse und des Bauablaufs sowie zur Schaffung gleichmäßig guter Belichtungsverhältnisse der Wohnungen wird die Blockrandbebauung verlassen, und die Gebäude werden in parallele Zeilen angeordnet. Gleichzeitig werden die Grundstücksblöcke vergrößert, um die Straßenlänge und damit die Erschließungskosten zu reduzieren (Abb. 20).

Der Siedlungsbau der 1920er Jahre kann auch heute noch, unter Berücksichtigung veränderter Rahmenbedingungen, wichtige Impulse für einen ressourcenschonenden und damit nachhaltigen Städtebau liefern. Gerade weil diese Leistungen bis heute wirken, sollen entwässerungstechnische und städtebauliche Entscheidungen am Beispiel der 'Großsiedlung Siemensstadt' kritisch hinterfragt werden. Dies reizt umsomehr, weil 25 Jahre später der Architekt Hans Scharoun (1893-1972) ebenfalls die Bebauung des östlich angrenzenden Bereichs maßgeblich beeinflußt.

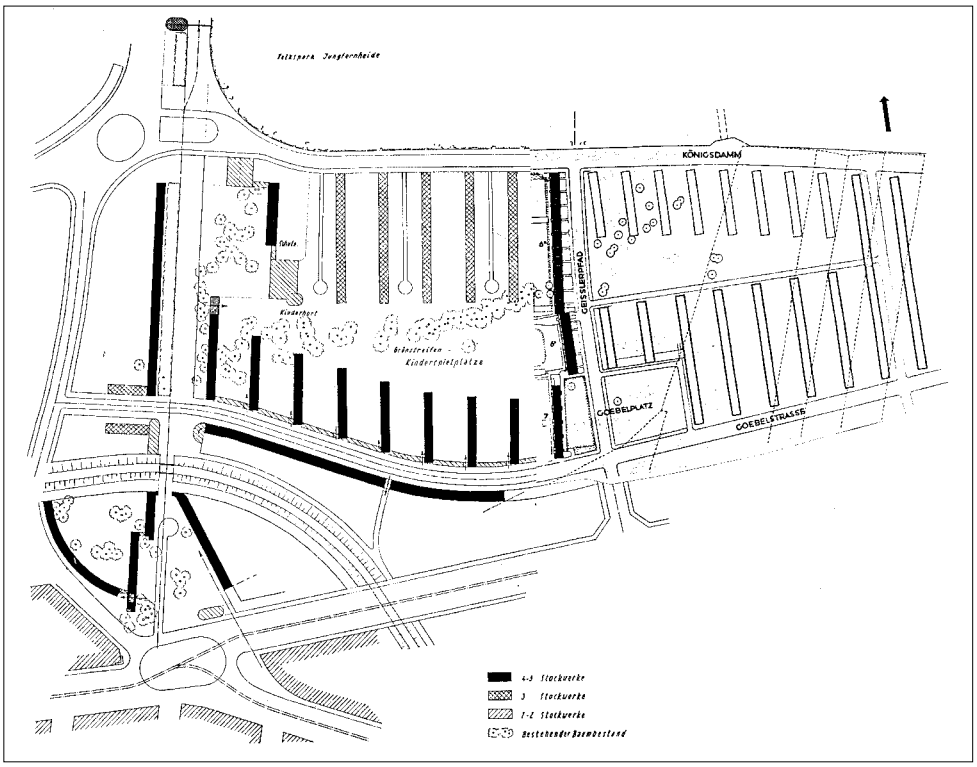


Abb. 20 Bebauungsplanung Großsiedlung Siemensstadt. Planmontage aus: Entwurf für Baueingabe 1929 (links) [Rading,1929] und Entwurf 'Bauabschnitt III' 1931 [Forbat,1931]

Das gesamte Planungsgebiet zwischen dem Volkspark Jungfernheide und der Spree war 1929 entwässerungstechnisch noch nicht erschlossen. Die generelle Entwässerungsplanung sah eine *Mischkanalisation* mit Vorflut in das an der Spree liegende Abwasserpumpwerk Charlottenburg III vor (Abb. 10). Aus entwässerungstechnischer Sicht war demnach ein Baubeginn im *Randbereich* des Entwässerungsgebietes ungünstig, da die Errichtung der Hauptsammler zur Pumpstation, als Voraussetzung für eine Erschließung des Baugebietes viel Zeit in Anspruch genommen hätte. Das Vorhalten dieser auf den endgültigen Bebauungszustand des gesamten Entwässerungsgebietes zu dimensionierenden Kanäle hätte zudem hohe Kapital- und Betriebskosten verursacht.

Dieses Problem entstand besonders durch das Festhalten an der Mischkanalisation, weil durch das Baugebiet der Siedlung der noch offene Nonnengraben verlief und sich für eine oberirdische RWAbleitung anbot. Eine Mischkanalisation hätte, durch die Berücksichtigung der RWAbleitung, besonders aus dem erst perspektivisch zu bebauenden Bereich zwischen der Siedlung und der Spree, bedeutend teurere Hauptsammler erfordert als eine Trennentwässerung mit oberirdischer RWAbleitung. Der Wunsch, sofort zu bauen und die unmittelbar durch das Vorhaben verursachten Erschließungskosten zu minimieren, führten zu einer Ausnahmeregelung.

Entgegen der generellen Entwässerungsplanung wurde für die Großsiedlung Siemensstadt eine Trennkanalisation errichtet (Abb. 29, Bereich B 1). Als Vorflut für das Schmutzwasser dient die im Vergleich zur ursprünglich vorgesehenen Pumpstation Charlottenburg III etwa dreimal so weit liegende (!) Abwasserpumpstation Spandau II. Durch den verlängerten Ableitweg erhöhen sich die laufenden Kosten für das Entwässerungsunternehmen.

Bemerkenswert ist der Umgang der für den städtebaulichen Entwurf verantwortlichen Architekten Scharoun und Wagner sowie des Landschaftsplaners Migge mit dem natürlichen Wasserlauf Nonnengraben. Es sei daran erinnert, daß der Nonnengraben durch die wasserbaulichen Regulierungsmaßnahmen im

Zusammenhang mit der Errichtung des Volksparkes Jungfernheide, sowohl bezüglich seiner stadträumlichen Bedeutung wie auch seiner Nutzungsqualitäten Mitte der 1920er Jahre eine starke Aufwertung erfuhr. Die städtebaulichen Planungen der 1920er Jahre berücksichtigten diesen Aspekt, indem sie den Nonnengraben in einen Grünzug einordneten (Abb. 19).

Die Planer der 'Großsiedlung Siemensstadt', die mit einer vergrößerten städtischen Erschließungsstruktur (Grundstücksblock), der Zeilenbebauung und einer zusammenhängenden gemeinschaftlichen Grünanlage günstige Bedingungen für eine Integration des Nonnengrabens in die Wohnsiedlung schufen, ignorierten das Gewässer. Der Nonnengraben wurde im Zuge der Bebauung verrohrt und als Vorfluter für die *unterirdische* RWAbleitung des Gebietes benutzt.

Aus zeitgenössischen sowie bauhistorischen Veröffentlichungen zur Siemensstadt geht in keiner Weise hervor, daß dieser Sachverhalt Gegenstand planerischer Auseinandersetzung war. (In diesem Zusammenhang sei auf die Arbeit von Norbert Huse [1987] und die darin enthaltenen umfangreichen Quellennachweise verwiesen.) So betont Gorgas: "Neben allen diesen Vorteilen lag der Reiz dieses Geländes für den Städtebauer aber in seiner völligen Unberührtheit. Das Fehlen jeglicher ausgebauten Straße ermöglichte einen den Gesichtspunkten des heutigen Wohnens entsprechenden Bebauungsplan." [1930,2]. Den architektonisch und städtebaulich einflußreichen Vertretern des 'Neuen Bauens' gelingt es nicht, das Gewässer für die Siedlung zu bewahren, es gestalterisch aufzuwerten und gleichzeitig einen ökonomischen Vorteil daraus zu erzielen.

Berücksichtigt man auch: die nicht realisierte östliche Erweiterungsplanung und die hier durch die hochliegende *SWKanalisation* notwendig gewordene Anschüttung des Straßenbereichs, so hat sich eine oberirdische Regenentwässerung über weniger aufgehöhte Blockinnenbereiche mit Vorflut in den Nonnengraben angeboten (Abb. 20). Ebenso problemlos war durch die Lagegunst die Regenentwässerung der Straßen. Damit wären aber nicht unerhebliche Einsparungen bei den Erschließungskosten durch Wegfall von Regenwasserkanälen und eine verringerte Terrainaufhöhung möglich gewesen.

Das gesamte Terrain wurde um durchschnittlich 1,5 m über das natürliche Niveau angehoben. In welchem Umfang das Gelände schon *vor der Bebauung* gemäß der Aussage von Peus [1980] durch Aushubmassen bei der Parkgestaltung Jungfernheide *angeschüttet war*, läßt sich heute nicht mehr beurteilen. Jedoch wird aus mehreren Zeitdokumenten sichtbar, daß erhebliche Geländeanschüttungen im Zuge der Baumaßnahmen vorgenommen wurden.

In den Folgejahren wurde die Bebauung des Gebietes in östlicher Richtung weitergeführt (Abb. 27). Um die Entwässerung der 1935 fertiggestellten zwei (!) Wohnblöcke sicherzustellen, wurde ein Mischwassersammler zu der südlich gelegenen Abwasserpumpstation III als 'Arbeitsbeschaffungsmaßnahme' errichtet (Abb. 29, Bereich B 2).

Einen wesentlichen Einschnitt erfahren die Bebauungsplanungen Ende der 1930er Jahre als das Gelände zum Standort des größten Berliner Wohnungsbauprojektes des 'Dritten Reiches' wird. 1937 erklärte der Generalbauinspektor Albert Speer das Gebiet zum 'Bereich' und erhielt damit eine weitgehende Planungshoheit. Speer beabsichtigte im Rahmen eines zusätzlichen Wohnungsbauprogramms in Charlottenburg-Nord 10.000 bis 11.000 Wohnungen für ca. 35.000 Einwohner zu errichten [Petrick,1939,473]. Im Zuge der Planungsarbeiten wird auch die generelle Entwässerungskonzeption geändert. An die Stelle des seit 1902 maßgebenden Mischsystems tritt das Trennsystem, wobei das Regenwasser über unterirdische Rohrleitungen aus dem Gebiet abgeleitet werden soll. Um dafür ausreichend (Fließ-)Gefälle zu erhalten, wird (analog zur SWAbleitung) ein Abfangesammler geplant, der es ermöglicht, das Regenwasser erst im Unterwasser der Stauhaltung Charlottenburg (Schleuse) in die Spree einzuleiten (Abb. 21)

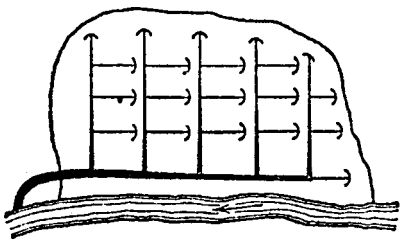


Abb. 21 Abfangnetz, Prinzip

Das bereits erörterte Problem fehlender Anschüttungsmassen durch hoch liegende Straßen, kann selbst unter Nutzung der beim Bau des Westhafenkanals (1938-1956) anfallenden Aushubmassen nicht im Sinne einer vollständigen Geländeanhebung gelöst werden. Die Planer entscheiden deshalb nur die Straßen um ca. 1,8 m anzuschütten und die Blockinnenbereiche auf der ursprünglichen Geländehöhe zu belassen, 'hofseitig erscheinen daher die Keller ebenerdig' [BAK,6.12.1938,63].

Das hatte u.a. zur Folge, daß für das in den Höfen anfallende Regenwasser nur eine RWVersickerung in Frage kommen konnte.

Die Arbeiten an Charlottenburg-Nord gingen bis Ende 1942 und kamen dann infolge der Kriegsereignisse zum Stillstand. Fertiggestellt wurden bis zu diesem Zeitpunkt Geländeanschüttungen, wesentliche Teile der Kanalisation und die Kellerschosse einzelner Gebäude.

Die im Zuge der 'Speer-Planung' realisierten Entwässerungsanlagen werden bei der endgültigen Bebauung des Gebietes in den 1950er Jahren - wie noch gezeigt werden wird - Gegenstand intensiver Auseinandersetzung zwischen behördlicher Stadtplanung und den mit der Erarbeitung von Bebauungsvorschlägen betrauten Architekten. In diesem Zusammenhang wird deutlich werden, daß das Verhältnis zwischen stadtgestalterischen Wünschen und entwässerungstechnischer Planung nicht immer spannungsfrei blieb. Auch hier war die Regenentwässerung wieder ausschlaggebend.

4.3. Regenentwässerung im Zeichen der 'aufgelockerten' Stadt

Eine Renaissance erlebten die Vorstellungen von einer weitgehend oberirdischen Regenentwässerung während des Zweiten Weltkrieges. Für die Stadtplaner war es die Idee der 'aufgelockerten und gegliederten' Stadt und für die Ingenieure die Möglichkeit, einfach und wirtschaftlich Bauland zu erschließen, die für ein verstärktes Interesse an der oberirdischen RWAbleitung sorgten.

4.3.1 Die Wiederaufnahme der oberirdischen Regenentwässerung durch den Wasserwirtschaftler D. Kehr

1930 legt Dietrich Kehr seine Dissertation mit dem Titel "Wirtschaft und Technik bei der Planung von Städtekanalisationen" vor, in der er sich für Trennsystem und oberirdische Regenentwässerung in Kleinstädten einsetzt. Er war einer der markantesten Protagonisten der oberirdischen Regenentwässerung. Als Ordinarius an der Technischen Hochschule Hannover (1939-1969) und Direktor des an der Hochschule angesiedelten Instituts für Siedlungswasserwirtschaft ist Kehr als Wegbereiter der durch das Institut unter F. Sieker Anfang der 1980er Jahre initiierten und bis heute andauernden Diskussion um eine umweltorientierte RWBewirtschaftung zu sehen.

Im Unterschied zu Brix und E. Genzmer beteiligte sich Kehr *nicht* am städtebaulichen Entwurf. Als Ingenieur auf dem sich in den 1930er Jahren entwickelnden Gebiet der 'Wasserwirtschaft' widmete er sich neben Fragen einer wirtschaftlichen Abwasserbeseitigung vor allem verfahrenstechnischen und konstruktiven Problemen der Abwasserreinigung. Kehr steht damit für eine in den 1920er / 1930er Jahren verstärkt einsetzende Spezialisierung der Entwässerungsplanung innerhalb des Städtebaus. Diese

Entwicklung wird besonders deutlich an der Person von Ewald Genzmer sichtbar. Bezog Genzmer bei seinen frühen Veröffentlichungen zu Fragen der städtischen Erschließung noch gestalterische Aspekte ein, so treten diese Gesichtspunkte bei seinem letzten umfassenden Werk "Wie entwirft man Ortsentwässerungspläne?" 1930 zugunsten ökonomischer und technischer Probleme kaum noch in Erscheinung. Dietrich Kehr (1901-1980?) steht für ein neues Planungsverständnis: Entwässerungsplanung als dem städtebaulichen Entwurf nachgeordnete Planungsstufe, ausgeführt von Fachleuten der neuentstandenen Disziplin 'Siedlungswasserwirtschaft'. Als Beispiele für Kehrs entwässerungstechnische Auffassungen sollen seine Planungen für Hildesheim (1949) und Wulfen (1963) dienen.

In den folgenden beiden Abbildungen wird die von Kehr im Auftrage des Niedersächsischen Aufbauministeriums um 1949 erstellte 'Musterplanung' für die Erschließung von Wohnbauland am Rande von Hildesheim dargestellt. Die Planungen sahen vor, auf einer Fläche von 55 ha Wohnungen für 8.000 Menschen zu errichten. Kehr schreibt zu dem Entwurf: "Entscheidend für die Möglichkeit, einen Teil der Bevölkerung unserer wiederaufzubauenden Städte in neuen Trabantenstädten oder Wohnsiedlungs-Nachbarschaften anzusiedeln, ist, ob es gelingt, die Anlagen der Siedlungswasserwirtschaft in diesen neuen Siedlungen so auszubilden, daß auch heute noch tragbare Belastungen für die einzelnen Grundstücke erreicht werden. Um das zu untersuchen und an einem Beispiel klarzumachen, ist (...) ein Ausschnitt aus einem Vorentwurf für die Wasserversorgung und Abwasserableitung einer Wohnsiedlungsnachbarschaft von 6.000 bis 8.000 Menschen dargestellt. Der Entwurf der Wohnsiedlung selbst ist von Reg.-Baurat a.D. Schikowski, Hameln, für den Zweck dieser Veröffentlichung betont nach wirtschaftlichen Überlegungen aufgestellt. (...) Baurat Schikowski schreibt zu seinem Entwurf: 'Als entscheidender Punkt stand bei der Entwurfsbearbeitung im Vordergrund, die Erschließungskosten auf ein Minimum herabzusetzen. Durch neuartige Wege auf dem Gebiete der Be- und Entwässerung und beim Straßenbau müssen gewisse Beschränkungen mit in Kauf genommen werden.' " [Kehr,1949,459]. Wassergebundene Befestigungen der Wohnwege, unbefestigte Graswege zwischen den Gärten und die oberirdische RWAbleitung sollten den RWAbfluß und die Erschließungskosten minimieren.

Von Kehr wurde die oberirdische RWAbleitung von Anbeginn in erster Linie aus wirtschaftlichen Gründen propagiert. Beim Studium der Erschließungsplanung für Hildesheim und anderer Veröffentlichungen (siehe Abb. 24, Abb. 25) wird deutlich, daß Kehr bezüglich der städtebaulichen Einordnung keine wesentlichen Unterschiede zwischen einer oberirdischen oder unterirdischen Regenentwässerung sah. Wie bei der unterirdischen RWAbleitung sollte das Regenwasser vom Grundstück auf kürzestem Wege in den öffentlichen Straßenbereich geleitet werden. Im Unterschied zu den zuvor besprochenen Beispielen von J. Brix und E. Genzmer zu einer oberirdischen Regenentwässerung, wo das Regenwasser im Straßenrinnstein zum nächsten Vorfluter abgeleitet wurde, trat nun, unterstützt durch eine lockere Bauweise, der Straßengraben als Ableitungselement. Das hat städtebauliche und wasserwirtschaftliche Auswirkungen.

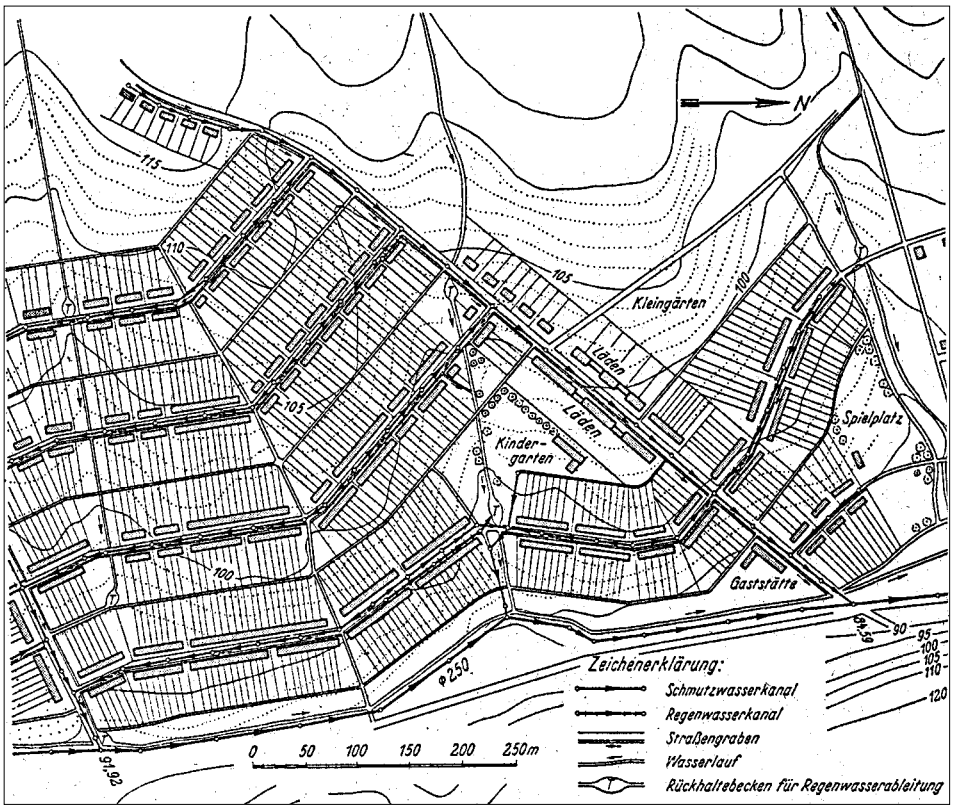


Abb. 22 Erschließungsplanung Hildesheim,
Entwässerung einer Wohnsiedlungsnachbarschaft (Ausschnitt) [Kehr,1951,359]

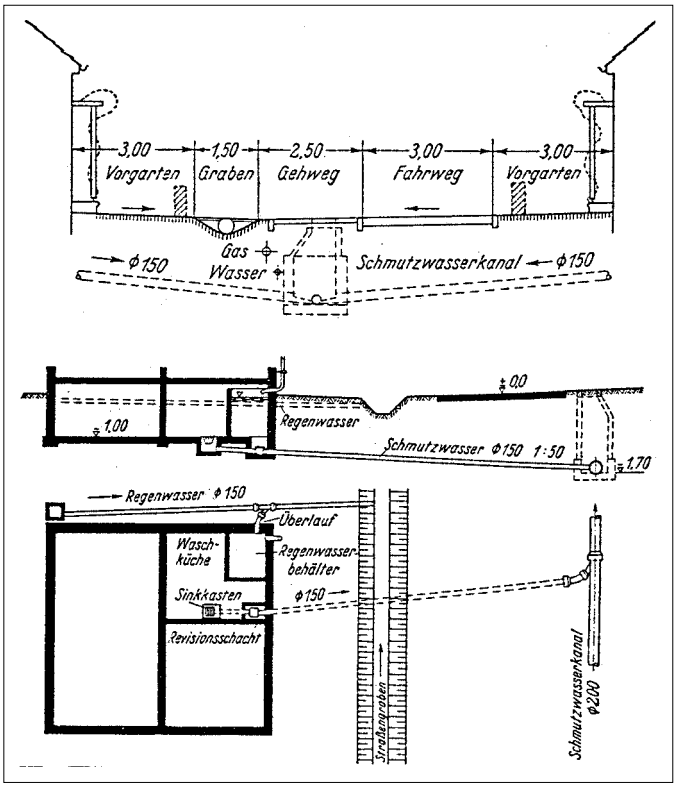


Abb. 23 Hausentwässerung an einem Siedlungsweg [Kehr,1951,355]

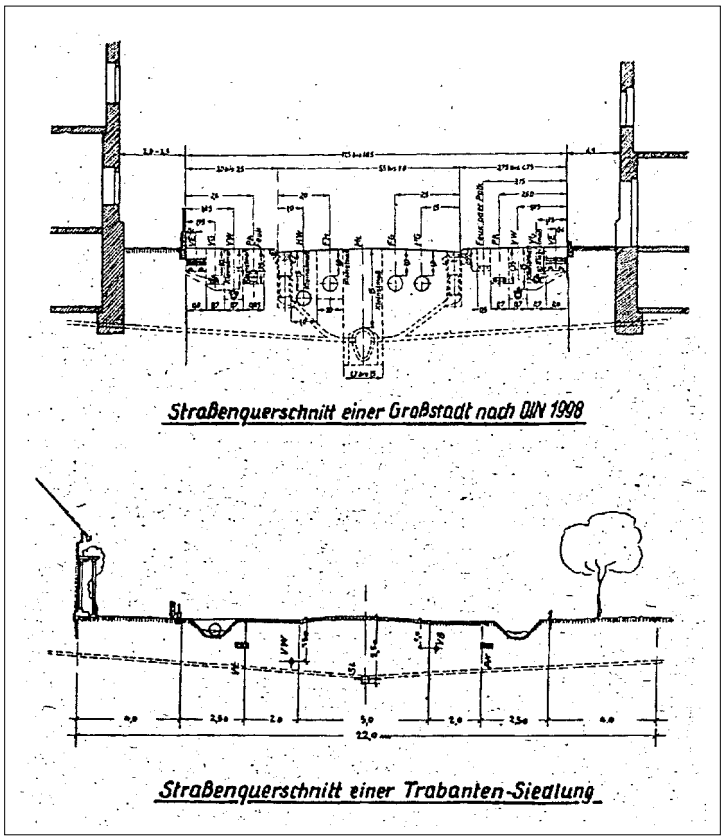


Abb. 24 Straßenquerschnitte [Kehr,1944,137]

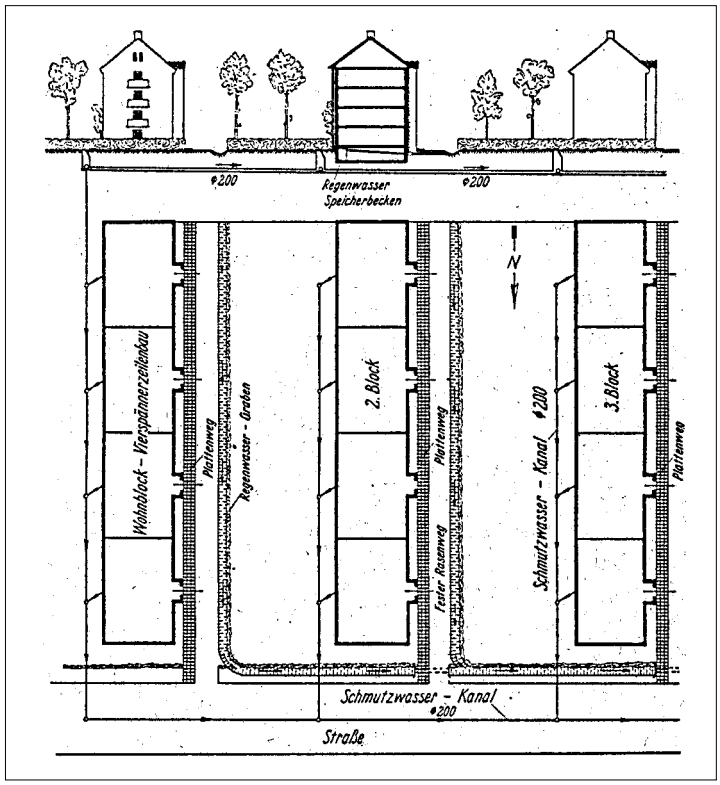


Abb. 25 Regenentwässerung von Geschoßwohnungsbauten über Gräben [Kehr,1951,360]

Ist man bei einer Ableitung des Niederschlagswassers aus dem Grundstücks- und Straßenbereich über die Straßenrinne auf eine Mindestlängsneigung der Straße (um unterschiedliche Auftrittshöhen zwischen Fahrbahn und Gehweg auszuschließen) und auf eine begrenzte Rinnsteinlänge (um die Auftrittshöhe Rinnstein - Gehweg zu beschränken) angewiesen, so bieten sich bei einer RWAbleitung über straßenbegleitende Gräben diesbezüglich Vorteile. Analog der Niederschlagsentwässerung einer Landstraße läuft das Straßenablaufwasser infolge der Fahrbahnquerneigung dem Straßengraben zu. Da der Straßengraben selbst bis zu einem gewissen Grade von der Längsneigung der Straße unabhängig ist, ist eine RWAbleitung selbst dann möglich, wenn die Längsachse der Straße vollkommen horizontal verläuft. Die Ableitung des grundstücksbezogenen Regenwassers erfolgt über Rinnen oder flach verlegte Rohrleitungen direkt in den straßenbegleitenden Graben (Abb. 23).

Aus entwässerungstechnischer Sicht hat diese Anordnung darüber hinaus den Vorteil, daß mit dem Straßengraben ein wesentlich größeres RW-Speicher- und RW-Versickerungspotential zur Verfügung steht als bei einer Straßenrinne. Damit muß weniger Regenwasser weitergeleitet werden, was längere Gräben bis zu einem wasseraufnehmenden Vorfluter ermöglicht. Städtebaulich hat diese Art der RWAbleitung neben dem Vorteil einer größeren Freiheit, bezogen auf die Anordnung bzw. das Gefälle der Straßen, die Nachteile eines vergrößerten Straßenraums, einer höheren Dominanz von Entwässerungselemten im Straßenraum und einer abnehmenden Bedeutung der gebietsbezogenen Vorflutgewässer.

Betrachtet man das Planungsbeispiel Hildesheim (Abb. 22) so ist die städtebauliche Einordnung der oberirdischen Regenentwässerung über straßenbegleitende Gräben bzw. Mulden unbefriedigend. Die Straßengräben erhalten städtebaulich die gleiche Bedeutung wie die wasseraufnehmenden, in west-östliche Richtung verlaufenden, naturnahen Vorflutgewässer. Ein Bezug der Bebauung auf die Gewässer ist nicht festzustellen. Die vorhandene Eintönigkeit des Siedlungsentwurfs wird damit nicht gebrochen, sondern verstärkt. Im Unterschied zu Bredtschneiders Entwurf für Charlottenburg aus dem Jahre 1900 wird das Regenwasser vollständig oberirdisch abgeleitet. Das städtebauliche Ergebnis ist jedoch in einer Beziehung ähnlich: Bei Bredtschneider wie bei Kehr / Schikowski bleibt die öffentliche RWEntsorgung als städtebauliches Element ungenutzt. Kehrs Bemerkung "Bachläufe und Rückhaltebecken, in Grünstreifen eingebettet, tragen in Wohnsiedlungen im übrigen zur Gestaltung der 'Stadtlandschaft' nicht unwesentlich bei" [Kehr,1951,355], bleibt eine davon abweichende Wunschvorstellung.

Auch aus den Reihen der Stadtplaner und Landschaftsgestalter gab es Stimmen, die unter dem Leitbild der 'aufgelockerten und gegliederten' Stadt eine oberirdische Regenentwässerung präferierten. So bemerkte der Architekt und Stadtplaner Roland Rainer: "Im dichten Gedränge hoher Häuser war die zusammengedrängte Straße mit ihrer kostspieligen künstlichen Entwässerung bis zu einem gewissen Grade nötig und wirtschaftlich. Wenn dieses teure, auf Konzentration beruhende Straßen- und Leitungssystem aber über weite, nicht entfernt so dicht besiedelte und so stark ausgenutzte Flächen ausgedehnt wird, wird es völlig sinnlos und unwirtschaftlich. (...) Die aufgelockerte Stadt ermöglicht und benötigt ein aufgelockertes Erschließungssystem und eine natürliche Entwässerung. Das Regenwasser kann nicht nur von schmalen Wohnwegen, sondern auch von den Fahrdämmen anbaufreier Verkehrsstraßen im ganzen Stadtgebiet in seitliches Grün versickern oder durch offene Rinnen oder Gräben in Vorfluter geleitet werden. Diese können in einer gegliederten Stadt in den trennenden Grünstreifen zwischen den Nachbarschaftseinheiten in natürlicher Form als offene Gerinne erhalten oder geschaffen werden, und man wird das Wasser hier sogar absichtlich in Fischteichen und Weihern speichern, so daß auch in der Stadt mit natürlichem Klima als der notwendigen Grundlage gesunden organischen Lebens gerechnet werden kann" [Rainer,1948,147]. (Zum besseren Verständnis des Zitates sei auf Abb. 37 verwiesen.)

Der Landschaftsarchitekt Walter Rossow hebt die strukturelle Bedeutung der Wasserabflußtrassen für die Siedlungsgebiete hervor. "Das Grundgerüst der landschaftlichen Struktur der steinern überbauten Stadtfläche, nämlich der Fluß mit seinen Seitenarmen, die Seenketten mit ihren Verlängerungen in Form von sumpfigen oder kalkigen Gebietsstreifen sollte wieder frei gemacht werden und aus ihrer jetzigen Funktion als steinerne Abflußrinnen allmählich zurückverwandelt werden in lebenspendende, gesunde Gewässer. Die Arbeitsmethode, dieses Grundgerüst wieder aufzufinden, ist im Studium guter Karten aus der Zeit von 50 bis 100 Jahren und den neuesten Baugrunduntersuchungen gegeben. Damit wären von der produktiven (nicht finanziellen) Seite des Bodens her die Ansätze gefunden, von denen aus auf lange Sicht das weitere Grün-Netz sich entwickeln könnte. Die Grünflächen am Flußlauf, an den Zuflüssen, Seenketten mit ihren Verbindungen, Kolken, Gebiete mit hohem Grundwasserstand, die noch unbebauten Flächen guter Bodenqualität sollten so großzügig wie möglich frei gehalten oder freigemacht werden. Dies sind die Gebiete, die (...) weitgehend nach landschaftlichen Gesichtspunkten zu gestalten wären und hervorragend geeignet sind, ihr Pflanzenkleid natürlich selbsttätig zu regeneri eren" [Rossow,1949,527]. Neben diesem, auf naturräumlichen Gegebenheiten beruhenden Grünflächen des *Grundgerüstes*, bezeichnet Rossow die übrigen Grünflächen der Siedlungsgebiete als *'Hilfsgrün'*, "wo die Gartenkunst weiteste Möglichkeit zur Entfaltung hat". Aus der Sicht des Bodenschutzes und einer zweckmäßigen Wasserwirtschaft sollten Niederschläge "so weitgehend wie möglich im Gebiete ihres Niederschlags versickern" [Rossow,1949,528]. Diesen Äußerungen bleibt Rossow auch in späteren Jahren treu, vgl. hierzu z.B. [Rossow,1972].

Rossow bezieht seine Darlegungen besonders auch auf die in weiten Bereichen zerstörte Stadt Berlin. Zur Veranschaulichung fügt er seinen Ausführungen Beispiele von Wiederaufbauplanungen für Berlin und Hamburg aus der Zusammenarbeit mit dem Architekten Hubert Hoffmann an. Die darin sichtbar werdende Rigorosität mit der Rossow seine Gedanken durchsetzen will, stößt auf Widerstand. So hält Witte bei seiner Stellungnahme zum Aufsatz Rossow u.a. ein Zitat des englischen Stadtplaners Thomas Sharp entgegen: "Der richtige Weg, die Landschaft zu erhalten und ihre Werte dem Großstädter nutzbar zu machen, ist der Bau von Städten rein städtischen Charakters. Die Stadt ist in ihrem Aufbau um so wirkungsvoller, je mehr und je glänzender sie die Beherrschung des Menschen über die Natur zum Ausdruck bringt. Sie steht als Werk außerhalb der Natur, ein Kunstwerk in reiner Künstlichkeit." (zitiert in [Witte,1949,531]).

Dieser Meinungsstreit, der nach dem Kriege meist aus unterschiedlichen 'Lagern' heraus und aus heutiger Sicht mit z.T. überzogenen Forderungen beiderseits geführt wurde, macht grundlegende Positionen im Städtebau deutlich, relativiert aber auch die dabei entstandenen Äußerungen.

Die Darlegungen von Kehr, Rainer und Rossow bezüglich einer naturnahen RWEntsorgung bleiben Einzelfälle in der Städtebau-Diskussion nach dem Kriege. So spielt eine oberirdische Regenentwässerung auch während der Wiederaufbauphase nur eine untergeordnete Rolle. Zu städtebaulich bemerkenswerten Beispielen ist es nicht gekommen.

Interessant ist die Tatsache, daß Kehr als Vertreter der Siedlungswasserwirtschaft die 'Beherrschung des Grundwassers' als Aufgabe anerkennt (Abb. 26), was damals in den überwiegenden Fällen GWAbsenkung als Voraussetzung für eine wirtschaftliche Bebaubarkeit des Geländes hieß, jedoch versucht er diesen stark verwertungsorientierten Bewirtschaftungsbegriff zu erweitern. Kehr begründet die von ihm vorgeschlagene oberirdische Regenentwässerung einerseits mit geringeren Baukosten, aber zusätzlich auch mit den Argumenten Grundwasser- und Gewässerschutz [Kehr,1951,355]. Diese Tatsache ist in zweierlei Hinsicht interessant. Zum einen ist Kehr einer der ersten Wasserwirtschaftler, der *ökologische Kriterien* bei der Auswahl von (Regen-)Entwässerungsverfahren berücksichtigt und zum anderen sind bei Kehr beide Aspekte beim Umgang mit dem Grundwasser vorhanden: Beherrschung

des Grundwassers im Sinne von Kultivierung der natürlichen Bedingungen gemäß menschlicher Nutzungsansprüche und gleichzeitig Schutz der natürlichen Umweltbedingungen vor anthropogen bedingten Einflüssen. Ein Ansatz, der heute an Bedeutung gewinnt und mit dem Begriff GWManagment beschrieben wird.

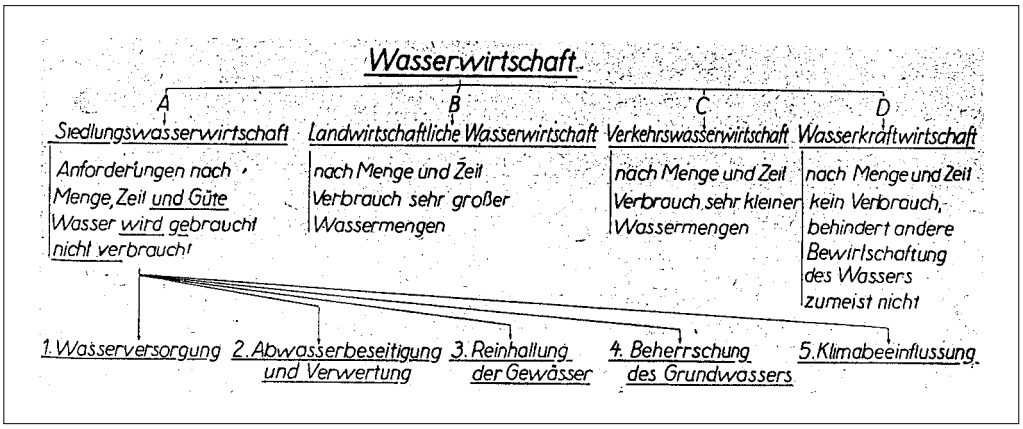


Abb. 26 Übersicht über die einzelnen Zweige der Wasserwirtschaft [Kehr,1944,131]

Aber auch in anderer Beziehung geht Kehr neue Wege. Unter dem Eindruck der 'aufgelockerten und gegliederten Stadt' und einer wasserwirtschaftlich sinnvollen oberirdischen Regenentwässerung stellt er herkömmliche (Wasser-)Versorgungsstrukturen in Frage, indem er die Löschwasser- und Betriebswasserversorgung weitgehend von der Trinkwasserversorgung entkoppelt. Die Löschwasserversorgung soll im Bedarfsfall über Brunnen und die im Gebiet befindlichen oberirdischen Gewässer, die auch der RWEntsorgung dienen, vorgenommen werden. Zur Deckung der Wasserversorgung untergeordneter Nutzungsansprüche schlägt er die Hinzuziehung von Regenwasser vor (Abb. 23) [Kehr,1951,355].

Später wird gezeigt, wie Kehr beim Städtebauvorhaben 'Neue Stadt Wulfen' versucht, seine Ideen von einer zukunftsweisenden Regenentwässerung unter veränderten städtebaulichen Bedingungen umzusetzen.

Es wurde in der Nachkriegszeit zeitweise eine heftige Auseinandersetzung darüber geführt, ob man in den stark zerstörten Großstädten die unterirdisch weitgehend erhaltenen Versorgungssysteme bei der Planung der 'Neuen Stadt' berücksichtigen sollte (siehe: [Randzio,1946], [Wagner,1948], [Kehr,1949]). Diese Versorgungssysteme, welche im öffentlichen Straßenraum liegen, manifestierten für viele auch nach Abräumung der Trümmer die 'Alte Stadt'. Sie standen einer Bodenneuordnung und einer Bebauung des Gebietes nach neuen Prinzipien im Wege. War ein Kompromiß zwischen den vorhandenen Versorgungstrassen und dem neuen Straßensystem bzw. der neuen Bebauung gefunden, so wurde die Kapazität des vorhandenen RWAbleitungssystems bereitwillig nach altem Muster genutzt. Für einen entwässerungstechnischen Stadtumbau waren keine Konzepte vorhanden [Tepasse, in Vorb.].

Das bereits besprochene Gebiet im Norden Charlottenburgs soll auch hier als Beispiel dienen. (Abb. 27, Abb. 28)

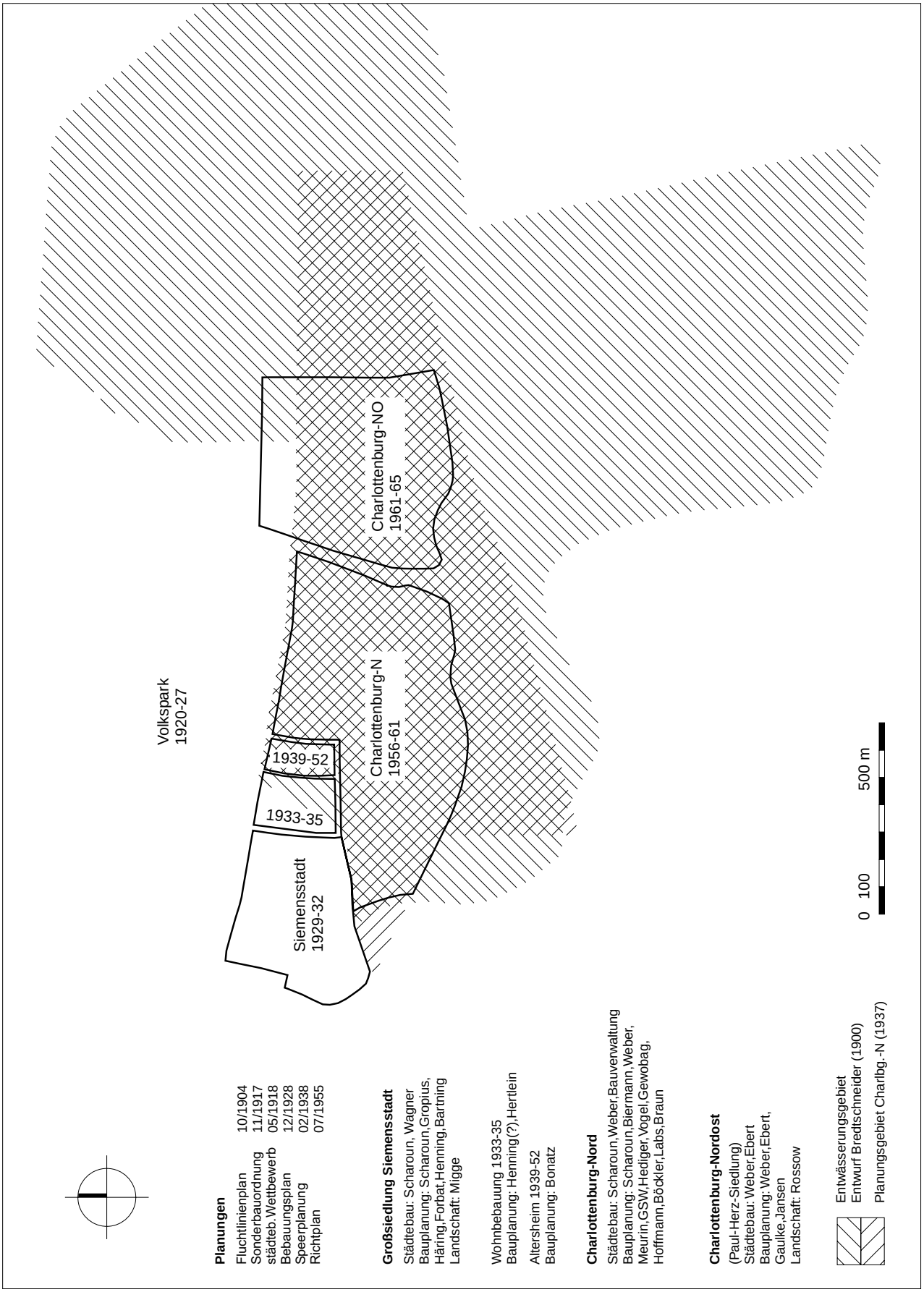


Abb. 27 Städtebauliche Entwicklung von Charlottenburg-Nord (Berlin)

Abb. 28 Charlottenburg-Nord (Berlin), [TK 25 Spandau,1973] - vergrößert auf M 1:20.000

4.3.2 Die Bebauungsplanungen zu Charlottenburg-Nord Ende der 1950er Jahre

Es sei daran erinnert, daß die Arbeiten an der 'Wohnstadt Charlottenburg-Nord' Ende 1942 infolge der Kriegsereignisse zum Stillstand kamen. Da die Bebauung des neuen Stadtteils ausgehend von den Siemenswerken im Westen in östliche Richtung bis zum Westhafen erfolgen sollte, war die Erschließung des Geländes besonders im westlichen Teil vorangeschritten. Fertiggestellt wurden Geländeanschüttungen und wesentliche Teile der Kanalisation. Da eine Beibehaltung der ursprünglichen Planung schon aus ideologischen Gründen ausschied und ein bedeutender Anteil der fertiggestellten Kanalisationsanlagen bezogen auf die Rohrlänge in kleine, zusammenhanglose Bauabschnitte aufgesplittet war, waren es vor allem die systemwichtigen Hauptsammler, die nach dem Kriege einen Wert besaßen (Abb. 29).

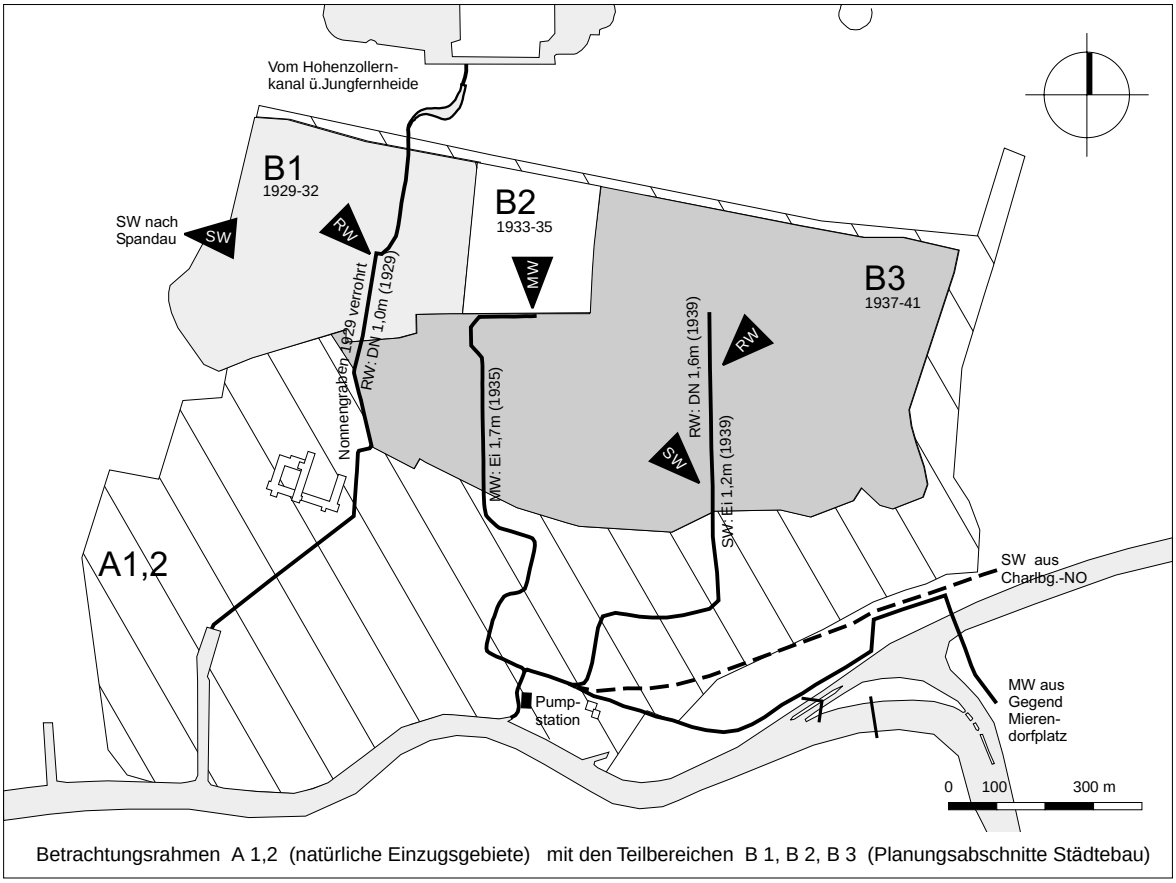


Abb. 29 Charlottenburg-Nord (westlicher Teil), Entwässerungsgebiete, -systeme und Hauptsammler Mitte der 50er Jahre [Tepasse,in Vorb.]

Anfang der 50er Jahre beschloß der Bezirk Charlottenburg, das durch Kleingärten und wilde Ansiedlungen genutzte, ehemals baureife Gelände einer Wohnbebauung für 20.000 Einwohner zuzuführen. Der Senat von Berlin und der Bezirk Charlottenburg planten die Erschließung des Gebietes anhand von eigenen Testentwürfen zur Bebaubarkeit des Areals. In Kontinuität zum Fluchtlinienplan, als dem bislang wichtigsten Instrument der Bauleitplanung, wurde der dabei entstandene Straßenplan als 'Richtplan' bindend für die weiteren Bebaungsplanungen.

1955 schrieb die Bauverwaltung einen beschränkten städtebaulichen Wettbewerb (Gutachterverfahren) zur Erlangung von Bebauungsvorschlägen für den westlichen Teilbereich von Charlottenburg-Nord aus.

Teilnehmer des Wettbewerbs waren: die Gemeinnützige Siedlungs- und Wohnungsbaugesellschaft (GSW) mit dem Architekten Hans Scharoun, die Gemeinnützige Wohnungsbau-Aktiengesellschaft (GEWOBAG) mit dem Architekten Werner Weber und die Bauverwaltung selbst mit einer eigens dafür zusammengestellten Planungsgruppe aus Mitarbeitern der bezirklichen sowie städtischen Stadtplanungsabteilung [Tepasse,in Vorb.]. Die Berücksichtigung des vor dem Kriege verlegten Kanalnetzes wurde als Bedingung in die Wettbewerbsausschreibung aufgenommen. In diesem Zusammenhang war für die Stadtplaner der Verwaltung eine vollständige Anschüttung des Geländes unumgänglich. Dagegen wurde der Grundwasserstand, im Unterschied zu den Bebauungsplanungen der 1920er Jahre, von der Bauverwaltung nicht mehr als ausschlaggebend für die (Mindest-)Höhenlage der Bebauung angesehen: "Der theoretische, nach dem Höchststand der letzten 40 Jahre ermittelte Grundwasserspiegel liegt bei 0,8 m unter dem z.Zt. tiefsten Niveau, der tatsächliche (beeinflußte) Grundwasserstand liegt etwa 1,4 m tiefer und sinkt weiter ab. (...) Ein erheblicher Teil des Geländes muß aufgeschüttet werden, da ein Tieferlegen der Baukörper hinter und neben den Straßen wegen der unbedingt zu fordernden Rohrdeckung von 1,8 m nicht möglich ist. Eine überschlägliche Berechnung ergibt einen Gesamtbedarf von etwa 400.000 cbm Füllboden" [LAB,26.8.1955].

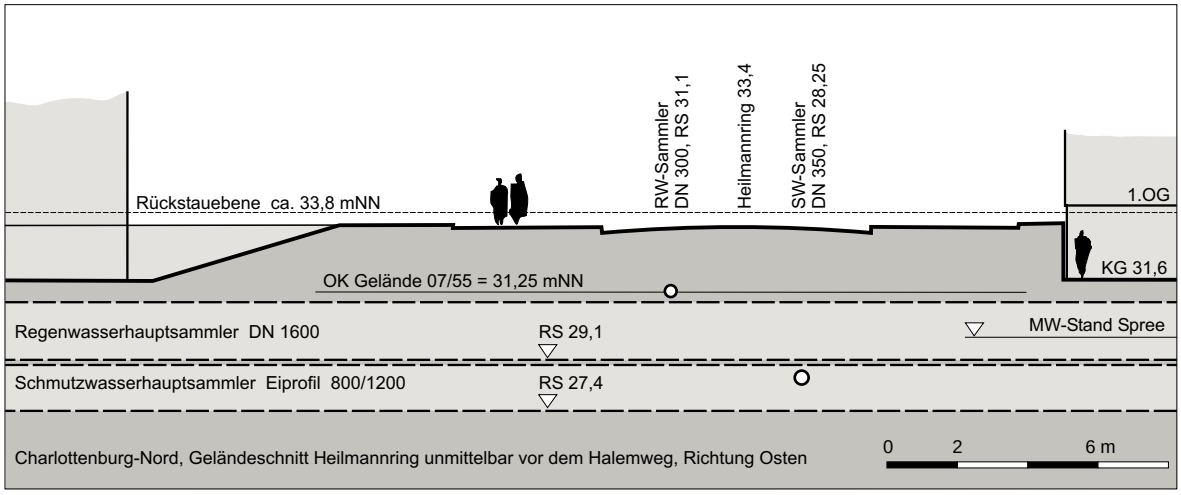


Abb. 30 Geländeanschüttung infolge unterirdischer RWAbleitung [Tepasse, in Vorb.]

Die Stadtplanungsämter übernahmen kritiklos die Ordinaten für die Geländeanhebung aus der Speer-Planung und übertrugen sie auf das gesamte Bebauungsgebiet. Das schon von den verantwortlichen Architekten der Speer-Planung Binder und Stephan verfolgte Prinzip, bei der vorgesehenen Blockrandbebauung *nur die Straßen* anzuschütten, wurde nicht aufgegriffen. Im Laufe des Verfahrens äußern die künftigen Bauträger GSW und GEWOBAG aus Kostengründen Bedenken gegenüber der Sinnfälligkeit der geplanten Niveauanhebung des Baugebiets. Unterstützt von der GSW ignoriert Scharoun mit seinem Wettbewerbsbeitrag die engen Vorgaben des 'Richtplans' und erweitert den Planungsraum wieder auf das Gesamtgebiet 'Charlottenburg-Nord' (Abb. 32). Scharoun - zu diesem Zeitpunkt bereits Professor für Städtebau an der Technischen Universität Berlin - erreichte, daß die GSW parallel zum Wettbewerb dem an der Universität angesiedelten Institut für Städtebau einen Auftrag zu einer städtebaulichen 'Strukturuntersuchung' überträgt. Der dabei entstandene Entwurf von Hans Scharoun und dem Institut für Städtebau stellt die Notwendigkeit einer vollständigen Niveauanhebung erfolgreich in Frage, indem nur die kammartigen Erschließungsstraßen um ca. 2,0 m angehoben werden. Die 'grünen' Innenbereiche der 'Wohngehöfte' sollten dagegen auf dem ursprünglichen Geländeniveau bleiben (Abb. 33).

Scharoun wollte anknüpfend an die Nachbarschaftsidee mit einem Wohngehöft von 650 E eine 'neue und überschaubare Zelle großstädtischen Zusammenlebens' schaffen. Um den spezifischen Wohnbedürfnissen der unterschiedlichen Bevölkerungsgruppen gerecht zu werden, sah er innerhalb eines Wohngehöfts die unterschiedlichsten Wohnungstypen - bis hin zum Einfamilienhaus vor. Zentrales Element seiner Wohngehöfte waren innenliegende Grünräume. Von hieraus lagen die Hauswirtschaftsräume durch den Höhenversprung des Geländes ebenerdig und waren leicht zu erreichen. Ein ausgedehntes Fußwegesystem sollte hier seinen Anfang nehmen und abseits vom Autoverkehr ein unbehelligtes durchqueren des Siedlungsgebietes ermöglichen, sowie übergeordnete Grünräume anbinden.

Das von Scharoun konzipierte Erschließungssystem war das einzige unter den Wettbewerbsarbeiten, welches ohne aufwendige Geländeanschüttungen auskam. Da der Entwurf den seit 1920 nachweisbaren und auch durch die Speer-Planung verfolgten Gedanken einer parallel zur Spree liegenden West-Ost-Verbindung durch eine Verlängerung des Nonnendamms aufgriff, stand er *dem Grundprinzip der vorhandenen Kanalisationsanlagen und Aufschüttungen nicht entgegen*.

Scharoun ignorierte nicht nur den Straßenplan der Bauverwaltung, sondern lange Zeit auch die vorhandenen Kanalisationsanlagen. Wenn auch der damals von der Bauverwaltung vorgegebene und heute realisierte Straßenplan die nach dem Kriege vorhandenen Kanalisationsanlagen *nicht intelligenter nutzt*, so wurde die angebliche Unvereinbarkeit des Scharounschen Städtebaus mit der vorhandenen Kanalisation zum Vorwand, diesen Entwurf abzulehnen [LAB,6.1.1956].

Trotz Ablehnung seines städtebaulichen Rahmenplans (Abb. 32) hielt Scharoun an der Idee der Wohngehöfte für Charlottenburg-Nord fest. Von 1958-60 realisiert die GSW in einem Teilbereich des Wettbewerbsgebietes einige Wohngehöfte. Eine Reduzierung auf nur wenige Wohnungstypen (die Einfamilienhäuser fielen u.a. ganz weg) und eine die Wohngehöfte durchschneidende Erschließungsstraße lassen heute nur wenig von der städtebaulichen Idee Scharouns erkennen. Erschwerend kommt hinzu, daß die betreffende Erschließungsstraße (Heilmannring) um ca. 2,0 m angeschüttet wurde und so auch optisch die Wohngehöfte teilt (Abb. 30). Ausschlaggebend für diese Anschüttung ist allein die stadttechnisch notwendige Überdeckung der RW-Kanalisation.

Interessant an dem ganzen Vorgang ist, daß von seiten der Städtebauer, hier vertreten durch die Architekten Scharoun und Weber bzw. durch die Stadtplaner Fürlinger und Kerfack von der Verwaltung, die Kanalisationsanlagen zu keiner Zeit in Frage gestellt wurden. Weiterhin ist aus den Planungsmaterialien der Entwurfsphase nicht ersichtlich, daß die vorhandenen Kanalisationsanlagen als *System* erfaßt und den Elementen eine *spezifische 'Erhaltungswürdigkeit'* zugeordnet wurde.

Scharouns Arbeit, die als einzige den Blick wieder auf das Gesamtgebiet, auf die Stadt und auf einen zukunftsorientierten Städtebau richtet, bleibt befangen beim Umgang mit entwässerungstechnischen Erfordernissen. Seine strukturellen Studien bezogen die stadttechnischen Versorgungssysteme nicht mit ein. Ohne Kenntnis der Versorgungssysteme war das Argument einer ungenügenden Berücksichtigung der vorhandenen Entwässerungsanlagen nicht überzeugend zu entkräften. Bei den Planungsarbeiten für Charlottenburg-Nord hätten dabei, bedingt durch die Geländeverhältnisse, vor allem die hochliegenden RW-Kanäle hinterfragt werden müssen. Das dies nicht geschah, ist auch deshalb bedauerlich, weil sich die städtebauliche Struktur des Scharoun-Entwurfs für die Integration einer weitgehend oberirdischen RWAbleitung anbot. Der Gegenvorschlag einer oberirdischen Regenentwässerung hätte, durch wesentliche Einsparungen bei der Geländeaufhöhung und durch eine größere Freiheit gegenüber dem vorhandenen RW-Hauptsammler, argumentativ den Entwurf gegenüber der Bauverwaltung stützen können. Auch die von Scharoun in Übereinstimmung mit den Richtplanvorgaben von einer

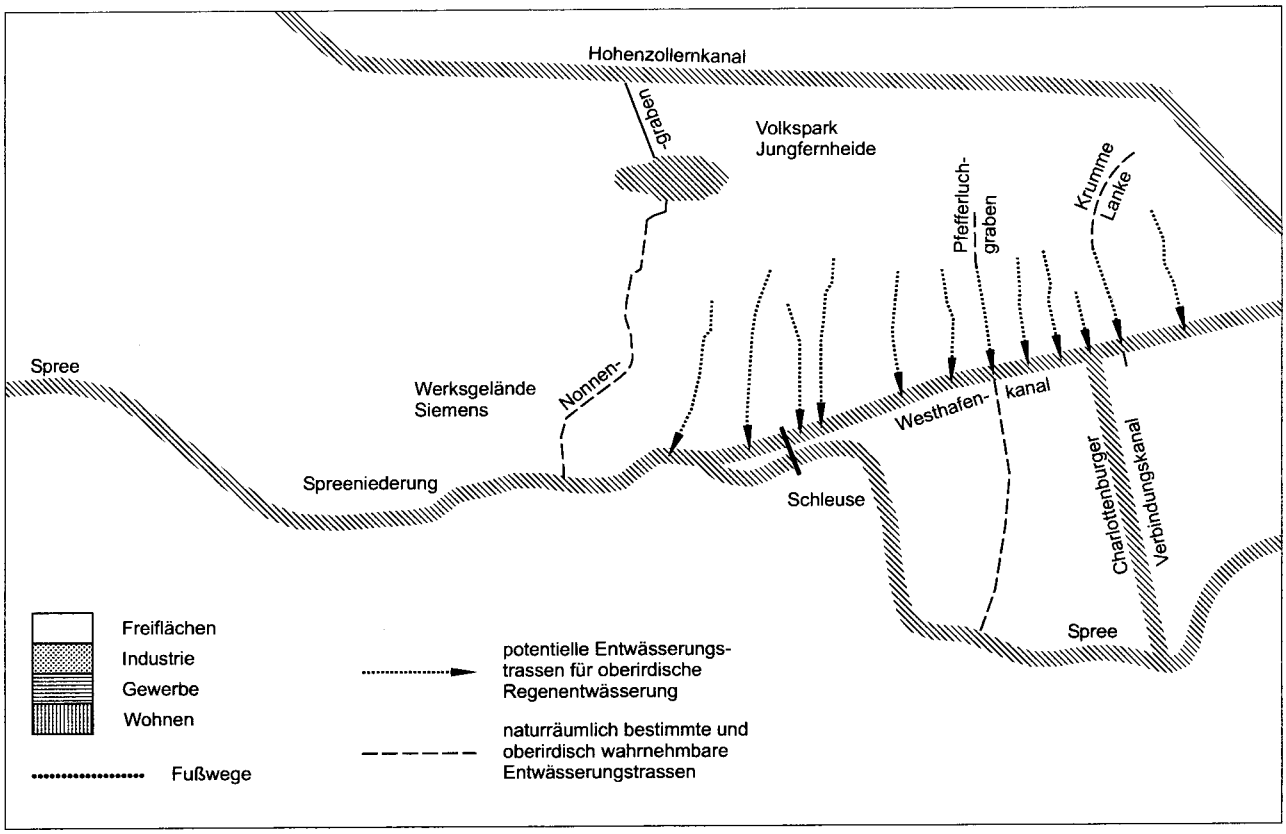


Abb. 31 Potentielle Entwässerungstrassen für eine weitgehend oberirdische Regenentwässerung am Beispiel des städtebaulichen Entwurfs von Scharoun / IfS d.TU Berlin

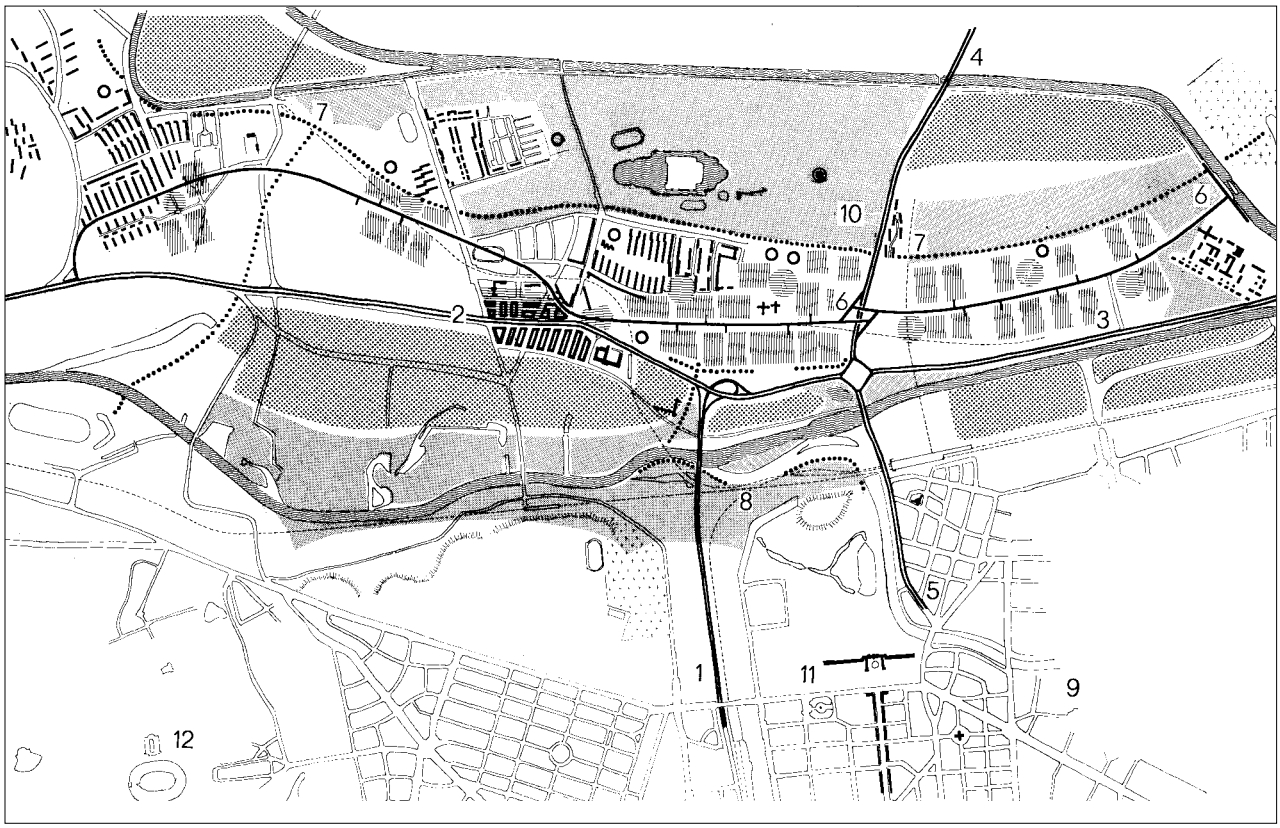
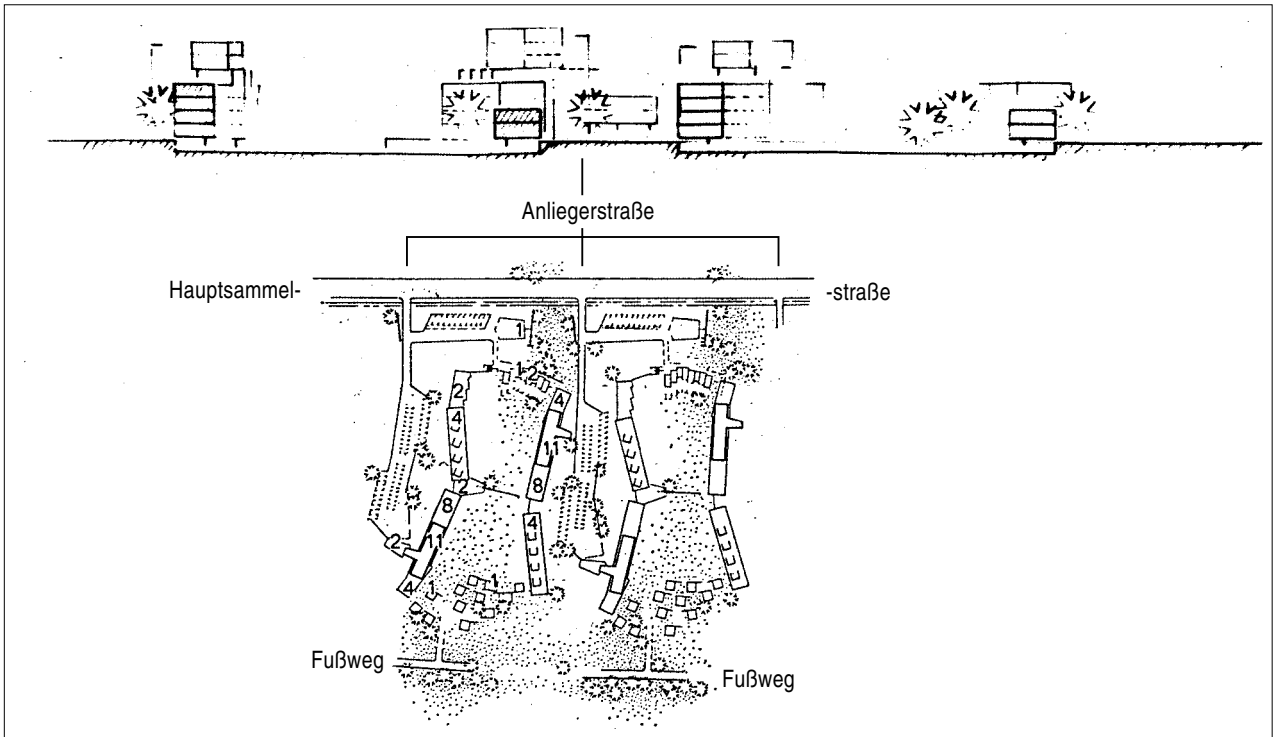


Abb. 32 Städtebaulicher Entwurf von Scharoun und Institut für Städtebau, TU Berlin zu Charlottenburg-Nord 1955/56 [Schmitt,1966,205]



Im Unterschied zu dem nach 'innen', zur anbaufreien Hauptsammelstraße orientierten Fahrverkehr ist die Fußwegeerschließung nach 'außen' in zusammenhängende Grünräume gerichtet. Hauptsammelstraße und die als Stichstraßen ausgebildeten Anliegerstraßen liegen ca. 2,0 m höher als die 'grünen' Innenbereiche der 'Wohngehöfte'. Die Grünräume verbleiben damit auf dem natürlichen Geländeniveau. Die Zahlen in der unteren Darstellung geben die Geschoßzahl der Bebauung an und markieren gleichzeitig ein 'Wohngehöft'. (oben: Detail aus Detail aus [Adk/SB,M 74/17/A], unten: [Schmitt,1966,206])

Abb. 33 Wohngehöfte, Ansicht und Lageplan des Wettbewerbsentwurfes

Bebauung freigehaltenen Gewässertrassen des Pfefferluchgrabens und der Krummen Lanke wären durch die RWEinleitung als naturräumliche Strukturelemente wieder stärker wahrgenommen worden. Eine Aufnahme und Weiterentwicklung der Ideen des eingangs angeführten Zitats von Roland Rainer (Seite 68) wäre entwurflich möglich gewesen, zumal Scharoun schon frühzeitig die Idee der 'Stadtlandschaft' propagierte.

Das eine oberirdische Regenentwässerung, trotz verloren gegangenen Wissens um deren Vorzüge in der Stadtplanung und dem weitgehenden Ignorieren dieser Entwässerungsart durch die Ingenieure der Siedlungswasserwirtschaft, auch zur damaligen Zeit vorgeschlagen wurde, zeigen die städtbaulichen Planungen zur 'Neuen Stadt Wulfen'. Dieses Beispiel ist insofern interessant, als es sich hier um eine Stadtneugründung auf der 'grünen Wiese' handelt, bei der die Ausgangsbedingungen für die Verwirklichung zukunftsweisender Ideen unvergleichbar günstig waren. Die gute Dokumentation des Städtebauvorhabens durch den Karl Krämer Verlag (Stuttgart) in den Jahren 1962 und 1965 begründet die Redaktion mit den vorbildlichen Planungen, die die neue Stadt vorbereiten sollten. "Der Gesamtkomplex Wulfen - von den regionalplanerischen Voraussetzungen über die bei uns leider nicht selbstverständliche gutachterliche Vorarbeit der 'Hilfs'wissenschaften bis zum eigentlichen Planungsvorgang - erscheint uns besonders im Rahmen der städtebaulichen Wirklichkeit in der Bundesrepublik so außergewöhnlich, daß der Aufwand für diese Serie von Veröffentlichungen gerechtfertigt erscheint" [Krämer,1965,2].

4.4. Regenentwässerung und die neue Urbanität im Städtebau

4.4.1 Die Stadtgründung Wulfen Anfang der 1960er Jahre

Das Vorhaben 'Neue Stadt Wulfen' beeindruckt durch seine Dimension: Auf einer land- und forstwirtschaftlich genutzten Fläche von ca. 750 ha sollte eine neue Stadt für 40.000 bis 50.000 Einwohner entstehen. Hauptgrund für die Errichtung der Stadt war die Anlage eines neuen Steinkohlenbergwerks in unmittelbarer Nachbarschaft. Zur Umsetzung dieses Vorhabens erfolgte im Frühjahr 1960 die Gründung der Entwicklungsgesellschaft Wulfen mbH, in der die veranlassende Bergbaugesellschaft, Mathias Stinnes AG, zu 50 % beteiligt war. Die Grundzüge der 'Neuen Stadt Wulfen' wurden Ende 1961 durch einen bundesweiten städtebaulichen Wettbewerb formuliert. Im Ergebnis dieses Wettbewerbs betraute die Entwicklungsgesellschaft den ersten Preisträger, Fritz Eggeling, Berlin (Mitarbeit: H. Hansen, H. Stumpfl, G. Sixtus), mit der Gesamtplanung der neuen Stadt [Krämer,1962].

Das Areal der künftigen Stadt wird bestimmt durch zwei von Norden nach Süden verlaufende Bachtäler: Der Gecksbach im Osten und der Midlicher Mühlenbach im Zentrum der geplanten Siedlungsfläche. Im südlichen Bereich des Planungsgebietes teilt sich die zentral gelegene Talmulde und der Midlicher Mühlenbach biegt nach Westen zum Wienbach ab. Südlich dieser Abzweigung entspringt der Voßbach, der nach Süden abfließt und die zentral gelegene Talmulde südlich der Abzweigung entwässert (Abb. 35, Abb. 35). Die Landschaft wird von Norden nach Süden flacher und die Bachtäler verlieren ihre klar erkennbare Begrenzung. Gleichzeitig gewinnen die im nördlichen Bereich eng auf die Täler begrenzten grundwassernahen Standorte erheblich an Ausdehnung, während die trockenen Höhenrücken verschwinden. Die Höhenunterschiede zwischen den Bachniederungen und den Höhenrücken betragen im nördlichen und im mittleren Bereich ca. 6 - 15 m.

Bereits mit der Wettbewerbsausschreibung wird eine Bebauung der Bachtäler ausgeschlossen (Abb. 34). Gründe hierfür sind der schlechte Baugrund und der gleichzeitig wertvolle Grünbestand in den Bachtälern [Krämer,1962,9&15]. Die Wettbewerbsentwürfe beschränken sich folgerichtig auf eine Bebauung der Höhenrücken. Analog der von Rossow vorgenommenen Strukturierung siedlungsbezogener Grünflächen in naturräumlich begründetes 'Grundgerüst' und gartenkünstllerisch dominiertes 'Hilfsgrün' (siehe S. 69), stellen die Talräume später 'das *Grundgerüst des Grünflächensystems* der neuen Stadt' dar [Heiss,1967,460].

Betrachtet man die preisgekrönten Wettbewerbsentwürfe von Eggeling, May, Maecker und Schwagenscheidt, so wird, außer bei May, die Niederung des Mühlenbaches zu einem wichtigen Element der neuen Stadt. Das Bachtal erhält die Bedeutung eines 'alles verbindenden Großgrünraums' (Schwagenscheidt) im Inneren des Siedlungsgebietes. Freigehalten vom Fahrverkehr dient er, als übergeordnetes Erschließungselement der fußläufigen Verbindung der Stadtteile. Bei allen preisgekrönten Entwürfen wurde der Mühlenbach an mehreren Stellen zu seenartigen Wasserflächen angestaut. So sehen Eggeling und Maecker zwei, May vier und Schwagenscheidt sechs Anstauungen im Zuge des Mühlenbaches vor [Krämer,1962]. Die Wasserflächen sind ausschließlich gestalterisch motiviert.

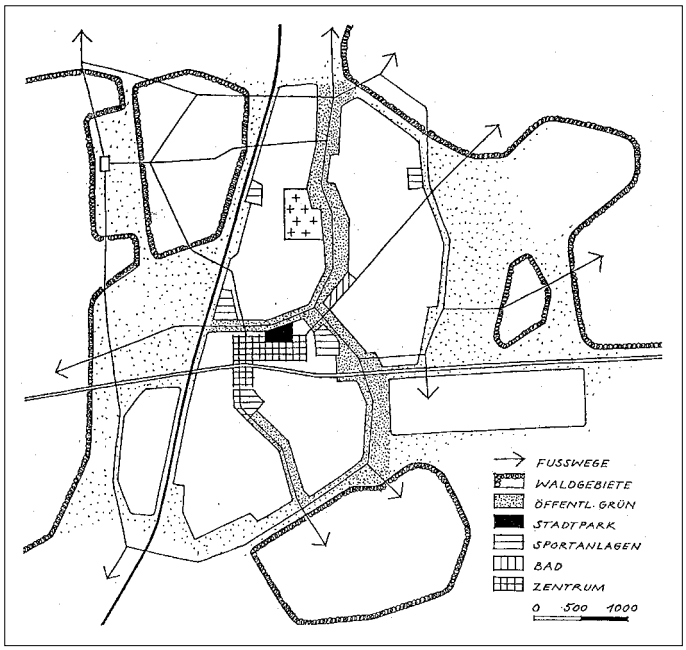


Abb. 34 Grünflächenschema 'Neue Stadt Wulfen' [Dahmen,1967]

Nach Bruckmann [1962] setzt sich mit dem Wettbewerb zur 'Neuen Stadt Wulfen' eine neue Tendenz im Städtebau der Bundesrepublik durch. Das Bild der 'gegliederten und aufgelockerten Stadt', mit überschaubaren und voneinander durch Grünzüge getrennte Stadtquartieren ('Nachbarschaften'), wird verdrängt durch den Wunsch nach mehr Urbanität. So ist bei Eggeling und May (2. Preis), im Unterschied zu Maecker und Schwagenscheidt (3. und 4. Preis) eine Gliederung in eigenständige Stadtquartiere fast nicht mehr erkennbar. "Man versucht, die funktionelle Ordnung der Stadt in Systemen zu verwirklichen, deren räumliche Struktur sich nur wenig von derjenigen unterscheidet, die man von den alten Städten her kennt und liebt" [Bruckmann,1962,16]. Bezeichnend für diese Haltung ist das folgende Zitat aus der Wettbewerbsarbeit von Eggeling: "Der Verfasser ist der Ansicht, daß die Stadt in ihrer Größenordnung von 50.000 Einwohnern ein überschaubarer Erlebnisbereich ist. In ihrer rings von her r-

licher Landschaft umgebenen Lage wird die Gefahr einer städtischen Verdichtung für geringer erachtet, als die der Zersiedelung" [Krämer,1962,17]. Hinsichtlich der großräumigen Gliederung des Siedlungsgebietes durch Grünflächen beschränkt sich Eggeling auf die Bachniederungen, die ohnehin nach der Wettbewerbsausschreibung freizuhalten waren.

Im Rahmen des Wettbewerbs wurden, soweit bei Krämer [1962] dokumentiert, von keinem der 47 Teilnehmerteams Vorschläge zu einer von der Konvention abweichenden Regenentwässerung u nterbreitet. Wegen der unzureichenden Ableitkapazität der im Gebiet befindlichen Vorfluter sowie der Befürchtung, es könne eine Veränderung der Vegetation infolge Grundwasserabsenkung durch die geplante Bebauung auftreten, wurde u.a. die Regenentwässerung in der *anschließenden Planungsphase* als Problem erkannt. So wird im biologischen Gutachten von F.W. & G. Dahmen (1962) vor einem Verlust der bodenständigen Kulturlandschaft infolge zu schneller GWAbsenkung gewarnt und gleichzeitig vorgeschlagen, diesem Prozeß durch Versickerung von sauberem Dachablaufwasser entgegenzuwirken [Dahmen,1967,456].

Die Entwicklungsgesellschaft erteilte Dietrich Kehr, Hannover, den Auftrag zum Entwurf der Gebietsentwässerung, d.h. zur Konzeption sämtlicher Abwasserentsorgungsanlagen, die eine Stadt dieser Größenordnung benötigt, wie Kanalisationssystem(e), Kläranlage(n) und Vorflutgewässer. Anfang 1963 legt Kehr (Mitarbeit: G. Stobbe) mit dem 'Vorbericht zum generellen Entwässerungsentwurf für die neue Stadt Wulfen' seine grundlegenden Gedanken zur Regenentwässerung vor, die über weitere Gutachten bis Mitte 1964 konkretisiert werden. Als Entwässerungsverfahren schlug Kehr Anfang 1963 noch ein konventionelles Trennverfahren mit einer vollständig unterirdischen RWAbleitung vor [Kehr,1963a,4]. Bei der vertiefenden Planung modifiziert Kehr sein Entwässerungskonzept. Danach soll geringfügig verschmutztes Regenwasser oberirdisch entwässert, verschmutztes Regenwasser unterirdisch über den Regenwasserkanal und das am stärkesten verschmutzte Regenwasser über den Schmutzwasserkanal abgeleitet werden. Kehr beschreibt die Grundzüge dieses 'verbesserten Trennverfahrens' für Wulfen erstmals im Juni 1963 in Form eines 'Musterentwurfs', da die Bebauung noch nicht festliegt [Kehr,1964,6]. Der Musterentwurf zur Gebietsentwässerung, "der (...) auf die übrigen Baugebiete der neuen Stadt Wulfen sinngemäß übertragen werden kann" [Kehr,1964,Anl,S.1], bezieht sich auf einen Teilbereich des Stadtteils Barkenberg. Der durch den Musterentwurf umrissene Bereich kennzeichnet etwa den späteren 1. Bauabschnitt der 'Neuen Stadt Wulfen' Barkenberg-Süd I (Realisierung ab 1966).

Die von den Stadtplanern bereits vorgesehenen künstlichen Seen im Bereich des Midlicher Mühlenbaches nutzt Kehr zur Dämfung und Verminderung des RWAbflusses. In Zusammenarbeit mit den verantwortlichen Stadtplanern der Planungsgruppe Eggeling und in Abstimmung mit dem später hinzukommenden gewässerkundlichen Gutachter Herbert Billib, Hannover, werden der Standort und die Gewässerausbildung optimiert. Die im Flächennutzungsplan Lembeck-Wulfen (Anfang 1963) eingetragenen Vorfluter und der Standort der Kläranlage sind Ergebnisse der Untersuchung von Kehr [Krämer, 1965,24].

Typisch für die Entstehungszeit von Wulfen ist die starke Beachtung des Individualverkehrs innerhalb der Stadtplanung. Man ging davon aus, daß eine weitgehende Trennung von Kraftfahrzeug- und Fußgängerverkehr unabdingbar sei, um bei steigendem Mobilisierungsgrad Unfälle zu vermeiden, einen 'zügigen' Verkehr zu gewährleisten und um die verkehrsbedingten Immissionen in den Wohngebieten zu minimieren. Entsprechende Vorgaben waren auch im Ausschreibungstext zum städtebaulichen Wettbewerb (1961) formuliert. In diesem Kontext entwickelte Eggeling in Zusammenarbeit mit dem Verkehrsplaner G. Hinterleitner, Stuttgart, vor allem in den Jahren nach dem Wettbewerb (1962-63) ein neuartiges Erschließungssystem. Markantes Merkmal des Erschließungssystems ist eine Überlagerung

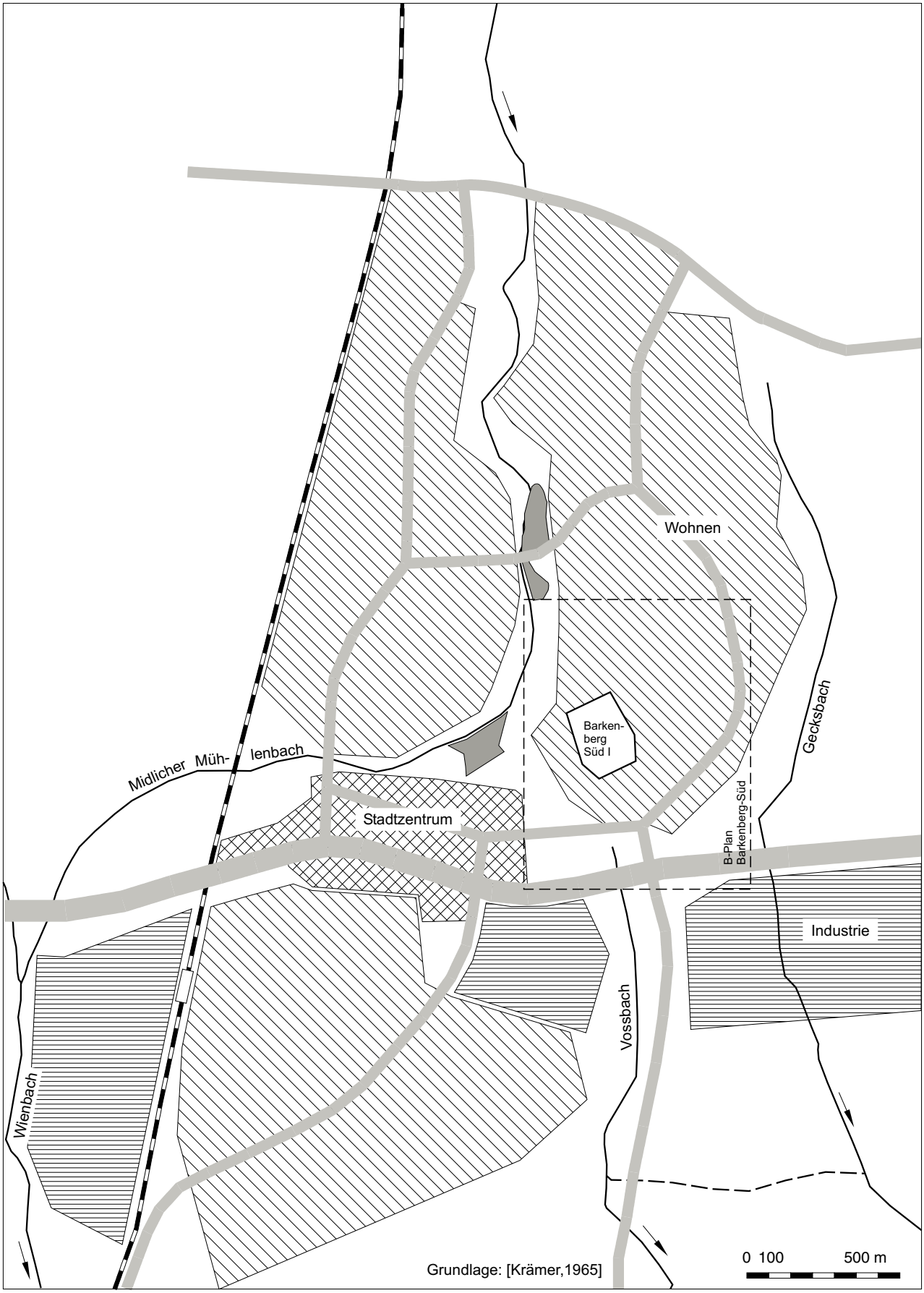


Abb. 35 Gesamtplanung 'Neue Stadt Wulfen' Dezember 1963

Abb. 36 Die Neue Stadt Wulfen 1994 (M 1:25.000) [TK 25 Wulfen,1994]

und Verschränkung der beiden Erschließungstrassen (Abb. 38) *im Unterschied* zu der in dieser Zeit sonst üblichen Verzahnung von Gehweg und Fahrweg ('Radburn-System', siehe Schemaplan aus der Wettbewerbsarbeit von Schwagenscheidt - Abb. 37, bzw. Entwurf von Scharoun für Charlottenburg-Nord - Abb. 32).

Die dadurch zwangsläufig entstehenden Schnittstellen zwischen beiden Erschließungstrassen umgehen die Stadt- und Verkehrsplaner durch die höhenmäßige Verlagerung der beiden Wege. Dem Fußwegenetz wird die stadttechnische Erschließung (Entwässerungs-, Fernwärme-, Wasser-, Elektro- und Postleitungen) zugeordnet [Krämer,1965,32/2] [Bremen,1983,10]. Unter den Straßen verbleiben lediglich die Leitungen für die Straßenentwässerung und -beleuchtung. Die Hauptverkehrsstraßen werden im allgemeinen anbaufrei geführt. Etwa zeitgleich mit der Weiterentwicklung des Erschließungssystems durch Eggeling und Hinterleitner arbeitet Kehr am Entwässerungsentwurf.

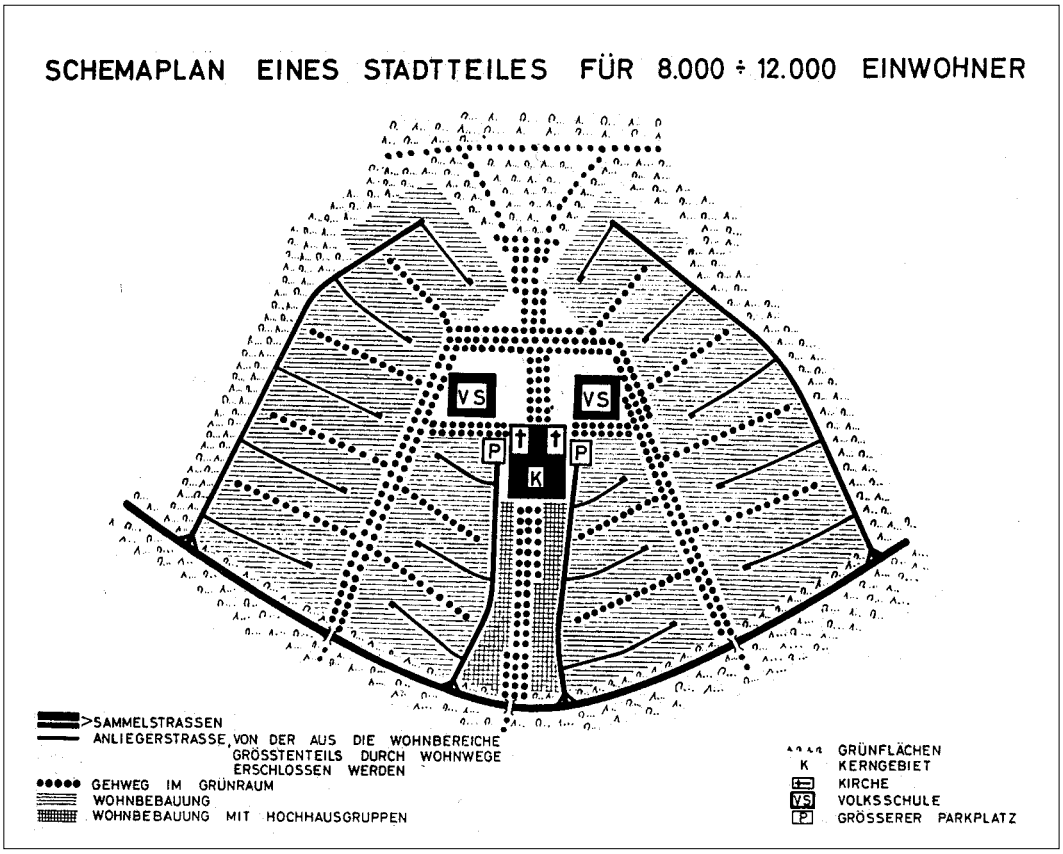


Abb. 37 Schemaplan Erschließung aus Wettbewerbsentwurf Schwagenscheidt [Krämer,1962,25]

Unter Berücksichtigung unterschiedlicher Verschmutzungen der Siedlungsflächen unterscheidet Kehr bei der Konzeption der Regenentwässerung grundsätzlich zwei Arten von abfließenden Niederschlagswasser: (1.) geringfügig mineralisch verschmutztes Ablaufwasser aus der 'Wohnzone' (Dächer, Fußwege) und (2.) Regenablaufwasser der 'Verkehrszone' (Straßen, Kfz-Stellplätze), das zusätzlich Benzin-, Ölreste sowie Gummiabrieb enthält.

Nach dem Entwässerungsentwurf von 1963/64 wird das nur geringfügig verschmutzte Regenwasser der Wohnzone innerhalb der Stadtquartiere über Rasenmulden zu *kleinen Stauweihern* abgeleitet. Die Stauweiher haben die Aufgabe, analog der Wirkungsweise von Regenrückhaltebecken den RWAbfluß zu drosseln. Nach dem Stauweiher gelangt der durch Versickerung, Verdunstung und Retention stark

verminderte RWAbfluß auf direktem Wege oberirdisch in die natürlichen Vorflutgewässer Midlicher Mühlenbach, Gecksbach oder Voßbach. Der oberirdische RWAbfluß *nach einem Stauweiher* läßt sich gemäß den entwässerungstechnischen Berechnungen von Kehr mit $q_{15(n=0,2)}$ = 43 l/s*ha_{red} (bzw. $q_{15(n=1)}$ = 24 l/s*ha_{red}) quantifizieren [Kehr,1964,6&16]. Die Größe des notwendigen Retentionsspeichers ('kleine Stauweiher') innerhalb des Stadtquartiers beträgt dabei für einen fünfjährigen Starkregen (n = 0,2 /a) rd. 52 m^3/ha_{red} (bzw. rd. 28 m^3/ha_{red} für n=1 /a) [Kehr,1964,Anl,S.7]. Legt man der Wohnzone (Fläche der Grundstücksblöcke zuzüglich öffentliches Fußwegesystem) einen Befestigungsgrad γ von rd. 40% zugrunde (vgl. [SenStadtUm,1993,4]), so geht Kehr von einer 50%igen Abflußreduzierung zwischen dem Entstehungsort des RWAbflusses und dem Stauweiherzufluß aus. Der Stauweiher selbst soll die Abflußintensität um weitere 50% reduzieren [Kehr,1964,6&16] (Tab. 2).

Der Lageplan zum Regenentwässerungssystem der neuen Stadt macht zu den oberirdischen RWAbflußtrassen und zu den Stauweihern keine Angaben. Das Entwässerungsprinzip wird von Kehr und Stobbe *zeichnerisch* nur durch den in abgebildeten Plan erläutert [Kehr,1963a] [Kehr,1964]. Damit ist aber die Basis für eine Verständigung mit der Stadtplanung von vornherein sehr gering. Gerade für die am städtebaulichen Entwurf arbeitenden Architekten und Stadtplaner sind zeichnerische Abbildungen wichtig, die es ihnen erleichtern, städtebauliche und architektonische Konsequenzen des Vorschlags zu erkennen.

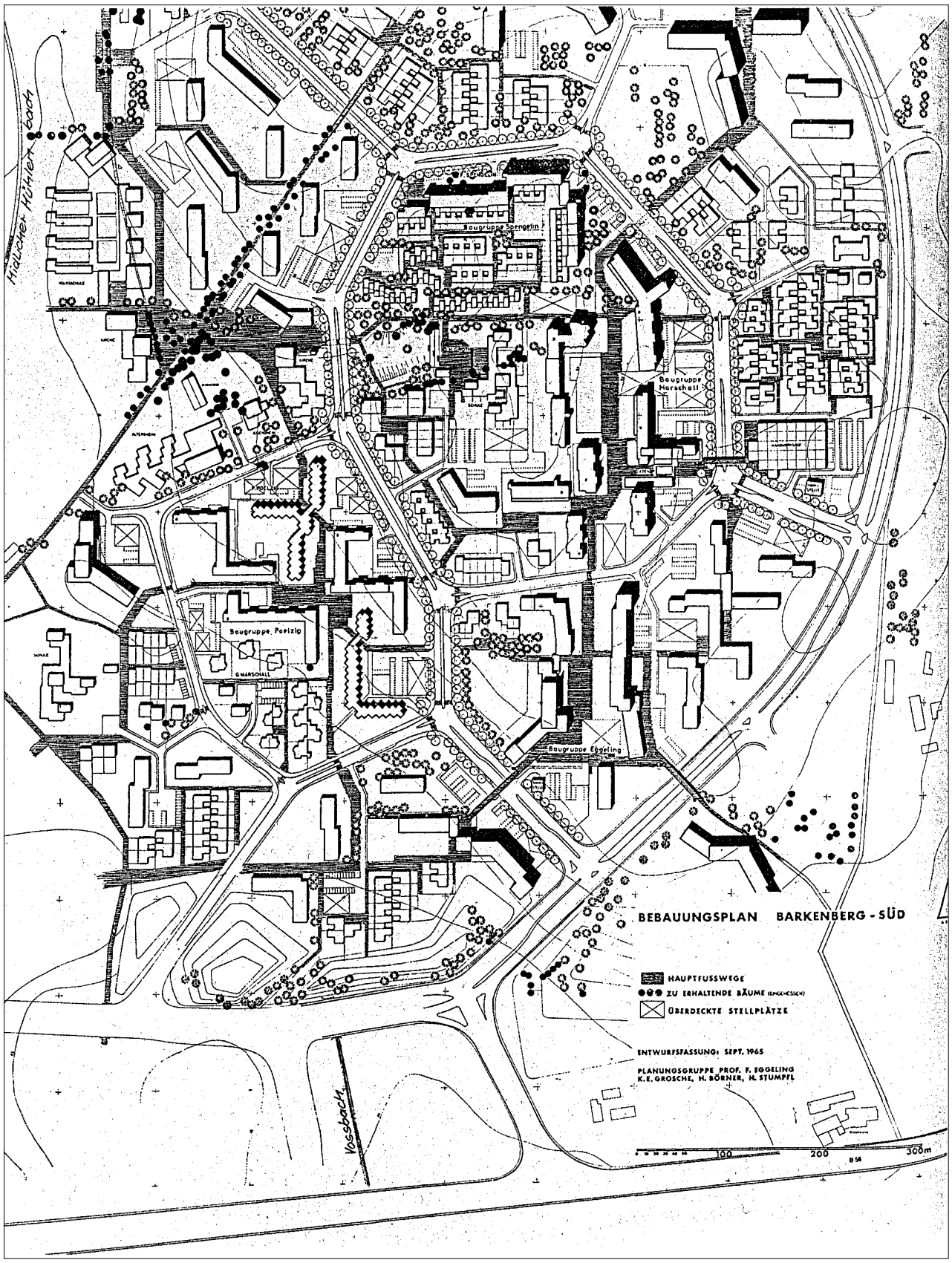


Abb. 38 Neue Stadt Wulfen, Bebauungsplan des Teilgebietes Barkenberg-Süd mit Fußwegesystem [Grosche,1967,450]

Für die Ableitung des Regenwassers aus der Verkehrszone sieht Kehr unterirdische RWKanalisationen vor. Um die hochwassergefährdeten Vorflutgewässer nicht zu überlasten, sind am Auslaß der RWKanalisationen *große Retentionsräume* geplant. Drei dieser Retentionsräume befinden sich - wie bereits erwähnt - in der Niederung des Midlicher Mühlenbaches (Abb. 35). Sie sollen stadtgestalterisches Element und Regenrückhaltebecken zugleich sein. Damit die Wasserspiegelschwankungen dieser künstlichen 1,5 bis 3,5 ha großen Gewässer gering bleiben und um die biologische Qualität der Gewässer zu verbessern, wird über Anstauungen eine in beiden Richtungen regelbare Verbindung zum Mühlenbach vorgesehen. Die künstlichen Seen besitzen jeweils ein Vorbecken, um abgewaschene Schmutzstoffe von den Gewässern fern zu halten. Zwei weitere Retentionsräume, im oberen Bereich des Voßbachs und südlich der Dorflage Wulfen, haben dagegen keine stadtgestalterische Bedeutung.

Die zentralen Kfz-Stellplätze, bei denen Kehr die größten Verunreinigungen für das abfließende Regenwasser erwartete, werden über die Schmutz- *und* die Regenwasserkanalisation entwässert. Danach gelangt das Wasser kleinerer Niederschlagsereignisse über eine Drosselstrecke und einen nachgeschalteten Abscheider in den *Schmutzwasserkanal*, der zur Kläranlage führt. Erst bei Überschreitung der Ableitungskapazität der Abflußdrossel werden die *Abflußspitzen in den Regenwasserkanal* übergeleitet [Kehr,1963] [Kehr,1963a] [Kehr,1964].

Beim Studium der entwässerungstechnischen Planungen wird deutlich, daß Kehr dem Fußwegesystem lange Zeit nicht die erforderliche Beachtung schenkt. So wird noch mit Planungsstand vom April 1964 das stadtstrukturell wichtige und mit dem Generalaufbauplan vom Dezember 1963 festgelegte Fußwegesystem nicht erwähnt (siehe Abb. 38 und Abb. 41, bzw. [Krämer,1965,32/1]). In den Plänen des Musterentwurfs zur Schmutz- und Regenentwässerung fehlen die Wohnwege. Die unterirdischen Ableitungstrassen für Schmutzwasser, Regenwasser der Verkehrszone sowie die oberirdische Ableitungstrasse des unverschmutzten Regenwassers aus der Wohnzone stehen räumlich in keinem erkennbaren Zusammenhang miteinander (Abb. 40). Um das Regenwasser oberirdisch ableiten zu können, werden 3 bis 4 m breite fußwegebegleitende Mulden vorgeschlagen. Von den Ingenieuren der Siedlungswasserwirtschaft wird damit, in logischer Konsequenz, die *Wegeführung in Abhängigkeit vom natürlichen Geländerelief gesehen* [Kehr,1964,Anl,S.2]. Die ungenügende Bündelung der Entwässerungstrassen und die fehlende Auseinandersetzung mit dem von Stadt- und Verkehrsplanung konzipierten Erschließungssystem führen zu unverhältnismäßig hohen entwässerungstechnisch bedingten Planungsbindungen. Von der Entwässerungsplanung wird übersehen, daß das Fußwegesystem, insbesondere durch seine Funktion als stadttechnische Erschließungstrasse und Grundstücksbegrenzung, eine ähnliche Bedeutung erlangt wie die Verkehrsstraßen.

Aus Veröffentlichungen zum Städtebauvorhaben 'Neue Stadt Wulfen' und aus Gesprächen mit den Planungsbeteiligten Hans Stumpfl (Planungsgruppe Eggeling) und Gerhard Stobbe (Weiterbearbeitung des Entwässerungsentwurfs in Ingenieurgemeinschaft Stobbe / Wetzorke) wird deutlich, daß von den Stadtplanern die *strukturelle Bedeutung* von Kehrs Vorschlägen für den Stadtplan nicht erkannt bzw. ignoriert wurde.

Gemeint ist hiermit die Berücksichtigung einer oberirdischen RWAbflußtrasse vom Entstehungsort des RWAbflusses bis zum natürlichen Vorflutgewässer des Entwässerungsgebietes im städtebaulichen Entwurf. Die Trasse ist stadtstrukturell bedeutsam, weil:

- ihr Verlauf unmittelbar vom Geländerelief und vom entwässerungstechnischen Systemzusammenhang abhängig ist;
- sie von einer Überbauung weitgehend freizuhalten ist, da bereits die Überwindung kleinerer Hindernisse (wie z.B. Straßen) entwässerungstechnisch wie gestalterisch Probleme bereitet;
- alle Grundstücke einen Zugang zu diesem RWAbleitungssystem erhalten müssen;

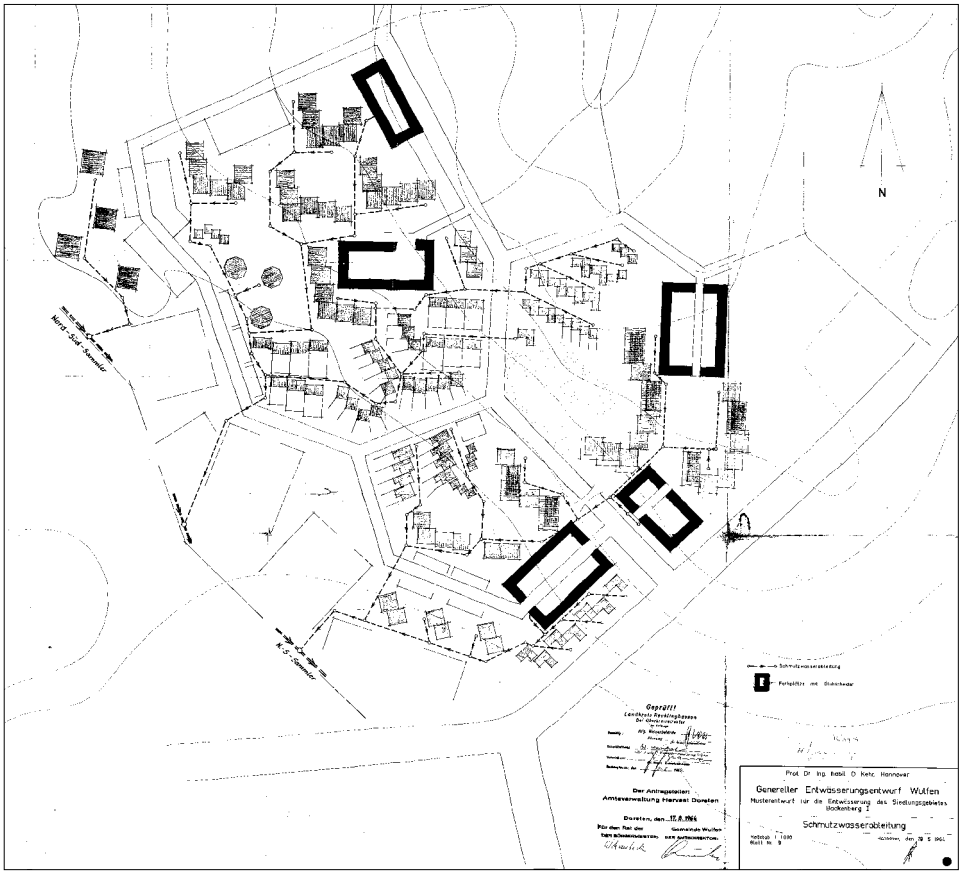
- durch unterschiedliche Eigentumsverhältnisse der Grundstücke und durch das Risiko von Überschwemmungsschäden der Bestand der Trasse rechtlich dauerhaft abgesichert werden muß.

Weitgehend unwichtig ist hierbei, welcher Anteil des Regenwassers auf dem Weg zum Vorfluter versickert, verdunstet oder zwischengespeichert wird. Diese Trasse kann auch ein selten benutzter Notabflußweg sein (siehe Abschnitt 5.3.3).

Betrachtet man den Musterentwurf zur Entwässerung des Gebietes Barkenberg I vom Mai 1964 (Abb. 39), so drängt sich der Verdacht auf, daß selbst die Entwässerungsplaner diese Bedeutung nicht wahrhaben wollten. Es wird auf der einen Seite eine Vernetzung der oberirdischen RW-Abflußwege innerhalb des Stadtquartiers dargestellt, aber auf der anderen Seite endet der Abflußweg scheinbar mit einem Stauweiher. Dies steht jedoch im Widerspruch mit den verbalen Äußerungen und den Abflußberechnungen im entwässerungstechnischen Erläuterungsbericht. Danach wird der verbleibende RWAbfluß nach einem Stauweiher dem natürlichen Vorflutgewässer zugeführt. In den Plänen spielt der übergeordnete Grünzug in nord-westlicher Verlängerung des Voßbaches für die oberirdische Regenentwässerung keine Rolle. Dieser Grünzug, der gleichzeitig eine natürliche Entwässerungsmulde in südlicher Verlängerung des Mühlenbaches ist, wird von den Entwässerungsplanern lediglich als Trasse für den Schmutzwasserhauptsammler der Stadt (in = 'Nord-Süd-Sammler') genutzt. Im Übersichtsplan zur Regenentwässerung der neuen Stadt bleiben die oberirdischen RWAbleitungstrassen ebenfalls unberücksichtigt [Kehr,1964].

Auch wenn den Stadtplanern die strukturelle Bedeutung des oberirdischen RWAbleitungsweges bewußt gewesen wäre, so hätten sie Kehrs Vorstellungen diesbezüglich wahrscheinlich beim Weiterentwickeln der Stadtstruktur nicht aufgegriffen. Die Stadtplaner wünschten vom *gestalterischen Grundansatz* her keine weitere Untergliederung des Stadtgebiets außer den zentralen tälerbegleitenden Grünzügen. So äußert Börner (Planungsgruppe Eggeling) im September 1963: "Die öffentlichen Grünflächen sind bewußt nicht als längliche und schmale Grünzüge ausgewiesen. Sie wurden vielmehr als ungefähr quadratische, zusammenhängende Flächen vorgesehen, mehr also als Treffpunkte und Orte des Verweilens. Zu Bewegung und Wanderung werden Grünzüge der großen Bachtäler und die umliegenden Wälder genügend Anreiz bieten" [Krämer,1965,36]. Für den stadträumlichen Charakter des Fußwegesystems sind die Ausführungen von Heiss aufschlußreich: "Dieses Fußwegenetz ist nicht in der Art reiner 'Grünverbindungen' geführt. Es führt ebenso durch die Ladengruppen wie durch intensiver gestaltete Gartenräume im Innern der Wohngebiete, sodaß hier erlebnisreiche Wege zwischen den Bauten entstehen, die in ihrem Charakter anders geartet sind als die Hauptwege in den weiträumigen landschaftlichen Grünzügen" [Heiss,1967,460]. Schon aus diesen Gründen wollten die Stadtplaner die Breite der Fußwege minimieren und sie nur an wenigen Stellen platzartig aufweiten. Heiss bezeichnet die etwa 1 ha großen quadratischen und öffentlichen Grünflächen als 'Grünzentren'. Nach Rossows Grünflächengliederung (siehe S. 69) verkörpern die Grünzentren das 'Hilfsgrün'.

Im August 1963 wird der Straßenkatalog für die 'Neue Stadt Wulfen' festgelegt. Er enthält acht Wegetypen, von der Fernstraße bis zum stadtinternen Rad- oder Fußweg. In diesem Straßenkatalog wird auch eine prinzipielle Zuordnung der Trassen leitungsgebundener Versorgungsmedien zu den einzelnen Wegetypen durch die Stadtplaner vorgenommen. Die oberirdischen RW-Ableitungstrassen blieben im Straßenkatalog unberücksichtigt [Krämer,1965,32/2]. Ende 1963 fordert die Entwicklungsgesellschaft sechs Architekturbüros zu konkurrierenden Gutachten für die Bebauung des ca. 500 WE umfassenden Teilgebietes Barkenberg-Süd I auf. Die Berücksichtigung der oberirdischen Regenentwässerung ist nicht Bestandteil der Ausschreibung.



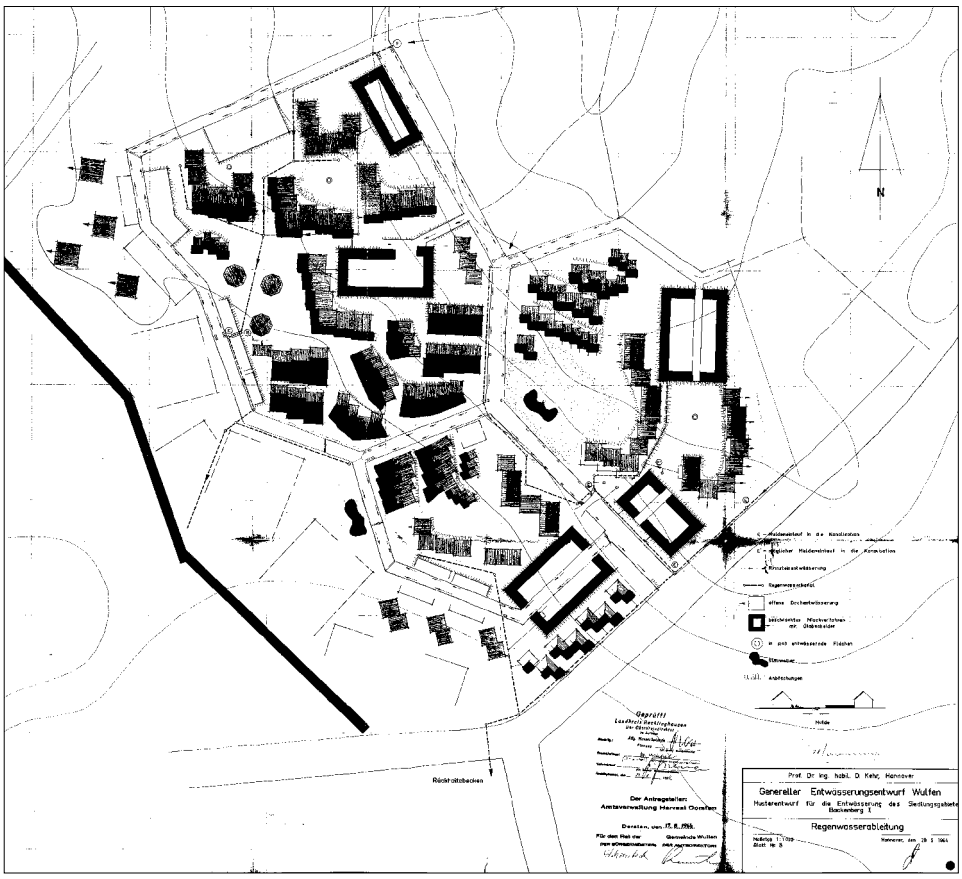


Abb. 39 Erster Musterentwurf zur Schmutzwasserableitung (oben) und Regenentwässerung (unten) von Kehr, Mai 1964 [Kehr,1964,Bl.8/9]

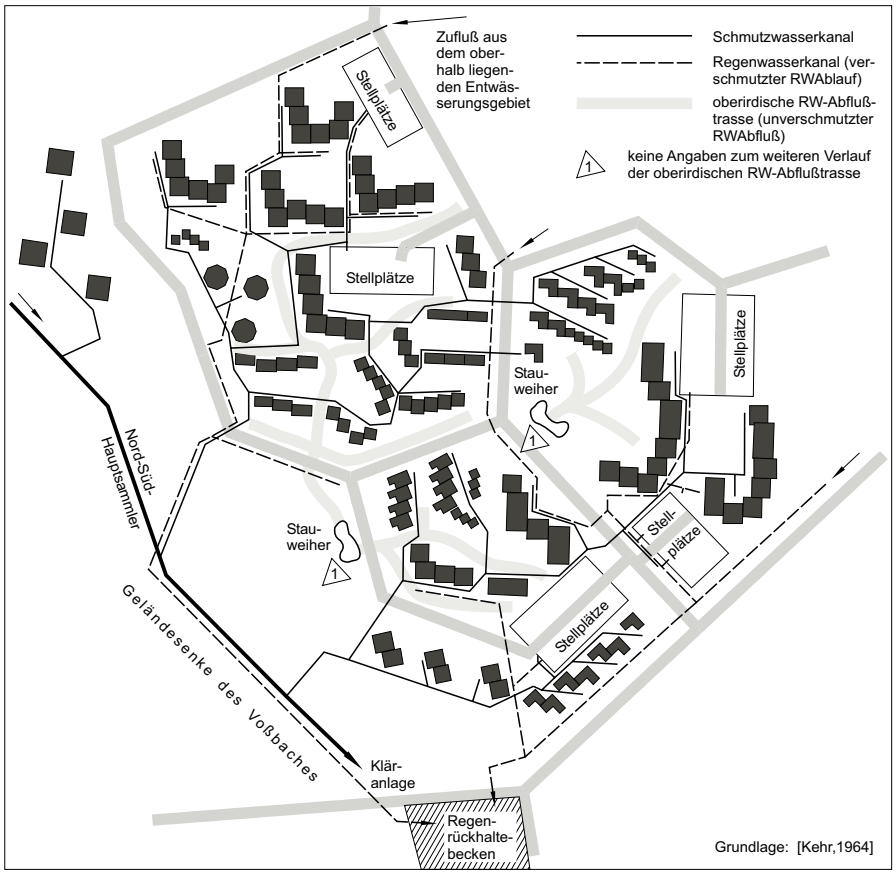


Abb. 40 Erster Musterentwurf zur Entwässerung von Kehr, Mai 1964 (Analyse und Überlagerung der Originalpläne aus [Kehr,1964])

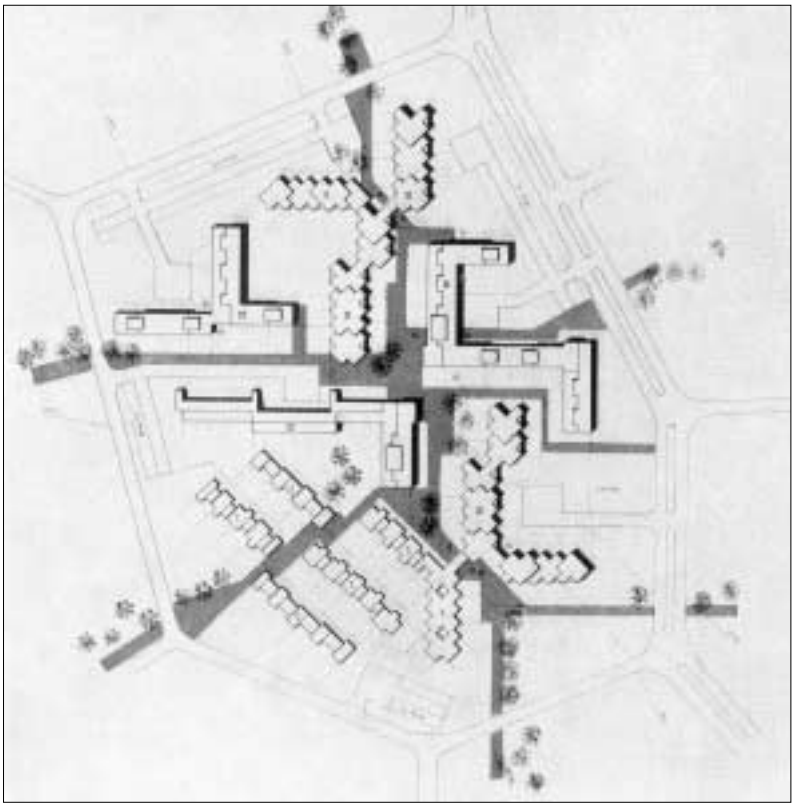


Abb. 41 Gutachtenentwurf Poelzig für Barkenberg-Süd I, Teilgebiete A+B, Frühjahr 1964 [Krämer,1965,48]

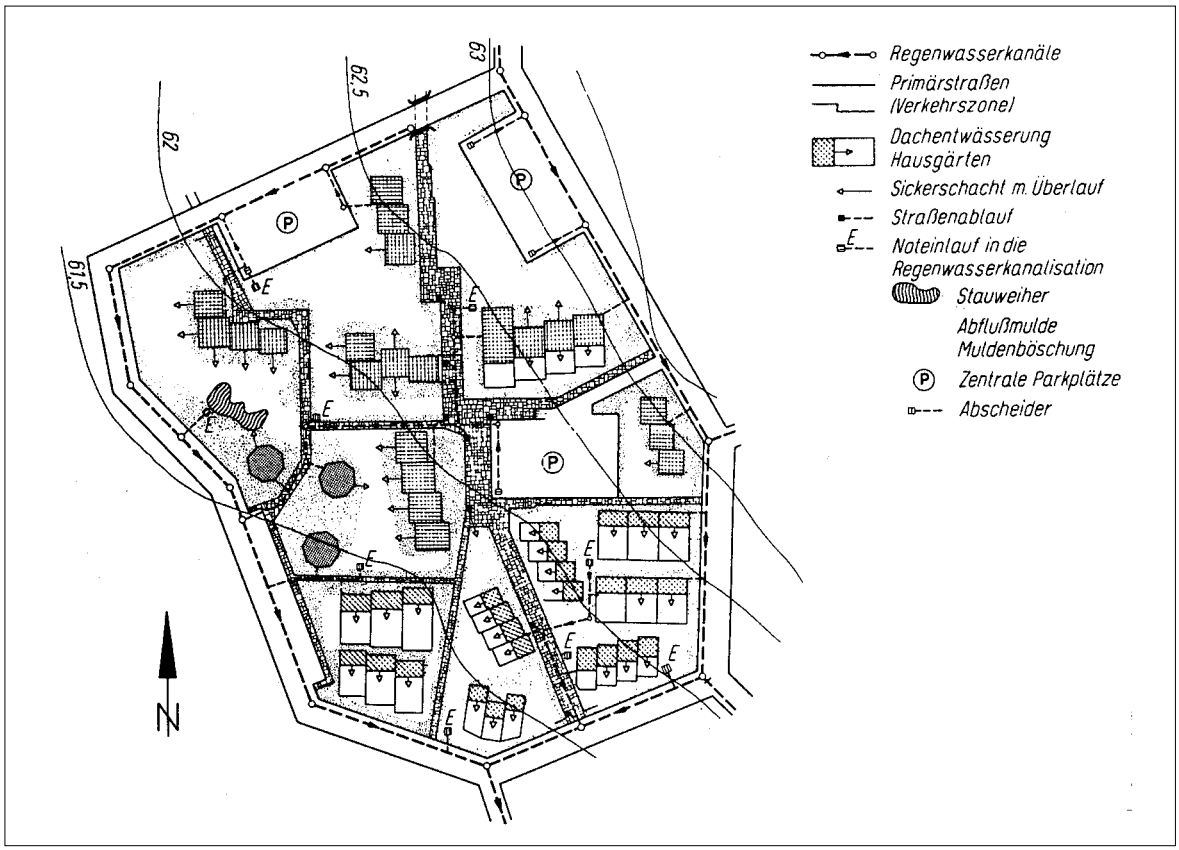
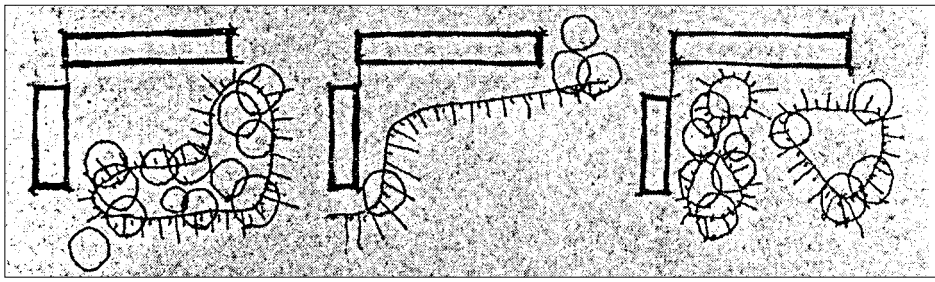


Abb. 42 Zweiter Musterentwurf zur Regenentwässerung von Kehr/Stobbe, 1965 [ATV,1994b,338]

Betrachtet man die im Frühjahr 1964 eingereichten Gutachten so wird der Konflikt mit dem regenentwässerungstechnischen Vorstellungen von Kehr sichtbar. Das Gutachten von Peter Poelzig, Berlin, mit Boyer / Wagenfeld, Duisburg, steht dafür stellvertretend (Abb. 41, Abb. 43). Der Entwurf macht deutlich, daß eine wesentlich stärkere Überbauung vorgesehen war, als der Musterentwurf von Kehr aus den Jahren 1963/64 auf den ersten Blick vermittelt (Abb. 39). Dies liegt vor allem an den Erschließungsflächen, die in den Entwässerungsplänen fehlen. Es wird erkennbar, daß sich die stark gefälleabhängigen oberirdischen Regenentwässerungstrassen aufgrund der Gebäudelänge, -form und -stellung kaum realisieren lassen. Zudem fehlt für die Anordnung der RWAbleitungsmulde bzw. -rinne parallel zu den Fußwegen an vielen Stellen der Platz. Für die Freiraumplaner ergeben sich darüber hinaus bei der Einordnung der oberirdischen RWAbleitungstrasse konstruktive und gestalterische Probleme.

Dies betrifft zum einen Probleme, die sich aus einer häufigen Querung der Rinne bzw. Mulde an Hauseingängen, -zufahrten, Wegekreuzungen etc. mit dem Fußweg ergeben. Erschwerend kommt dabei hinzu, daß das öffentliche Fußwegesystem zugleich auch die stadttechnische Erschließungstrasse darstellt und damit der Bauraum *unter dem Fußweg* bereits mit Rechten von Versorgungsbetrieben belegt ist. Eine Unterquerung des Fußweges ist unter diesen Umständen nur unter Berücksichtigung der übrigen Versorgungstrassen möglich.

Abb. 43 Weiterentwickelter Gutachtenentwurf von P.Poelzig, Berlin mit Boyer/Wagenfeld, Duisburg (Freiraumgestaltung) [Boyer,1967,468]



Differenzierung durch Modellierung des Geländes: bewußtes Schließen eines halboffenen Freiraumes (rechts), bewußtes Öffnen (Mitte), stark plastische Gliederung in kleinere Räume (links).

Abb. 44 Differenzierung von Grünräumen durch Geländemodellierung [Heiss,1967,464]

Zum anderen ergeben sich Probleme aus der gestalterisch motivierten Geländemodellierung und aus den Gehölzpflanzungen. So nutzen die Gartenarchitekten Boyer und Wagenfeld, Duisburg den bei Ausschachtungsarbeiten zu den Gebäuden anfallenden Bodenaushub zu einer großzügigen Geländeprofilierung [Boyer,1967]. Vorschläge hierfür gibt der 'Grünaufbauplan der Neuen Stadt Wulfen' von Ernst Heiss, Wien als übergeordneter Rahmenplan für die Gestaltung der Freiflächen (Abb. 44). Dabei wird deutlich, daß eine Bodenprofilierung nach den gestalterischen Vorstellungen von Heiss einer oberirdischen Regenentwässerung meist entgegen steht. Die Geländeüberhöhungen liegen in Bereichen potentieller Sickerflächen und wirken als zusätzliche Barriere bei der oberirdischen RWAbleitung. Liegen die Gehölze auf der oberirdischen RWAbleitungstrasse, so ist die RWAbleitung in diesem Bereich zu verrohren

Die aufgezeigten Probleme, die aus dem Musterentwurf von Kehr nicht hervorgehen, haben vor allem Gefälleverluste und verkleinerte RWBewirtschaftungspotentiale im Stadtquartier zur Folge. Teilverrohrungen des RWAbleitungsweges zum Passieren von nicht plangleich zu überwindenden Hindernissen sind zwangsläufig mit Gefälleverlusten verbunden. Weist das Gelände, wie im Fall Wulfen, nur ein vergleichsweise schwaches Gefälle zu den Vorflutgewässern auf, so resultieren aus Gefälleverlusten leicht tiefere RWAbleitungsrinnen bzw. -mulden. Dies wiederum erschwert ihre Einordnung in die Freiflächen. Lassen sich auf dem Grundstück, beeinflußt durch das Gestalt- und Nutzungskonzept, nur geringfügige RWBewirtschaftungspotentiale erschließen, so kann der Entwässerungsplaner dies nur unter Zuhilfenahme einer außerhalb des Grundstücks liegenden Vorflut ausgleichen.

Beide Aspekte, geringer ausfallende RWBewirtschaftungspotentiale auf den Grundstücken und schwierige Einordnung der oberirdischen RWAbflußtrasse, unterstreichen die stadtstrukturelle Bedeutung des von Kehr vorgeschlagenen grundstücksübergreifenden, oberirdischen RWAbflußwegs.

Die mangelnde Beachtung des grundstücksübergreifenden RWAbleitungsweges im Zuge des städtebaulichen Entwerfens zwischen Juni 1963 (Musterentwurf zum Regenentwässerungsprinzip) und Frühjahr 1964 (Ergebnisse des Gutachterverfahrens zu Barkenberg-Süd I) verhinderten die oberirdische RWAbleitung außerhalb der Grundstücke. Diese Tatsache sowie die starken Planungsbindungen für Städtebau und Architektur, die eine Umsetzung des Kehr-Entwurfs vom Mai 1964 nach sich gezogen hätte, waren ausschlaggebend für eine Änderung des Regenentwässerungsprinzips. Anstelle des oberirdischen RWAbleitweges (Abb. 39) trat im öffentlichen Bereich der unterirdische RWKanal (Abb. 42).

Die unterirdischen Leitungstrassen wurden unter den öffentlichen Fußwegen zusammengefaßt und die anfänglich auf ein gesamtes Stadtquartier bezogene oberirdische RWBewirtschaftung auf den Grundstücksblock reduziert (Abb. 42). Um überschüssiges Regenwasser aus dem Grundstücksbereich ableiten zu können, wird der oberirdische RWAbleitungsweg durch Notüberläufe und unterirdische Kanäle ersetzt. Das geringfügig verschmutzte Regenwasser dieser Kanalisation soll nunmehr - anders als im 'Generellen Entwässerungsentwurf' vom Mai 1964 [Kehr,1964,6&16] - nicht mehr direkt den natürlichen Vorflutgewässern zugeführt werden, sondern in die RW-Kanalisation der Verkehrszone eingebunden werden (Abb. 42).

Das vereinfacht die Regenentwässerung wesentlich. Der unterirdische Kanal erlaubt eine größere Freiheit bei der Trassenwahl gegenüber dem Geländegefälle und ermöglicht eine Überlagerung von Fußweg und RWAbleitungsweg. Durch die Zusammenlegung der RWAbleitung aus Wohn- und Verkehrszone wird zudem ein Ableitungsweg eingespart. Damit setzte sich aus stadttechnischer Sicht wieder die konventionelle Erschließungsstruktur der 'Gründerzeitstadt' durch. Diese Erschließungsstruktur behandelt die Grundstücke als eigenständige Elemente und kennt im versorgungstechnischen Sinne nur den Bezug zur Stadt als Gesamtheit, nicht aber den Bezug zu einzelnen Stadtquartieren. Auch

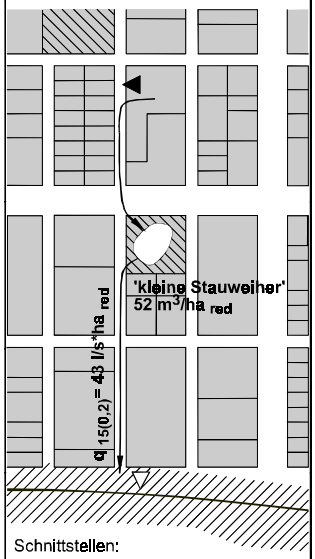
unter diesem Aspekt kann der auf Seite 81 angeführten Äußerung von Bruckmann [1962,16] zugestimmt werden.

Der von Kehr konzipierte 'kleine Stauweiher' bekommt nach Überarbeitung des Musterentwurfs von 1965 eine völlig neue Bedeutung innerhalb des Regenentwässerungssystems. War er ursprünglich im wesentlichen als Schlußelement einer *stadtquartiersbezogenen RWBewirtschaftung* gedacht (Abb. 39), so ist er später ein beliebig anzuordnendes Entwässerungselement wie Sickerschacht oder Versickerungsmulde (Abb. 42).

Wie entfernt die Stadtplanung entwässerungstechnischen Entwurfskriterien gegenüber war, zeigt auch die zeitliche Abfolge der Planungsergebnisse. Ende Mai 1964, als bereits die Ergebnisse des Gutachterverfahrens zur Bebauung von Barkenberg-Süd I einen oberirdischen RWAbleitungsweg ad absurdum führen (Abb. 43), liefern die Entwässerungsplaner den überarbeiteten Musterentwurf zu Barkenberg I ab (Abb. 39). Dieser Planungsstand, der noch von einem grundstücksübergreifenden oberirdischen RWAbleitungsweg ausgeht, durchläuft anschließend auch die Genehmigungsbehörden.

Das mit der Änderung des Entwässerungsprinzips auch RWBewirtschaftungspotentiale verloren gingen, wurde bisher nicht reflektiert. Denn Kehr wählte bewußt eine *oberirdische* RWAbleitung außerhalb der Grundstücke, um auf diesem Weg zusätzlich den RWAbfluß zu vermindern. Prägnantes Element auf dieser Ableitungsstrecke war der 'kleine Stauweiher'. Kehr wollte ursprünglich ca. 60% der vorgesehenen Abflußreduzierung im privaten und 40% im öffentlichen Bereich realisieren (Tab. 2). Für mindestens diese 40% hätte die Stadtplanung öffentliche Freiflächen, z.B. für die Anlage eines Stauweihers mit Versickerungszone innerhalb des Stadtquartiers, berücksichtigen müssen. Die aus gestalterischen Gesichtspunkten nachvollziehbare Verrohrung der RWAbleitung im öffentlichen Raum konnte nicht vom Vorsatz, den RWAbfluß auch im öffentlichen Bereich zu reduzieren, entbinden. Insofern fallen die Vorwürfe der Entwässerungsplaner an die Grundstückseigentümer, die zukunftsweisende Regenentwässerungslösung verhindert zu haben, zu rigide und die Teilnahmslosigkeit der Stadtplanung bezüglich Scheiterns der Entwässerungsingenieure wenig glaubhaft aus. Die Stadtplanung hätte im Gegenteil frühzeitig von sich aus *Reservekapazitäten* für die RWBewirtschaftung im öffentlichen Raum entwurflich berücksichtigen müssen, um verminderte RWBewirtschaftungspotentiale im Grundstücksbereich durch spezifische Gestaltungs- und Nutzungskonzepte gegenüber dem natürlichen Vorflutgewässer ausgleichen zu können.

Bemerkenswert an den städtebaulichen und entwässerungstechnischen Planungen in Wulfen ist, daß die stadtteilübergreifenden Grünzüge kaum zur Bewirtschaftung des RWAbflusses herangezogen wurden. Dies ist in zweierlei Hinsicht verwunderlich: Erstens wurde bereits mit der Ausschreibung zum städtebaulichen Wettbewerb 1961 die Freihaltung der Bachniederungen des Midlicher Mühlen-, Voß- und Gecksbaches von der Bebauung sichergestellt. Zweitens bot die, mit der Wettbewerbsausschreibung vorbereitete und durch die Bebauungsentwürfe konkretisierte Verteilung der Flächennutzungen günstige Voraussetzungen für zentrale RWBewirtschaftungsmaßnahmen entlang den natürlichen Vorflutgewässern. So erleichtern die längliche Gestalt der auf den Höhenrücken liegenden Bebauungsgebiete und die an den Längsseiten der Stadtteile in den Niederungen verlaufenden und in naturnahen Grünzügen eingebetteten Vorflutgewässer die Regenentwässerung ganz erheblich (Abb. 35).

Strukturschema	Abflußberechnung Kehr 1964	Abflußanteile (Reduzierung um:)	Nachträgliche Zuordnung der Abflußanteile zum privaten und öffentlichen Bereich	Abflußanteile (Reduzierung um:)
	abflußwirksamer Flächenanteil der Wohnzone (Grundstücksblöcke und Fußwegesystem), Befestigungsgrad: $\gamma = 40$ % Grundlage: [SenStadtUm,1993,4]		Schätzung der Abflußanteile unter Berücksichtigung des grundstücksübergreifenden, oberirdischen und öffentlichen Abflußweges zwischen Grundstücksgrenze und Stauweiherzufluß, sowie dem RWAbfluß v. den parallel geführten Fußwegen	
	aus $\gamma \approx \psi$ [ATV,1994b,395] resultiert ein maßgebender Abflußbeiwert für die Wohnzone von: $\psi = 0{,}4$	100	Abfluß von d. befestigten Flächen: private RWBewirtschaftungsmaßnahmen: Abfluß aus d. privaten Bereich (▶):	100 (45) **(oder 60 %)** 55
	maßgebender Abflußbeiwert für den Zufluß der 'kleinen Stauweiher' $\psi = 0{,}2$ [Kehr,1964,16]	(50) 50	öffentliche RWBewirtschaftungsmaßnahmen auf dem grundstücksübergreifenden und oberirdischen RWAbleitungsweg	(30) **(oder 40 %)**
	maßgebender Abflußbeiwert für den Zufluß zu den Vorflutgewässern $\psi = 0{,}1$ [Kehr,1964,16+Anl.S.7]	(25) 25	Abfluß aus dem öffentlichen Entwässerungssystem der Siedlung in das Vorflutgewässer 1 oder 2. Ordnung (▷)	25
	gesamt	(75)	gesamt	(75) **= 100 %**

Tab. 2 Neue Stadt Wulfen, Umfang der geplanten Bewirtschaftungsmaßnahmen für den RWAbfluß aus der Wohnzone

Die Stadtplaner entwickelten insbesondere den zentral gelegenen Midlicher Mühlenbach landschaftsgestalterisch weiter, indem sie ihn an mehreren Stellen zu großen Wasserflächen anstauten. Diese Wasserflächen stellen, wie die Grünzüge, das Stadtzentrum und die übergeordneten Verkehrstrassen, *städtebauliche Grundelemete* der neuen Stadt dar. Kehr nutzt in frühen Planungen die künstlichen Seen zur Retention des RWAbflusses, entwickelt daraus aber kein eigenständiges RWBewirtschaftungsprinzip. Von den Entwässerungsplanern kamen keine Forderungen bezüglich der Ausweitung von tälerbezogenen RWBewirtschaftungsmaßnahmen.

Aus heutiger Sicht lag es nahe, die Bachtäler systematisch für die RWBewirtschaftung einzusetzen. Das bedeutet Isolierung von Schadstoffen aus dem RWAbfluß in naturnah gestalteten 'Vorbecken', großzügige Bereitstellung von Überschwemmungsflächen entlang der Vorflutgewässer und ingenieurbiologische Weiterentwicklung der Vorflutgewässer, um angepaßten Lebensgemeinschaften Raum zu geben. Die Entwässerungsplaner wären hiermit, anders als bei ihren Vorstellungen bezüglich eines oberirdischen RWAbleitungsweges innerhalb der Stadtquartiere, nicht in einen grundlegenden Konflikt mit den gestalterischen Vorstellungen der Stadtplaner und Architekten geraten.

Aber auch die von Kehr vorwiegend auf Abflußdrosselung beschränkte Bewirtschaftung des Regenablaufwassers der Verkehrszone in den Talbereichen der Vorflutbäche kommt nur in Ansätzen zur Ausführung. Im Einzugsgebiet des Midlicher Mühlenbachs wird kein Retentionsraum für das abfließende Regenwasser vorgesehen, weil die Abflußdämpfung im Hochwasserrückhaltebecken am Wienbach erfolgen sollte. Lediglich vor Einleitung in den Voßbach und Gecksbach werden offene Regenrückhaltebecken nach traditionellen Muster errichtet [Stadt Dorsten,1996].

Die realisierte Entwässerungslösung zur Beseitigung des Niederschlagswassers ist aus heutiger Sicht städtebaulich wie ökologisch unbefriedigend. Der Barkenbergsee, als einziger 'künstlicher See' des

Städtebauentwurfs verwirklicht, wird nicht zur Bewirtschaftung des RWAbflusses herangezogen. Die beiden realisierten Regenrückhaltebecken zur Drosselung der RWAbflüsse haben keinen gestalterischen Bezug zur 'Neuen Stadt Wulfen' und sind allein nach bau- und entwässerungstechnischen Gesichtspunkten ausgebildet. Eine Weiterentwicklung und Naturierung der Vorflutgewässer unterblieb zugunsten eines kapazitätsmäßigen Ausbaus, um den kurzzeitig stark erhöhten Wasserabfluß durch Regenwassereinleitung aus den Wohngebieten 'schadfrei' ableiten zu können.

Beide von Kehr und Stobbe vorgeschlagenen umweltschonenden Entwässerungslösungen (Abb. 39, Abb. 42) für das Niederschlagswasser der Wohnzohne auf Stadtteilebene wurden nicht realisiert. Der zweite Vorschlag scheiterte im wesentlichen am Widerstand der Grundstückseigentümer. Ausschlaggebend dafür war ihre Einschätzung, daß mit der Versickerungslösung höhere Betriebskosten, eine geringere Lebensdauer der Grundstücksentwässerungsanlagen und zusätzliche Unfallquellen verbunden sind. Eine großzügige Bezuschussung der konventionellen Entwässerungslösung mit öffentlichen Geldern sowie die fehlende Risikobereitschaft der Genehmigungsbehörden haben diese Haltung bestärkt [ATV,1994b,337] [Stumpfl,1996] [Stobbe,1999]. Unter städtebaulichen Gesichtspunkten wurde ein konventionelles Trennsystem mit unterirdischer RWAbleitung errichtet. (Zu realisierten entwässerungstechnischen Neuerungen der Regenentwässerung von Wulfen siehe S. 166).

Weil die Regenentwässerung der 'Neuen Stadt' bereits 30 Jahre später gewachsenen ökologischen Anforderungen nicht mehr gerecht wird, sieht sich die Gemeinde Dorsten genötigt, 1996 ein Modernisierungsprogramm für das Regenentwässerungssystem in Wulfen zu beschließen. Dieses Programm sieht im wesentlichen den Bau zusätzlicher Retentionsräume an den Einleitungsstellen des Regenwassers in die Vorflutgewässer vor. Damit soll der RWAbfluß zu den Vorflutgewässern auf einen Wert von $q = 10\ l/s*ha_{red}$ begrenzt werden. Bedingt durch die zulässige Versagenshäufigkeit der Regenbecken, die seltener als 1 mal in 10 Jahren überlaufen dürfen, beträgt die statistische Überschreitungshäufigkeit dieser Abflußspende $n = 0{,}1\ /a$.

Auch die neuen Retentionsräume werden auf Grundstücken des Wasserentsorgungsunternehmens als separate Anlage errichtet. Trotz einer naturnah angestrebten Ausgestaltung der Retentionsräume stehen die geplanten RWEinstauhöhen zwischen 1,20 m und 2,10 m sowie der fehlende städtebauliche Bezug einer wirkungsvollen Integration der RWBewirtschaftungsmaßnahme in das Ökosystem und Siedlungsgebiet entgegen. Zu einer landschaftsgestalterischen Weiterentwicklung der Bachniederungen mit dem Ziel, entwässerungstechnische, ökologische und gestalterische Wünsche als *Gesamtheit* zu erfüllen, kommt es auch im Zuge der gegenwärtigen entwässerungstechnischen Modernisierung nicht [Stadt Dorsten,1996] [Büsken,1999].

Gründe hierfür sind auf mehreren Ebenen zu suchen:
- bei der Siedlungswasserwirtschaft, deren RWRückhalteanlagen zwar die Grundstücksfläche effizient ausnutzen aber als Siedlungsraum für Fauna und Flora noch immer wertlos sind;
- bei der Landschaftsplanung, die aus Furcht vor ökologischen Nachteilen für die am RWRückhalt beteiligten Flächen, RWBewirtschaftungsmaßnahmen nur außerhalb des Gewässerbereichs zuläßt;
- bei Stadtplanung und Architektur, die sich der Aufgabe einer wirkungsvollen Integration von RWBewirtschaftungsmaßnahmen sowie der Koordinierung der Planungspartner nur halbherzig annehmen.

Die 'Neue Stadt Wulfen' wurde in ihrer Gesamtheit bis heute nicht fertiggestellt. Frick benennt als Gründe: "Die geplante Schachtanlage, die den Standort für die Stadtgründung maßgeblich bestimmt hatte, konnte im Zuge des stark zurückgehenden Kohlenabsatzes nur einen Bruchteil der ursprünglich vorgesehenen Arbeitsplätze zur Verfügung stellen. Die Schrumpfung der öffentlichen Haushalte hat zur Einschränkung der jährlichen Wachstumsraten im Wohnungs- und Infrastrukturausbau geführt. Die Einge-

Eingemeindung Wulfens in die Stadt Dorsten hat eine kommunalpolitische Eigendynamik weitgehend verhindert" [Berning,1987,III]. Realisiert wurden nur Teile des Stadtzentrums sowie der Stadtteil Barkenberg (Abb. 35, Abb. 36). Gleichwohl vermittelt der Stadttorso heute bei einem Besuch städtebauliche Qualitäten. Maßgebenden Anteil daran haben: die Konzentration der Baumassen, die naturnahen Grünzüge, das stadtbezogene Fußwegesystem und eine abwechslungsreiche sowie qualitätvolle Architektur.

Das Beispiel Wulfen zeigt, daß selbst eine Loslösung der (Regen-)Entwässerungstrasse von der Trasse des Autoverkehrs noch keine Gewähr für die Durchsetzbarkeit einer oberirdischen RWAbleitung außerhalb des Grundstücksbereichs bietet.

Bei konsequenter Umsetzung der entwässerungstechnischen Vorstellungen Kehrs wäre die oberirdische RWAbleitung zum Fixpunkt bei der Trassierung des gesamten Fußwegesystems der neuen Stadt geworden und hätte einen wesentlichen Einfluß auf die Höhenlage der Straßen gehabt. Die Ursachen hierfür liegen in der direkten Abhängigkeit der oberirdischen RWAbleitung vom Geländegefälle, in der Kopplung von oberirdischer RWAbleitung und Fußweg sowie in der Rasterstruktur der in Wulfen konzipierten Verkehrsnetze für Fußgänger und Autos. Ausgehend von der tiefsten Stelle des wohnsiedlungsbezogenen Entwässerungssystems, d.h. von der Einleitungsstelle des Regenwassers in das Vorflutgewässer, hätte man die Fußwege so anlegen müssen, daß jeder Geländepunkt des Entwässerungsgebietes oberirdisch und im freien Gefälle zum Vorflugewässer hin entwässern kann. Dabei ist die Steigung der Fußwege stark vom entwässerungstechnisch bestimmten Gefällebereich offener Gerinne zwischen Mindestgefälle (Gewährleistung des Wasserabflusses) und Höchstgefälle (Vermeidung von Gefälleverlusten) abhängig. Ein Verlassen dieses Gefällebereichs durch den Fußweg führt, infolge tiefer Gerinneeinschnitte oder notwendig werdender Aufdämmungen, zu ernstzunehmenden konstruktiven und gestalterischen Folgeproblemen bei der Einordnung der Abflußgerinne in die Freiräume des Wohnsiedlungsgebietes. Ein abschnittsweises Verlassen dieses Gefällebereichs, z.B. infolge einer Geländesenke, läßt sich auch (entwässerungs-)technisch, z.B. durch einen Düker, kaum überbrücken. An den planfreien Schnittstellen zwischen Fußweg und Straße müßte die Straße dem so fixierten Fußweg höhenmäßig ausweichen.

Die Voraussetzungen für die Errichtung eines grundstücksübergreifenden oberirdischen RWAbflußweges waren dabei in Wulfen vergleichsweise günstig: (1.) Das Gelände war frei von eigentumsrechtlichen und baulichen Bindungen. (2.) Die Biologen wünschten schon frühzeitig eine RWVersickerung, um die bodenständige Vegetation vor Schäden infolge Grundwasserabsenkung zu bewahren. (3.) Bei einer ungehemmten Ableitung des Regenwassers aus dem Siedlungsgebiet bestand für die natürlichen Vorflutgewässer Hochwassergefahr. (4.) Mit dem stadtbezogenen Fußwegesystem bot sich eine Entwässerungstrasse an, die alle Grundstücke verbindet, die öffentlich gewidmet ist und bei der Hindernisse aus der Querung der oberirdischen RWAbleitung weniger gravierend in den Verkehr eingreifen als bei einer straßenbegleitenden Führung. (5.) Um eine planfreie Überlagerung von Kraftfahrzeug- und Fußgängerverkehr zu erreichen, wurde das leicht hügelige Gelände durch Aufschüttungen und Abgrabungen modelliert.

Das ein oberirdisches Regenentwässerungssystem im öffentlichen Bereich beim Städtebauvorhaben 'Neue Stadt Wulfen' nicht umsetzbar war, hat mehrere Ursachen. Zum Einen war innerhalb der Stadtplanung, vergleicht man z.B. die Arbeiten von Brix und Genzmer zum Anfang des Jahrhunderts, das Verständnis für Zusammenhänge zwischen Regenentwässerung und Erschließungsstruktur weitgehend verloren gegangen. Nur so kann die fehlende Resonanz auf die Vorschläge der Biologen W. und G. Dahmen, des Siedlungswasserwirtschaftlers Kehr und der Forderungen der Gewässeraufsichtsbehörde seitens der Stadtplanung gedeutet werden. Andererseits resultieren aus der oberirdischen RWAblei-

tung im öffentlichen Bereich starke entwurfliche Bindungen für den Städtebau. Bindungen die, wie das Beispiel Wulfen zeigt, auch zu nur schwer erträglichen Zwängen für den Städtebau werden können.

Nach Kehrs Vorstellungen hätte das Fußwegesystem um 3 - 4 m infolge des parallel geführten RWAbleitungsweges verbreitert werden müssen. Damit wäre das Fußwegesystem stadträumlich dominanter geworden und die Gefahr einer Untergliederung der Stadtteile durch sich herausbildende Grünzüge wäre gewachsen. Die Stadtplaner wollten aber vergleichsweise dichte, großflächig zusammenhängende und zum Landschaftsraum klar abgegrenzte Siedlungsgebiete. Innerhalb der Stadtteile liegende Grünflächen wurden von Ihnen, aus eben diesen Gründen bewußt minimiert. Um die Trennung von Kraftfahrzeug- und Fußgängerverkehr zu ermöglichen sahen die Stadtplaner separate und versetzt angeordnete Verkehrsnetze vor. Indem beide Verkehrstrassen, insbesondere an den Kreuzungsstellen der Netze, höhenmäßig voreinander ausweichen, konnte die Trennung der beiden Verkehrsströme über eine Netzmasche hinaus aufrecht erhalten werden. Eine Kopplung von Fußweg und oberirdischer RWAbleitung hätte eine abschnittsweise Höher- oder Tieferlegung des Fußweges an den Schnittstellen der Verkehrsnetze (Fußgängerbrücke bzw. -unterführung, siehe Abbildungen dazu in [Bremen,1983, 16]) verhindert. Um dieses wieder auszugleichen, wären noch größere Geländeauf- bzw. -abträge notwendig gewesen. Abgesehen von den Kosten hätte diese Lösung auch zu Folgeproblemen bei den notwendigen Verbindungen beider Netze (z.B. für Rettungswagen, Umzugstransporte, Betriebsfahrzeuge der Versorgungsunternehmen etc.) durch eine vergrößerte Höhendifferenz geführt. Gleichzeitig hätte das Fußwegenetz viel von seiner gestalterisch gewünschten Höhendynamik eingebüßt.

Am Beispiel Wulfen wird sichtbar, daß es keine tragfähige Verbindung mehr gab zwischen städtebaulichen und entwässerungstechnischen *Entwurf*. Dies kann akzeptiert werden, solange auf konventionelle Erschließungs- und Entsorgungsprinzipien zurückgegriffen wird. Da eine umweltschonende Regenentwässerung aber neuartige Ansprüche an die Erschließungsstruktur stellt, ist ein enges Zusammenwirken zwischen beiden Disziplinen von Anfang des Entwurfsprozesses an unabdingbar.

Das von Seiten der federführenden Stadtplanung diese Verbindung nicht gesucht wurde, ist bereits gesagt. Aber auch die Ingenieure der Siedlungswasserwirtschaft entwickelten das Regenentwässerungsprinzip für die 'Neue Stadt Wulfen' weitgehend *unabhängig* von den städtebaulichen Vorstellungen der Stadtplaner. Ihr Musterentwurf von 1964, der stellvertretend für das gesamte Stadtgebiet das Regenentwässerungsprinzip verdeutlichen soll, nimmt auf die wichtigen städtebaulichen Entwurfselemente 'Fußwegenetz' und 'Grünzentren' keinen Bezug. Erstaunlich ist auch, wie wenig der zweite Musterentwurf von 1965 die zwischenzeitlich erfolgten Bebauungsplanungen widerspiegelt. Als deutlich wurde, daß das ursprünglich vorgeschlagene Entwässerungsprinzip nicht durchsetzbar war, beschränken sich die von ihnen vorgeschlagenen RWBewirtschaftungsmaßnahmen auf Stadtteilebene daraufhin ausschließlich auf die privaten Grundstücksflächen. Da diese aber, eigentumsrechtlich begründet, unabhängiger gegenüber öffentlichen Planungsinteressen sind, war damit bereits die Chance vertan, über einen zukunftsweisenden Städtebau ein umweltschonendes RWEntsorgungssystem als *öffentliche Infrastruktureinrichtung* zu etablieren.

Aus heutigem Rückblick ist auch die fehlende Resonanz innerhalb der Siedlungswasserwirtschaft sowie der benachbarten Fachdisziplinen auf die Vorschläge von Kehr und Stobbe erstaunlich. Dies deshalb, weil einerseits das Vorhaben 'Neue Stadt Wulfen' besonders in den 1960er Jahren stark im Interesse der Fachöffentlichkeit stand. So wurde das Vorhaben u.a. in die Reihe der 'Demonstrativbaumaßnahmen' der Bundesrepublik aufgenommen. Und andererseits, weil das Vorhaben durch ökologische und freiraumplanerische Beiträge vorbildlich begleitet wurde, die ihrerseits schon frühzeitig eine RWVersickerung empfahlen. Innerhalb der Siedlungswasserwirtschaft wurde der Vorschlag nur durch E. Gassner, durch Aufnahme in das 'Lehr- und Handbuch der Abwassertechnik' bekannt gemacht.

Gassner, der selbst 1961 am städtebaulichen Wettbewerb zu Wulfen teilgenommen hatte und als Erschließungsplaner im Spannungsfeld zwischen Stadt- und Entwässerungsplanung arbeitet, wollte oder konnte jedoch nicht die im *Entwässerungsprinzip* sowie im *Planungsprozeß* steckenden Ursachen für das Scheitern der oberirdischen Regenentwässerung in Wulfen aufdecken. Der Vorschlag von Kehr und Stobbe zur oberirdischen Regenentwässerung wird in dem durch die Abwassertechnische Vereinigung (ATV) betreuten Standardwerk zur Abwasserentsorgung in den Auflagen von 1967 bis heute nur in seiner überarbeiteten Form veröffentlicht, einem Vorschlag, der erfolgte, nachdem der städtebauliche Entwurf bereits abgeschlossen war. Das dargestellte Regenentwässerungsprinzip ist damit auch weitgehend *unabhängig vom städtebaulichen Entwurf anwendbar*. Widersetzen sich die Grundstückseigentümer dieser Lösung aber, so scheitert die gesamte ökologisch orientierte RWBewirtschaftung auf Stadtteilebene. Das Entwässerungsprinzip war offensichtlich nicht geeignet, im Stadtteil vorhandene RWBewirtschaftungspotentiale außerhalb der privaten Grundstücke zu erschließen.

Ende der 1970er Jahre scheint auch auf theoretischer Ebene die oberirdische Regenentwässerung als umweltfreundliche Alternative bzw. Ergänzung zur konventionellen Kanalisation und als gestaltendes Element im Rahmen der Stadtplanung in Vergessenheit zu geraten. 1980 erscheint eine Dissertation zu Fragen der Grünplanung von Großstädten [Gälzer,1980]. Bei der Darstellung der Funktion und Bedeutung von Grünräumen in der Großstadt bleibt der Aspekt einer möglichen Entwässerungsfunktion unberücksichtigt. Die Funktion u.a. der 'Grünverbindung' wird dagegen sehr wohl gesehen. In diesem Zusammenhang ist es interessant, daß empfohlen wird, Grünverbindungen zweckmäßigerweise an vorgegebenen Leitlinien wie z.B. Bachläufen, Kanälen, Hangkanten entlangzuführen [Gälzer,1980,106]. Damit wird unterschwellig die strukturelle Gleichartigkeit von Grünverbindung und Fließgewässer wahrgenommen. Diese Gleichartigkeit von Grünverbindung und RWAbflußtrasse (Mulde, Wasserlauf, Überschwemmungsweg) als lineare, zum Straßennetz versetzt liegende, städtische Elemente wird jedoch im städtebaulichen Entwerfen der 1970er Jahre nicht ausgenutzt. Auch bei der beispielhaften Untersuchung des Städtebauvorhaben 'Neue Stadt Wulfen' erwähnt Gälzer das Problem Regenentwässerung oder die Beiträge von Dietrich Kehr und Gerhard Stobbe nicht.

In vereinzelten Fällen kam es in Fachkreisen auch zu offen geäußerten Bedenken gegenüber einer oberirdischen RWVersickerung/-Ableitung. Respektierte man in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts oberirdische RWAbleitungen bei entsprechend ländlich geprägten Bebauungsformen als wirtschaftlich vernünftige Lösungen, so wurden sie später vermehrt als 'ärmliche' Lösungen gebrandmarkt und hohe Aufwendungen bei der Unterhaltung der Mulden/Gräben geltend gemacht. Als Beispiel hierfür sei Gassner in ATV [1982,275] angeführt. "Damit wird das Problem berührt, ob man heute noch im Straßenraum solche Gräben oder beraste Mulden, von den Verfechtern des Trennverfahrens mit weitgehend oberirdischer Regenwasserableitung immer wieder empfohlen, verantworten kann. Solange noch ländliche Siedlungsformen die Vorstellungswelt der Wohnungssuchenden beherrschen und der Zwang zu größter Sparsamkeit Bauherren und Gemeinden bewegt, wird man solche Ratschläge gern entgegennehmen, (...) Aber die Ansprüche der Bewohner wandeln sich zum 'Städtischen' hin, die individuelle Motorisierung insbesondere zwingt dazu, die alten Lösungsvorschläge neu zu überdenken. Bei der Bewertung der wirtschaftlichen Vorteile hinsichtlich der Baukosten darf man auch nicht übersehen, daß die Unterhaltung offener Gräben teurer ist als die unterirdischer Rohrleitungen und daß ungepflegte Gräben nicht nur häßlich aussehen, sondern durch Pfützenbildung und unerwünschte oder unerlaubte Ablagerungen zu Geruchsbelästigungen, Rattenplage und sonstigen Unannehmlichkeiten Veranlassung geben könnten."

An den bereits in der Auflage von 1967 von Gassner geäußerten Bedenken wird deutlich (berücksichtigt man zudem die zur damaligen Zeit üblichen lockeren Bebauungsformen), daß die Wahl des Regenentwässerungsverfahrens auch zu einer *Imagefrage übergeordneter Aspekte* werden kann. Gassner gebraucht 'städtisch' im Sinne von Modernität und Fortschritt und wertet durch undifferenzierte Bezugnahme auf traditionelle Ausführungsformen (hier der 'Straßengraben') ein ganzes Entwässerungsverfahren ab. Hier sind Städtebau und Architektur gefordert, da das Entwickeln und Ausgestalten eines Images für die konkrete Bauaufgabe ein klassisches Aufgabenfeld beider Disziplinen ist. Der städtebauliche und architektonische Entwurf hat dem späteren Nutzer zu vermitteln, daß eine umweltschonende Regenentwässerung eine unabdingbare Notwendigkeit ist, und ihn gleichzeitig - durch das Anbieten neuer Wohnqualitäten - zu motivieren, von bewährten und vertrauten, aber umweltschädlichen (Entwässerungs-)Gewohnheiten abzurücken.

Aus der Suche nach Wegen zur Vermittlung wasserwirtschaftlicher Notwendigkeiten durch Städtebau und Architektur können ihrerseits die ingenieurwissenschaftlichen Disziplinen Rückschlüsse für die Entwicklung von Komponenten bzw. für die Bewirtschaftung und Ausgestaltung der Regenentwässerungssysteme ziehen.

Grundvoraussetzung für solch ein produktives Verhältnis zwischen subjektiven und objektiven Entwurfskriterien ist das Wissen um die wesentlichsten und fachübergreifenden Einflußgrößen auf den Entwurf einer ökologisch orientierten Regenentwässerung. Aufbauend auf die im Kapitel 4 dargestellten und kommentierten Entwurfsentscheidungen ausgewählter städtebaulicher Planungen, sollen im Kapitel 5 maßgebende Einflußgrößen auf den Entwurf einer ökologisch orientierten Regenentwässerung benannt und beschrieben werden.

5. Einflußgrößen auf den städtebaulichen Entwurf einer ökologisch orientierten Regenentwässerung nach dem Trennverfahren

Hier soll deutlich werden, daß eine ökologisch orientierte Regenwasserbeseitigung bei einer mittleren städtebaulichen Dichte (vgl. Untersuchungsansatz) nur unter Berücksichtigung gesamtstädtischer Aspekte verwirklicht werden kann.

Anders als in der Vergangenheit sind RWAbflüsse nicht mehr auf dem kürzesten und 'schnellsten' Weg unterirdisch aus dem Siedlungsgebiet abzuleiten, sondern ortsnah und umweltschonend in den Naturhaushalt einzugliedern. Nachhaltig und wirtschaftlich läßt sich dies nur realisieren, wenn oberirdische RWBewirtschaftungsmaßnahmen eine besondere Beachtung finden. Mit einer oberirdischen RWBewirtschaftung sind jedoch neue Flächenansprüche an das Siedlungsgebiet verbunden. Damit werden zukünftig (wieder) in einem stärkerem Maße entwässerungstechnische Aspekte bei städtebaulichen Entwürfen zu berücksichtigen sein bzw. müssen entwässerungstechnische Planungen Aspekte anderer Fachdisziplinen einbeziehen.

Im Kapitel 5 sollen die wichtigsten Einflußgrößen auf den Entwurf einer ökologisch orientierten und nachhaltigen Regenentwässerung dargestellt und beschrieben werden. Den Ausgangspunkt hierfür bilden die spezifischen Erfahrungen und Erkenntnisse aus konkreten städtebaulichen Planungen der Vergangenheit (Kapitel 4). Diese werden im Kapitel 5 auf allgemeingültige Erkenntnisse reduziert und anschließend einer vertiefenden Analyse unterzogen. Gegliedert wird das Kapitel in die Abschnitte: naturräumliche (5.1), städtebaulich - architektonische (5.2) und entwässerungstechnische Einflußgrößen (5.3).

Mit dem Kapitel 5 sind zwei Absichten verknüpft:

(1.) Dem am Entwurf beteiligten Planer, Architekten oder Ingenieur sollen die wichtigsten Kenngrößen und Wirkungszusammenhänge vermittelt werden.

Bisher wurden Einflußgrößen auf den städtebaulichen Entwurf einer neuorientierten Regenentwässerung fachübergreifend noch nicht formuliert. Das Wissen liegt breit verstreut in fach(disziplin)-spezifischen Veröffentlichungen vor und ist dem interdisziplinär denkenden Städtebauer erst nach einer entsprechenden Aufarbeitung zugänglich.

Allenfalls gibt es einzelne Hinweise für den architektonischen und städtebaulichen Entwurf von Seiten der Siedlungswasserwirtschaft. Diese Hinweise haben jedoch den Nachteil, daß sie für den Entwurfsprozeß eine 'Einbahnstraße' darstellen, da die anderen am Städtebau beteiligten Disziplinen nicht in die Lage versetzt werden, grundlegende Annahmen der Siedlungswasserwirtschaft hinterfragen zu können. Damit die Einflußgrößen als *Verständigungsbasis* zwischen den einzelnen, am städtebaulichen Entwurf beteiligten Fachdisziplinen dienen können, waren die Einflüsse auf möglichst einfache Kenngrößen bzw. Wirkungszusammenhänge zu reduzieren und in die vorliegende Arbeit aufzunehmen.

(2.) Das Wissen um die Einflußgrößen und ihre Wirkungsweise ist eine Voraussetzung zum Verständnis der im Kapitel 6 aufgestellten Empfehlungen für eine städtebaulich neuorientierte Regenentwässung.

Wichtige Gesichtspunkte der vorliegenden Arbeit sind die Ausführungen zur Speicherbewirtschaftung (5.3.4) und die Empfehlung, die Grundstücksflächen zur Reduzierung der Spitzenabflüsse im Rahmen der RWBewirtschaftung heranzuziehen (5.3.5).

Zum einen ist das Wissen um die wesentlichsten Merkmale des Niederschlagsgeschehens Voraussetzung zum Verständnis der Vorschläge, und zum anderen machen die aufgezeigten entwässerungstechnischen, ökologischen, ökonomischen und ordnungspolitischen / ordnungsrechtlichen Einflüsse deren Sinnfälligkeit deutlich.

Die dargestellten Einflußgrößen sind zum Teil Wissensstand innerhalb der 'zuständigen' Fachdisziplin. Dies gilt insbesondere für die Abschnitte Niederschlagscharakteristik (5.1.1), RWAbfluß von Siedlungsflächen (5.2.1), Entwässerungssicherheit (5.3.1), Beschränkungen und Anreize zur Verringerung der RWAbleitung (5.4.1), wasserrechtliche Einflußnahme (5.4.2) und Schutz der Umwelt vor wassergebundenen Schadstoffen (5.4.5).

Der Verfasser hat einige Einflußgrößen neu interpretiert bzw. bewertet. Dies betrifft im wesentlichen die Abschnitte Strukturtypen zur Wohnbebauung (5.2.2), Entwässerungskomfort (5.2.3), Rückstauebene (5.3.2), Überschwemmungsweg (5.3.3), Bewirtschaftungsprinzipien der Vorflutgewässer (5.4.3), qualitätsdifferenzierte Ver- und Entsorgung (5.4.4) und Flächenbedarf (5.4.6).

Originär dem Verfasser zuzuschreiben sind die Abschnitte 'Speicherbewirtschaftung' (5.3.4) und 'Auswirkungen einer grundstücksbezogenen Abflußspitzenentlastung' (5.3.5).

Mehrere Einflußgrößen müssen mit einen örtlichen Bezug dargestellt werden. Hier wurde in der Regel das Stadtgebiet von Berlin als Bezugsort herangezogen. Das Gebiet von Berlin ist hierfür in besonderer Weise geeignet, weil es ein breites Spektrum von Bebauungsformen aufweist, zu denen vergleichsweise umfangreiche städtebauliche Untersuchungen vorliegen.

5.1. Naturräumliche Einflüsse

Hierunter fallen alle natürlichen und standortbezogenen Einflußgrößen. Es sind dies im wesentlichen:
- die Niederschlagscharakteristik (jährliche Niederschlagsmenge, Häufigkeit, Dauer, Intensität und Abfolge einzelner Regenereignisse);
- die Beschaffenheit des Bodens (Bodenhorizonte mit ihren spezifischen Wasserdurchlässigkeiten und Porenvolumen, der Grundwasserstand);
- Mikroklimatische Bedingungen (Verdunstungsrate);
- das Geländerelief;
- das natürliche Gewässersystem (Vorflutbedingungen zu ober- und unterirdischen Gewässern).

Diese im jeweiligen Naturraum ähnlichen Bedingungen sind neben städtebaulichen Einflußgrößen in unterschiedlicher Stärke maßgebend für den entwässerungstechnisch zu bewältigenden RWAbfluß und für die Struktur des Regenentwässerungssystems.

Im folgenden soll der Faktor Niederschlag näher untersucht und beschrieben werden. Die Bezugnahme auf das 'veraltete' Zeitbeiwertverfahren erfolgte bewußt. Anders als bei den neuen rechnergestützten Simulationsverfahren ist das Zeitbeiwertverfahren wesentlich anschaulicher und kann auch vom 'Nichtspezialisten' jederzeit mit geringem Aufwand eingesetzt werden. Die frühe Planungsphase 'Entwurf' und das Wissen um die 'Schwächen' des Zeitbeiwertverfahrens rechtfertigen seine Anwendung. Die

damit erzielten Ergebnisse sind selbstverständlich in der Ausführungsplanung durch Simulationsrechnungen zu verifizieren.

Demgegenüber werden die Faktoren Bodenbeschaffenheit, Verdunstungsrate und Geländerelief nicht weiter behandelt, da ihr Einfluß in Bezug auf die Aussagen der vorliegenden Arbeit zu vernachlässigen ist.

Der Einfluß des natürlichen Gewässersystems auf den städtebaulichen Entwurf einer ökologisch orientierten Regenentwässerung wird im Abschnitt 3.4 untersucht. Wie in Abb. 3 dargestellt wurde, bilden die natürlichen Entwässerungsstrukturen (Ebene 1) das Grundgerüst ökologisch ausgerichteter Regenentwässerungssysteme. Sie verdienen deshalb im städtebaulichen Entwurf eine besondere Beachtung.

5.1.1 Niederschlagscharakteristik

Unter Niederschlag versteht man das Ausscheiden des in der Luft enthaltenen Wasserdampfes in fester oder flüssiger Form an der Oberfläche. Entwässerungstechnisch relevant ist hierbei nur der fallende Niederschlag in Form von Regen. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wird deshalb hauptsächlich der Begriff Regenwasser verwendet, ohne jedesmal darauf hinzuweisen, daß dabei auch die Beseitigung von Wasser der übrigen Niederschlagsarten eingeschlossen ist.

Die Entstehung von Regen ist ein komplexer Prozeß, der an aufsteigende Luftmassen und das Vorhandensein von Kondensationskernen gebunden ist. Dabei kann das Aufsteigen und damit verbundene Abkühlen der feuchten Luftmassen im wesentlichen auf drei Arten erfolgen:

(A) durch das Aufeinandertreffen unterschiedlich temperierter Luftmassen in Tiefdruckgebieten;
(B) durch Luftmassenstau vor Gebirgszügen;
(C) durch Dichteunterschiede infolge Oberflächenerwärmung.

Die daraus resultierenden Niederschläge werden auch als zyklonische (A), orographische (B) und konvektive (C) Niederschläge bezeichnet [Baumgartner,1996,238] [Dyck,1989,104].

Besonders für die Belange der Siedlungswasserwirtschaft wird die oben angeführte Klassifizierung der Niederschläge weiter vereinfacht, indem eine Gruppierung in advektive und konvektive Niederschläge vorgenommen wird [DVWK,1991,86] [Maniak,1992,17]. Den advektiven Niederschlägen, die ihre Ursache in überwiegend horizontalen Luftströmungen haben, werden dabei die Niederschlagstypen A und B zugeordnet [Maniak,1992,18].

Im Rahmen des Projekts 'Koordinierte Starkregen-Regionalisierung-Auswertung 1987' (KOSTRA 87) des Deutschen Wetterdienstes (DWD) [1990] wurde eine differenzierte Charakterisierung der beiden Niederschlagstypen unter Berücksichtigung der in Deutschland herrschenden Niederschlagsverhältnisse vorgenommen [DVWK,1991,18&86].

Danach wird der advektive auch als 'stabiler' Niederschlagstyp bezeichnet. Aufgrund der mehrstündigen Niederschlagsdauer und einer charakteristischen Ausdehnung der Niederschlagsfronten bis zu 300 und mehr Kilometer wird er auch als großräumiger Dauerniederschlag bezeichnet. Im Unterschied dazu ist der konvektive Niederschlagstyp durch eine hohe zeitliche und räumliche Variabilität geprägt. Der Niederschlag tritt häufig als Schauer auf und ist oft mit Gewitter verbunden, wobei die Schauerzellen eine charakteristische Ausdehnung von 1 bis 10 km^2 haben (siehe auch: [Baumgartner,1996], [Dyck, 1989,106]).

In DVWK [1991,90] ist eine Auswertung des Anteils der Niederschlagstypen an den maßgebenden Starkniederschlagsereignissen vorgenommen worden. Darin ist ersichtlich, daß die größten 5-Minuten-

Niederschläge fast ausschließlich aus 'Schauern und Regen mit Gewittern' stammen. Mit längerer Starkregendauer nimmt die Häufigkeit von 'Schauer und Regen mit Gewitter' ab und die Häufigkeit von 'Regen und Sprühregen' zu.

Betrachtet man die jahreszeitliche Verteilung der Starkregen, so fallen die Starkregen der kurzen Dauerstufen (D = 5 min bis 60 min) im wesentlichen in den Sommermonaten [ATV A-121,1985,14] [DVWK,1991,142].

Im folgenden sollen die Eigenschaften eines Starkregenereignisses aufgezeigt und die Abweichungen zu der davon abgeleiteten technischen Berechnungsgröße beschrieben werden.

Starkregenereignisse

Der Begriff Starkregen wird je nach Anwendungszweck unterschiedlich definiert (siehe dazu: [Baumgartner,1996,259], [Maniak,1992,18]). In Anlehnung an den traditionellen Gebrauch des Begriffs in der Siedlungswasserwirtschaft soll im weiteren unter Starkregen dasjenige Regenereignis bezeichnet werden, welches in einer bestimmten Regenabschnittsdauer bei einer bestimmten (statistischen) Eintrittswahrscheinlichkeit die größte Regenspende (bzw. Niederschlagsintensität) besitzt.

Beim wirklichen Niederschlagsgeschehen kommt es zu einer Überlagerung verschiedenster Einflußfaktoren. So läßt sich die Länge eines Regenereignisses vielfach nicht bestimmen, da verschiedene Ereignisse ineinander übergehen oder sich überlagern. Hinzu kommt, daß sich die Regenintensität bei den maßgebenden Regenereignissen sehr schnell ändert. Neben kurzzeitigen sehr hohe Regenintensitäten sind auch kürzere Regenpausen möglich. Eine wesentliche Bedeutung kommt deshalb der Länge der Zeitintervalle bei der Auflösung des analogen Niederschlagsgeschehens in eine technisch verwendbare Datenbasis zu (vgl. Anhang 3: Abb. 67).

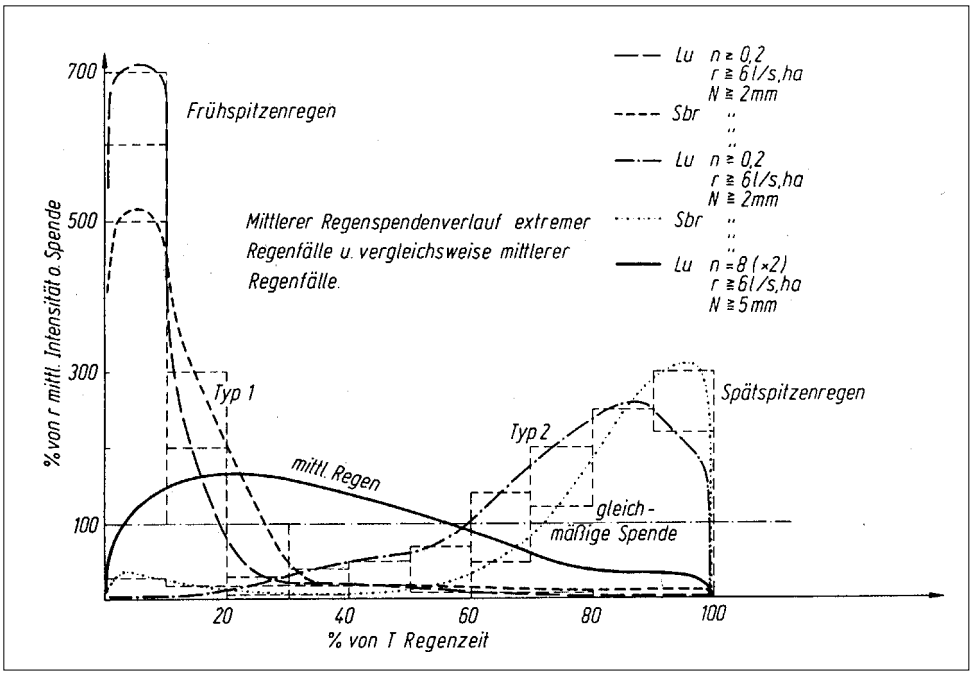


Abb. 45 Mittlerer Regenspendenverlauf extremer und mittlerer Regenfälle in Ludwighafen/Rh. und Saarbrücken (1950-1954) [Pfeiff,1971] zitiert in ATV [1994b,375]

Aus der Vielzahl möglicher Intensitätsverläufe hat Pfeiff 1978 typische Starkregen für Ludwigshafen/ Rh. und Saarbrücken abgeleitet (Abb. 45). Die Fläche unter den Regenspendekurven beschreibt die Regenhöhe h_R in mm (Produkt aus mittlerer Regenspende und der Regendauer) und damit die auf eine Fläche bezogene RWMenge eines bestimmten Regenereignisses.

Für Simulationsrechnungen werden die für das jeweilige Niederschlagsgebiet zutreffenden Intensitätsverläufe in Zeitintervalle Δ t mit konstanter Regenintensität aufgelöst (vgl. Abb. 45, Regenspendeverläufe digitalisiert in Zeitintervallen von Δ t = 0,1 T). Für die Rechengänge selbst verwendet man entweder das so digitalisierte Niederschlagsgeschehen mehrerer zurückliegender Jahre (Niederschlags-Kontinium) oder einzelne, aus der Analyse des Niederschlagsgeschehens isolierte 'kritische' Verläufe von Regenereignissen (dynamischer Modellregen). Für einfache oder *konzeptionelle* Planungsaufgaben wird in der Siedlungswasserwirtschaft der Intensitätsverlauf des natürlichen Regenereignisses soweit vereinfacht, daß eine gleichmäßige Regenspende (r) über der gesamten Regenzeit (T) angenommen angenommen wird ('Blockregen'; vgl. Abb. 45: T = 100%, r = 100%). Alle im Diagramm dargestellten Regenereignisse können demnach auch durch diesen einen Blockregen angegeben werden.

Den Regenspendelinien nach Reinhold bzw. ATV Arbeitsblatt A-118 [ATV A-118,1977] und den neueren Regenauswertungen des Deutschen Wetterdienstes [DWD,1990] liegt das Blockregenmodell zugrunde.

Regenspendelinie

Als Grundlage für die neueren Regenauswertungen diente eine zeitliche Auflösung des Niederschlagsgeschehens in 5-min Intervalle, welche anschließend über Mittelwertbildung zu Niederschlagsdauerstufen (D) zusammengefaßt wurden.

Von seiten der Siedlungswasserwirtschaft wird dieses Zeitintervall als ausreichend klein angesehen [ATV A-121,1985,3]. Demgegenüber warnen Ingenieure davor im Grundstücksbereich, infolge der über 5 min gemittelten Regenintensität zu geringe RWAbflüsse der Bemessung zugrunde zu legen [DIN, 1995,185]. Die Ursache dieser unterschiedlichen Bewertung ist in der 'maßgebenden Regendauer' zu sehen.

Trägt man die größte Regenmenge, die mit einer bestimmten statistischen Häufigkeit und Regendauer gemessen wurde, in ein Diagramm ein, wiederholt dies für unterschiedlich lange Regenereignisse und verbindet die so gewonnenen Punkte, so erhält man die Niederschlagshöhen-Häufigkeits-Linien (Anhang 3, Abb. 68). Im Karten- und Tabellenwerk des Deutschen Wetterdienstes [DWD,1990] sind solche ortsspezifischen Niederschlagshöhen-Häufigkeits-Linien für das gesamte Bundesgebiet dokumentiert.

Durch Umformen dieses Diagramms können die in der Siedlungswasserwirtschaft traditionell bevorzugten Regenspendelinien abgeleitet werden (Abb. 46). Aus der Abbildung wird ersichtlich, daß intensive Regenfälle nur kurz andauern, schwache Regen dagegen eine längere Regendauer (T) aufweisen. Bei gleicher statistischer Regenhäufigkeit (n) nimmt die Niederschlagsintensität mit wachsender Regendauer ab. Unter Bezugnahme auf das Blockregenmodell kann somit jedes Starkregenereignis durch seine Regenspende in der Form $r_{T(n)}$ charakterisiert werden.

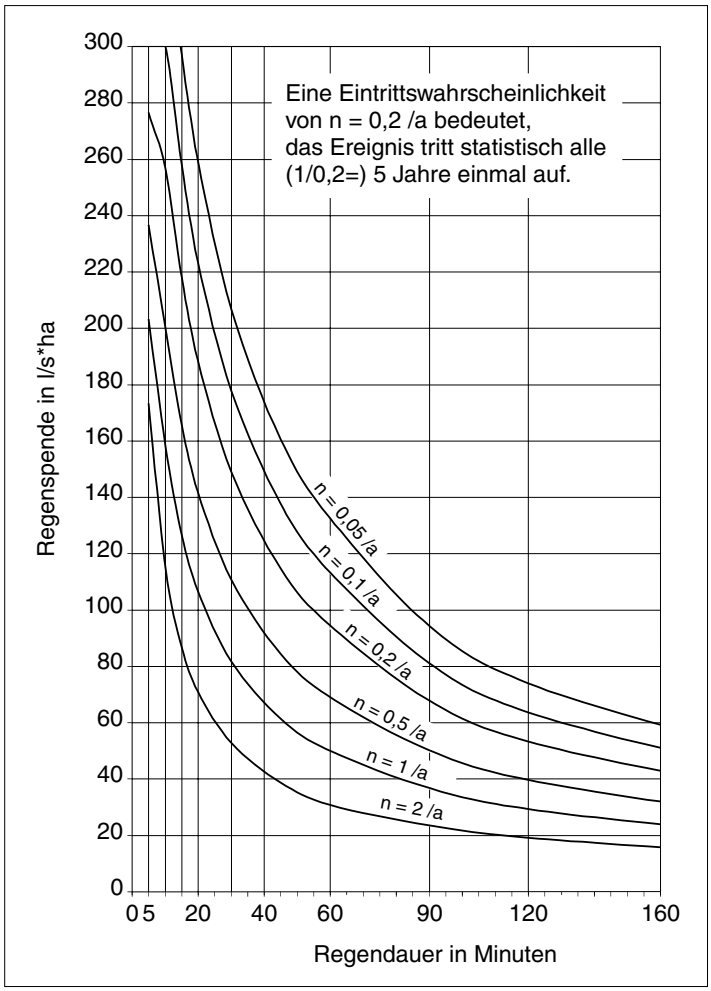


Abb. 46 Regenspendelinien für die Flugwetterwarte Berlin-Tempelhof. Datengrundlage: [DWD,1990]

Maßgebendes Regenereignis

Für die Dimensionierung eines Entwässerungselementes (z.B. Fallrohr, Anschlußleitung, Sammelleitung, Anschlußkanal, Sammelkanal) sind die Regenereignisse interessant, welche mindestens eine Regendauer (T , oder nach [DWD,1990]: D) besitzen, die ausreicht, alle angeschlossenen Flächen zu benetzen, das Leitungsvolumen zu füllen und das Regenwasser zum entsprechenden Ableitungselement zu transportieren. Ist der RWSpeicherraum bis zum Betrachtungspunkt wie bei der Grundstücksentwässerung klein, so sind schon relativ kurze Regen in der Lage, die Anlage zu füllen. Ist die Anlage einmal gefüllt, so muß das Entwässerungselement in der verbleibenden Zeit des Regenereignisses die volle Regenspende (r) bewältigen.

Da unter Berücksichtigung einer bestimmten Funktionssicherheit der Entwässerungsanlage und damit unter Zugrundelegung einer bestimmten statistischen Regenhäufigkeit (n), die Regenspende (r) mit der Regendauer (T) geringer wird (Abb. 46), benötigt ein Regenereignis, dessen Regendauer gerade ausreicht, um das Speichervolumen bis zum betreffenden Entwässerungselement aufzufüllen, die größte Ableitungskapazität und ist somit für das zu bemessende Entwässerungselement maßgebend. Insbesondere in den obersten Anfangsstrecken des RWAbleitungsweges (z.B. Dachentwässerung) kann die maßgebende Regendauer (T_m) kleiner als 5 min sein. Durch den dann zu großen Zeitabschnitt der

Regenauswertung werden hohe Regenintensitäten durch Teilabschnitte niedriger Intensität verfälscht (vgl. Abb. 45 und Anhang 3: Abb. 67).

Streng genommen ist damit für jede Stelle eines RWAbleitungsweges ein anderes Regenereignis maßgebend. Aufgrund der Fließzeit bzw. des zunehmenden RWSpeichervolumens entlang des RWAbleitungsweges, wird mit zunehmender Abflußdistanz die maßgebende Regendauer größer und damit die maßgebende Regenspende kleiner. Folglich müssen die Anfangsstrecken eines Regenentwässerungssystems eine höhere spezifische Ableitungskapazität besitzen als nachgeordnete.

Dies erklärt auch die Tatsache, warum die maßgebende Regenspende im Technischen Regelwerk entlang des Fließweges stufenweise abgemindert wurde. So werden im norddeutschen Raum Regenfalleitungen und Regenanschlußleitungen meist mit einer Regenspende von 300 l/s*ha [DIN 1986-2,1995] und alle übrigen Leitungen im Grundstücksbereich mit ca. 200 l/s*ha [SenBauWohnen, 1973] [DIN 1986-2,1995] bemessen. Für den daran anschließenden Anschluß- und Straßenkanal ist eine Regenspende von $r_{15(1)}$ = 100 l/s*ha üblich [ATV A-118,1977].

In den bisherigen Darlegungen wurden die Niederschläge nur als Einzelereignis betrachtet. So können über die Regenspendenlinie Aussagen getroffen werden, welche Niederschlagsintensität *ein Regenereignis* bestimmter Dauer *maximal* innerhalb eines Betrachtungszeitraums (Spendenlinie mit entsprechender statistischer Eintrittswahrscheinlichkeit (n)) aufweisen kann. Zur Aufeinanderfolge von Regenereignisse wurden noch keine Aussagen gemacht. Um einen Überblick über die Häufigkeit von bestimmten Niederschlagsintensitäten innerhalb eines Jahres zu erhalten, soll im folgenden die Regenspenden*dauer*linie herangezogen werden.

Regenspendendauerlinie

Addiert man die Zeitdauer aller 'Blockregen' eines Jahres, die eine bestimmte Niederschlagsintensität erreichen oder überschreiten, und wiederholt dies für verschiedene Intensitäten, so erhält man die Regenspendendauerlinie eines Jahres (Abb. 47).

Als Schwierigkeit erweist sich dabei, daß keine ausgewerteten und allgemein verfügbaren Grunddaten vorliegen. Als Grund hierfür kann gelten, daß alleine die Abflußintensität während eines Regenereignisses bei der RWAbleitung lange im Vordergrund stand. Erst mit der Wahrnehmung der Wichtigkeit, die Menge des gesamten bei Starkregenereignissen von einer Mischwasserkanalisation ungereinigt in den Vorfluter eingeleiteten Mischwassers aus Gewässerschutzgründen zu begrenzen, wurden Dauerlinien der Regenintensitäten aufgestellt (z.B. [Hörler,1941]). Aber auch da interessierte nur die über Bauwerke der Kanalisation perspektivisch zu beeinflussende jährliche RWAbflußmenge. Das hatte zur Folge, daß nur Teilabschnitte von Dauerlinien veröffentlicht wurden (z.B. [Pecher,1984a]) oder die Spitzenabflüsse unbeachtet blieben (z.B. [Müller-Neuhaus,1950]). Heute erfolgen vergleichbare Betrachtungen auf der Grundlage von Simulationsrechnungen mit gemessenen und aufbereiteten Niederschlagsreihen. Damit besteht auch gegenwärtig keine dringende Veranlassung zur Aufstellung ortsspezifischer Dauerlinien.

Imhoff verweist im Zusammenhang mit der Berechnung von Mischwasserentlastungen auf die Regenspendendauerlinie von Hörler für Zürich aus dem Jahre 1941 [Imhoff,1990,24]. Nach Müller-Neuhaus haben die Dauerlinien der mittleren Niederschlagsintensitäten für verschiedene Orte und Jahre einen ähnlichen Verlauf, wenn die Gesamtregendauer und die mittlere Intensität dimensionslos in Prozent angegeben werden [Müller-Neuhaus,1950,150]. Unter Nutzung dieser Ähnlichkeit läßt sich die in

Abb. 47 dargestellte Regenspendendauerlinie für Berlin ableiten. Dabei wurden die Niederschlagsdaten der Flugwetterwarte Berlin-Tempelhof [DWD,1990] und eine mittlere jährliche Regendauer von 549 h/a [Pecher,1984a,360] zugrunde gelegt.

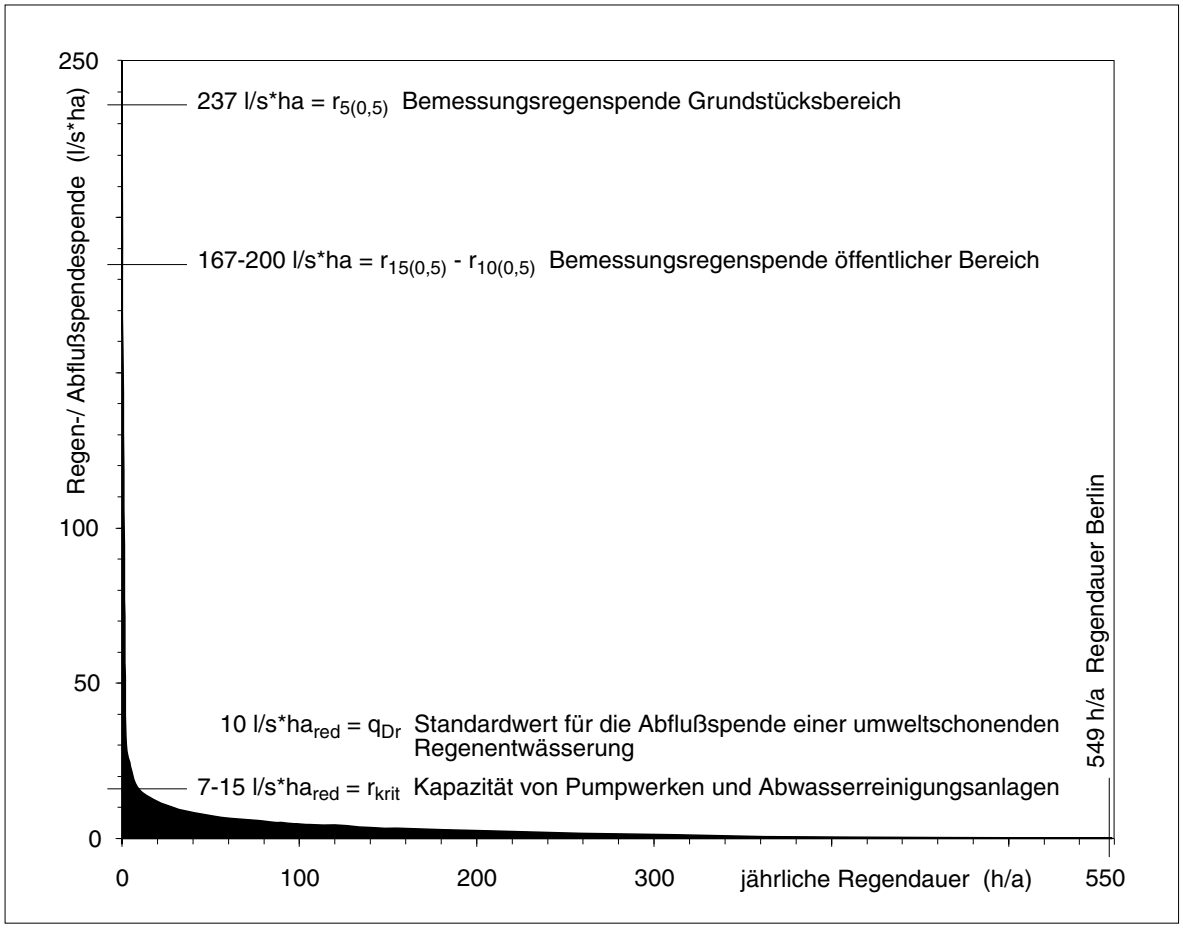


Abb. 47 Dauerkurve der Regenspenden nach Hörler [1941], angepaßt an die Niederschlagscharakteristik Berlin

Betrachtet man die Dauerlinie, so wird der stoßartige Charakter der zu leistenden (Regen-)Entwässerungsarbeit deutlich. Bei einer mittleren Gesamtregendauer und damit Benutzung der Regenentwässerungsanlage von 549 Stunden im Jahr (Berlin-Tempelhof) werden 86% der Niederschlagsmenge in ca. 520 Stunden bei einer geschätzten Kapazitätsauslastung von nur ca. 5% (entspricht ca. 10 l/s*ha_{red}) abgeführt. Die weitaus größere Anlagenkapazität wird zur Ableitung sehr seltener und kurzer Regenereignisse vorgehalten.

Damit stellt sich die Frage ob diese, durch sehr seltene Ereignisse 'blockierten' und teuren unterirdischen Anlagenkapazitäten im Zuge einer ökologischen Modernisierung der Regenentwässerung nicht effizienter eingesetzt werden können. Dabei kann als Anhaltswert für die mittlere Volumendichte des öffentlichen Anlagenabschnittes von Kanalnetzen, unter Berücksichtigung der hier maßgebenden Bebauungsformen, nach Angaben von Pfeiff [1989] und Fuchs [1987] ca. 150 m^3/ha_{red} gelten.

Voraussetzung für eine Freisetzung von Kanalvolumen für zentrale RWBewirtschaftungsmaßnahmen ist jedoch eine veränderte Grundstücksentwässerung. Die damit zusammenhängenden Probleme sind Gegenstand der folgenden Abschnitte 5.2 und 5.3.

Fazit

Der Abschnitt 5.1.1 diente der Darstellung des Niederschlagsgeschehens, der Charakterisierung von Niederschlagstypen sowie der Beschreibung der vom realen Niederschlagsgeschehen abgeleiteten entwässerungstechnischen Rechengrößen. Dabei wurde deutlich, daß:

- mit größer werdender Dauer eines Regenereignisses die mittlere Niederschlagsintensität abnimmt (Abb. 46);
- für die Anfangsstrecken des Entwässerungssystems (privater Bereich) eine kurze, für die Endstrecken (öffentlicher Bereich) eine längere Regendauer maßgebend ist;
- Starkregen kurzer Dauer (T = 5 min - 60 min) als Schauer oder gewittriger Regen mit geringer räumlicher Ausdehnung (1 bis 10 km^2) und überwiegend in den Sommermonaten auftreten;
- im jährlichen Niederschlagsgeschehen sehr wenige dafür aber extrem intensive Regen einer Vielzahl von Regenereignissen mit geringer Intensität gegenüberstehen (Abb. 47).

Daraus folgt in Bezug auf das Entwässerungssystem, daß:

- Überlastungen mit Rückstau (z.B. Straßenüberschwemmung) nicht im gesamten Entwässerungsgebiet gleichzeitig auftreten, sondern meist nur eine kleine Siedlungsfläche betreffen;
- bedeutende Anlagenkapaziäten entlang des gesamten Entwässerungsweges zur Gewährleistung einer vollständigen RWAbleitung für sehr seltenen Regenereignisse vorgehalten werden muß;
- die Anfangsstrecken für eine Abflußdämpfung prädestiniert sind, da hier die Abflußschwankungen am größten sind.

5.2. Städtebaulich / architektonische Einflüsse

Unter städtebaulichen Einflußgrößen werden im folgenden all jene entwässerungstechnisch relevanten Faktoren zusammengefaßt, die im Zusammenhang mit der Siedlungstätigkeit des Menschen stehen, und auf die die Siedlungswasserwirtschaft keinen direkten Einfluß hat. Dies entweder, weil ihr Auftreten im Planungsprozeß erst erfolgt, nachdem bestimmte Festlegungen getroffen sind, oder andernfalls die Gefahr bestehen würde, daß bei Einflußnahme zu stark andere Interessen der Bewohner beeinträchtigt werden könnten.

Einführend werden im Abschnitt 5.2.1 Begriffe und Größen zur Quantifizierung des siedlungsbedingten RWAbflusses vorgestellt, erläutert und voneinander abgegrenzt. Mit diesem Wissen wird anschließend eine Bilanz über die Herkunft des siedlungsbedingten RWAbflusses in Berlin gezogen. Diese Bilanz gibt einen Überblick darüber, mit welchen Anteilen der private und der öffentliche Bereich am RW-Abfluß eines Siedlungsgebietes beteiligt ist.

Im Abschnitt 5.2.2 wird der RWAbflußanteil des privaten Bereichs näher untersucht. Dazu ist es notwendig, die in der Realität vielgestaltigen Bebauungsmuster zu allgemeingültigen Bebauungstrukturen zu klassifizieren. Auf der Grundlage von neun Bebauungsstrukturen erfolgt anschließend eine Abschätzung der Potentiale für RWBewirtschaftungsmaßnahmen auf den Wohngrundstücken. Die Wohnsiedlungsflächen von Berlin liefern auch hier die erforderlichen Daten. Abschließend werden die Bewirtschaftungspotentiale miteinander verglichen, Eigenheiten herausgestellt sowie qualitative Aussagen bezüglich einer im Stadtmaßstab neuorientierten RWBewirtschaftung daraus abgeleitet.

Betrachtungen zum Entwässerungskomfort sind Gegenstand des Abschnittes 5.2.3. Abweichend vom sonst üblichen Gebrauch des Begriffes in der Fachliteratur wird der entwurflich-architektonische Aspekt

des Begriffs herausgearbeitet, und eine Abgrenzung zum technisch definierten Begriff der Entwässerungssicherheit vorgenommen.

5.2.1 Der Regenwasserabfluß von Siedlungsflächen

Begriffe und Größen zur Quantifizierung des RWAbflusses

Aussagen zum RWAbfluß bebauter Flächen werden dadurch erschwert, daß der Begriff 'Versiegelung' nicht einheitlich definiert ist. So gelten in der Wasserwirtschaft nur wasserundurchlässige Flächenanteile (A_u) als versiegelt [Becker,1995,24], dagegen werden in der Landschaftsplanung/Ökologie, wo der Begriff in den 1970er Jahren seinen Ursprung hat, auch wasserdurchlässige Beläge als versiegelt betrachtet [Berlekamp,1992,15].

Die Bestimmung des Versiegelungs*grades* (in der Ökologie ohne Formelzeichen) wird aber auch unter Ökologen nicht einheitlich vorgenommen. So gehen beim Berliner Umweltatlas wasserdurchlässige Bodenbeläge vollständig in den Versiegelungsgrad ein [SenStadtUm,1993,3], dagegen wird beim Münchner Umweltatlas die Flächengröße einzelner Belagsarten in Abhängigkeit ihrer Dichte abgemindert [München,1990,2].

In der Siedlungswasserwirtschaft spielt der Versiegelungsgrad (ε) bisher nur eine untergeordnete Rolle, da wichtige Abflußkriterien, wie z.B. Gefälle und Oberflächenstruktur abflußliefernder Flächen sowie die Wasserdurchlässigkeit unbefestigter Flächenanteile, von diesem nicht erfaßt werden. Diente anfangs ein konstanter Abflußbeiwert (ψ) zur pauschalen Berücksichtigung natürlicher *und* anthropogener Einflüsse bei der RWAbflußbildung, so wird dieser Summenfaktor zur genaueren Beschreibung der Abflußvorgänge immer mehr in seine einzelnen Komponenten aufgeteilt. Als Beispiel dafür kann die Einführung des Gebietskennwertes A_{red} seit den 1970er Jahren gelten. Durch den Kennwert A_{red} wird die Größe der befestigten Fläche in einem Entwässerungsgebiet (A_{EK}) beschrieben. Als befestigt gelten Flächen, welche durch wasserundurchlässige oder -teildurchlässige Beläge abgedeckt sind. Der Anteil der befestigten Fläche an der Fläche des Entwässerungsgebietes kann auch als Befestigungsgrad (γ) angegeben werden ([DIN 4045,1985,15]: $\gamma = A_{red} / A_{EK}$).

In Analogie dazu ist in der Siedlungswasserwirtschaft der Versiegelungsgrad (ε) als $\varepsilon = A_u / A_{EK}$ definiert [Geiger,1995] [Becker,1995]. Die Berücksichtigung der (Wasser-)Dichtheit befestigter Flächen erfolgt in der Entwässerungstechnik meist pauschal. In der Regel wird den Abflußberechnungen eine wasserundurchlässige Fläche (A_u) von 85% der befestigten Fläche (A_{red}) zugrunde gelegt [Schmitt,1995b,210]. Die übrigen 15% und die nicht befestigten Flächen bleiben bei der Abflußbildung rechnerisch unberücksichtigt. Unter Zugrundelegung einer solchen pauschalen Betrachtungsweise kann zur Abschätzung von RWAbflüssen aus Siedlungsgebieten in der Entwurfsphase der Abflußbeiwert (ψ) mit dem Befestigungsgrad (γ) gleichgesetzt werden [ATV,1994b,395].

Die unterschiedliche Definition des Begriffs Versiegelung (Ökologie: Isolierung des Bodens von Atmosphäre, Hydrosphäre und Biosphäre; Siedlungswasserwirtschaft: Isolierung des Bodens von der Hydrosphäre) machen eine Nutzung von städtebaulichen Flächendaten zur Versiegelung schwierig oder unmöglich. So muß in den meisten Fällen immer noch der Befestigungsgrad (γ) unter Zuhilfenahme der verschiedenen Versiegelungsangaben geschätzt werden. Dies ist umso bedauerlicher, da umfangreiche Untersuchungen aus der ökologischen Forschung zum Versiegelungsgrad und zum Entsiegelungspotential von Wohnsiedlungsgebieten vorliegen.

Um eine grobe Aussage zum Beitrag des privaten und des öffentlichen Bereichs am gesamten RWAbfluß von Siedlungsgebieten treffen zu können, wurde am Beispiel von Berlin eine Bilanz der abflußwirksamen Flächenanteile beider Bereiche vorgenommen. Grundlage bilden die Daten des Umweltatlasses Berlin. Der Datenauswertung liegt ein Verhältnis von abflußwirksamer Fläche (A_{red}) zu versiegelter Fläche (Definition Ökologie) von 0,9 für Straßen und Dachflächen sowie 0,6 für versiegelte Freiflächen zugrunde. Unter diesen Annahmen kann abgeschätzt werden, daß die heute abzuleitende RWMenge zu etwa drei gleich großen Anteilen von Straßenflächen, Dachflächen und versiegelten Freiflächen stammt. Damit hat etwa 1/3 der RWAbflußmenge ihren Ursprung im öffentlichen und 2/3 haben ihren Ursprung im privaten Bereich (Abb. 48). Zu vergleichbaren Ergebnissen kommt auch Kadrnoska für Wien (RWAbflußmenge: 63% Grundstück, 37% Straße) [1995,35] und Becker für das Emschergebiet (Verteilung der abflußwirksamen Fläche: 38% Dach, 32% Freifläche, 30% Straße) [1995,26].

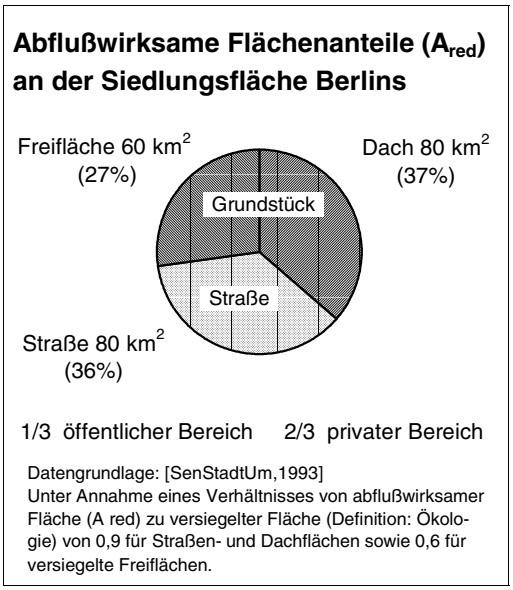


Abb. 48 Abflußliefernde Flächenanteile an der Siedlungsfläche Berlins

Im weiteren sollen die Aussagen aus Abb. 48 qualifiziert werden, indem der RWAbfluß aus dem privaten Bereich näher untersucht wird. Dazu wird der Grundstücksbereich nach Bebauungsstrukturen differenziert und bezüglich der bebauungsspezifischen RWAbflußmenge und dem bebauungsspezifischen Freiflächenpotential für RWBewirtschaftungsmaßnahmen untersucht.

5.2.2 Der Regenwasserabfluß von den Grundstücken

Strukturtypen der Wohnbebauung

Es existiert eine Reihe von Systematiken, um die in der Realität vielgestaltigen Bebauung innerhalb der Grundstücksblöcke zu klassifizieren und somit wissenschaftlichen Betrachtungen zugänglich zu machen. Als solche sind zu nennen: Reinhardt [1979], Kleindienst [1985&1991], Roth [1980], SenStadtUm [1993], SenSUT [1995], Wünsche [1981], Wellmann [1983], Kamieth [1995] und [Ranft,1991]. Die klassifizierten Bebauungsmuster werden u.a. als Bebauungsformen, -typen, -strukturen oder als Nutzungs-, Flächen- und Siedlungstypen bezeichnet. Zum Einsatz kommen meistens Abgrenzungskriterien, die in bezug auf spezielle Aufgabengebiete optimiert wurden. Bebauungsmerkmale wurden entweder aus der Analyse und Verallgemeinerung repräsentativer Siedlungsgebiete gewonnen (z.B. [SenStadtUm,1993] und [Wünsche,1981]) oder von eigens für diesen Zweck erstellten und fiktiven Bebauungsmustern abgeleitet (z.B. [Roth,1980] und [Reinhardt,1979]). Kriterien wie Grundstücksgröße und Eigentumsverhältnisse innerhalb der Grundstücksblöcke werden in allen Systematiken wenig berücksichtigt.

Die Systematiken weisen z.T. wesentliche Unterschiede auf, die einen Vergleich der Ergebnisse (z.B. Versiegelungsgrad, Freiflächenanteil) erschweren. Insbesondere sind dies
- die Größe der Bezugsfläche (mit oder ohne öffentliche Erschließung);
- unterschiedliche Definitionen der Versiegelung;
- ungenügende Beschreibung bzw. Abgrenzung der einzelnen Typen;
- unterschiedliche Typendefinition und Typenanzahl.

Auch für die Argumentation im Rahmen dieser Arbeit ist eine Klassifizierung der Bebauung notwendig. Dabei sollten einerseits regenentwässerungsrelevante Faktoren eine gebührende Beachtung finden und andererseits bestehende Systematiken berücksichtigt sowie eine weitgehende Kompatibilität zu dem im Aufbau befindlichen 'Statistischen Bodeninformationssystem' (STABIS) herstellt werden. Die so entstandene Systematik folgt weitgehend der im Berliner Umweltatlas verwendeten Klassifizierung. (Zur Zusammensetzung und Definition der Strukturtypen siehe Anhang 1: Tab. 9).

Auf der Grundlage dieser im untenstehenden Diagramm (Abb. 49) als Wertekategorien der Abzisse aufgetragenen Strukturtypen der Wohnbebauung und entsprechender Flächendaten des Berliner Umweltatlasses soll im folgenden eine qualitative Einschätzung von RWAbfluß und Flächenpotential für RWBewirtschaftungsmaßnahmen vorgenommen werden. Das im Mittelpunkt der vorliegenden Arbeit stehende Leitbild zukünftiger Siedlungsentwicklung (Leitbild B: 'Der kompakte Stadtteil mit deutlich abgegrenzten öffentlichen Räumen' - vgl. Punkt 3.3) entspricht dabei etwa dem Strukturtyp 'Blockrand- und Zeilenbebauung der 1920er und 1930er Jahre'. Ranft [1991,338] kennzeichnet diesen Strukturtyp mit einer GFZ von 1,3 und einer GRZ von 0,45.

Regenwasserabfluß und Bewirtschaftungspotentiale nach Bebauungsstrukturen

Die Größe des spezifischen RWAbflusses aus dem Grundstücksbereich wurde vereinfachend mit dem Versiegelungsgrad der Siedlungswasserwirtschaft (ε) gleichgesetzt. Die Ermittlung des Versiegelungsgrades erfolgte auf der Grundlage von Datenerhebungen zum Überbauungsgrad (Gebäude) und der Belagsklassenverteilung unbebaut versiegelter Flächen (i.d.R. grundstücksblockinterne Erschließungsflächen) des Berliner Umweltatlasses [SenStadtUm,1993]. Bezugsfläche der vom Land Berlin erhobenen Daten ist die Nettobaulandfläche (vgl. S.29). Um vom Überbauungsgrad und der Belagsklassenverteilung auf den Versiegelungsgrad (ε) schließen zu können, wurden den Belagsklassen des Berliner Umweltatlasses Abflußbeiwerte auf der Grundlage von Bischof [1989,18] zugeordnet (Anhang1:

Tab. 10). Durch Multiplikation des Überbauungsgrades sowie der gewichteten Belagsanteile mit dem jeweiligen Abflußbeiwert und Summierung dieser Werte innerhalb des betreffenden Strukturtyps der Bebauung wurde der Versiegelungsgrad (ε) ermittelt (Anlage 1: Tab. 11).

Die Angabe der Flächenanteile der einzelnen Strukturtypen am Nettowohnbauland in Berlin beruht auf Untersuchungsergebnissen der Arbeitsgemeinschaft für Umweltplanung Berlin. Dazu wurden die dort sehr differenziert angegebenen Flächendaten [AGU,1991,11&32] entsprechend der hier zugrundeliegenden Klassifikation der Wohnbebauung zusammengefaßt. Die Darstellung der Flächenanteile am Nettobauland soll die Häufigkeit des Auftretens einzelner Bebauungsstrukturen am Beispiel von Berlin verdeutlichen.

Grundlage für die Schätzung des spezifischen Flächenpotentials für RWBewirtschaftungsmaßnahmen im Grundstücksbereich bildet das von Adams [1996,54] angegebene Abkopplungspotential befestigter Grundstücksflächen von der Kanalisation durch grundstücksbezogene RWVersickerungsmaßnahmen (angegeben in % der befestigten Grundstücksfläche). Die von Adams angegebenen und auf eine Klassifizierung der Bebauung nach Ranft [1991] bezogenen Werte wurden an die hier zugrundeliegende Bebauungssystematik angepaßt (vgl. Anhang 1: Tab. 11). Einige Werte decken sich dabei in groben Zügen mit eigenen Erfahrungen bei der Ermittlung von regenentwässerungsrelevanten Flächendaten zweier Berliner Wohnsiedlungen des Strukturtyps "Blockrand- und Zeilenbebauung der 1920er und 1930er Jahre" in Berlin-Reinickendorf [Tepasse,1994,21].

Adams bestimmte das Abkopplungspotential einerseits auf der Basis von Testentwürfen für (sehr wenige) Einzelgrundstücke und andererseits durch Schätzung. Dabei handelt es sich um allein aus der Freiflächengeometrie und -größe abgeleitete Flächenpotentiale. Restriktionen aus der Freiflächennutzung blieben bei diesen Werten weitgehend unberücksichtigt. Bei der von Adams anschließend vorgenommenen vertiefenden Untersuchung von Einzelbeispielen verringerte sich deshalb die für RWBewirtschaftungsmaßnahmen tatsächlich zur Verfügung stehende Grundstücksfläche um durchschnittlich etwa 50% [Adams,1996,121&125]. Trotz dieser großen Ungenauigkeiten sind die Untersuchungen von Adams wertvoll, weil sie eine grobe Abschätzung städtebaulicher Einflußfaktoren auf die grundstücksbezogene RWBewirtschaftung ermöglichen.

Aufgrund mehrerer grober Vereinfachungen ist es sinnvoll, die so gewonnenen Merkmale der Bebauungsstrukturen nur qualitativ zwischen 'hoch' und 'niedrig' anzugeben, um keine Scheingenauigkeit entstehen zu lassen ('genaue Werte' des Diagramms sind der Anlage 1 zu entnehmen). Die starken Vereinfachungen bei der Abschätzung der Potentiale für RWBewirtschaftungsmaßnahmen sind notwendig, weil sich die Wirkungsweise folgender Faktoren aufgrund der Komplexität menschlicher Siedlungsräume prinzipiell nur stochastisch abbilden läßt. Oder weil beim Besielungsfaktor noch keine Daten dazu vorliegen:

- Formfaktor:
  Größe und Form der in einem Grundstücksblock liegenden Parzellen und die Form und Position der darauf befindlichen Gebäude, Erschließungsanlagen sowie Gehölzgruppen beeinflussen über notwendige Grenzabstände zum Grundstücksnachbarn (Baurecht), zu benachbarten Gebäuden oder Erschließungsanlagen (Bauwerksschutz) bzw. zum Wurzelbereich der Gehölze wesentlich das RWBewirtschaftungspotential. Gleiches gilt für gestalterisch motivierte Zwangspunkte bei der Konzeption oberirdischer Regenentwässerungsanlagen (z.B. 'entwässerungstechnisch uneffiziente' Form von RWSpeichermulden);

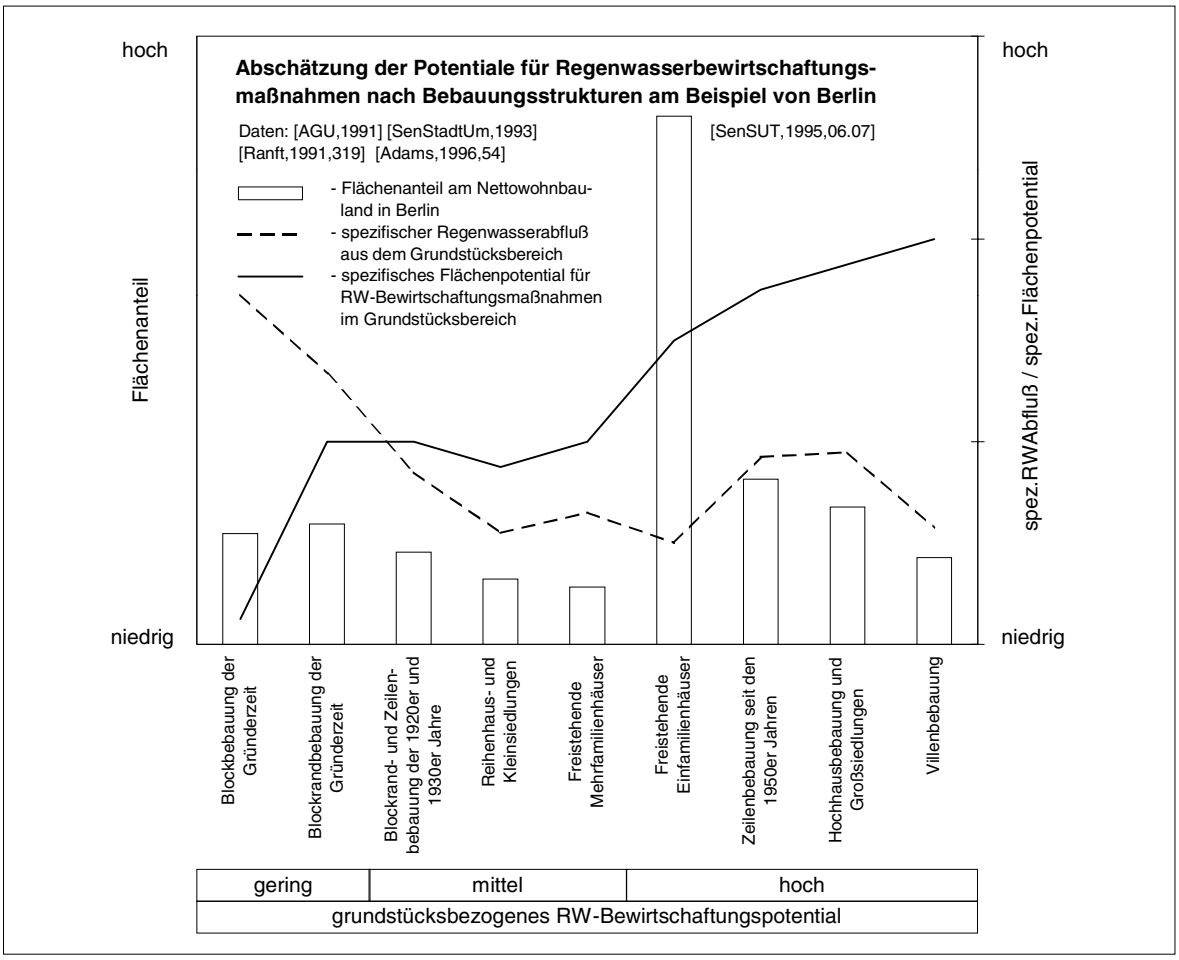


Abb. 49 Abschätzung der Potentiale für RWBewirtschaftungsmaßnahmen nach Bebauungsstrukturen am Beispiel von Berlin

- Benutzungsfaktor:
  Aufgrund von Nutzungsansprüchen der Bewohner an die Freiflächen stehen potentielle Sickerflächen für eine RWEntsorgung oftmals nicht oder nur eingeschränkt zur Verfügung. Solche Einschränkungen können sich ergeben aus den vom Grundstücksinhaber für notwendig erachteten Verkehrsflächen (Stellplätze, Tiefgarage einschließlich Zufahrten), Wirtschaftsflächen (Müllentsorgung, Hausarbeit), Spiel- und Erholungsflächen oder aus einer entwässerungsungünstigen Ausgestaltung der Grünflächen. Hierbei spielt auch die Motivation der Grundstücksinhaber in Bezug auf die Einführung dezentraler RWBewirtschaftungsformen eine wichtige Rolle. Daraus resultierende Einschränkungen für die grundstücksbezogene RWBewirtschaftung sind bei den einzelnen Bebauungsstrukturen wegen verschiedenartiger Nutzungs- und Eigentumsformen unterschiedlich;
- Besielungsfaktor:
  Nicht sämtliche versiegelten und von den Ökologen erfaßten Flächen sind an die Kanalisation (Siel) angeschlossen und damit für die öffentlichen RWEntsorgungsysteme abflußwirksam. Dies trifft besonders bei den gering versiegelten Bebauungsformen der städtischen Peripherie zu.

Der starke Einfluß des Formfaktors wird deutlich an der großen Streuungsbreite bebauungsform- und grundstücksbezogen ermittelter Versiegelungsgrade (siehe hierzu die Untersuchungsergebnisse von Ranft [1991,319ff], Berlekamp [1992,17ff] und AGU [1991,A22ff]). Auch Adams [1996,55] verweist auf die zum Teil gravierende Streuungsbreite bei grundstücksbezogenen Versiegelungsgraden und Abkopplungspotentialen.

Trotz der beschriebenen Ungenauigkeiten können aus Abb. 49 qualitative Aussagen bezüglich einer im Stadtmaßstab neuorientierten RWBewirtschaftung abgeleitet werden:

(1.) Die Bebauungsstrukturen städtisch geprägter Wohnsiedlungsgebiete lassen sich zu drei Gruppen zusammenfassen: Bebauungsstrukturen mit einem hohen, mittleren und geringen RWBewirtschaftungspotential im Grundstücksbereich;

(2.) Flächenmäßig dominieren deutlich Bebauungsstrukturen mit einem grundstücksbezogen hohen RWBewirtschaftungspotential. In diesen Gebieten werden sich bei einem an der RWMenge orientierten Kostenverteilmaßstab zukünftig verstärkt Grundstückseigentümer teilweise oder ganz von den öffentlichen RWEntsorgungssystemen abkoppeln. Dies führt einerseits zu einer Gebühren- bzw. Abgabenentlastung von Grundstückseigentümern, die selber grundstücksbezogene RWAbflüsse bewirtschaften, aber andererseits auch zu einer verringerten Wirtschaftlichkeit der öffentlichen RWEntsorgung;

(3.) Wohnsiedlungsgebiete mit einem geringen grundstücksbezogenen RWBewirtschaftungspotential werden stärker als die übrigen Gebiete auch zukünftig auf eine RWEntsorgung über öffentliche Systeme angewiesen sein. Dadurch sind Bewohner dieser Gebiete von höheren Gebühren- bzw. Abgabensätzen infolge der geringeren Inanspruchnahme der öffentlichen RWEntsorgung besonders betroffen;

(4.) Die unter ganzheitlichen Gesichtspunkten für künftige Stadterweiterungs- und Stadterneuerungsvorhaben maßgebenden Bebauungsstrukturen befinden sich in der mittleren Gruppe. Verglichen mit den Bebauungsstrukturen der anderen Gruppen ist der grundstücksbezogene RWAbfluß in diesen Gebieten eher gering und die Freiflächen lassen (pauschal gesehen) anteilige RWBewirtschaftungsmaßnahmen auf den Grundstücken zu. Besonders hier wird es auf eine sinnvolle Verknüpfung von grundstücksbezogenen (privaten) und stadtteilbezogenen (öffentlichen) RWBewirtschaftungsmaßnahmen ankommen.

5.2.3 Entwässerungskomfort

Der Begriff des Entwässerungskomforts ist sehr jung, seine Entstehung ist im Zusammenhang mit den Anfang der 1980er Jahre möglich gewordenen Nachweisrechnungen zur Überlastungshäufigkeit von Kanalisationsanlagen zu sehen.

In der aktuellen Fachliteratur bezeichnet der Begriff die Leistungsfähigkeit öffentlicher Kanalisationsanlagen (so z.B. [Fuchs,1985,59&67]). Diese wird jedoch auch durch den Begriff der Entwässerungssicherheit (siehe Abschnitt 5.3.1) beschrieben. Eine Deutung des Begriffs Entwässerungskomfort und eine Abgrenzung zum Begriff der Entwässerungssicherheit ist deshalb notwendig.

Als Ausgangspunkte für eine Begriffsdeutung seien Zitate von Sieker angeführt. "Für diese Bereitstellung der Gebrauchsfähigkeit von Siedlungsflächen hat sich der Begriff Entwässerungskomfort eingebürgert" [1994c,91]. "Die wesentlichen Vorgaben für neue Wege der RWBewirtschaftung in Siedlungsgebieten lauten also: - Der 'gewachsene Entwässerungskomfort' in Form der bisherigen Sicherheiten gegen Überflutungen und Vernässungen sowie der hygienische Standard müssen auch künftig gewährleistet sein" [1995c,11].

Aus diesen Zitaten läßt sich ableiten, daß:
- der Entwässerungskomfort an den *Gebrauch* oder die *Nutzung* von Siedlungsflächen gekoppelt ist;
- der heutige Nutzeffekt der Regenentwässerung bei einer zukünftig weniger intensiven Entwässerung durch andere Faktoren erreicht werden muß.

In der Linguistik bezeichnet der Begriff "Komfort": Behaglichkeit, Bequemlichkeit; auf technisch ausgereiften Einrichtungen beruhende Bequemlichkeiten, Annehmlichkeiten; einen bestimmten Luxus bietende Ausstattung [Duden 8 Bd.,1994] [Wahrig 6 Bd.,1982].

Für den Nutzer erwachsen daraus zwei Aspekte:

(1.) sich durch technische Einrichtungen vor den natürlichen Unbilden (z.B. durch Gewittergüsse unpassierbare Wege) zu schützen (Notwendigkeiten);

(2.) über den Schutz hinausgehend die technischen Einrichtungen zu nutzen, um es sich bequem und behaglich zu machen (Annehmlichkeiten).

Hat der erste Aspekt was mit dem Schutz vorhandener Güter oder der Funktionsfähigkeit technologischer Abläufe zu tun, kann also direkt einer Kosten-Nutzen-Analyse unterzogen werden, so hat der zweite Aspekt etwas mit der Akzeptanz der Einrichtungen zu tun und kann kaum monetär quantifiziert werden. Eine bisher unterschätzte Bedeutung erlangt der zweite Aspekt, weil der Nutzer damit primär den Komfortgedanken verbindet, und eine neuorientierte Regenentwässerung sich nur über einen *mindestens gleichwertigen* Komfort gegenüber der herkömmlichen Entwässerungstechnologie durchsetzen kann.

Der Begriff der Behaglichkeit deutet auf individuelle Besonderheiten und Wertmaßstäbe beim empfinden von Komfort hin (Behagen: Zufriedenheit, Wohlgefallen; wohliges Gefühl der Zufriedenheit, stilles Vergnügen).

So ist für den Nutzer bei der Wahl oder der Akzeptanz neuer Technologien neben der wirtschaftlichen Erfüllung der bisherigen Aufgaben und/oder dem Zugewinn an Bequemlichkeit auch wichtig, unter welchen Randbedingungen diese Aufgaben zukünftig erfüllt werden. Solche überwiegend psychologischen Randbedingungen können sein:

- die Einschränkung der eigenen Handlungsmöglichkeiten;
- wirtschaftliche Gewinne oder Verluste durch Sekundäreffekte;
- der Symbolcharakter der Technologie in der gesellschaftspolitischen Auseinandersetzung;
- die ästhetische Gestaltung der Anlagen.

Beschäftigt sich die Ingenieurtechnik im wesentlichen mit der wirtschaftlichen Erfüllung der 'Notwendigkeiten', so liegt der Schwerpunkt der Architektur bei der Schaffung eines Höchstmaßes an 'Annehmlichkeiten' (vgl. Abb. 50).

Im Zusammenhang einer neuorientierten Regenentwässerung ist es Aufgabe der Architektur, durch Berücksichtigung sozialer, psychologischer, ästhetischer, historischer, örtlicher und wirtschaftlicher Besonderheiten der konkreten Planungsaufgabe ein Höchstmaß an Akzeptanz für grundstücksbezogene Entwässerungsmaßnahmen zu erreichen. Insofern führt die architektonische Herangehensweise beim Aufspüren von grundstücksbezogenen RWBewirtschaftungspotentialen zu langfristig tragfähigeren Entwässerungskonzepten für den Grundstücksbereich als eine ausschließlich technische Betrachtungsweise.

Ein interessantes Beispiel dafür liefern römische Straßen der Antike. Geiger [1995,1] zeigt ein Bild von einer Straße in Pompeji, bei der eigens dafür vorgesehene Trittsteine Passanten, bei einer zeitweise eingeschränkten Straßenentwässerung ein Überqueren der Straße 'trockenen Fußes' gestattete. Bei geringer Entwässerungssicherheit der Straßen gewährleisten die Trittsteine dem Fußgänger einen nahezu gleichen Entwässerungskomfort. Nicht die kräftezehrende Vermeidung von seltenen Überlastungszuständen stand hier im Vordergrund, sondern ein zweckmäßiges Reagieren auf Ausnahmesituationen durch angepaßte Bau- und Nutzungskonzepte.

Daß der Entwässerungskomfort nicht unmittelbar an die Menge des abgeleiteten Regenwassers gekoppelt werden darf, zeigen ebenfalls Entwicklungen auf dem Gebiet der Heizwärmeversorgung. Die mit der sog. Energiekrise Ende der 1970er Jahre einsetzenden Bemühungen um eine Senkung des Heizenergieverbrauchs zeigen heute beeindruckende Resultate. Demgegenüber werden aber auch Stimmen laut, die auf entwurfliche Mängel von 'energetisch gepriesenen' Gebäuden hinweisen. So weisen in diesem Zusammenhang aufgestellte Forderungen, z.B. "Energieeinsparung ohne Komfortverzicht", auf die lose Verbindung beider Größen hin und verweisen gleichzeitig auf die Gefahr, da ß bei ungenügender Beachtung der konkreten Nutzungs- und Klimabedingungen ökologische Vorteile durch Gebrauchswertminderungen erkauft werden.

Fazit

Der Entwässerungskomfort ist der beim Nutzer wirksam werdende Gebrauchswert der Leistung Stadtentwässerung. Er ist das Resultat aus der Entsorgungsleistung des öffentlichen Entwässerungssystems, spezifischer Anforderungen der Nutzer und der Nutzung entwässerungstechnischer Potentiale der Gebäude und Freianlagen.

Da der Gebrauchswert neben objektiven auch von subjektiven Faktoren bestimmt wird, schafft nur eine hinreichende Berücksichtigung auch der subjektiven Faktoren die Gewähr für langfristig tragfähige Entwässerungsstrukturen.

Der architektonischen Planung kommt dabei die Aufgabe zu, durch bauliche Maßnahmen und optimale Organisation der verschiedenen Nutzungsansprüche an Gebäudeteilen oder Flächen Bedingungen zu schaffen, um eine hohe Akzeptanz für die Nutzung grundstücksbezogener RWRückhaltepotentiale zu erreichen. Vergleichbares gilt für die Stadtplanung, die diese Aufgabe für den öffentlichen Raum wahrnehmen muß.

5.3. Entwässerungstechnische Einflüsse

Nachdem in den beiden vorangegangenen Abschnitten 5.1 und 5.2 natürliche und städtebaulich / architektonische Einflußgrößen beschrieben wurden, dienen die nachfolgenden Überlegungen der Beschreibung entwässerungstechnischer Faktoren, die einen Einfluß auf die städtebauliche Konzeption umweltschonender Entwässerungssysteme besitzen.

Es sind dies u.a. Parameter, die die Leistungsfähigkeit und ordnungsgemäße Funktion einer RWEntsorgungsanlage beschreiben. So werden die Kenngrößen Entwässerungssicherheit (5.3.1), Rückstauebene (5.3.2) und Überschwemmungsweg (5.3.3) charakterisiert, und ihr Einfluß auf eine neuorientierte Regenentwässerung herausgestellt.

Da die Speicherung von Regenwasser ein wichtiges Element umweltschonender Entwässerungssysteme ist, steht dieser Aspekt im Mittelpunkt des zweiten Teils. Der Abschnitt 5.3.4 untersucht die unterschiedlichen Strategien, Speichervolumen für Zwecke der RWBewirtschaftung einzusetzen. Entsprechend dem Untersuchungsansatz steht hierbei der unvollkommene RWRückhalt im Vordergrund.

Aufbauend auf den dabei gewonnenen Erkenntnissen werden im Abschnitt 5.3.5 für den Fall einer abflußspitzenentlastenden Bewirtschaftung der auf dem Grundstück aktivierbaren RWSpeichervolumen anlagentechnische und betriebliche Aspekte von Grundstücksentwässerungsanlagen untersucht.

5.3.1 Entwässerungssicherheit

Die seit Anfang der 1980er Jahre durch Simulationsrechnungen und durch ein Urteil des Bundesgerichtshofes (siehe S.127) diskutierte Entwässerungssicherheit ist ein Maß für die hydraulische Überlastungshäufigkeit des Kanalisationssystems an einem bestimmten Punkt. Dabei muß beachtet werden, daß es eine uneingeschränkte Entwässerungssicherheit nicht geben kann. Gründe hierfür sind die zufallsbedingte räumliche Verteilung und Ergiebigkeit von Niederschlägen, sowie Extremereignisse im RWAbfluß mit so geringem Wiederkehrsintervall, daß deren anlagentechnische Berücksichtigung zu unverträglich hohen Kosten führen würde.

Zur Kennzeichnung der Überlastung sowie der damit verbundenen Zustände des Entwässerungssystems dienen eine Vielzahl von Begriffen. Zur besseren Übersichtlichkeit werden diese zum Begriff der Entwässerungssicherheit zusammengefaßt (Abb. 50).

Anhand der Abbildung und des folgenden Zitats läßt sich der widersprüchliche Gebrauch des Begriffs 'Entwässerungskomfort', auf den schon im vorangegangenen Punkt 5.2.3 hingewiesen wurde, verdeutlichen:
"Damit (mit der Festlegung der zulässigen Überstauhäufigkeiten in ATV,1989 - siehe nachfolgende Tab. 3, Spalte 2, A.d.V.) wird indirekt empfohlen, den künftigen Entwässerungsstandard an dem gewachsenen Entwässerungskomfort auszurichten. Dieses deshalb, weil an sich der heute vorhandene Entwässerungsstandard einer reinen Kosten-Nutzen-Analyse nicht standhält, wobei unter 'Nutzen' im wesentlichen der vermiedene Überflutungsschaden zu verstehen ist. Danach wäre nur ein wesentlich geringerer Entwässerungsstandard angemessen als heute allgemein vorhanden. Andererseits erscheint eine Verringerung des Entwässerungskomforts wegen des gestiegenen Anspruchsdenkens nicht möglich. Damit ergibt sich die Beibehaltung des gewachsenen Standards als geeigneter Kompromiß" [Sieker,1991a,17]. In ähnlicher Weise äußert sich Sieker 1998 [Sieker,1998,1].

Sieker weist damit als einer der wenigen darauf hin, daß die heute als selbstverständlich geltende Sicherheit bei der Ableitung des auf befestigten Flächen anfallenden Regenwassers einem wirtschaftlichen Vergleich zwischen Entwässerungsaufwand und dem dadurch vermiedenen Überflutungsschaden nicht standhält. Er sieht aber auch gleichzeitig, daß ein über die wirtschaftliche Notwendigkeit der Schadensreduzierung hinausgehendes Bedürfnis nach vollständiger Entwässerung *ausgewählter* Flächen vorhanden ist. Die unmittelbare Kopplung des Entwässerungskomforts an die Entwässerungssicherheit führt jedoch zwangsläufig wieder zu höheren Entwässerungsansprüchen an das öffentliche RWEntsorgungssystem.

Daraus lassen sich drei Erkenntnisse ableiten:
- die Gleichsetzung der Begriffe Entwässerungskomfort und Entwässerungssicherheit ist ungünstig, da der Anschein entsteht, ein hoher Entwässerungskomfort sei nur über eine hohe Entwässerungssicherheit d.h. wirksame RWAbleitung zu erreichen;
- der Begriff Entwässerungskomfort eignet sich nicht für eine Grenzwertfestlegung bei der Regenentwässerung, weil er sich nicht vollständig durch objektivierbare Größen beschreiben läßt;
- auch wenn nur die Entwässerungssicherheit Maßstab bei der Beurteilung der Leistungsfähigkeit von Entwässerungsanlagen sein kann, ist die Bereitstellung eines möglichst hohen Entwässerungskomforts das eigentliche Ziel.

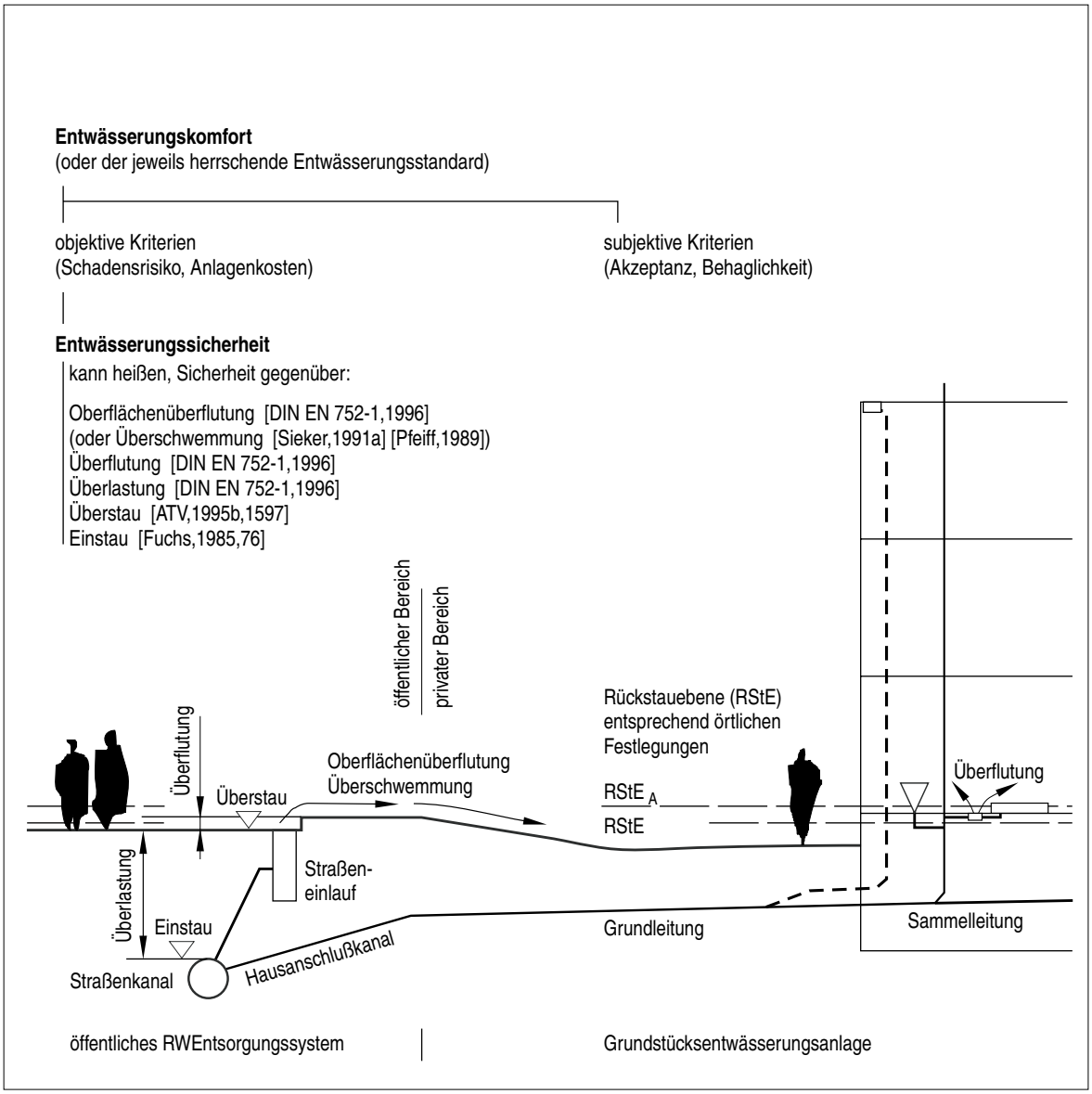


Abb. 50 Überlastungszustände des Entwässerungssystems

Entwässerungssicherheit der öffentlichen Flächen

In der Stadtentwässerung war es lange Zeit üblich, Kanalisationsanlagen mit einem *Regen*ereignis welches statistisch einmal im Jahr eintritt (n = 1 /a) zu bemessen. Grundlage für die Bemessung waren die von Reinhold 1941 aufgestellten und später weiterentwickelten Regenspendenlinien [ATV A-118, 1977] sowie die Annahme eines druckfreien Abflusses im Kanal.

Die durch weiterentwickelte Rechentechnik und durch Langzeitaufzeichnungen von Niederschlägen ermöglichten Simulationsrechnungen von Abflußvorgängen in der Kanalisation ergaben bei der Nachrechnung vorhandener Kanalnetze unter Berücksichtigung eines möglichen kurzzeitigen Einstaus der Kanalisation bis zur Geländeoberkante erheblich größere Sicherheiten bezüglich einer Überlastung der Kanalisation, als nach der bisherigen Bemessungsmethode (Regenhäufigkeit n = 1 /a) implizit unterstellt wurde. Gründe dafür sind die Abflußbildungsprozesse an der Oberfläche, die abflußdämpfende Wirkung des vorhandenen Kanalstauraums sowie die Möglichkeit des Druckabflusses bei eingestauten

Kanälen. Fuchs quantifizierte die vorhandene Überstausicherheit unserer Kanalisationssysteme mit durchschnittlich 5 Jahren (oder n = 0,2 /a) [Fuchs,1985,67]. Pecher schätzt die Überstauhäufigkeit vorhandener Kanalnetze an ungünstigen Netzpunkten mit 3 Jahren (n = 0,33 /a) [Pecher,1990,681].

In Anlehnung an die bei planmäßig ausgelasteten Entwässerungssystemen vorhandenen Entwässerungssicherheiten wurden Anfang der 1990er Jahre zulässige Überlastungshäufigkeiten als Grundlage für eine Anlagendimensionierung mittels Abflußsimulationsverfahren festgelegt (siehe oben angeführtes Zitat von [Sieker,1991a]). Für die alten, danach oftmals überlasteten Kanalnetze gelten Übergangsbedingungen.

Betrachtungen zur Entwässerungssicherheit wurden schon früher bei Kanalisationsplanungen angestellt (z.B. von Heydt [1908,173] und Weyrauch [1914,58]). Man kam damals wie heute zu dem Schluß, daß es eine allgemeingültige Festlegung zur Leistungsfähigkeit des Kanalnetzes nicht geben könne. So wurde früher die Leistungsfähigkeit *projektgebunden* "nach der örtlichen Lage, dem Verkehr, der finanziellen Leistungsfähigkeit der Städte" festgelegt [Heydt,1908,173]. Zukünftig gelten im Zuge einer wachsenden Standardisierung und Internationalisierung in der gesamten Europäischen Gemeinschaft vier Entwässerungsklassen, denen entsprechend dem Gefährdungspotential eine bestimmte Mindestleistungsfähigkeit der Kanalisation zugeordnet wird (Tab. 3).

Bei Entwässerungsgebieten größer 200 ha oder Fließzeiten des Regenwassers innerhalb des betrachteten Entwässerungssystems von t_f > 15 min wurde darüber hinaus im Zuge der europäischen Normung ein Überflutungsnachweis obligatorisch (Tab. 3, rechte Spalte). Damit sollen die Auswirkungen einer 'planmäßig überlasteten' Entwässerungsanlage für ein sehr seltenes Abflußereigniss nachgewiesen werden.

	Zulässige Überlastungshäufigeit (Überstauung) für Neubauten des Kanalisationsnetzes [ATV,1989]	Überflutungsnachweis (Ausmaß einer Überflutung mit Häufigkeit n ist nachzuweisen) [DIN EN 752-4,1993]
Allgemeine Baugebiete	n ≤ 0,33 /a (1)	n = 0,05 /a
Stadtzentren	n ≤ 0,2 /a	n = 0,033 /a
Außengebiete	n ≤ 0,5 /a	n = 0,1 /a
Unterführungen	n ≤ 0,1 /a	n = 0,02 /a
Anmerkung: Zur Verdeutlichung des Sachverhalts wurden Vereinheitlichungen in der Begriffswahl vorgenommen. Originalformulierungen sind den angegebenen Quellen zu entnehmen. (1) bedeutet: Das Abwasser der Kanalisation und das von der Straße abfließende Regenwasser darf nicht häufiger als alle (1 / 0,33 =) 3 Jahre 1 mal bis zur Straßenoberfläche anstauen.		

Tab. 3 Leistungsfähigkeit des Kanalnetzes und Nachweis des Überlastungsfalles [ATV,1989] [DIN EN 752-4,1993]

Können keine *Nachweis*verfahren, d.h. keine Verfahren zur Simulation des RWAbflußgeschehens eingesetzt werden, so sind die in Tab. 4 angegebenen Bemessungsregen bei der Anlagendimensionierung zu berücksichtigen. Dies trifft besonders bei untergeordneten Dimensionierungsaufgaben und in Gebi eten ohne entsprechende Langzeitaufzeichnungen des Niederschlagsgeschehens zu. Zum Vergleich wurden die bislang in Deutschland geltenden Bemessungsregen (nach ATV A-118) der neuen europaweiten Regelung (gemäß DIN EN 752) gegenübergestellt.

	Bemessungsregen [ATV A-118,1977]	Bemessungsregen [DIN EN 752-4,1993]
Allgemeine Baugebiete	n = 1 - 0,5 /a	n = 0,5 /a (1)
Stadtzentren	n = 1 - 0,2 /a	n = 0,2 /a
Außengebiete	n = 1 /a	n = 1 /a
Unterführungen	n = 0,2 - 0,05 /a	n = 0,1 /a
Anmerkung: Zur Verdeutlichung des Sachverhalts wurden Vereinheitlichungen in der Begriffswahl vorgenommen. Originalformulierungen sind den angegebenen Quellen zu entnehmen. (1) bedeutet: Für die Bemessung ist ein Regenereignis heranzuziehen, dessen Regenspende in l/s*ha so hoch ist, daß sie nur seltener als alle (1 / 0,5 =) 2 Jahre übertroffen wird.		

Tab. 4 Empfohlene Regenhäufigkeiten für die Dimensionierung von Entwässerungsanlagen

Ungeachtet der in Tab. 3 angegebenen *zulässigen* Überlastungshäufigkeiten haftet der Eigentümer einer Entwässerungsanlage aufgrund des Haftpflichtgesetzes [HPflG,1978] darüberhinaus für Überschwemmungsschäden, die anderen Personen oder Institutionen durch austretendes oder infolge Überlastung der Entwässerungsanlage nicht abgeführtes Regenwasser entstehen. Geiger [1995,9] gibt die heute übliche Haftungsgrenze für ursächlich mit der öffentlichen Entwässerungsanlage zusammenhängende Überschwemmungsschäden mit Abflußereignissen, die statistisch höchstens alle 10 bis 20 Jahre auftreten, an. Dies deckt sich bezüglich der Schadenshäufigkeit mit den neuen Festlegungen zum Überflutungsnachweis der Europanorm DIN EN 752-4 von 1993 (Tab. 3). Allerdings wird der Überflutungsnachweis dort erst bei größeren Entwässerungsgebieten obligatorisch.

Entwässerungssicherheit der Grundstücksflächen

Im Unterschied zum öffentlichen Bereich wurde die Entwässerungssicherheit im Grundstücksbereich bisher nicht problematisiert. Ungeachtet der fehlenden Diskussion über eine Risikoerhöhung bei der grundstücksbezogenen Regenentwässerung wurde 1990 mit Herausgabe des ATV Arbeitsblattes A-138 [ATV A-138,1990] diesbezüglich eine wesentliche Entscheidung getroffen. Das angeführte Arbeitsblatt, welches erstmals für die Planungspraxis verbindliche Aussagen zur Dimensionierung von grundstücksbezogenen RWVersickerungsanlagen enthält, gibt als *Regen*häufigkeit für die Anlagenbemessung n = 0,2 /a vor (oder bei Anwendung einer kontinuierlichen Langzeitsimulation ist eine *Versagens*häufigkeit von n ≤ 0,2 /a nachzuweisen [ATV,1995,800]).

Berücksichtigt man, daß der Betreiber einer öffentlichen Kanalisation für Schäden infolge Oberflächenüberschwemmung ausgehend von der Kanalisation bis zu einer Eintrittswahrscheinlichkeit von 10 bis 20 Jahren (oder n = 0,1 bis 0,05 /a) haftet [Geiger,1995,9], so wird deutlich, daß der Grundstückseigentümer mit einer nach ATV A-138 dimensionierten Versickerungsanlage ein höheres Risiko gegenüber Überschwemmungschäden zu tragen hat, als sein Nachbar, dessen Gründstück direkt an eine Kanalisation angeschlossen ist.

Bemerkenswert ist, daß dieser Ansatz auch von seiten der Grundstücksentwässerung aufgenommen wurde. In der Neuausgabe der DIN 1986 heißt es dazu: "Die aus den unterschiedlichen Bemessungsannahmen für die Grundstücksentwässerung einerseits und die Ortsentwässerung andererseits resultierenden Differenzen in der Bemessungsregenspende sind gegebenenfalls durch Rückhaltung von Regenwasser für eine Regendauer von mindestens 15 Minuten auf dem Grundstück auszugleichen (gegebenenfalls durch Versickerung, Überflutung nicht gefährdeter Flächen, Rückhaltebecken u.a.m.)" [DIN 1986-2,1995,12].

Fazit

Öffentliche Regenentwässerungsanlagen werden heutzutage auf eine Versagenshäufigkeit (Überstau) von 3 bis 10 Jahren ausgelegt. Die zulässige Versagenshäufigkeit orientiert sich dabei am 'gewachsenen' Entwässerungskomfort, der über eine Kosten-Nutzen-Analyse nicht nachweisbar ist. So rechtfertigt der vermiedene Überschwemmungsschaden nicht die höheren Kosten für eine höhere Entwässerungssicherheit.

Überschwemmungsschäden können bei der konventionellen Kanalisation durch austretendes Regenwasser aus den Straßenabläufen und Überflutung der umliegenden Straßen- und später Grundstücksbereiche entstehen. Die Inhaber der öffentlichen RWEntwässerungsanlage (heute noch meist die Gemeinden) haften derzeit für so entstandene Schäden bis zu Ereignissen mit einer Eintrittswahrscheinlichkeit von 10 bis 20 Jahren. Für den Grundstücksbereich liegen keine juristisch verwertbaren Angaben zur Versagenshäufigkeit (d.h. Anlagenüberflutung) einer nach DIN 1986 konzipierten Entwässerungsanlage vor. Die Entwässerungssicherheit dürfte jedoch aufgrund des unterhalb der Rückstauebene geschlossenen Systems sowie großer (technisch bedingter) Nennweiten weit über der des öffentlichen Bereichs liegen. Damit wird unabhängig vom Schadensrisiko eine hohe Entwässerungssicherheit im privaten Bereich von der Allgemeinheit finanziert.

Demgegenüber wird bei einer grundstücksbezogenen Regenentwässerung über Versickerung nach ATV A-138 eine Sicherheit gegenüber Anlagenüberschwemmung von seltener als 5 Jahren als ausreichend angesehen. Dabei ist zu beachten, daß aufgrund des offenen RWAbleitungsweges das Risiko gegenüber Schäden infolge unzureichender Entwässerung vom Inhaber der öffentlichen Entwässerungsanlage bei einer konventionellen Regenentwässerung zum Grundstückseigentümer bei einer grundstücksbezogenen RWVersickerung übergeht.

5.3.2 Rückstauebene

Die Rückstauebene (RStE) ist die festzulegende Höhenlage, unterhalb derer Entwässerungseinrichtungen auf Grundstücken gegen Rückstau aus der Kanalisation zu sichern sind [SenBauWohnen,1973]. Mit der Festlegung oder Angabe der RStE erklärt die Gemeinde, daß die Energielinie bei allen Netzfüllungszuständen die fiktive Ebene am Anschlußpunkt nicht überschreiten wird. Allgemein verbindlich formuliert wurde die Rückstauebene in Deutschland erst mit der Ausgabe 1978 der DIN 1986. Im Unterschied zu der bis dahin geltenden Formulierung "... wird von der Behörde festgelegt" gilt, sofern durch Ortssatzung nicht anders festgelegt, seitdem "als Rückstauebene mindestens die Höhe der Straßenoberkante an der Anschlußstelle" [DIN 1986-1,1988,23].

Eine einheitliche Begriffsauslegung bzw. Bemessung der RStE gibt es nicht. Rückstau aus der öffentlichen Kanalisation entsteht, wenn Abwasserkanäle z.B. aufgrund starker Regenfälle planmäßig über Rohrscheitel vollaufen. Dabei können sich die Leitungen der Gebäude- und Grundstücksentwässerungsanlagen bis zur Höhe der RStE füllen [ATV M-167,1995,17]. Angeschlossene Grundstücksentwässerungsanlagen sind daher wirkungsvoll und dauerhaft gegen schädliche Folgen von Rückstau zu sichern. Ablaufstellen für Niederschlagswasser, bei denen die Oberkante des Einlaufrostes unterhalb der RStE liegt, sind gegen Rückstau zu sichern [DIN 1986-1, 1988,23].

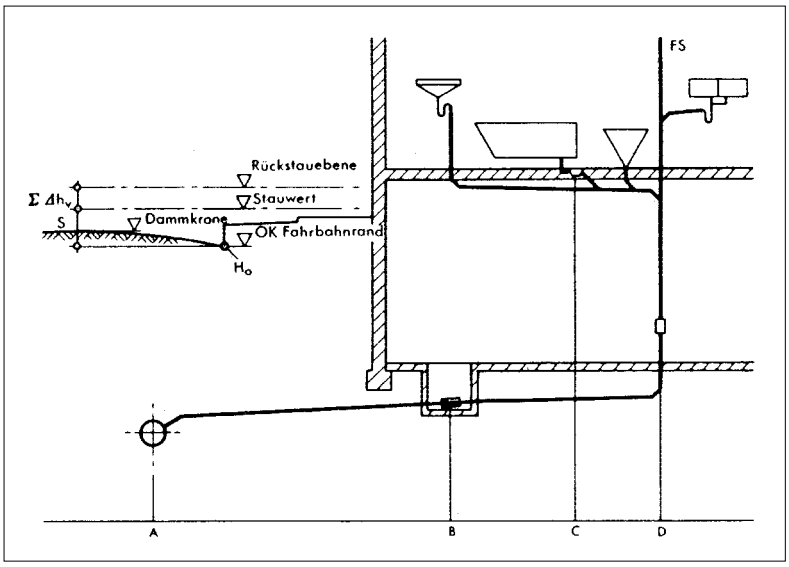


Abb. 51 Maßbezug für die Ermittlung der Höhe der Rückstauebene [Feurich,1993,980]

Hier ist ein Widerspruch vorhanden. Einerseits markiert die RStE die Einwirkungsgrenze der öffentlichen Kanalisation auf das private Grundstück. Bei Respektierung der RStE erfolgt keine Überstauung von Grundstücksflächen durch die öffentliche Kanalisation. Andererseits sind angeschlossene Grundstücksentwässerungseinrichtungen nach DIN 1986 vor schädlichen Folgen des Rückstaus im Kanalnetz zu sichern. Eine Folge des Rückstaus im öffentlichen Kanalnetz ist aber die fehlende oder eingeschränkte Vorflut zum rückgestauten Kanalnetz. Aufgrund der fehlenden Abflußmöglichkeit z.B. gerade während eines kritischen Starkregens können auf dem Grundstück Schäden durch mangelhafte Entwässerung entstehen.

Dieser Widerspruch ist auch in der 1973 vom Senat von Berlin erlassenen "Ausführungsvorschrift über die Ermittlung der Höhe der Rückstauebene bei Anlagen zur Beseitigung von Abwasser" zu entdecken [SenBauWohnen,1973]. Darin werden quasi zwei Rückstauebenen definiert. Zum einen die RStE zum Schutz des Grundstückes gegenüber Einwirkungen des öffentlichen Kanalnetzes und zum anderen die "Rückstauebene eines Ablaufes" zum Schutz des Grundstückes vor dem eigenen Abwasser. Danach ist die Höhe der "RStE eines Ablaufes" so festzulegen, daß von ihr Abwasser auch bei Rückstau in den öffentlichen Entwässerungskanälen bis zur Rückstauebene ausschließlich unter Einwirkung der Schwerkraft in voller Höhe sicher abläuft. Der Fließhöhenverlust ($\Sigma\ \Delta h_V$) zwischen Ablaufstelle und RStE bildet damit die Differenz zwischen RStE und "RStE des Ablaufes" (Abb. 51).

Nach Pfeiff gilt in der Regel die Oberkante der Straße an der Anschlußstelle der Grundstücksentwässerungsanlage an den Straßenkanal der öffentlichen Entwässerungsanlage plus etwa 15 bis 30 cm "zur Sicherheit" als Rückstauebene [ATV,1994b,56]. In Anlehnung an Pfeiff und ATV ist davon auszugehen, daß mit dem Sicherheitszuschlag die bei hohen Abflüssen im Straßenkanal stark anwachsende Geschwindigkeitshöhe ($v^2 / 2g$) berücksichtigt werden soll [Pfeiff,1980,238] [ATV,1982,436]. Folgerichtig bezeichnet SenBauWohnen [1973] die Stauhöhe (S) auch als 'fiktiven Stauwert'.

So kommt es beim Übergang vom Freispiegelabfluß zum Druckabfluß zu einem Vollschlagen der Leitung, in deren Folge ein strömender Abfluß in der Grundstücksanschlußleitung bis fast auf die Höhe der Energielinie des Straßenkanals aufschwingen kann (analog zu einem Wasserschloß) [Speerli,1991,21]. Damit ist auch zu erklären, warum ein Rückstauereignis selten durch eine langandauernde Überschwemmung, sondern meist durch ein "Herausspritzen" aus der Leitung und ein "Glucksen" in

der Leitung infolge des Wechsels von Freispiegelabfluß zu Druckabfluß und umgekehrt gekennzeichnet ist [Speerli,1991,39&64]. Rückstauereignisse werden sich durch Einstau der Anschlußkanäle und Übe r-flutung der Straßen in der Regel zuerst in Bereichen flach liegender Kanalabschnitte und damit vor allem in den Anfangshaltungen bemerkbar machen.

Betrachtet man zum Vergleich entwässerungstechnische Vorschriften anderer Länder, so wird deutlich, daß dort z.T. keine allgemeingültigen Regeln zur Höhe der Rückstauebene vorgegeben werden: USA, Festlegung im Ermessensspielraum des projektierenden Ingenieurs; Schweiz, in mehreren Städten wird die RStE für jeden Anschlußfall berechnet und festgelegt [Speerli,1991,17]. Im Entwurf zum europäischen Normenwerk wird die Höhenfestlegung der Rückstauebene nationalen oder örtlichen Entscheidungsgremien überlassen. Werden dort keine Festlegungen getroffen, so gilt in schwach geneigtem Gelände die Straßenoberkante an der Anschlußstelle als Rückstauebene [DIN EN 12056-1,1995, 8]. Dabei wird unter Straßenoberfläche das *gesamte Straßenprofil* verstanden, d.h. Fahrbahn inklusive Gehwege, Seitenstreifen oder ähnliches [DIN EN 12056-4,1995,4].

Diese Beispiele zeigen, daß eine Begriffsdefinition notwendig ist. Im folgenden wird neben der RStE (entspricht 'Stauwert' in Abb. 51) der Begriff der "Rückstauebene eines Ablaufs" ($RStE_A$) (entspricht RStE in Abb. 51) verwendet. Vergleiche dabei auch Abb. 50.

Die Rückstauebene kann als Schnittstelle zwischen dem öffentlichen RWEntsorgungssystem und der privaten Grundstücksentwässerungsanlage bezeichnet werden. Ein rückkopplungsfreies und damit planmäßiges Funktionieren der Grundstücksentwässerung kann jedoch erst bei Berücksichtigung einer zusätzlichen Abflußhöhe (Fließhöhenverlust $\Sigma \Delta h_V$ für den Bemessungsfall) garantiert werden.

Zwei Ebenen spielen danach bei Haftungsfragen eine Rolle:

(1) Die 'Rückstauebene' als Einwirkungsgrenze des öffentlichen RWEntsorgungssystems auf die Grundstücksentwässerung, Haftung des öffentlich bestellten Wasserentsorgungsunternehmens gegenüber dem Grundstückseigentümer;

(2) Die 'Rückstauebene eines Ablaufs' als Maß für die Funktionsfähigkeit der Grundstücksentwässerung, Haftung des Gebäudeplaners gegenüber dem Grundstücksinhaber.

Bei der Regenentwässerung bekommen diese Aspekte eine besondere Bedeutung, weil sich hier hohe Kapazitätsauslastung des Kanalisationsnetzes und ein hoher Entwässerungsbedarf aus dem Grundstücksbereich mit wesentlich höherer Wahrscheinlichkeit überlagern als bei der Schmutzwasserableitung.

Zukünftig erlangt die RStE eine höhere Relevanz, da man durch verfeinerte Rechenverfahren immer besser in der Lage ist, die Abflußzustände in der Kanalisation wirklichkeitsnah darzustellen. Durch die Bewirtschaftung des Kanalstauraums kann der Betreiber der Kanalisation den Bau von zusätzlichem und kostspieligem Speicherraum infolge von Einleitbeschränkungen in die Vorflutgewässer oder die Sanierung hydraulisch überlasteter Kanäle vermeiden. Ziel des Betreibers wird es deshalb sein, das Kanalisationsnetz bei kritischen Regenereignissen vollständig einzustauen. Auf die damit einhergehende wachsende Gefahr von Überschwemmungen im Grundstücksbereich bei *nicht* ordnungsgemäßen Entwässerungsanlagen auf den Grundstücken macht Pfeiff in ATV [1994b,57] aufmerksam.

Um die zum Teil recht hohen grundstücksbezogenen RWSpeicherpotentiale für die Abflußdämpfung oder Abflußverringerung nutzen zu können, ist mindestens an einer Stelle der Grundstücksentwässerungsanlage ein Rückstau zu provozieren. Damit bekommt der Fließhöhenverlust h_V bzw. die 'Rückstauebene eines Ablaufs' für die Gebäudetechnik zukünftig eine erhöhte Bedeutung.

5.3.3 Überschwemmungsweg

Bei der Bindung Rückstauebene an die Straßenoberkante geht man von der Überlegung aus, daß durch Straßenüberschwemmung und Ableitung zwischen den Randsteinen eine erhebliche Abflußentlastung bei Rückstau im Straßenkanal eintritt, und es damit zu keiner weiteren Druckerhöhung mehr kommt [Bischof,1989,54]. Besonders in der Vergangenheit wurde dieser Sachverhalt bewußt eingesetzt (vgl. u.a. [LAB,25.4.1900,226]).

Diesen zusätzlichen Abflußweg des Niederschlagswassers, der sich nach Überschreiten der Abflußkapazität der Kanalisationsanlage ergibt, bezeichnet Pfeiff als "Überschwemmungsweg" [Pfeiff,1989, 1276]. Nach europäischen Normvorstellungen wird dieser Zustand, bei dem Schmutzwasser und / oder Regenwasser infolge Rückstau auf der Oberfläche verbleibt oder *von der Oberfläche her* in Gebäude eindringen kann, als 'Oberflächenüberflutung' bezeichnet [DIN EN 752-1,1996,3] (vgl. Abb. 50).

Hat man früher eine Straßenüberschwemmung infolge Kanalrückstau als "höhere Gewalt" angesehen, so ist dieses Phänomen vor dem Hintergrund der neuen Haftpflicht [HPflG,1978] und genauerer Berechnungs- bzw. Nachweismethoden heute differenzierter zu sehen. Daher muß sich der planende Ingenieur zukünftig (was bisher nicht üblich war) auch mit der Frage der Überschwemmungswege befassen [ATV,1994b,57].

Im Entlastungsfall erfolgt der Abfluß aus den Straßeneinläufen ausströmend statt zulaufend, dem natürlichen Geländegefälle folgend, zwischen den Randsteinen der Straße. Dieser Abflußweg wird jedoch entwertet, wenn z.B. niedrige Randsteinhöhen an tiefer liegende Grundstücksflächen angrenzen oder Straßentiefpunkte infolge größerer, seeartiger Staus zu Überschwemmungswegen über Grundstücke führen. Zu dieser Problematik gab es 1989 eine unter Ingenieuren vielbeachtete Entscheidung des Bundesgerichtshofes [BGHZ,1990]: Ausgangspunkt war die Klage eines Grundstückseigentümers gegenüber der Gemeinde als Eigentümerin und Betreiberin der öffentlichen Regenentwässerungsanlage auf Schadenersatz. Durch die Überlastung des RWKanals war das dabei austretende bzw. nicht aufgenommene Regenwasser von der Straße durch ungünstige topographische und bauliche Verhältnisse über das Grundstück in das Haus des Klägers gelaufen. Anlaß für die hohe Beachtung des Urteils war die Tatsache, daß das Gericht das bis dahin in der Siedlungswasserwirtschaft allgemeine Bemessungskriterium Regenhäufigkeit n = 1 /a in Frage stellte [Pecher,1990,674]. Anstelle der Regenhäufigkeit (sozusagen das System "input") sei die Überschwemmungshäufigkeit (System "output") ausschlaggebend. Im Urteil wird eine maßgebende Überschwemmungshäufigkeit von seltener als einmal pro Jahr gefordert. Welche Häufigkeit stattdessen gelten sollte, wurde jedoch offengelassen.

Interessant ist die Tatsache, daß der "Notstauraum bzw. Notabflußweg Straße" weder im Gerichtsverfahren noch in der anschließenden Fachdiskussion (siehe: [Sieker,1991a], [Pecher,1990]) eine Rolle spielte. Das bedeutet, daß eine Straßenüberschwemmung (öffentlicher Bereich) mit einer Überschwemmung des Grundstücks (privater Bereich) gleichgesetzt wurde. Desweiteren wurde mit der Formulierung "Dies (das Auslegen der öffentlichen Kanalisation auf eine Überstauungshäufigkeit von seltener als 1 Ereignis pro Jahr, A.d.V.) würde nämlich im Extremfall darauf hinauslaufen, daß die Anlieger es hinnehmen müßten, einmal jährlich einer Überschwemmung ausgesetzt zu werden. Eine derartige Überlastung ist unzumutbar ..." [BGHZ,1990,10] implizit unterstellt, daß die Überlastungshäufigkeit der öffentlichen Kanalisation mit der Schadenshäufigkeit auf dem privaten Grundstück gleichzusetzen sei. Das Aufgabengebiet des Bauingenieurs bzw. Architekten liegt jedoch gerade in einer standortbezogenen und nutzungsgerechten Gestaltung baulicher Anlagen. Aus der Sicht des Verfassers wurde damit vom Gericht eine (zu starke) Eingrenzung der Mittel getroffen, wie das Ziel eines akzeptablen Schadensrisikos zu erreichen sei.

Hauptaugenmerk der durch das BGH-Urteil hervorgerufenen Fachdiskussion war die Bekräftigung der Notwendigkeit, Kanalnetze zukünftig auf der Grundlage von Abfluß-Simulationen zu bemessen. Ein weiterer Aspekt der Diskussion war die Formulierung von zulässigen Überstauhäufigkeiten differenziert nach Gefährdungsklassen (vgl. Tab. 3). Die Überstauhäufigkeit wurde auch hier implizit mit der zumutbaren Schadenshäufigkeit (Schadensrisiko) gleichgesetzt. Örtliche Besonderheiten, wie z.B. im beklagten Schadensfall die Topographie, sind nach Meinung der an der Diskussion beteiligten Fachleute *bei der Festlegung der zulässigen Überstauhäufigkeit* zu berücksichtigen (z.B. [Pecher,1990,678]). Damit bleibt das Speicher- und Ableitpotential "Überschwemmungsweg" unberücksichtigt.

Nach einer Einschätzung von Pfeiff treten heute Oberflächenübersc hwemmungen im Bereich der Kanäle mit der in Tab. 5 angegebenen Häufigkeit auf. Da Pfeiff gleichzeitig den Grenzbereich zur 'höheren Gewalt', d.h. zu technisch nicht kalkulierbaren RWAbflußereignissen absteckt, kann daraus der heutige Wirkungsbereich von Überschwemmungswegen abgeleitet werden. (Die akzeptierten Überstauhäufigkeiten für neu zu errichtende Kanalisationsanlagen sind in Tab. 3 aufgeführt.)

	Häufigkeit von Oberflächen-überschwemmungen (IST-Zustand)		Häufigkeit nicht kalkulierbarer RW-Abflußereignisse ('höhere Gewalt')	
Anfangshaltungen	n = 0,5-0,2/a	(alle 2-5 Jahre)	ca. n < 0,1/a	(seltener als 10 Jahre)
Hauptsammlerbereiche	n ≤ 0,2/a	(seltener als 5 Jahre)	ca. n < 0,01/a	(seltener als 100 Jahre)

Tab. 5 Beaufschlagung Überschwemmungswege (IST-Zustand) [Pfeiff,1989,1281]

Ein Überstau mit Oberflächenüberflutung bedeutet ein Versagen des Kanalnetzes, welcher mit hoher Wahrscheinlichkeit einen Schaden hervorruft (vgl. Abb. 50). Die Höhe des Schadens läßt sich immer schwerer kalkulieren, da im Zuge einer wachsenden Privatisierung der Entwässerung bzw. Deregulierung vormals öffentlicher Aufgaben auch die Einflußmöglichkeiten des Wasserentsorgungsunternehmens auf die Gestaltung von Anlagen anderer Eigentümer schwinden (z.B. Straßengestaltung, Grundstückshöhen, Grundstücksnutzung).

Im Zuge der europäischen Normung [DIN EN 752-4,1993] wird der Nachweis der Überschwemmungswege bzw. -flächen bei Entwässerungsgebieten mit einer Fläche von A_{EK} > 200 ha für Ereignisse mit einer Eintrittswahrscheinlichkeit zwischen 10 und 50 Jahren obligatorisch (vgl. Tab. 3).

Eine *zu heutigen Verhältnissen* eingeschränkte Vorflut für die Grundstücksentwässerungsanlagen (z.B. RWEntsorgung nach [ATV A-138,1990] mit einer Versagenshäufigkeit der Anlage von n ≤ 0,2 /a) verlagert den Anfang des Überschwemmungsweges von der öffentlichen Straße auf das private Grundstück. Geiger charakterisiert diesen Überschwemmungsweg bei einer grundstücksbezogenen RWVersickerung, ohne ihn als solchen zu benennen, wie folgt: "Für den Fall, daß die Zuflußmengen die der Bemessung zugrunde gelegten Mengen überschreiten, sind Entlastungsmöglichkeiten vorzusehen. Solche können sein: Überleitung auf Freiflächen mit entsprechender Modulation, kurzzeitige Überstauung des Randbereichs der Anlage, Mulden oder Gräben mit Überleitung in ein Gewässer oder bei Rohr- und Rigolenversickerung u.U. direkter Anschluß über einen rückstaugesicherten Überlaufschacht in ein Gewässer. Wenn keine der vorgenannten Möglichkeiten realisiert werden kann, müssen *im äußersten Notfall* folgende Entlastungen vorgesehen werden: Ableitung über Verkehrsflächen in das Kanalnetz oder Ableitung über einen rückstaugesicherten Überlaufschacht in das Kanalnetz" [Geiger,1995,80] (so auch [AGW,1991,25]).

Betrachtungen zum Überschwemmungsweg haben somit differenziert nach privaten und öffentlichen Abschnitten zu erfolgen.

Fazit

Mit der Rückstauebene erklärt die Gemeinde gegenüber dem Grundstückseigentümer, daß oberhalb dieser fiktiven Ebene keine Rückwirkungen *aus* dem öffentlichen Entwässerungsnetz *über* die Grundstücksentwässerungsanlage zu befürchten sind.

Da die Rückstauebene auf die jeweilige Straßenhöhe an der Anschlußstelle Bezug nimmt, ist damit eine einfache und allgemein sichtbare Haftungsgrenze gegeben. Im Unterschied dazu gibt es bezüglich einer Oberflächenüberflutung keine derartige verbindlich formulierte Einwirkungsgrenze zwischen dem öffentlichen und privaten Bereich. Dies hat zur Folge, daß der 'Notstauraum bzw. Notabflußweg Straße' für eine gezielte entwässerungstechnische Nutzung nicht zur Verfügung steht. Somit bleiben beträchtliche RWBewirtschaftungspotentiale (Speicher-/ Ableit- und Versickerungskapazitäten) im öffentlichen Bereich ungenutzt.

Neben der Rückstauebene spielt die 'Rückstauebene eines Ablaufs' ($RStE_A$) eine wichtige Rolle. Die Rückstauebenen der Abläufe markieren die höchsten Wasserstände innerhalb einer abschnittsweise oder ganz rückgestauten Grundstücksentwässerungsanlage bei maßgebender Abflußbelastung durch Niederschlag und Abwassereinleitung infolge anderer Nutzungen.

Um grundstücksbezogene RWSpeicherpotentiale nutzen zu können, ist mindestens an einer Stelle der Grundstücksentwässerungsanlage ein RWRückstau zu provozieren. Damit bekommt die $RStE_A$ im Grundstücksbereich zukünftig eine höhere Bedeutung.

Nachdem in den vorangegangenen Punkten 'Entwässerungssicherheit', 'Rückstauebene' und 'Überschwemmungsweg' die haftungsrechtlichen und anlagentechnischen Randbedingungen für eine neuorientierte Regenentwässerung aufgezeigt wurden, sollen im folgenden grundsätzliche Fragestellungen beim Zwischenspeichern von Regenwasser erörtert werden. Dieser Aspekt verdient eine besondere Beachtung, da ein Großteil der diskontinuierlich und zufallsbedingt anfallenden RWMengen nur über eine Zwischenspeicherung für eine gezielte Nutzung, Versickerung oder umweltschonende Ableitung zur Verfügung stehen.

Im ersten Teil werden die beiden Bewirtschaftungsstrategien einer Zwischenspeicherung von Regenwasser aufgezeigt. Da eine Kurzzeitspeicherung von Regenwasser im Mittelpunkt der hier vorliegenden Arbeit steht, wird anschließend für diese Bewirtschaftungsstrategie eine technische und mathematische Verallgemeinerung vorgenommen. Die hierbei entwickelten Abflußmodelle auf der Basis des Zeitbeiwertverfahrens sollen die Grundlage für weitergehende Untersuchungen bilden.

5.3.4 Speicherbewirtschaftung

Wesentlich für eine zukunftsorientierte Regenentwässerung wird das Speichern von Regenwasser sein. Unter Beachtung der Rangfolge (Priorität = Gewässerschutz) können dabei als Ziele gelten:

(1.) Nutzbarmachung der i.d.R. immensen Speicherkapazität des natürlichen Bodenkörpers (RWAbflußdämpfung zur RWVersickerung);

(2.) Ersatz des natürlichen RWSpeichers 'Boden' (RWNutzung zur Trinkwassersubstitution oder zur Niedrigwasseraufhöhung der Vorflutgewässer);

(3.) Minimierung der unmittelbaren Folgeschäden eines beschleunigten RWAbflusses (RWAbfluß-dämpfung zur RWReinigung und/oder Abflußbegrenzung).

Eine Zwischenspeicherung von RWAbfluß muß je nach Zweck (unmittelbare Nutzung des RWAbflusses oder RWAbflußdämpfung) unterschiedliche Optimierungsziele verfolgen (Tab. 6).

Kurzzeitspeicher	Langzeitspeicher
- Regenbecken - Einstaudach - M-R-System zur Abflußdämpfung - Stauraumkanal - Versickerungsmulden/-becken	- Zisterne zur TWSubstitution - intensives Gründach - M-R-System zur Niedrigwasseraufhöhung der Vorflutgewässer
RWAbflußdämpfung	RWNutzung
Optimierungsziel	
'Speicher leer'	'Speicher voll'

Tab. 6 Typen von Regenwasserspeicher

So wird man bei einer RWSpeicherung zur Trinkwassersubstitution bestrebt sein, so viel Regenwasser wie möglich zu speichern und es solange bereit zu halten, bis das Wasser vom Nutzer abgerufen wird. Ist der Speicher nahezu gefüllt, so interessiert bei einem Regenereignis nur derjenige RWAnteil, der zur vollständigen Füllung benötigt wird. Der Nutzer soll nach Möglichkeit immer Regenwasser im Speicher vorfinden. Anders die Strategie bei einer RWSpeicherung mit dem Ziel der RWAbflußdämpfung. Hier gilt, das gespeicherte Regenwasser nur über die regenfreie Zeit zwischen zwei Starkregenereignissen im Speicher zu belassen, damit zum Auffangen des nächsten Regenereignisses möglichst viel Speicherraum zur Verfügung steht.

Aber auch unter dem Gesichtspunkt des Gewässerschutzes werden Langzeitspeicher zukünftig eine höhere Bedeutung erlangen. Soll z.B. ein aus kleinen (Fließ-)Gewässern bestehendes weitgehend oberirdisches RWAbleitungssystem ein stabiles Ökosystem bilden, so ist zur Gewährleistung einer ausgeglichenen Wasserführung über die Abflußdämpfung hinausgehend ein besonderes Augenmerk auf einen möglichst weitgehenden Abfluß*ausgleich* zu legen (vgl. RWBewirtschaftungskonzept für die Siedlung Gelsenkirchen-Schüngelberg). Analog zur RWSpeicherung für die TWSubstitution entsteht dann ein Interessenkonflikt zwischen Abflußdämpfung und Abflußausgleich, welcher erst bei unwirtschaftlich hohen spezifischen Speichergrößen gelöst werden kann. Wird der Abfluß aus der Regenentwässerungsanlage soweit gedrosselt, daß auch noch bei mehrere Tage andauernden niederschlagsfreien Perioden Wasser für das Vorflutgewässer zur Verfügung gestellt werden kann, so mehren sich bei gleichbleibendem Speichervolumen die Überlaufereignisse infolge teilgefüllter Speicher bei Regenbeginn.

Solche Mehrzwecksysteme sind in der Wasserwirtschaft nicht neu. So müssen z.B. Talsperren häufig dem Hochwasserschutz (fordert freie Speicherkapazität, um Abflußspitzen aufnehmen zu können) und der Niedrigwasseraufhöhung (fordert volle Speicher zur Überbrückung von Trockenzeiten) genügen. Begegnet wird diesen divergierenden Zielen dort durch eine Speicherbewirtschaftung mit jahreszeitlich variablen Speicheranteilen und variabler Wasserabgabe.

Unter der Prämisse, die anthropogenen Einflüsse auf den Wasserkreislauf durch entwässerungstechnische Maßnahmen zu minimieren, spielen die Kurzzeitspeicher eine besondere Rolle. Indem diese

Speicher das Regenwasser während der Zeit zwischen Niederschlagsbeginn und Versickerungsende zwischenspeichern, ermöglichen sie die Nutzung der um ein Vielfaches größeren Wasserspeicherkapazität des natürlichen Bodenkörpers. Desweiteren sind über Kurzzeitspeicher bei kleinen spezifischen Speichergrößen (m^3/ ha_{red}) höhere ökologische Effekte erzielbar als bei Langzeitspeichern, weil das Speichervolumen bei jedem Regenereignis vollständig zur Abflußdämpfung eingesetzt werden kann. Aus diesen Gründen stehen *Kurzzeitspeicher* im Mittelpunkt der weiteren Untersuchungen.

Die Bewirtschaftung von Kurzzeitspeichern

Kurzzeitspeicher sind dadurch gekennzeichnet, daß ihre Entleerungszeit so kurz ist, das Einflüsse von vorhergehenden Regenereignissen (z.B. teilgefüllte Speicher) zu vernachlässigen sind. Nach Pecher und ATV Arbeitsblatt ist dies bei Berechnungen auf der Basis des Zeitbeiwertverfahrens gegeben, wenn die Leerungszeit des RWSpeichers auf 3 bis 8 Stunden [Pecher,1989,168] bzw. 3 bis 6 Stunden [ATV A-117,1977,9] begrenzt wird.

Bei einer Kurzzeitspeicherung kann die Bewirtschaftung des Speicherraums unterschiedlichen Strategien folgen. Diese unterschiedlichen Nutzungsmöglichkeiten des zur Verfügung stehenden RWSpeichervolumens soll beispielhaft anhand einer grundstücksbezogenen RWVersickerungsmulde untersucht werden (Abb. 52).

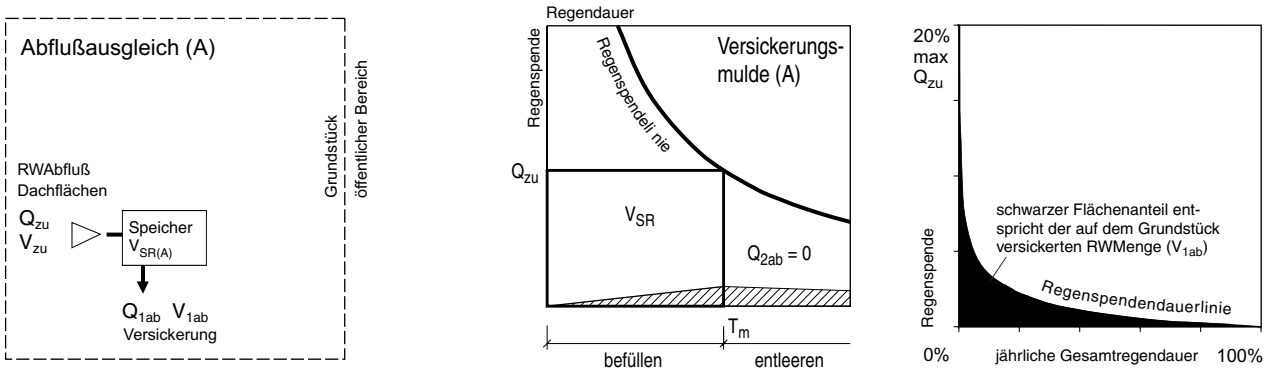
Ein RWSpeicher kann durch die Elemente Speicherzufluß (Q_{zu}), Speichervolumen (V_{SR}), Speicherabgabe (Q_{1ab}) und Speicherüberlauf (Q_{2ab}) charakterisiert werden. Dabei stehen einem zufallsbedingten Speicherzufluß (RWZufluß von den befestigten Flächen infolge eines Regenereignisses), eine kalkulierbare Speicherabgabe (Versickerungsrate, Betriebswasserentnahme, Drosselabfluß o.ä.) und ein zufallsbedingter Speicherüberlauf (RWAbfluß über Vorflutsystem) gegenüber. Zum zeitlichen Ausgleich zwischen Zu- und Abflüssen muß ein Speichervolumen vorgehalten werden.

Betrachtet man die Abflußintensität aus einem RWRückhaltesystem, so sind zwei grundsätzliche Fälle zu unterscheiden (Fall A, Fall B). Im Fall A ist das System in der Lage, das Regenablaufwasser aller im betrachteten Zeitraum auftretenden Niederschlagsereignisse zwischenzuspeichern (d.h. Speicherüberlauf $Q_{2ab} = 0$). Dagegen ist im Fall B das Volumen des RWSpeichers oder die Wasserentnahme aus dem Speicher so gering, daß nur ein Teil des Regenwassers durch das Rückhaltesystem aufgenommen werden kann ($Q_{2ab} > 0$).

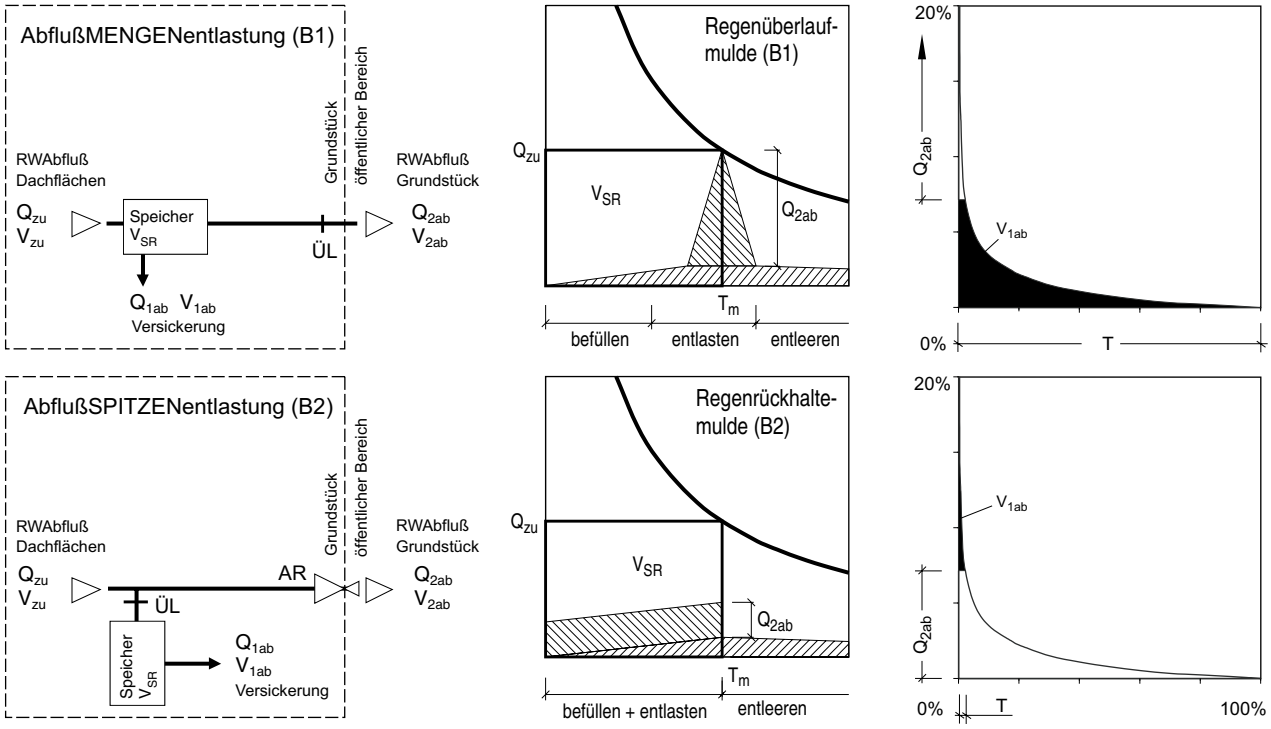
Der Fall A ist gleichzusetzen mit einer RWVersickerungsanlage nach ATV Arbeitsblatt A 138. Das bei Regenbeginn nutzbare Speichervolumen der Anlage, zuzüglich der bereits während des Regenereignisses versickerten RWMenge, reicht statistisch aus, um alle innerhalb des maßgebenden Zeitraums von 5 Jahren auftretenden RWAbflüsse aufzunehmen. Die Begrenzung des Geltungsbereichs der Vorschrift auf eine Mindestwasserdurchlässigkeit des Bodens von $k_f \geq 5 * 10^{-6}$ m/s gewährleistet, daß die Mulden zügig entleeren und damit der Einfluß von vorhergehenden Regenereignissen vernachlässigt werden kann (Bedingung Kurzzeitspeicher).

Speicheranordnung	Regenereignis	Regenjahr

Fall A: vollständiger RWRückhalt im Grundstücksbereich



Fall B: unvollständiger RWRückhalt im Grundstücksbereich



Symbole		
AR Abflußreduzierung	V_{SR} RWSpeichervolumen auf dem Grundstück	T_m maßgebende Regendauer
ÜL Überlaufschwelle	Q_{1ab}, V_{1ab} RWEntlastung auf dem Grundstück	T jährliche Einstaudauer der Versickerungsflächen
Q_{zu}, V_{zu} Speicherzufluß	Q_{2ab}, V_{2ab} RWÜberleitung ins öffentliche System	

Vergleich	A b f l u s s -		
	ausgleich	entlastung	
		Menge	Spitze
	Fall A	Fall B1	Fall B2
RWAbflußintensität (l/s*ha,red) aus dem Grundstücksbereich	$Q_{2,ab(A)} = 0$	$Q_{2,ab(B1)}$ >	$Q_{2,ab(B2)}$
RWSpeichervolumen (m^3/ha,red) auf dem Grundstück	$V_{SR(A)}$ >>	$V_{SR(B1)}$ =	$V_{SR(B2)}$
RWAbflußvolumen (m^3/ha,red*a) aus dem Grundstücksbereich	$V_{2ab(A)} = 0$	$V_{2ab(B1)}$ <<	$V_{2ab(B2)}$
jährliche RWEinstaudauer (h) der Versickerungsflächen	$T_{(A)}$ <	$T_{(B1)}$ >>	$T_{(B2)}$

Abb. 52 Bewirtschaftungsstrategien für Kurzzeitspeicher im Grundstücksbereich

Für die Mehrzahl der Bebauungsstrukturen und bei Beachtung ungünstiger naturräumlicher Bedingungen für die Versickerung ist jedoch Fall B maßgebend. Hier reicht das RWSpeichervolumen und die planmäßige Speicherentnahme nicht aus, um sämtliches Regenwasser innerhalb des maßgebenden Zeitraums zu bewältigen und es kommt zwangsläufig zu einem Überlaufen des Speichers.

Eine Entlastung des Speichers von Regenwasser kann auf zweierlei Wegen erfolgen: als ständig vorhandene Grundentlastung (Fall B2) oder als Überlauf nach Überschreitung der Kapazitätsgrenze (Fall B1). Fall B2 entspricht dem klassischen Regenrückhaltebecken (RRB) in der Stadtentwässerung oder einem Regenwasserstaukanal [Feurich,1991,1059] bzw. einem Regenrückhaltegraben [DIN,1995,208] in der Grundstücksentwässerung. Wogegen der Fall B1 neben dem Fall A die heute verfolgte Strategie bei grundstücksbezogenen RWBewirtschaftungsmaßnahmen darstellt.

Im Folgenden sollen die beiden Bewirtschaftungsstrategien B1 und B2 bezüglich ihrer Auswirkungen auf die Intensität des grundstücksbezogenen RWAbflusses ins öffentliche RWEntsorgungssystem untersucht werden.

Die Intensität d. RWAbflusses aus dem Grundstücksbereich beim unvollständigen RWRückhalt (Fall B)

In den 1960er und 70er Jahren wurde im wesentlichen von Annen/Londong sowie Pecher auf der Grundlage des Zeitbeiwertverfahrens das heute noch gebräuchliche Bemessungsverfahren für Regenrückhaltebecken (Fall B2) nach ATV Arbeitsblatt A 117 entwickelt. Da es ein vergleichbares Bemessungsverfahren für Fall B1 nicht gibt, wurde, unter den gleichen Annahmen und nach der gleichen Methode wie das Bemessungsverfahren für RRB (Fall B2), ein Bemessungsansatz für den Fall B1 entwickelt. Als Grundlage hierbei diente die Untersuchung von Pecher zur Bemessung von Regenbecken in der Stadtentwässerung [Pecher,1970].

Basis des Bemessungsverfahrens nach ATV Arbeitsblatt A 117 [1977] bzw. Pecher [1970] bilden die in der Stadtentwässerung seit langem gebräuchlichen Regenspendelinien nach Reinhold die später zum Zeitbeiwertverfahren weiterentwickelt wurden [ATV A-118,1977]. Sie werden trotz der zum Teil beträchtlichen Abweichungen von den neueren Regenauswertungen des Deutschen Wetterdienstes [DWD,1990] (vgl. Abb. 53) und heute vorhandener Rechenverfahren zur Niederschlags-Abfluß-Simulation in dieser Arbeit herangezogen. (Zu den Ursachen der Abweichungen siehe [Pecher,1970,14] und [Bischof,1989,10].)

Folgende Gesichtspunkte waren für die Verwendung von Regenspendelinien nach dem Zeitbeiwertverfahren maßgebend:

(1) Die Regenspendelinien gehören nach wie vor zu den 'allgemein anerkannten Regeln der Technik' ('a.a.R.d.T.') und bilden die Grundlage von entwässerungstechnischen Vorschriften verschiedener Fachverbände. Mit der Anwendung des Zeitbeiwertverfahrens wird die Vergleichbarkeit mit dort angegebenen Grenz-/Orientierungswerten gewährleistet.

(2) Die Regenspendelinien sind in der Handhabung benutzerfreundlicher. Über den Zeitbeiwert (φ) läßt sich eine direkte analytische Beziehung zwischen der Niederschlagsdauer (T), der Niederschlagshäufigkeit (n) und der Regenspende (r) herstellen. Demgegenüber benutzt KOSTRA 87 die regendauerspezifischen Gleichungsparameter (u) und (w), welche eine Speicherbemessung nach dem herkömmlichen Modell nur über Iteration ermöglicht.

(3) Die in Abb. 53 gekennzeichneten Abweichungen zwischen den Starkniederschlagshöhen (KOSTRA 87) und den Werten der Regenspendenlinien (Reinhold) werden relativiert durch eine i.d.R. maßgebende Regendauer T_m < 90 min und durch Ungenauigkeiten bei der Bestimmung des

Speicherabflusses Q_{1ab} infolge eines schwer einschätzbaren Wasserdurchlässigkeitskoeffizienten (k_f) des Bodens;

(4) Durch eine hinreichend kurze Entleerungszeit der RWSpeicher können vorhergehende Regenereignisse bei Berechnungen auf der Basis des Zeitbeiwertverfahrens vernachlässigt werden. Diese Bedingungen sind allein schon durch eine Wasserdurchlässigkeit des Bodens von $k_f = 10^{-5}$ m/s und Wassereinstauhöhen der Muldenspeicher von $h_{SR} \leq 0{,}3$ m a priori gegeben.

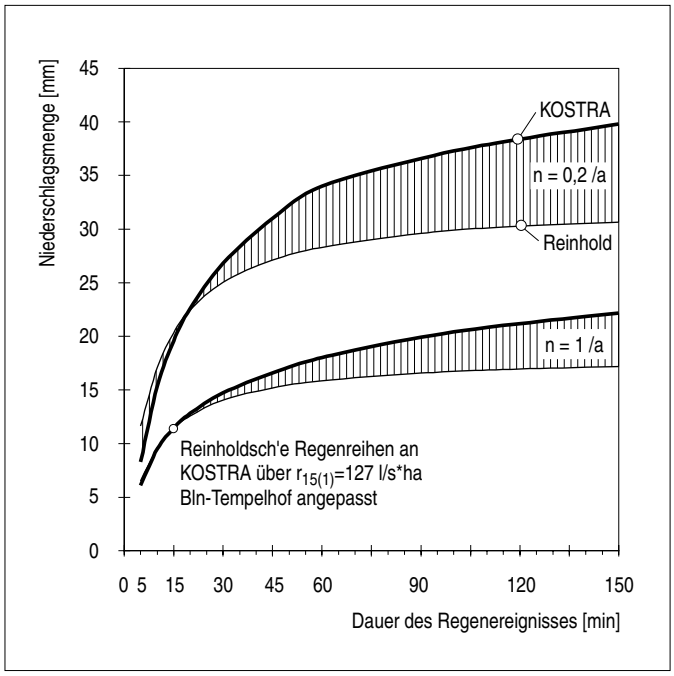


Abb. 53 Diskrepanzen zwischen den Regenauswertungen von Reinhold [ATV A-118,1977] und des DWD (KOSTRA 87) [DWD,1990]

Im folgenden wird der Rechenansatz für die Bestimmung der RWAbflußspende aus einer grundstücksbezogenen Regenüberlaufmulde (Fall B1) zum öffentlichen RWEntsorgungssystem dargestellt. Der methodische Ansatz für das vom Verfasser entwickelte Berechnungsverfahren beruht im wesentlichen auf den Überlegungen von Pecher [1970,18ff] zur Bemessung von Regenrückhaltebecken.

Der daran anschließende Rechenansatz zur Ermittlung der Abflußintensität aus einer grundstücksbezogenen Regenrückhaltemulde (Fall B2) entspricht hingegen weitgehend dem Bemessungsansatz von Pecher für Regenrückhaltebecken. Dieser von Pecher [1970,18ff] mit den Gleichungen 5 - 16 aufgezeigte Rechenansatz wurde unter Berücksichtigung der hier geltenden Randbedingungen angepaßt.

Abflußmengenentlastung (Fall B1 - 'Regenüberlaufmulde')

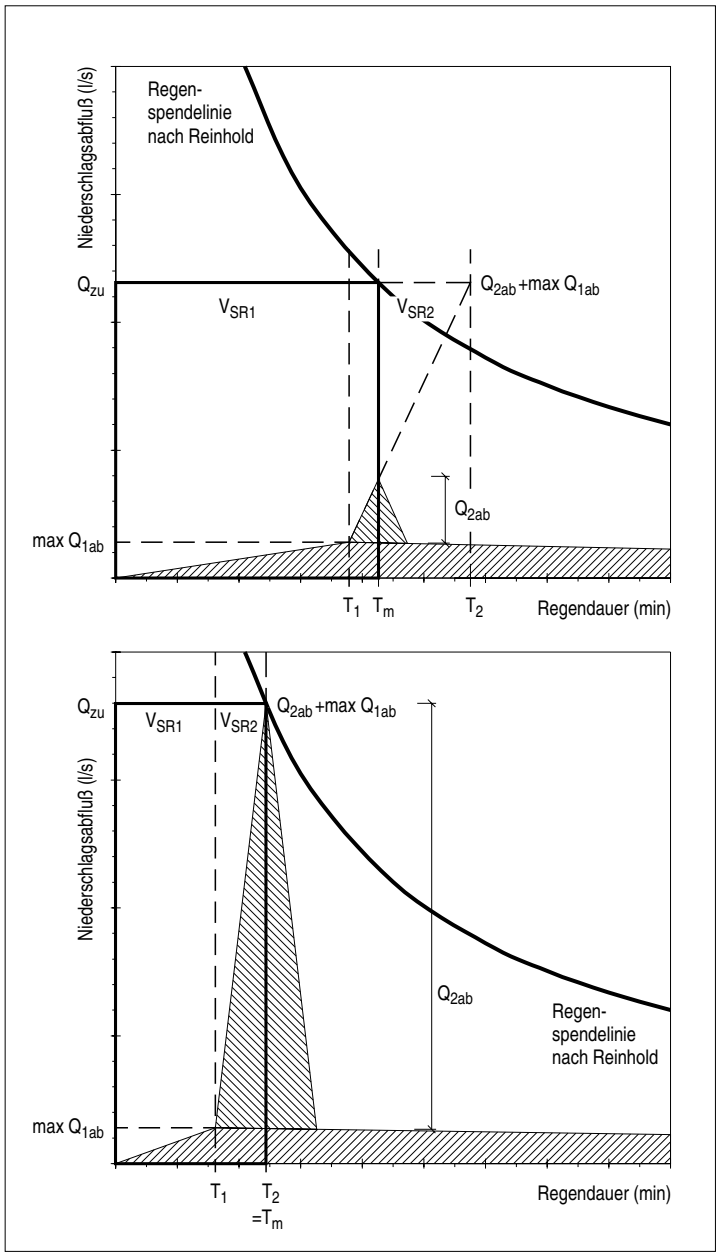


Abb. 54 Regenabflußbild für die Ermittlung der Abflußspende einer grundstücksbezogenen Abflußmengenentlastung (Fall B1, RÜM)

Randbedingungen:
- Regenspendelinie nach Reinhold;
- konstante Regenspende über der Regendauer T (Blockregen);
- Fließzeit von der befestigten Fläche bis zum RWSpeicher tf=0;
- Abfluß Q1ab entspricht der Versickerungsleistung QV der RWEntlastungsfläche
- Versickerungsleistung QV steigt proportional mit dem eingestauten Muldenvolumen (QV=V/VSR*QVmax).

Die maßgebende Regendauer T_m ist diejenige Regendauer, welche den größten Abfluß Q_{2max} erzeugt.
Da diese Bedingung bei $T_m > T_2$ nicht erfüllt wird, ist dieser Fall nicht maßgebend.

Zeitpunkt T_1: Mulde ist bis Überlaufkante (siehe Abb. 56) gefüllt, das Überlaufen beginnt.
Zeitpunkt T_2: Staulamelle (V_{SR1}) ist aufgefüllt, über die Überlaufkante wird sämtliches überschüssiges Regenwasser abgeleitet. Der Wasserstand hat die Notüberlaufhöhe erreicht (siehe Abb. 56).

$$T_1 \rightarrow \quad V_{SR1} = \frac{Q_{zu} + (Q_{zu} - \max Q_{1ab})}{2} * T_1 \qquad T_1 = \frac{2V_{SR1}}{(2Q_{zu} - \max Q_{1ab})} \qquad (1)$$

$$T_2 \rightarrow \quad V_{SR2} = \frac{(T_2 - T_1) * (Q_{zu} - \max Q_{1ab})}{2} \qquad T_2 = \frac{2V_{SR2}}{(Q_{zu} - \max Q_{1ab})} + T_1 \qquad (2)$$

$$\text{mit} \quad Q_{ZU} = Q_{r15(n)} * \frac{24}{(T+9)} \qquad \text{und} \quad \max Q_{1ab} = A_S * k_f / 2$$

$$Q_{2ab} \rightarrow \quad \frac{(T_2 - T_1)}{(Q_{zu} - \max Q_{1ab})} = \frac{(T - T_1)}{Q_{2ab}} \qquad Q_{2ab} = \frac{(T - T_1)}{(T_2 - T_1)} * (Q_{zu} - \max Q_{1ab}) \qquad (3)$$

$$\text{Bedingung:} \quad T - T_1 > 0 \quad \text{Sonst} \quad Q'_{2ab} \overset{!}{=} 0$$

Abflußspitzenentlastung (Fall B2 - 'Regenrückhaltemulde')

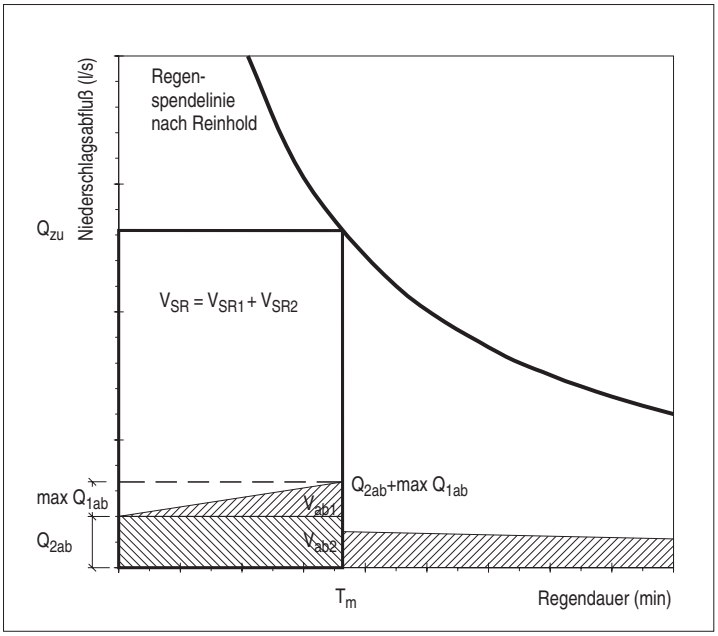


Abb. 55 Regenabflußbild für die Ermittlung der Abflußspende einer grundstücksbezogenen Abflußspitzenentlastung (Fall B2, RRM)

Randbedingungen:
- Regenspendelinie nach Reinhold;
- konstante Regenspende über der Regendauer T (Blockregen);
- Fließzeit von der befestigten Fläche bis zum RWSpeicher t_f=0;
- Abfluß Q_{1ab} entspricht der Versickerungsleistung Q_v der RWEntlastungsfläche
- Versickerungsleistung Q_v steigt proportional mit dem eingestauten Muldenvolumen (Q_v=V/V_{SR}*Q_{Vmax}).

Die maßgebende Regendauer T_m ist diejenige Regendauer, welche den größten Abfluß Q_{2max} erzeugt.

Da die Entlastung des RWSpeichers unterirdisch erfolgt, entfällt die Vorhaltung einer Überlaufhöhe und V_{SR2} kann ab Regenbeginn speicherwirksam eingesetzt werden (V_{SR}=V_{SR1}+V_{SR2}).

$$V_{SR} \overset{!}{=} V_{zu} - V_{ab} = V_{zu} - (V_{ab1} + V_{ab2}) \qquad (4)$$

$$V_{SR} = Q_{15(n)} * \frac{24}{T+9} * T - \frac{1}{2} * A_S * k_f * T - Q_{2ab} * T \qquad (5)$$

$$Q_{2ab} = \frac{Q_{15(n)} * \frac{24}{T+9} * T - \frac{1}{2} * A_S * k_f * T - v_{SR}}{T} \qquad (6)$$

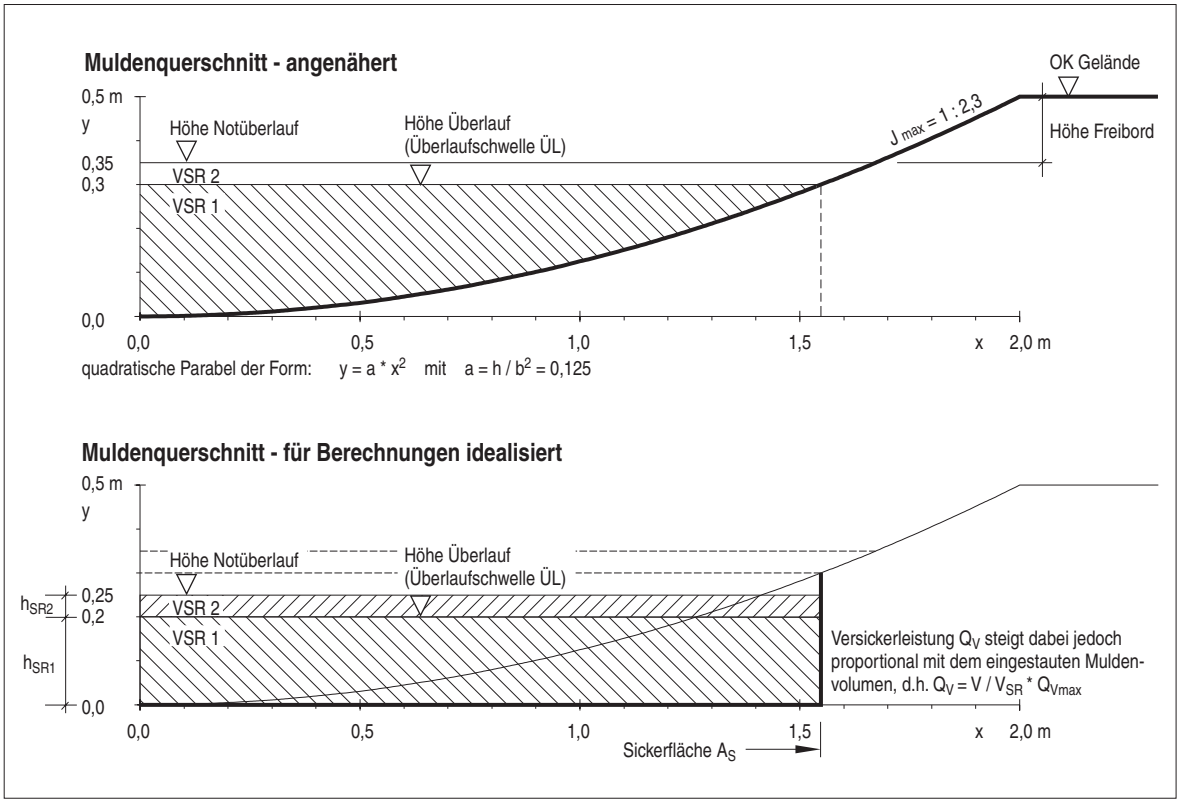


Abb. 56 Muldenmodell, Kennwerte

Um Aussagen über die Auswirkungen unterschiedlicher RW-Rückhaltestrategien im Grundstücksbereich auf die öffentliche Kanalisation treffen zu können, wurde auf der Grundlage der oben beschriebenen Rechenansätze die RWAbflußspende aus dem Grundstücksbereich bei veränderlicher Speichergröße für eine abflußmengenentlastende (Fall B1) und für eine abflußspitzenentlastende (Fall B2) Speicherbewirtschaftung ermittelt. Die so gefundenen Werte wurden in Abb. 57 graphisch dargestellt.

Bei den Berechnungen wurde von den anlagentechnischen Parametern allein die Größe der RW-Entlastungsfläche, die laut Modellansatz mit der Sickerfläche A_S gleichzusetzen ist (Abb. 56), variiert. Im Unterschied dazu blieben die befestigte Fläche und die Muldeneinstauhöhe, mit A_{red} = 1 ha bzw. h_{SR1} = 0,2 m und h_{SR2} = 0,05 m unverändert.

Die Veränderung der Sickerfläche erfolgte in 10 Stufen, so daß die Berechnungen eine Spannbreite des Verhältnisses befestigte Fläche zu Sickerfläche (A_{red} / A_s) von 6,5 bis 15 repräsentieren. Durch die veränderte Sickerfläche A_s ergeben sich unterschiedliche Speichervolumen V_{SR} je ha befestigter Fläche. Das Größenverhältnis der beiden Speicheranteile V_{SR1} und V_{SR2} bleibt gemäß idealisierten Muldenquerschnitt konstant (Abb. 56).

Der auf dem Grundstück verbleibende RWAbfluß Q_{1ab}, der gemäß Modellansatz mit der Versickerungsleistung (Q_V) der RWEntlastungsflächen gleichzusetzen ist, verändert sich unter diesen Bedingungen proportional mit größer werdender Sickerfläche (A_s) und damit Speichervolumen (V_{SR}). Unter Berücksichtigung einer angenommenen Wasserdurchlässigkeit der RWEntlastungsflächen von $k_f = 10^{-5}$ m/s, ergeben sich so auf dem Grundstück verbleibende RWAbflüsse Q_{1ab} zwischen 16 l/s*ha_{red} bei V_{SR} = 400 m^3 und 7 l/s*ha_{red} bei V_{SR} = 170 m^3.

Die befestigte Fläche A_{red} (sowie die dazugehörige RWEntlastungsfläche A_s) wurden mit Regenereignissen der Häufigkeit n = 0,2 /a 'überregnet'. Dauer und Regenspende der einzelnen Regenereignisse sind dabei über das Zeitbeiwertverfahren und dem Basisregen $r_{15(1)}$ = 127 l/s*ha definiert.

Auf der Grundlage der oben angeführten Gleichungen 1 - 6 wurden für jedes A_{red} / A_s Verhältnis iterativ die größte RWAbflußspende Q_{2ab} ermittelt. Anschließend wurden diese Werte in Abb. 57 aufgetragen und über Linien verbunden.

Nach der Berechnung ergeben sich maßgebende Regenzeiten (T_m) von ca. 65 min bis 13 min bei einer abflußmengenentlastenden Speicherbewirtschaftung (RÜM, Fall B1) und ca. 50 min bis 20 min bei einer abflußspitzenentlastenden Speicherbewirtschaftung (RRM, Fall B2).

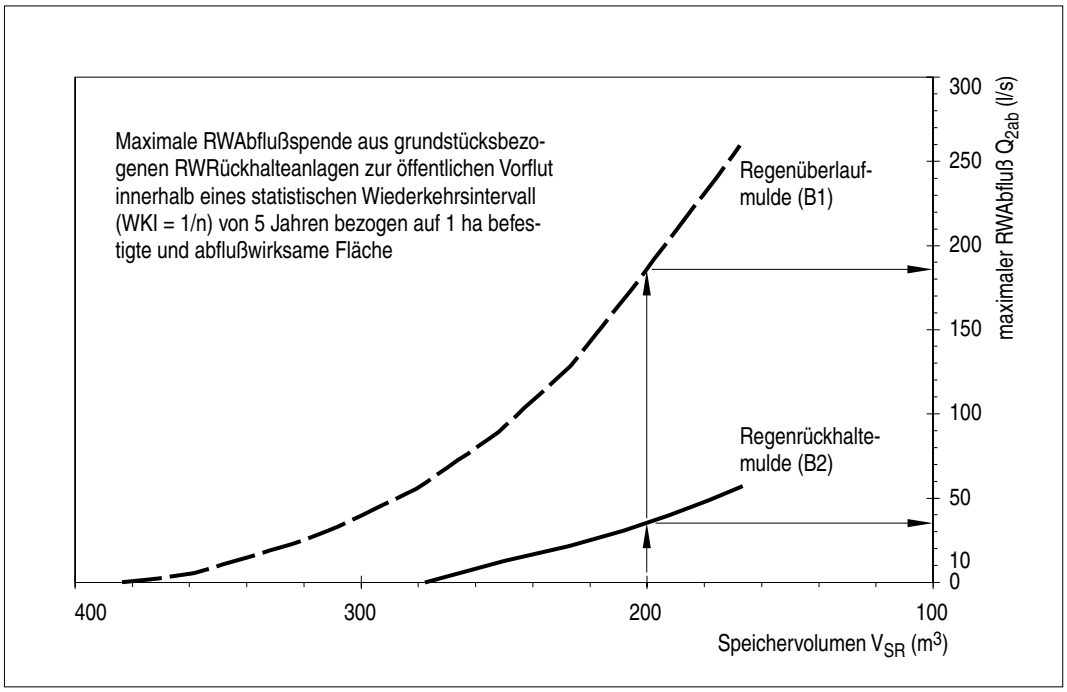


Abb. 57 RWAbflußspende aus grundstücksbezogenen RW-Rückhalteanlagen zur öffentlichen Vorflut

Das bei der RRM (Fall B2) scheinbar erst bei kleineren Speichervolumen eine RWAbleitung aus dem Grundstücksbereich notwendig wird, ist darin begründet, daß im Gegensatz zur RÜM die Überstauhöhe h_{SR2} und damit der Speicheranteil V_{SR2} ab Regenbeginn 'speicherwirksam' eingesetzt werden kann.

Dies ist deshalb möglich, weil die Speicherentlastung zur öffentlichen Vorflut bei der RRM unterhalb der Überlaufschwelle (RStE Kanalnetz) erfolgt. Der Fußpunkt des Graphen der RRM (Fall B2) kennzeichnet damit den vollständigen RWRückhalt im Grundstücksbereich (Fall A) und aufgrund der gleichen Bemessungsgrundlage (Zeitbeiwertverfahren) eine nach ATV Arbeitsblatt A-138 [1990] dimensionierte Versickerungsmulde.

Fazit

Nachdem die beiden grundlegenden Bewirtschaftungsstrategien für RWSpeicher dargestellt wurden, erfolgte eine weitergehende Untersuchung der Bewirtschaftungsmöglichkeiten von Kurzzeitspeichern. Aufgrund des Untersuchungsansatzes der vorliegenden Arbeit ist hierbei der unvollständige RWRückhalt im Grundstücksbereich (Fall B) mit einer außerhalb liegenden Vorflut von besonderem Interesse.

Nach einer qualitativen Untersuchung der hierbei möglichen zwei Bewirtschaftungsstrategien für eine grundstücksbezogene Versickerungsmulde lassen sich bereits folgende Tendenzen ableiten:

(1.) Die Abflußintensität des Regenwassers aus dem Grundstücksbereich wird mit kleiner werdenden spezifischen RWSpeichervolumen (m^3 / ha_{red}) bei einer grundstücksbezogenen Abflußmengenentlastung (Fall B1) *höher* als bei einer Abflußspitzenentlastung (Fall B2) sein.

(2.) Die versickerte und damit im Grundstücksbereich ökologisch wirksame RWMenge ist bei einer grundstücksbezogenen Abflußmengenentlastung (Fall B1) *wesentlich größer* als bei einer Abflußspitzenentlastung (Fall B2).

(3.) Die Belastung der Versickerungsflächen mit Regenwasser (Einstaudauer während eines Versickerungsereignisses sowie die Häufigkeit von Einstauereignissen) ist bei einer grundstücksbezogenen Abflußmengenentlastung (Fall B1) *wesentlich höher* als bei einer Abflußspitzenentlastung (Fall B2).

Daraus läßt sich ableiten, daß eine grundstücksbezogene Abflußspitzenentlastung besonders dort sinnvoll ist, wo sich aus architektonischen bzw. städtebaulichen Gründen nur sehr kleine spezifische RWSpeicherpotentiale aktivieren lassen. Desweiteren dort, wo aus nutzungsrelevanten Gründen (Vegetationsbestand, hoher Nutzungsdruck auf die Freiflächen) nur kurze und seltene Wassereinstauzeiten akzeptabel sind.

5.3.5 Auswirkungen einer grundstücksbezogenen Abflußspitzenentlastung auf Funktion und Gestaltung der Grundstücksentwässerungsanlagen

Voraussetzung für eine Abflußspitzenentlastung ist ein Rückstau innerhalb der Grundstücks- und Gebäudeentwässerungsanlage (vgl. Abb. 52). Dabei stellt sich die Frage, welchen Einfluß dieser Rückstau auf die Funktionsfähigkeit und das Anlagenkonzept ausübt.

Das Problem soll anhand einer für die Aufgabenstellung der vorliegenden Arbeit typischen Grundstücksentwässerungsanlage beispielhaft erörtert werden (Abb. 58, Abb. 59). Als Grundlage dient ein in [SenBauWohnen,1973] dargestellter und entwässerungstechnisch erläuterter Leitungsgrundriß. Städtebaulich kann diese Entwässerungsanlage ein 33 m langes und 11 m tiefes Gebäude einer Zeilenbebauung repräsentieren, welches in zwei separate Einheiten unterteilt wurde. Die Erschließung ist von der rechten Seite über einen privaten Anliegerweg im Zuge der Leitungstrasse möglich. Diese Situation ist u.a. mit der Zeilenbebauung Genfer Str. 45-115 im Untersuchungsbereich Berlin-Reinickendorf vergleichbar (siehe Abb. 8).

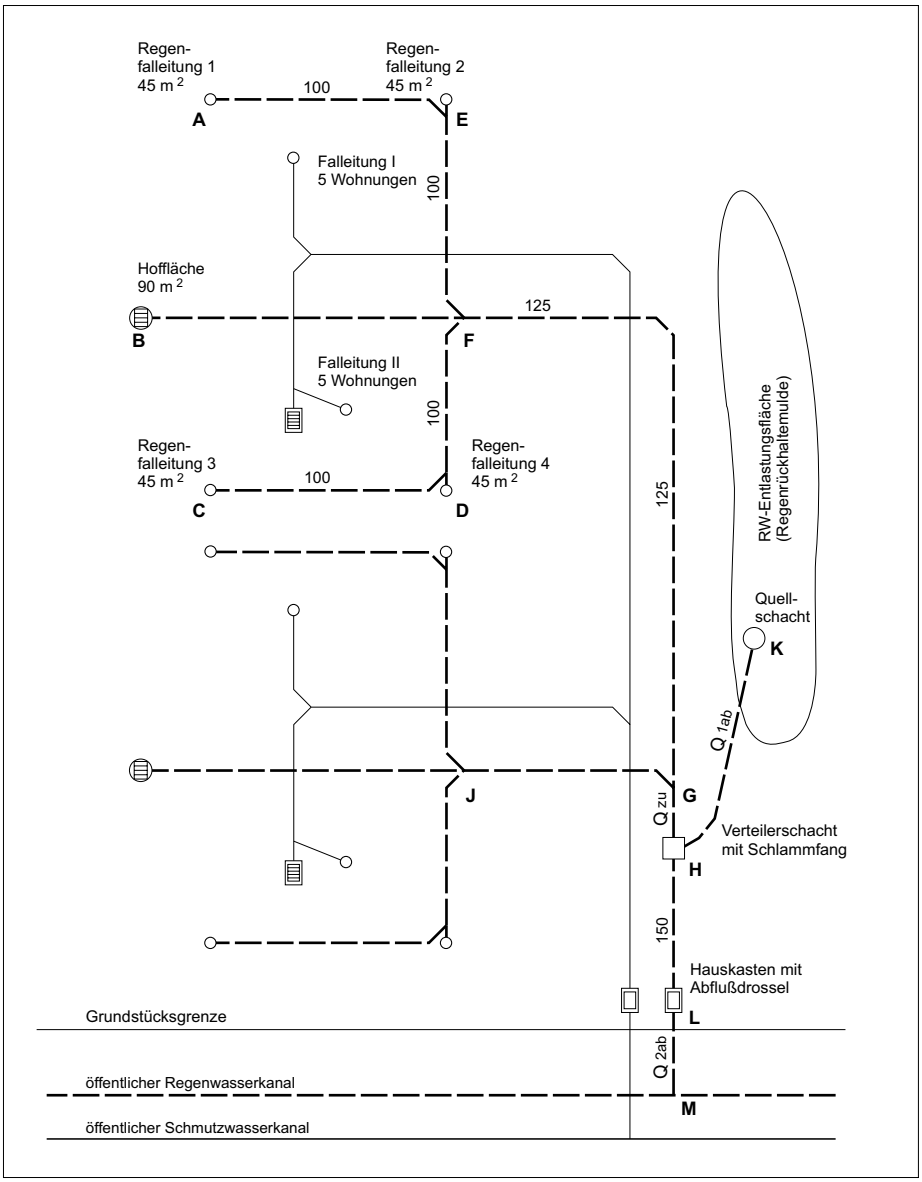


Abb. 58 Abflußspitzenentlastung, Leitungsgrundriß Entwässerungsbeispiel

Die in Abb. 58 dargestellte Grundstücksentwässerungsanlage wurde nach konventionellen, ableitungsorientierten Kriterien auf der Basis der DIN 1986 konzipiert. Um das Grundstück angemessen an einer umweltorientierten RWBewirtschaftung zu beteiligen, wird die RWAbleitungskapazität in das öffentliche RWEntsorgungssystem durch Einbau einer Abflußdrossel im Hauskasten bzw. Hausanschlußschacht (L) nachträglich begrenzt. In diesem Fall wird die RWAbleitungskapazität von vorher $q_{zu} = q_{ab} \geq 200$ l/s*ha_{red} auf $q_{2ab} = 30$ l/s*ha_{red} reduziert. Zusätzlich zur Abflußdrossel wird im Rohrleitungsabschnitt G - L ein Verteilerschacht angeordnet. Er hat die Aufgabe, nicht ableitbares Regenwasser ($Q_{1ab} = Q_{zu} - Q_{2ab}$) über die Rohrleitung H - K der grundstückseigenen RWEntlastungsfläche zuzuleiten. Der Verteilerschacht wird gleichzeitig als Schlammfang ausgebildet um grobe Verunreinigungen aus dem RWAblauf aufzunehmen. Die RWEntlastung erfolgt ausgehend vom Verteilerschacht (H) über eine frostfrei verlegte Rohrleitung H - K und einen Quellschacht (K). Das Regenwasser wird dabei, nach dem Prinzip kommunizierender Röhren, aus dem Quellschacht bis an die Geländeoberfläche gedrückt und breitet sich auf den dafür vorgesehenen RW-Entlastungsflächen aus. Nach dem Niederschlagsereignis erfolgt eine Entleerung des Rohrleitungssystems und je nach Höhe der Überlauf-

schwelle (ÜL) auch eine Ableitung zwischengespeicherten Regenwassers über die Abflußdrossel in den öffentlichen RWKanal.

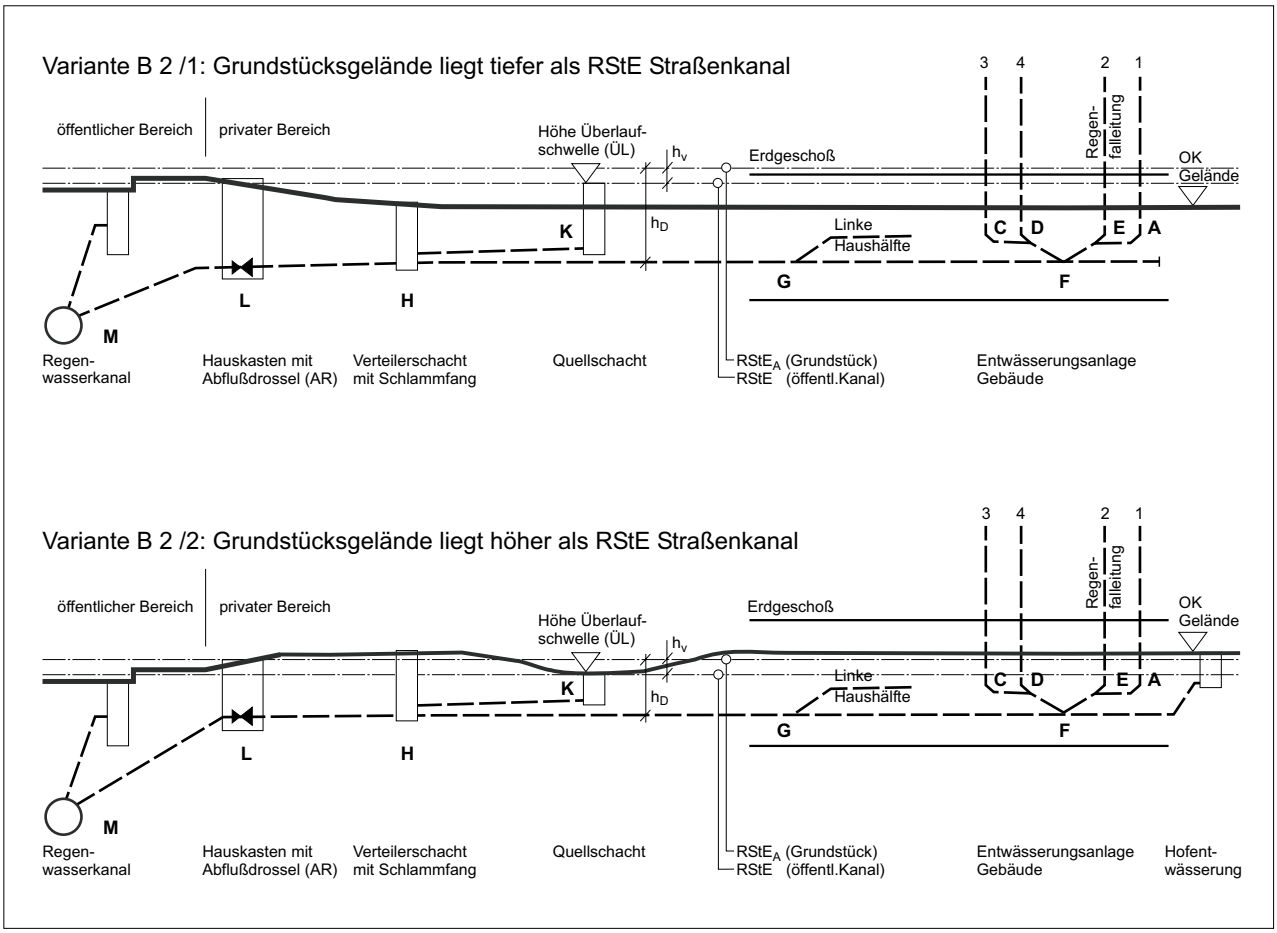


Abb. 59 Abflußspitzenentlastung B 2,
Leitungsschema zum Entwässerungsbeispiel Abb. 58 und den Varianten B 2 /1 und B 2 /2

Wird der RWAbfluß bei Überleitung in das öffentliche RWEntsorgungssystem gedrosselt, so kommt es bei stärkeren RWAbflußereignissen zu einem Rückstau in der Grundstücksentwässerungsanlage. Beginnend von der Abflußdrossel (L) füllen sich dabei die Rohrleitungen der Grundstücksentwässerungsanlage so weit auf, bis entweder das Ende des Regenereignisses erreicht ist, Regenwasser an einer anderen Stelle abfließen kann (K) oder bis das hydraulische Gefälle durch Überstau so groß wird, daß der RWAbfluß über die Abflußdrossel die Größe des RWZuflusses erreicht ($Q_{zu} = Q_{ab}$). Dabei laufen die geschilderten Vorgänge nicht isoliert voneinander ab, sondern überlagern sich entsprechend der momentanten Regenintensität und den spezifischen hydraulischen Bedingungen der jeweiligen Grundstücksentwässerungsanlage.

Folgenabschätzung auf der Basis der DIN 1986

Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke werden seit 1928 nach DIN 1986 geplant und ausgeführt. Die DIN-Vorschrift wurde seitdem mehrfach, zuletzt 1995 überarbeitet. Regenwasserleitungen im Grundstücksbereich werden im Normalfall nicht berechnet, sondern nach der anzuschließenden Niederschlagsfläche in Abhängigkeit zulässiger Gefälle und Rohrleitungsquerschnitte nach DIN 1986

Teil 2 Tab.12 bemessen. Lediglich bei Unterschreitung des vorgeschriebenen Mindestgefälles, bei großen Nenndurchmessern und bei Abfluß unter Rückstau ist ein rechnerischer Nachweis der hydraulischen Leistungsfähigkeit der Rohrleitungen zu erbringen [DIN 1986] [Feurich,1991,1033].

Grundlage für die Bemessungstabelle sowie für den gegebenfalls alternativ zu erbringenden rechnerischen Nachweis ist die vereinfachende Annahme einer stationär-gleichförmigen Strömung bei allen Abflußzuständen im Rohrleitungssystem. Darauf aufbauend ist für die Leitungsdimensionierung die Ableitung einer festgelegten maximalen Regenspende unter Einhaltung einer Mindestfließgeschwindigkeit maßgebend.

Als maßgebende Regenspende im norddeutschen Raum gelten 300 l/s*ha für Fall- und Anschlußleitungen bzw. 200 l/s*ha für Sammel- und Grundleitungen. Zur Erzielung einer ausreichenden Schleppspannung, um die Selbstreinigung der Leitungen zu gewährleisten, ist eine Mindestfließgeschwindigkeit von v = 0,7 m/s einzuhalten. Die notwendige Schleppspannung wird bei der Bemessung der liegenden RWLeitungen über die vorgegebenen Mindestgefälle, Nenndurchmesser und einen Füllungsgrad der Rohrleitungen von überwiegend h/d = 0,7 für den Bemessungsabfluß sichergestellt. Abhängig vom jeweils einzusetzenden Nenndurchmesser wird dabei die Mindestfließgeschwindigkeit überschritten (DN 100: v = 0,8 m/s, DN 125: v = 0,9 m/s; DN 150: v = 1,0 m/s, DN 200: v = 1,2 m/s). Eine Bemessung der Rohrleitungen nach DIN 1986 liegt demnach, was die Fließgeschwindigkeit betrifft, auf der 'sicheren Seite' [Feurich,1991,1037].

Bezogen auf das Beispiel der Entwässerungsanlage in Abb. 58 und Abb. 59 besteht die Gefahr unerwünschter Ablagerungen im Rohrleitungssystem infolge einer verringerten Fließgeschwindigkeit durch den provozierten Rückstau und einer RWAbflußentlastung innerhalb des Grundstücks. Dabei sind zwei Fälle zu unterscheiden: RWAbfluß bis zur Rohrleitungsstelle H und RWAbfluß in der Rohrleitungsstrecke H - M.

Folgt man dem hydraulischen Ansatz der DIN 1986, so nimmt die maßgebende Fließgeschwindigkeit im Rohrleitungssystem bis zur Rohrleitungsstelle H lediglich durch einen von h/d = 0,7 auf h/d = 1,0 vergrößerten Fließquerschnitt ab. Entsprechend den in der Entwässerung allgemein verwendeten Füllungskurven (z.B. [Feurich,1991,1034]), verringert sich damit die Fließgeschwindgkeit auf ca. 93 % ihres Ursprungswertes.

Betrachtet man die einer Bemessung zugrundeliegenden Fließgeschwindigkeiten von 0,8 m/s (DN 100) oder höher, so kann die in der DIN 1986 geforderte Mindestfließgeschwindigkeit von v = 0,7 m/s bei allen bemessenen Grundstücksentwässerungsanlagen eingehalten werden. Wurde die Leistungsfähigkeit der Entwässerungsanlage jedoch mit einer Fließgeschwindigkeit von 0,7 m/s *rechnerisch* nachgewiesen, so wird die Mindestfließgeschwindigkeit bei Vollfüllung der Rohrleitungen mit v = 0,65 m/s geringfügig unterschritten.

Dabei muß beachtet werden, daß nach Feurich [1991,1037] mit Hinweis auf Erfahrungen aus der Stadtentwässerung, die Begrenzung der Fließgeschwindigkeit auf v = 0,7 m/s zur Vermeidung von Ablagerungen im Rohrsystem als sehr sicher angesehen wird. So wird in der Stadtentwässerung generell empfohlen, beim *größten* RWAbfluß (= Bemessungsfall) im RWKanal *unabhängig von der Fülltiefe* eine Mindestfließgeschwindigkeit von 0,5 m/s bis 0,6 m/s nicht zu unterschreiten, um Sandablagerungen im Leitungssystem zu vermeiden [ATV,1994b,445] [Imhoff,1990,15] [Brombach,1982,44]. Demnach wäre auch bei rechnerisch ausgelegten Grundstücksentwässerungsanlagen mit einer Mindestfließgeschwindigkeit von v = 0,65 m/s eine ausreichend hohe Fließgeschwindigkeit gewährleistet. Ungeachtet dessen hält Feurich [1991,1037] bei *voller Füllung* von Gefälle- und Druckleitungen an einer Mindestfließgeschwindigkeit von 0,7 bis 1,0 m/s fest.

Im Unterschied zu der vergleichsweise geringfügigen Verringerung der Fließgeschwindigkeit in den Rohrleitungsabschnitten oberhalb H kommt es in der Rohrleitungsstrecke H - M zu einer deutlichen Reduzierung der maßgebenden Fließgeschwindigkeit durch einen verminderten RWAbfluß infolge Abflußentlastung auf dem Grundstück (Regenrückhaltemulde). Unter Zugrundelegung eines zulässigen Drosselabflusses zum öffentlichen RWEntsorgungssystem von q_{ab} = 30 l/s*ha_{red} und einem maßgebenden RWAbfluß in den Sammel- und Grundleitungen von q_{zu} = 200 l/s*ha_{red} nach DIN 1986, verringert sich der maßgebende Abfluß in der Rohrleitungsstrecke H - M auf ca. 15 % seines ursprünglichen Wertes. Damit wird die erforderliche Mindestfließgeschwindigkeit zur Reinhaltung der Rohrleitungen beträchtlich unterschritten. Dem Bemessungsansatz der DIN 1986 folgend, können Ablagerungen im Rohrleitungsabschnitt H - M sowie eine Verstopfung des Drosselorgans verhindert werden, wenn der Verteilerschacht H gleichzeitig als Schlamm- bzw. Sandfang ausgebildet wird.

Im Leitungsabschnitt L - M ist darüberhinaus die Gefahr für Ablagerungen aufgrund eines höheren Leitungsgefälles sehr niedrig. Nach Pfeiff sind die Anschlußkanäle in der Regel im Flach- wie Hügelland mit einem Durchmesser von DN 150, selten DN 200, ausgeführt und haben mit mindestens 1 %, meistens 2 % bzw. ausnahmsweise bis 5 % Gefälle [Pfeiff,1971,247].

Die Grundstücksentwässerungsanlage unterliegt aber nicht nur neuen Bedingungen bezüglich der Selbstreinigungskraft, sondern auch bezogen auf die Standfestigkeit und die Vorfluthöhe.

Anders als bei einer konventionell ausgerichteten Grundstücksentwässerungsanlage erfolgt die RWAbleitung im Bemessungsfall nicht im freien Gefälle, sondern unter Druckabfluß. Dabei kann sich innerhalb der Grundstücksentwässerungsanlage ein Wasserüberdruck (h_D) von ca. 1,5 bis 2,5 m aufbauen (siehe Abb. 59, Abb. 60). Die Größe des Wasserüberdruckes ist abhängig vom: Höhenunterschied zwischen dem Grundstücksgelände und der Fahrbahn (Fahrbahn über dem öffentlichen Vorflutkanal), der Tiefenlage der Entwässerungsleitungen auf den Grundstück und dem Fließhöhenverlust (h_v) im Entlastungsfall. Der Wasserüberdruck ist jedoch gering gegenüber den Dichtigkeitsanforderungen von h_D = 5 m nach DIN 1986 [DIN 1986-1,1988,14] bzw. DIN 4033.

Von besonderer Bedeutung für den unter Schwerkraft stattfindenden Wasserabfluß aus einem Bereich (in den nächsten Bereich) ist die Vorfluthöhe an der Bereichsgrenze (Abb. 60).

Die Vorfluthöhe für das auf dem Grundstück anfallende Regenwasser liegt bei einer konventionellen Grundstücksentwässerungsanlage in Höhe der Rohrsohle der Grundleitung am Hauskasten. Ausgehend von diesem Punkt entwickelt der mit der Planung betraute Ingenieur die Grundstücksentwässerungsanlage. Lage und Durchmesser der Rohrleitungen werden so konzipiert, daß die Sammel- und Grundleitungen fast vollständig gefüllt das Abwasser im freien Gefälle mit der erforderlichen Mindestfließgeschwindigkeit abführen. Damit der Abflußvorgang stattfinden kann, ist eine Energiehöhe erforderlich, die dem anlagenspezifischen Fließhöhenverlust (h_v) bei der maßgebenden Abflußbelastung der Entwässerungsanlage entspricht (Abb. 60, obere Darstellung).

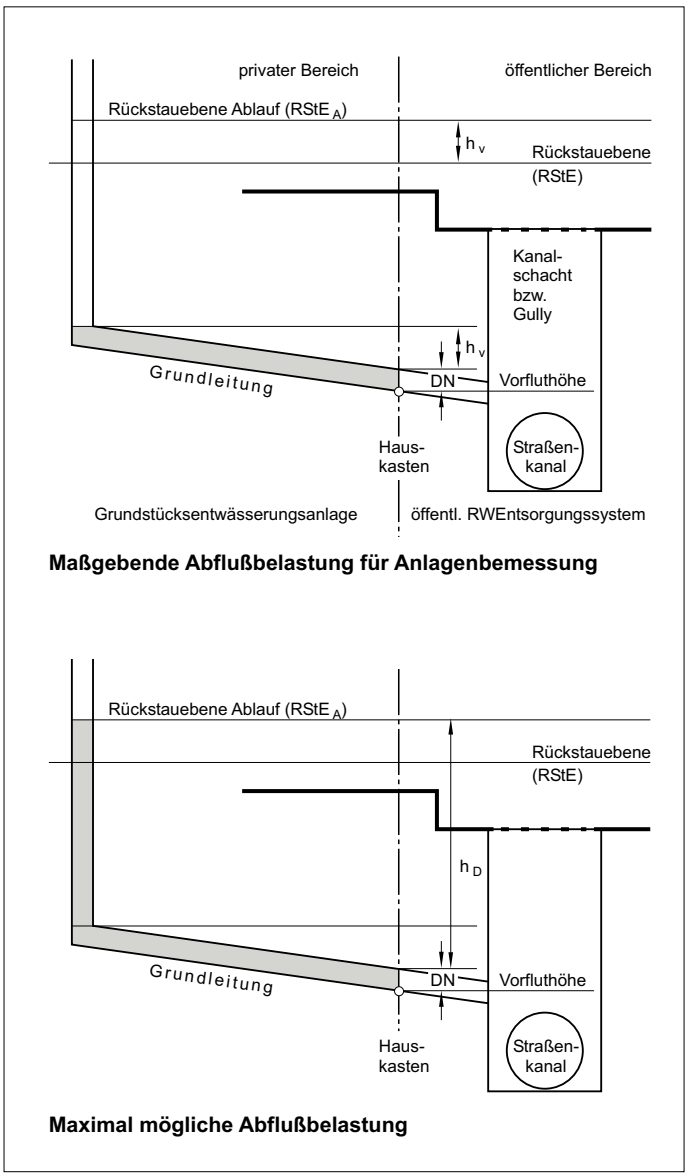


Abb. 60 Ableitkapazität der Grundstücksentwässerungsanlage

Nur in dem seltenen Fall einer eingeschränkten Vorflut zum öffentlichen RWAbleitungssystem kann die Vorfluthöhe bis auf die Rückstauebene ansteigen. In diesem Fall erfolgt die RWAbleitung unter Druck. Die Druckdifferenz (h_v) zwischen $RStE_A$ und der Rückstauebene garantiert den Wasserabfluß (siehe Punkt 5.3.2 Rückstauebene). Diese Tatsache und die baubehördliche Auflage, unterhalb der Rüc kstauebene Öffnungen im Rohrleitungssystem gegenüber austretendem Regenwasser zu sichern, schafft eine hohe Entwässerungssicherheit im Grundstücksbereich. Denn bei extremen Abflußereignissen im Grundstücksbereich und freien Abflußkapazitäten im Straßenkanal kann, durch Einstau der Grundstücksentwässerungsanlage bis in den Bereich der $RStE_A$, zusätzlich zum Sohlgefälle der Grundleitung ein beträchtliches Energiegefälle zur Erhöhung der Abflußkapazität innerhalb der Grundstücksentwässerungsanlage mobilisiert werden (Abb. 60, untere Darstellung). Diese zusätzliche, 'graue' Ableitungskapazität aus dem Grundstücksbereich steht bei einer planmäßig gedrosselten RWAbleitung aus dem Grundstücksbereich nicht mehr zur Verfügung. Damit werden künftig höhere Anforderungen an die Dimensionierung von Grundstücksentwässerungsanlagen bzw. an die langfristige Einhaltung ihrer Auslegungsparameter gestellt.

Die höchstmögliche Vorfluthöhe innerhalb der Grundstücksentwässerungsanlage, d.h. die Rückstauebene eines Ablaufs ($RStE_A$), erhöht sich bei einer grundstücksbezogenen Abflußspitzenentlastung um den Betrag des Fließhöhenverlustes durch die neu hinzukommenden Entwässerungselemente Verteilerschacht, Rohrleitungsstrecke H - K und Quellschacht. Dabei muß sichergestellt sein, daß die Entwässerungsanlage über den Quellschacht in ausreichenden Maße entlasten kann.

Beim vorliegenden Entwässerungsbeispiel wird bei einer ungedrosselten, vollständigen RWAbleitung aus dem Grundstücksbereich (d.h. ohne die Elemente Verteilerschacht, Rohrleitungsstrecke H - K und Quellschacht) nach SenBauWohnen [1973,803] eine Energiehöhe von h_v = 27 cm benötigt, um das Regenablaufwasser bei einem vollständigen Rückstau im Straßenkanal im Bemessungsfall abzuleiten zu können. Es kann abgeschätzt werden, daß sich im Zusammenhang mit der Abflußdrosselung die Energieverlusthöhe h_v und damit die höchstmögliche Vorfluthöhe oder $RStE_A$ bei der dargestellten Entwässerungsanlage je nach Ausführungsart um 10 bis 20 cm erhöht.

Erörterung der realen Abflußvorgänge und hypothetische Folgenabschätzung

Die nur auf den Höchstabfluß bezogene Anlagenbemessung nach DIN 1986 stellt eine starke Vereinfachung der wirklichen, über einen bestimmten Betrachtungszeitraum auftretenden Abflußzustände dar. Gleichwohl funktionieren die so bemessenen Grundstücksentwässerungsanlagen unter den heutigen Bedingungen eines ungehinderten Abflusses zum öffentlichen RWAbleitungssystem ohne Beanstandungen.

Abflüsse im Bereich von RW-Ableitungssystemen sind aufgrund von Gefällewechsel, Zusammenführung von Volumenströmen, Änderung des Abflußquerschnittes oder aufgrund der sich verändernden Regenspende während eines Regenereignisses grundsätzlich ungleichförmig und instationär. In diesem Zusammenhang können die Fließzustände örtlich und zeitlich zwischen strömenden und schießenden Abfluß wechseln. Eine Einschätzung der realen Abflußverhältnisse ist aufgrund der Komplexität nicht Gegenstand dieser Arbeit und sollte weiterer Forschungsarbeit vorbehalten bleiben.

Dennoch können einige qualitative Aussagen getroffen werden, in welchen Bereichen oder unter welchen Abflußbedingungen vorrangig mit Problemen im Zusammenhang mit einer gedrosselten RWAbleitung aus den Grundstücksbereich gerechnet werden muß.

Läßt man einmal den seltenen Fall des Bemessungsabflusses außer acht, so hat die weit überwiegende Anzahl der Regenereignisse wesentlich geringere Regenspenden (Abb. 47). Bei sehr kleinen Abflußspenden fließt das Regenwasser nur bei einem geringen Füllungsgrad der Rohrleitungen ab. Da der Abfluß unter diesen Bedingungen vermutlich schießend erfolgt, sind Ablagerungen, aufgrund der durch den Fließwechsel verbundenen Erhöhung der Fließgeschwindigkeit kaum zu befürchten.

Demgegenüber dürften kleinere Abflußspenden, die schon so intensiv sind, daß der Füllungsgrad der Rohrleitungen die Grenztiefe h_{gr} zum strömenden Abfluß bereits überschritten hat, und bei dem der einsetzende Stau vor der Abflußdrossel sich auf das gesamte Fließgeschehen in den Grundleitungen auswirkt, die Wahrscheinlichkeit für Ablagerungen erhöhen. Andererseits bleiben durch das Blockregenprinzip kurzzeitige Abflußspitzen innerhalb eines Regenereignisses unbeachtet. Betrachtet man Abb. 45, so könnte z.B. ein Frühspitzenregen für einen deutlichen Spülschwall in den Entwässerungsleitungen sorgen und Verunreinigungen in den Verteiler- bzw. Schlammschacht befördern, wo sie dann planmäßig entfernt werden.

Die Selbstreinigung wird umso wirkungsvoller sein, je größer die aus der DIN 1986 Bemessung resultierenden Fließgeschwindigkeiten beim Bemessungsabfluß sind und je größer der spezifische, auf das

Rohrleitungsvolumen der Grundstücksentwässerungsanlage bezogene, RWAbfluß ist. Das bedeutet, bei größeren Grundstücken mit einem vergleichsweise hohen Anteil an abflußwirksamer Fläche sind die geringsten Probleme durch Rohrablagerungen im Zusammenhang mit einer nachträglichen Abflußbegrenzung ins öffentliche RWEntsorgungssystem zu erwarten.

Im folgenden sollen die baulichen Auswirkungen bzw. Anforderungen einer grundstücksbezogenen Abflußspitzenentlastung auf bestehende bzw. neu zu errichtende Entwässerungsanlagen untersucht werden. Dies bildet die Grundlage, um im Anschluß daran die baulichen Ansprüche an die Grundstücksentwässerungsanlagen und mit ihnen die Einschränkungen bzw. Freiheiten bei der Freiraumgestaltung für abflußspitzenentlastende RWBewirtschaftungsmaßnahmen mit denen für abflußmengenentlastende vergleichen zu können.

Auswirkungen auf die bauliche Gestalt der Grundstücksentwässerungsanlagen

Voraussetzung für eine Reduzierung der RWAbleitungskapazität zum öffentlichen RWEntsorgungssystem ist, neben dem Einbau einer Abflußdrossel (L), die Öffnung des bei einer konventionellen Grundstücksentwässerungsanlage geschlossenen RWAbleitungsweges auf dem Grundstück. Am zweckmäßigsten erfolgt die Öffnung der Grundleitung, nachdem alle Regenabflüsse des Grundstücks zusammengeführt wurden (Stecke G - L) (Abb. 59).

Am einfachsten läßt sich die Abflußspitzenentlastung baulich realisieren, wenn der Bereich oberhalb der Rohrleitungsstrecke G - L als RWEntlastungsfläche zur Verfügung steht. Ist dies der Fall, so kann ein nach oben hin wasserdurchlässig gestalteter Schacht die Verteilung der Abflußströme Q_{1ab} und Q_{2ab}, die Aufnahme von Sedimenten aus dem RWAbfluß sowie die Überleitung des Regenwassers auf die Entlastungsflächen übernehmen.

Kann die Fläche oberhalb des Rohrleitungsabschnittes G - L nicht als RW-Entlastungsfläche genutzt werden, so ist ein separater Verteilerschacht mit Schlammfang an der Stelle H vorzusehen. Ausgehend von diesem Verteilerschacht wird der auf dem Grundstück zu versickernde RWAbfluß Q_{1ab} über eine unterirdisch und frostfrei verlegte Rohrleitung H - K zur RW-Entlastungsfläche geleitet, wo ein separater Quellschacht (K) zur Überleitung des RWAbflußanteils Q_{1ab} auf die RW-Entlastungsfläche dient. Die angeführten Schächte brauchen dabei nicht begehbar ausgeführt werden und können somit wesentlich geringere Abmessungen erhalten.

Prinzipiell möglich ist auch, die Verteilung des Volumenstroms Q_{1ab} weitgehend ohne zusätzliche Einbauten über das vorhandene Rohrleitungssystem bei Druckabfluß vorzunehmen. Das wäre baulich gesehen die einfachste Variante und würde gestalterisch die größten Freiheiten beinhalten. Als Auslaß bzw. Auslässe bieten sich die Systemstellen A bis E (sowie analog dazu, die der linken Haushälfte) an. Die Ableitung des Regenwassers von einer Auslaßstelle zur dazugehörigen RWEntlastungsfläche könnte über Rohrleitung oder Rinne erfolgen. Aufgrund der hierbei ungeklärten Fließverhältnisse in Bezug auf die Ablagerungsgefahr in den Rohrleitungen wird diese Variante im Rahmen der vorliegenden Arbeit aber nicht weiter berücksichtigt.

Um die Ansprüche einer grundstücksbezogenen Abflußspitzenentlastung an die bauliche Gestaltung der Grundstücksentwässerungsanlagen auch in Bezug zu einer Abflußmengenentlastung untersuchen zu können, sind zwei grundsätzliche Situationen zu unterscheiden (Abb. 59): das Grundstücksgelände liegt tiefer (Variante B 2 /1) oder höher als die Rückstauebene (RStE) des öffentlichen RWKanals an der Anschlußstelle (Variante B 2 /2).

Wesentliches Kriterium für den Schutz des Grundstücks vor Rückstau von grundstücksfremden Regenwasser ist die Höhe der Überlaufschwelle (ÜL) (siehe auch Abb. 52). Um ein Austreten von Kanalwasser bei Rückstau zu verhindern, ist die Überlaufschwelle unabhängig von der RWRückhaltestrategie mindestens so hoch wie die RStE des öffentlichen RWKanals an der Anschlußstelle zu legen. Damit ist die Höhe der Überlaufkante des Quellschachtes unabhängig von der Grundstückshöhe festgelegt. Hieraus folgt, daß die Überlaufschwelle bzw. der Überlaufschacht bei Grundstückshöhen unterhalb des öffentlichen Straßenlandes (Abb. 59, Fall A) aus der Grundstücksfläche herausragen muß. Gleichzeitig ist der Verteilerschacht (H), sofern er als separater Schacht auszuführen ist, wasserdicht auszubilden, damit an dieser Stelle kein Wasser austreten kann. Dies erschwert allerdings die Entnahme der im Schlammfang zurückgehaltenen Stoffe.

Bei Grundstücken, die höher als die RStE des öffentlichen RWKanals liegen, ist man bezüglich der Höhe der Überlaufschwelle flexibler (Abb. 59, Fall B). Ist es erforderlich, tief liegende Flächen zu entwässern (z.B. Hofentwässerung), so wird man bestrebt sein, den Quellschacht möglichst tief zu legen, um die für die RWAbleitung erforderliche Fließhöhe (h_v) in Hinblick auf den tiefliegenden Hofablauf zu gewährleisten. Eine Hofflächenentwässerung ist im Fall A auch bei einer konventionellen RWAbleitung über das öffentliche RWAbleitungssystem nicht statthaft. Ist sie aber dennoch vorhanden, so sind diese Flächen im Zuge der grundstücksbezogenen RW-Abflußbegrenzung von der Entwässerungsanlage abzukoppeln. Die Entwässerung dieser Flächen kann über den Seitenraum mit anschließender Versickerung sichergestellt werden.

Ein wesentlicher Bestandteil der Abflußspitzenentlastung ist die Abflußdrossel im Hauskasten, am Übergang zum öffentlichen RWEntsorgungssystem. Die hierfür in Frage kommenden Abflußdrosseln sollten keine aufwendigen baulichen Veränderungen an den öffentlichen oder privaten Entwässerungsanlagen erfordern, eine hohe Robustheit gegenüber Verstopfung und Alterung aufweisen, preiswert in der Anschaffung sein und eine nachträgliche Veränderung des Drosselabflusses zulassen. Diese Anforderungen erfüllen derzeit am besten Drosselschieber oder Wirbelventile. Dabei steht die Entwicklung derart kleiner, bisher in der Kanalisationstechnik nicht benötigter Drosselorgane noch in den Anfängen. So wurden in jüngster Zeit, speziell für die RWBehandlung vertikale Wirbelventile mit geringen Bemessungsdurchflüssen von $Q_{max} \geq 2$ l/s, bei einem offenen Durchflußquerschnitt von DN $\geq$ 40 mm und einem Arbeitsbereich von h_b = 2 m entwickelt [UFT,1995]. Damit lassen sich bereits RWAbflüsse von befestigten Flächen $\geq$ 700 m^2 auf einen Drosselabfluß von 30 l/s*ha_{red} begrenzen.

Kann die Verstopfungsgefahr, nicht zuletzt durch den vorgeschalteten Absetzraum (Schlammfang an der Stelle H), vernachlässigt werden, so lassen sich schon heute, z.B. über feste Lochblenden oder verstellbare Kegelventile wesentlich geringere Drosselabflüsse einfach und preisgünstig realisieren. Die Entwicklung bzw. Auswahl von geeigneten Abflußdrosseln, insbesondere für sehr kleine RWAbflüsse und somit kleine Grundstücke bzw. Grundstücke mit einem vergleichsweise geringen RWAbfluß, erfordert umfangreiche Untersuchungen, die nachfolgenden Forschungsarbeiten vorbehalten bleibt.

Freiheiten und Grenzen für die Freiraumgestaltung

Gegenstand der vorliegenden Arbeit sind Wohnsiedlungsgebiete, in denen eine vollständig dezentrale RWBeseitigung innerhalb der Grundstücke nicht möglich ist. Daraus wird im Fortgang der Untersuchung die Schlußfolgerung gezogen, daß jedes Grundstück in irgend einer Form an das öffentliche RWEntsorgungssystem angeschlossen sein muß.

Betrachtet man die beiden möglichen Entwässerungssituationen in Abb. 59 bezüglich der Geländeverhältnisse, so ist eine Übernahme von RWBewirtschaftungsaufgaben durch den Grundstücksbereich bei einer rückstaugefährdeten Vorflut im Fall A *nur* über eine Abflußspitzenentlastung und im Fall B über eine Abflußspitzen- oder eine Abflußmengenentlastung möglich. Diese Aussage soll im folgenden erläutert und vertieft werden.

Bei einer Abflußmengenentlastung befindet sich die Überlaufschwelle, die das Grundstück vor fremden Regenablaufwasser schützt *im* RWAbleitungsweg (Abb. 52). Liegt das Grundstück nun tiefer als die RStE und somit tiefer als die Überlaufschwelle (Abb. 59, Fall A), so kann der nicht auf dem Grundstück zu beseitigende RWAnteil, aufgrund der zu hoch liegenden Überlaufschwelle, nicht in das öffentliche RWEntsorgungssystem übergeleitet werden. Anders die Situation bei einer Abflußspitzenentlastung, hier befindet sich die Überlaufschwelle im Nebenschluß, vor dem Entlastungsspeicher. Dadurch bleibt die Verbindung zum öffentlichen Entsorgungssystem ständig erhalten.

Liegt das Grundstück höher als die RStE (Abb. 59, Fall B), so wird bei einer Abflußmengenentlastung *sämtliches* Regenablaufwasser über die Versickerungsfläche geleitet. Der nicht auf dem Grundstück zu versickernden RWAnteil wird über den Muldenüberlauf (Überlaufschwelle) ins öffentliche Entsorgungssystem abgeführt.

Bezüglich der Höhenlage der Versickerungsflächen ist man, unter den Bedingungen der Abflußmengenentlastung und eines höher als die RStE gelegenen Grundstücks, gestalterisch nur an die Mindesthöhe der Überlaufkante (Mindesthöhe = RStE) gebunden. Aufgrund des Abflusses im freien Gefälle sollte jedoch der Zuleitungsweg frei von größeren Hindernissen sein (z.B. eine Geländemulde oder ein rinnenausschließendes Nutzungs- bzw. Gestaltungskonzept im Bereich der Zuleitungstrasse), da eine einmal aus konstruktiven oder gestalterischen Gründen notwendig gewordene Tiefe des Wasserspiegels auf dem RWAbleitungsweg (z.B. durch unterirdische Querung eines Hindernisses über Rohrleitung) nicht mehr rückgängig gemacht werden kann. Zusammen mit den Fließhöhenverlusten weiterer, in Entwässerungsrichtung folgender Entwässerungselemente können so, unter ungünstigen Bedingungen u.a. tiefe Entlastungsflächen notwendig werden, die sich gestalterisch meist nur schwierig handhaben lassen. Der Abfluß im freien Gefälle ist bei abflußmengenentlastenden RWBewirtschaftungsmaßnahmen zwingend, da die Vorfluthöhe zum öffentlichen Entsorgungssystem durch die im RWAbleitungsweg stehende Überlaufschwelle eine Entleerung des Leitungssystems außerhalb von Regen- bzw. Abflußereignissen nicht zuläßt (Abb. 52). Eine Entleerung ist notwendig um die Frostsicherheit der Anlagen zu gewährleisten.

Im Unterschied dazu ermöglicht der unterhalb der RStE weiterhin geschlossene RWAbleitungsweg, bei abflußspitzenentlastenden RWBewirtschaftungsmaßnahmen auf der Ableitungstrasse befindliche Hindernisse über einen Düker zu unterqueren (Abb. 59, Leitungsabschnitt H - K). Die Entleerung der gefüllten Leitungsabschnitte am Ende eines Regen- bzw. Abflußereignisses erfolgt problemlos über die Abflußdrossel ins öffentliche RWEntsorgungssystem. Die RWBewirtschaftungsflächen werden, anders als bei einer Abfußmengenentlastung, nicht bei jedem abflußrelevanten Regenereignis für die RWEntsorgung in Anspruch genommen, sondern - durch die andersartige Speicher- und Schwellenanordnung - nur bei seltenen Abflußereignissen eingestaut (Abb. 52).

Da die Grundleitungen bestehender Grundstücksentwässerungsanlagen nach DIN 1986 mindestens in frostfreier Tiefe angeordnet wurden, können diese aufgrund der zu hohen Tiefe nur bei abflußspitzenentlastenden RWBewirtschaftungsmaßnahmen auf dem Grundstück weiterbenutzt werden. Eine abflußmengenentlastende RWBewirtschaftung auf dem Grundstück erfordert hingegen eine oberirdische

RWAbleitung bis zu den RWBewirtschaftungsflächen, und somit in Bestandsgebieten die Stillegung der bisherigen, unterhalb des Geländeniveaus liegenden Anlagenabschnitte.

Aus den oben gemachten Ausführungen kann in Bezug auf die Freiraumgestaltung der Grundstücksflächen zusammenfassend abgeleitet werden:

Durch die Möglichkeit, das Regenwasser auf dem Grundstück unter Druckabfluß ableiten zu können, wird bei einer abflußspitzenentlastenden RWBewirtschaftung eine hohe Flexibilität bezüglich der horizontalen und vertikalen Lage der RWBewirtschaftungsflächen erreicht.

Damit lassen sich, von der Lage her gesehen, wesentlich mehr Freiflächen für RWBewirtschaftungsmaßnahmen nutzen, als bei einer Abflußmengenentlastung. Dieser Vorteil zeigt sich besonders in Bestandsgebieten, in denen das Geländerelief und die Nutzungsstrukturen der Freiflächen stark von historischen Einflüssen geprägt sind, und bei denen sich deshalb hohe, entwässerungstechnisch bedingte Freiflächenansprüche nur schwer durchsetzen lassen.

Hindernisse auf der RWAbleitungstrasse zur Entlastungsfläche, wie streckenweises Gegengefälle, Verkehrsflächen, gärtnerisch genutzte Flächen, intensiv genutzte Spielflächen etc. können durch Rohrleitungen, ohne große Höhenverluste unterfahren werden. Die gestalterisch sehr markanten und wartungsintensiven Rinnen brauchen nicht eingesetzt werden.

Aufgrund des Druckabflusses im Entlastungsfall, kann die Sohle der RWEntlastungsfläche tendenziell höher gehalten werden. Das läßt sich damit begründen, daß bei einer Abflußmengenentlastung die Sohlhöhe des im freien Gefälle erfolgenden Zuflusses die höchste Wa7sserspiegellage über der Entlastungsfläche vorgibt. Demgegenüber ist bei einer Abflußspitzenentlastung, durch eine Zuleitung nach dem Prinzip kommunizierender Röhren, nur der Mindestfreibord gegenüber dem angrenzenden Geländeniveau maßgebend. Die dadurch oft flacheren Speichermulden lassen sich in der Regel besser in das Gestaltungs- und Nutzungskonzept der Freiflächen einordnen.

In Bestandsgebieten brauchen die bisher genutzten Grundstücksentwässerungsanlagen nur außerhalb der Gebäude durch vergleichsweise wenige Entwässerungselemente ergänzt werden. Dadurch bleiben die entwässerungstechnisch bedingten Eingriffe, infolge einer grundstücksbezogenen Abflußspitzenentlastung, in den Grundstücksbereich auch aus dieser Sicht gering.

Durch die im Vergleich zu einer Abflußmengenentlastung seltenen Einstauereignisse wird eine höhere Verträglichkeit mit anderen Nutzungen erreicht. So lassen sich auch Flächen mit untergeordneten Nutzungen, wie Kfz-Stellplätze, selten benutzte Wege, extensiv genutzte Spielflächen, Gehölzareale und dergleichen für einen RWRückhalt nutzen.

Diese Aufzählung zeigt, daß abflußspitzenentlastende RWBewirtschaftungsmaßnahmen sehr breit angewendet werden können, nicht zuletzt deshalb, weil sie einen größeren gestalterischen Spielraum bei der Freiflächenkonzeption zulassen.

Voraussetzung dafür ist jedoch, daß eine differenzierte Entwässerungssicherheit bei der Entsorgung grundstücksbezogener RWAbflüsse zu einem Bewertungskriterium bei der Abrechnung öffentlicher RWEntsorgungsleistungen bzw. der Inanspruchnahme von Umweltpotentialen wird.

5.4. Ökologische, ökonomische und ordnungspolitische / ordnungsrechtliche Einflüsse

Neben naturräumlichen, städtebaulich-architektonischen und entwässerungstechnischen Einflußgrößen werden zukünftige Entwässerungsstrukturen vor allem auch von ökologischen und ökonomischen Randbedingungen geprägt. Aufgabe der Ökologie ist dabei, eine möglichst langfristige und verläßliche Zielvorgabe für eine umweltschonende Siedlungswasserwirtschaftung zu entwickeln und für den Weg dahin gewichtete Entwicklungsschwerpunkte abzuleiten. Die ökonomischen Disziplinen haben die Aufgabe, die für die Gemeinschaft effektivsten Mittel und Wege zur Erreichung der demokratisch legitimierten Umweltziele aufzuzeigen.

Um das umweltpolitische Ziel einer umweltschonenderen Regenentwässerung zu erreichen, gibt es im wesentlichen zwei Wege, welche verkürzt als ordnungspolitischer und marktwirtschaftlicher Weg bezeichnet werden können.

Der ordnungspolitische Weg

Beim ordnungspolitischen Weg soll das Ziel, umweltfreundlich zu entwässern, über Gesetze und Verordnungen erreicht werden. Als Hauptprobleme sind hier zu nennen:
- territorial und sachbezogen unterschiedliche Regelungen durch unterschiedliche Zuständigkeiten;
- ungenügende Berücksichtigung nutzer- und vorhabenspezifischer Bedingungen;
- schleppende und unvollkommene Anpassung des Regelwerks an wissenschaftlich-technische Erkenntnisse;
- Vollzugsdefizite durch aufwendige Kontrollen und ungenügende Sanktionen.

Andererseits lassen sich nur über den ordnungspolitischen Weg die örtlich spezifischen Interessen der betroffenen Bürger berücksichtigen.

Der marktwirtschaftliche Weg

Der marktwirtschaftliche Weg geht davon aus, daß die Bürger und die Wirtschaft durch entsprechende Preismechanismen dafür gewonnen werden, *selbst* für die Einhaltung umweltpolitischer Zielstellungen einzutreten. Die materiellen Anreize können dabei unmittelbar über den Preis einer Leistung wirken oder können in der Aussicht bestehen, durch einen Imagegewinn und einer damit verbesserte Marktp osition des Unternehmens perspektivisch Extragewinne zu erzielen. Nach Meyer [1997,26f] erhält der marktwirtschaftliche Weg zukünftig für eine nachhaltige Stadtentwicklung eine besondere Bedeutung.

Mit dem marktwirtschaftlichen Weg werden auch liberale Aspekte berücksichtigt, die darin bestehen, daß der Bürger in bestimmten Grenzen selbst entscheiden kann, wie und durch wen er die Ver- oder Entsorgung vornehmen lassen will. Dabei sind - stärker als beim ordnungspolitischen Weg - ökologische Ansprüche einem direkten und individuellen Vergleich mit anderen Lebensansprüchen ausgesetzt. Daß dabei ökologische Ziele meist nur auf Umwegen zu erreichen sind, ist verständlich.

Siebel [1989] und Häußermann [1989] machen darauf aufmerksam, daß ökologisch schädliche Verhaltensweisen ursächlich eng verknüpft sind mit durchaus positiven Werten unserer städtischen Lebensweise. Es ist der Wunsch nach Emanzipation von naturgegebenen Zwängen, die Hoffnung auf Entlastung von Arbeit und Verbindlichkeiten, um ein selbständiges Leben führen zu können.

Ökologische Prinzipien verlangen eine Veränderung unserer Lebensweise, die mit technischen Neuerungen, ökonomischen Anreizen und rechtlichen Beschränkungen allein nicht durchsetzbar ist. Nach Siebel wird eine ökologisch verantwortliche Stadt- und Haustechnik deshalb scheitern müssen, wenn sie sich im Kern nur auf die Einsicht in Notwendigkeiten berufen kann. Erst wenn ökologische Prinzi-

pien versöhnt sind mit den Hoffnungen auf Entfaltung von Individualität, Befreiung vom Zwang zur Arbeit und sozialer Gerechtigkeit, werden sie erfolgreich sein und erst dann werden die aus einer veränderten RWEntsorgung erwachsenden neuen Zwänge verinnerlicht.

Anders als in den anderen Versorgungswirtschaften spielen marktwirtschaftliche Faktoren bei der Siedlungswasserwirtschaft und hier besonders bei der Stadtentwässerung bisher nur eine untergeordnete Rolle, da die Stadtentwässerung ein klassisches Gebiet der öffentlichen Daseinsvorsorge ist. Betrachtet man die Entwicklung der Großstädte in der 2.Hälfte des 19.Jh., so war der planmäßige Aufbau einer geregelten, hygienischen und für alle Bewohner verfügbaren Wasserver- und -entsorgung das erste Gebiet, auf dem die Kommunen *vorsorglich und fürsorglich* Einfluß auf das Grundbedürfnis breiter Bevölkerungsschichten nach einer hygienischen Wohn- und Arbeitsumwelt nahmen. Insofern ist die Stadtentwässerung auch ein Entstehungsbereich der öffentlichen Daseinsvorsorge.

Die Stadtentwässerung blieb bis in unsere Tage ein Gebiet, in der die öffentliche Hand nicht nur ordnende, sondern vor allem auch leistende Funktionen übernimmt. So ist die Stadtentwässerung fast ausschließlich als Teil der kommunalen Verwaltung, als öffentlich-rechtlich konstituierter Abwasserverband oder als privatwirtschaftlich organisierter Eigenbetrieb der Kommune organisiert. Diese enge Verbindung zwischen wasserrechtlicher Genehmigungsbehörde und dem WEU führt in der Praxis aber auch vielfach zu entwicklungshemmenden Interessenüberschneidungen.

Bereits spätestens Anfang der 1970er Jahre wurde der wachsende Konflikt zwischen der beabsichtigten *Grundversorgung* und immer höheren Ansprüchen der Menschen auf immer weitere Vorsorge für das Dasein deutlich [ARL,1970,431]. Dieser Konflikt, der in immer höheren finanziellen Ausgaben der Kommune, zunehmender Ungerechtigkeit bei der Finanzierung durch die Bürger, der Gefahr wachsender Unselbständigkeit und schwindendem Verantwortungsbewußtsein der Menschen für die Umwelt- und Lebensgestaltung gipfelt, ist besonders in der heutigen Zeit unter dem Eindruck leerer öffentlicher Kassen wieder aktuell.

Anhaltspunkt bei der heutigen Diskussion um Ausgliederung von Leistungsteilen aus dem öffentlichen Verantwortungsbereich und deren Privatisierung kann Niemeier geben: "Das eigentliche Ziel der öffentlichen Daseinsvorsorge ist primär - und darin könnte und sollte auch ihre Grenze liegen - die Herstellung einer ausreichenden Grundausstattung des Raumes. (...) Aber in all diesen Richtungen und Zweigen werden die Anforderungen an die Qualität der Infrastruktur immer höher. Ziel ist eine immer mehr verbesserte Vitalsituation" [ARL,1970,433]. Unter diesem Gesichtspunkt betrachtet, ist die Beibehaltung der heute hohen Entwässerungssicherheit im öffentlichen Netz mit dem Argument der Daseinsvorsorge nicht begründbar (siehe dazu Zitat von Sieker [1991a,17] auf S.120).

In den folgenden Betrachtungen geht es um Einschränkungen bei der Regenwasserableitung. Diese ökologisch und ökonomisch motivierte Begrenzung des RWAbflusses von Siedlungsflächen kann, wie eingangs dargestellt, auf verschiedenen Wegen durchgesetzt werden. Im folgenden sollen die heute im wesentlichen ausgesprochenen *Beschränkungen* sowie ggf. die wirtschaftlichen *Anreize* zu einer Verringerung der direkten RWAbleitung dargestellt und diskutiert werden.

5.4.1 Beschränkungen und Anreize zur Verringerung der RWAbleitung

Festlegungen zur Begrenzung der RWAbleitung werden an verschiedenen Stellen des RWAbleitungsweges vorgenommen. Zur Verdeutlichung des Sachverhaltes ist es sinnvoll, das Regenentwässerungssystem gedanklich in die drei Teilsysteme privates Grundstück (1), öffentliches Entwässerungssystem (2) und öffentliches Gewässer (3) zu zerlegen (siehe Abb. 61). Somit erlangen die eigentumsrechtlich definierten Schnittstellen Grundstück - öffentliches Entwässerungssystem (▶) und öffentliches Entwässerungssystem - öffentliches Gewässer (▷) für die Regenwasserbeseitigung eine besondere Bedeutung.

Im Zusammenhang mit der dezentralen RWBeseitigung erlangt eine weitere Schnittstelle zunehmend an Bedeutung. Es ist dies die Schnittstelle Grundstück - öffentliches Gewässer, welche besonders infolge grundstücksbezogener und unterirdischer Versickerungsverfahren (Rigolen-, Rohr-, Schachtversickerung) eine Rolle spielt. Da das öffentliche Gewässer Grundwasser bei diesen Versickerungsverfahren nicht durch eine biologisch aktive Bodenzone geschützt ist, gilt diese Art der RWBeseitigung wasserrechtlich als genehmigungsbedürftige Gewässerbenutzung.

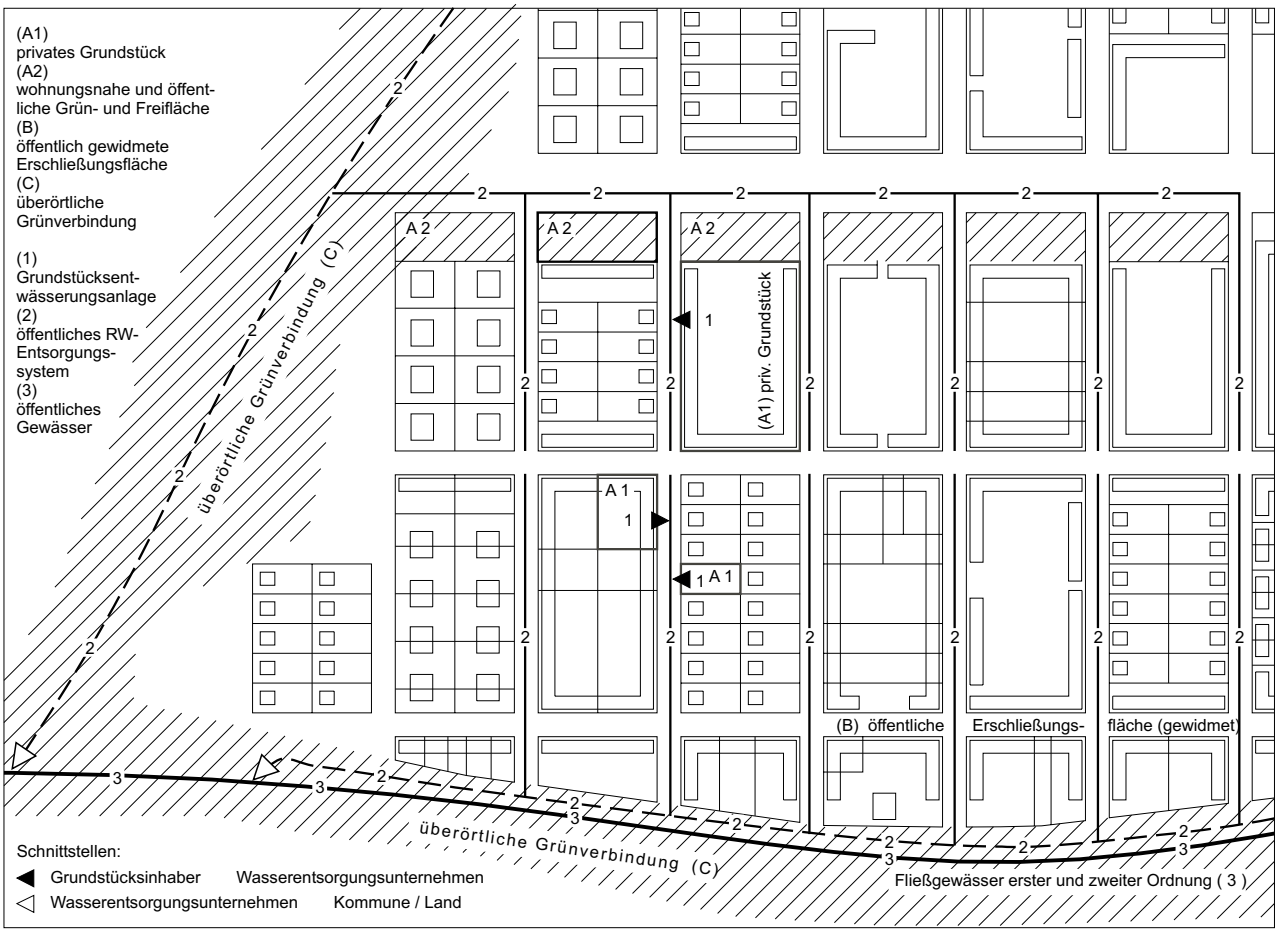


Abb. 61 Teilsysteme der Regenentwässerung (Detail aus Abb. 2 und 3)

Kennzeichnend für das Maß der Umweltbeanspruchung durch RWEinleitungen sind die Faktoren *hydraulische Belastung* und *Schadstoffbelastung*.

Die hydraulische Belastung führt je nach Wasserführung des Vorflutgewässers zu kurzzeitigen Streßsituationen für die Biozönose durch Organismenabtrieb und Sekundäreffekte von Schlammaufwirbelun-

gen (Sauerstoffzehrung, Immobilisierung von Schadstoffen). Die Schadstoffbelastung ist verantwortlich für eine stoßartig erhöhte Sauerstoffzehrung, toxische Wirkungen auf Gewässerorganismen und den Eintrag bzw. die Akkumulation von nicht abbaubaren Schadstoffen in Ökosysteme(n). Ein Vergleich des Gefährdungspotentials beider Komponenten ist schwierig und nur für das spezielle Einleitgewässer sinnvoll.

Die Hauptstrategie der RWBehandlung im öffentlichen Entwässerungssystem ist bis heute die Verminderung der Schadstoffbelastung der Vorflutgewässer aus RWEinleitungen. Dies wird überwiegend erreicht durch Regenbecken mit Volumen zwischen ca. 10 m^3/ ha_{red} (Trennsystem) und 20 - 30 m^3/ ha_{red} (Mischsystem) [ATV,1994,310] [ATV,1994b,397], die die Abflußintensität des Regenwassers durch Zwischenspeicherung soweit ausgleichen, daß eine (grobe) Reinigung des Regenwassers vor Einleitung in das Gewässer erfolgt oder ein größtmöglicher Anteil verschmutzten Regenwassers zur Kläranlage übergeleitet werden kann. Die angegebenen spezifischen RWRückhaltevolumen kennzeichnen gleichzeitig den technischen Standard "allgemein anerkannte Regel der Technik" (a.a.R.d.T.).

Eine weitere Reduzierung der Gewässerbelastung und hier vor allem der hydraulischen Belastung erfordert zukünftig die Bereitstellung von wesentlich höheren RWSpeichervolumen im Siedlungsgebiet. Dabei sind grundsätzlich folgende Aufwandsstufen beim Rückhalt des abfließenden Regenwassers zu betrachten:

(1.) Verringerung der RWAbflußintensität aus dem Siedlungsgebiet;
(2.) Verringerung des im direkten Zusammenhang mit einem Regenereignis abfließenden RWAbflußvolumens durch gezielte Speicherung von Regenwasser; Bereitstellung des gespeicherten Regenwassers zur ökologischen Stabilisierung des Vorflutgewässers;
(3.) Weitgehender Ausgleich des RWAbflusses in die Gewässer entsprechend dem natürlichen Vorbild.

Als Anhaltspunkt für den zukünftig benötigten RWSpeicherraum können, abhängig von den naturräumlichen Bedingungen, 200 bis 500 m^3/ ha_{red} für die Stufe 1 gelten. Dabei sollten die Aufwandsstufen jedoch nicht völlig isoliert voneinander gesehen werden. So kann bei gleichbleibend niedrigen RWSpeichervolumen durch eine entsprechende Speicherbewirtschaftung zusätzlich Regenwasser zur Niedrigwasseraufhöhung des Vorflutgewässers bereitgestellt werden, wenn dafür höhere RWAbflußintensitäten im Zuge eines Regenereignisses in Kauf genommen werden.

Aufgrund der oben beschriebenen Zusammenhänge sind bei Beschränkungen der RWAbleitung quantitative (Abflußmenge, -intensität) und qualitative Gesichtspunkte (Schadstoffbelastung) zu beachten. Da u.a. die Größe, das Eintreten bzw. das Zusammentreffen von Niederschlagsereignissen zufallsbedingt ist, sind daraus abgeleitete Parameter nicht als feststehende Grenzwerte, sondern im Zusammenhang mit einer zulässigen Überschreitungshäufigkeit n (1 /a) zu betrachten. Die Festlegung bzw. Berücksichtigung von maximalen Rückstauhöhen an den Schnittstellen garantiert die Selbständigkeit der Teilsysteme innerhalb ihrer Systemgrenzen.

Schnittstelle Grundstück - öffentliches Entwässerungssystem (▶)

Beschränkungen bezüglich der RWAbleitung aus dem Grundstücksbereich sind im wesentlichen ökonomisch und umweltpolitisch begründbar.

Das WEU kann einen ökonomischen Vorteil durch Begrenzung des RWAbflusses von den Grundstücken erzielen, wenn dadurch:

- kostenintensive Zubauten an Entwässerungsanlagen infolge von Stadtentwicklungs- bzw. -erweiterungsmaßnahmen überflüssig werden;

- die Erschließung dünn besiedelter Gebiete vermieden werden kann und damit überdurchschnittlich hohe spezifische Erschließungskosten entfallen;
- bei Sanierung bestehender Kanalnetze die dann maßgebenden höheren Entwässerungsstandards (siehe S.122) auch unter Beibehaltung der vorhandenen Kanäle gewährleistet werden können;
- Kanalstauraum zur Vergleichmäßigung des RWAbflusses eingesetzt werden kann und sich die Abwasserabgaben für die RWEinleitung in öffentliche Gewässer reduzieren.

Auf die Möglichkeit der Verlagerung von Investitionskosten vom öffentlichen Bereich in den Grundstücksbereich machen auch Nisipeanu [1995,35] und das Umweltdezernat Hannover [Hannover,1993, 13] aufmerksam. So ist es nicht verwunderlich, daß die Wasserentsorgungsunternehmen nicht dafür werben, das Regenwasser der Grundstücke in den öffentlichen Entwässerungssystemen ökologisch vorbildlich behandeln zu dürfen.

Ähnliche Bedingungen können sich bei einer privat finanzierten städtebaulichen Entwicklungsmaßnahme einstellen. Eine naturnahe oberirdische Regenentwässerung beansprucht im Vergleich zum konventionellen Entwässerungsverfahren über straßenintegrierte unterirdische Kanäle wesentlich größere Flächen. Damit wird z.B. ein auf kurzfristige Gewinnmaximierung ausgerichteter Entwicklungsträger bestrebt sein, den RWAbfluß aus dem Grundstücksbereich zu minimieren, da für ihn zentrale und oberirdische RWBehandlungsanlagen Einnahmeverluste infolge einer verringerten Nettobaulandfläche bedeuten.

Weitgehende RWAbleitungsbeschränkungen aus dem Grundstücksbereich können aber auch ökologisch begründet werden. Um den natürlichen Wasserhaushalt möglichst wenig zu beeinflussen, ist aus ökologischer Sicht das Niederschlagswasser so dezentral wie möglich dem Grundwasser zuzuführen. Da die Niederschlagsabflüsse von Wohngrundstücken als schadstoff-unbelastet gelten, bevorzugt die wasserrechtliche Genehmigungsbehörde grundsätzlich dezentrale, grundstücksbezogene RWVersickerungsanlagen. Eine Begrenzung der RWAbleitung durch die Wasserbehörde analog den Bestimmungen für Indirekteinleiter bei wassergefährdenden Stoffen ist allerdings noch nicht möglich. Lediglich im Rahmen eines Bebauungsplanverfahrens kann sie einen dahin gehenden Einfluß geltend machen.

Anreize und Beschränkungen im Baubestand

Betrachtet man die Schnittstelle Grundstück - öffentliches Entwässerungssystem, so wurden in der Vergangenheit nur in seltenen Ausnahmefällen qualitative oder quantitative Ableitbeschränkungen für Regenwasser ausgesprochen. Der Anschlußnehmer konnte, bei Beachtung der Rückstauebene, mit einer vollständigen RWEntsorgung bei einer sehr hohen Entwässerungssicherheit über das öffentliche Netz rechnen. Beschränkungen wurden von der Kommune nur bei einem unverhältnismäßig hohen Ausbauaufwand des öffentlichen Netzes infolge der gewünschten (zusätzlichen) RWAbleitung ausgesprochen. Der Anschlußnehmer hatte in solchen Fällen das Regenwasser kurzzeitig auf seinem Grundstück zwischenzuspeichern, um die RWAbflußintensität zu verringern, oder er hatte bei fehlendem Kanalanschluß das Regenwasser zu versickern. Ein finanzieller Anreiz zur Verringerung der RWAbleitung bestand nur in wenigen Kommunen in Form getrennter Entwässerungsgebühren für Schmutz- und Niederschlagswasser (z.B. München). Danach konnte der Anschlußnehmer Entwässerungsgebühren einsparen, wenn er befestigte Flächen entsiegelte oder diese von der Kanalisation abkoppelte. Eine grundstücksbezogene Vergleichmäßigung des RWAbflusses durch Zwischenspeicherung wurde in der Regel nicht honoriert.

Die oben geschilderten Verhältnisse gelten im wesentlichen auch heute noch in bereits kanalisierten Gebieten. Verändert hat sich bei vielen Gemeinden jedoch die Umlage der Entwässerungskosten auf

die Anschlußnehmer. Um eine möglichst *gerechte* Verteilung der laufenden Kosten auf die Anschlußnehmer zu erreichen, wurde bei vielen Gemeinden die zuvor pauschale Zuordnung der Schmutz- *und* Regenentwässerungskosten über die Menge des bezogenen Trinkwassers durch zwei separate Gebührenanteile ersetzt. Danach gilt für die Schmutzwassergebühr der Trinkwasserbezug und für die Regenentwässerungsgebühr die an das öffentliche Entwässerungsystem angeschlossene befestigte Fläche als Bemessungsmaßstab.

Nach Sieker [1998,1], welcher sich auf eine nicht näher beschriebene Untersuchung der ATV bezieht, rechneten 1997 ca. 25% der Gemeinden mit einem Bevölkerungsanteil von ca. 40% über eine getrennte Schmutz- und Regenwassergebühr ab. Die durchschnittliche Regenentwässerungsgebühr lag bundesweit bei 1,53 DM / m^2_{red} *a.

Kann das auf dem Grundstück anfallende Niederschlagswasser auch auf diesem *vollständig* versickert werden, so ist ein deutlicher Trend bei den Entwässerungssatzungen dahingehend festzustellen, daß der Anschlußnehmer auf seinen Antrag hin vom Anschluß- und/oder Benutzungszwang befreit werden kann. Der finanzielle Anreiz besteht für den Grundstücksinhaber in der Einsparung der RWGebühr und bei neu zu erschließenden Gebieten zusätzlich in der Einsparung des Anschlußbeitrages.

Anders ist die Situation, wenn das grundstücksbezogene Niederschlagswasser nur *anteilig* auf dem jeweiligen Grundstück beseitigt werden kann und damit ein Anschluß an die öffentliche Entwässerungsanlage benötigt wird. Hier werden meistens die vollen RWGebühren und ggf. Anschlußbeiträge erhoben und nur in seltenen Fällen (z.B. Stadt Braunschweig) werden abhängig vom vorgehaltetenen Muldenvolumen nennenswerte Einsparungen bei der RWGebühr gewährt.

Anreize und Beschränkungen in Neubaugebieten

Bei entwässerungstechnisch neu zu erschließenden Siedlungsgebieten im Rahmen von Neubauvorhaben werden heute überwiegend sehr weitgehende RWAbleitbeschränkungen von der Kommune ausgesprochen. Ausgangspunkt ist dabei meistens, daß das auf dem Grundstück anfallende Regenwasser auch auf diesem beseitigt werden muß. Ist dies, aus naturräumlichen (Bodenbeschaffenheit, Geländerelief, Grundwasserstand usw.) oder städtebaulichen Gründen (Parzellengröße, Überbauungs-, Versiegelungsgrad, Anordnung der Freiflächen usw.) nur teilweise möglich, so wird einer Überleitung der auf dem Grundstück nicht zu beseitigenden RWAbflüsse in den öffentlichen Bereich zugestimmt. Als Maßstab bei der Beurteilung der Frage, inwieweit eine grundstücksbezogene RWBeseitigung möglich ist, dient, nach Klärung der entwässerungstechnischen Randbedingungen, das im Bebauungsplanverfahren zu konkretisierende "Wohl der Allgemeinheit".

Da das Regenablaufwasser von Dach- und Hofflächen der Wohngrundstücke als schadstoffunbelastet gilt, werden von der Wasserbehörde i.d.R. auch unterirdische Versickerungsverfahren zugelassen.

Schnittstelle öffentliches Entwässerungssystem - öffentliches Gewässer (▷)

RWAbleitbeschränkungen an der Schnittstelle öffentliches Entwässerungssystem - öffentliches Gewässer werden im wesentlichen unter dem Gesichtspunkt des Schutzes der natürlichen Gewässer vor anthropogenen Einflüssen getroffen. Das gleichzeitig mit einer Begrenzung der RWEinleitung in die Gewässer auch andernfalls notwendig werdende wasserbauliche Ausbaumaßnahmen in der Vergangenheit eingespart werden konnten, sollte unter dem neuen Bewirtschaftungsansatz keine Rolle mehr spielen.

Bei einer flächendeckenden Durchsetzung ökologisch orientierter Entwässerungsprinzipien läßt sich der im Zuge von Neubauvorhaben (der hier betrachteten städtebaulichen Dichte) unvermeidbar entstehende oberirdische Mehrabfluß durch Abflußreduzierungen aus den Bestandsgebieten mehr als ausgleichen. Perspektivisch wird es vielmehr darum gehen, den durch die ableitungsorientierte Regenentwässerung in der Vergangenheit erreichten Ausbaugrad der Vorflutgewässer teilweise rückgängig zu machen.

Andererseits ist nicht zwangsläufig jedes oberirdische Gewässer vor menschlichen Einflüssen zu schützen. Es können und sollten auch ganz bewußt oberirdische Gewässer in das öffentliche (leitungsgebundene) Regenentwässerungssystem integriert werden, um Aufgaben bei der RWBeseitigung wahrnehmen zu können (Abb. 61 - - 2 - -). Hier werden neben entwässerungstechnischen Bedürfnissen vor allem städtebauliche und landschaftsgestalterische Gesichtspunkte ausschlaggebend für die Gestalt und die Bewirtschaftung der Gewässer sein. Es geht also hier nicht um eine Zurücknahme anthropogener Einflüsse, sondern um eine bewußte Entwicklung von 'Wasserräumen' für die oder neben den unterschiedlichen Bedürfnisse(n) der Stadtbewohner. Die Möglichkeit einer solchen Betrachtung wurde z.B. mit dem Runderlaß zum LWG NW [RdErl,1998,656] eindeutig erneuert (vgl. Abschnitt 5.4.2).

Anreize und Beschränkungen

Festlegungen zur Beschränkung des RWAbflusses aus Wohnsiedlungsgebieten an der Schnittstelle öffentliches Entwässerungssystem - öffentliches Gewässer sind derzeit sehr unterschiedlich.

Das Regenwasser aus Bestandsgebieten kann i.d.R. nach wie vor ungedrosselt in die natürlichen oberirdischen Vorflutgewässer eingeleitet werden. Im Gegensatz dazu beauflagt die Wasserbehörde Neubauvorhaben z.T. mit sehr weitgehenden Ableitbeschränkungen. Dimensionierte man eine Kanalisation bisher so, daß ein Bemessungsregen z.B. von 100 l/s* ha_{red} an jeder Stelle der Kanalisation abgeleitet werden konnte, so ist für Neubauvorhaben nach ATV [1995,800], [Huhn,1996,68] und eigenen Erfahrungen eine wasserbehördliche Begrenzung der RWEinleitung aus Entwässerungsanlagen in die Oberflächengewässer auf $q_{(0,2)}$ = 10 l/s*ha_{red} heute charakteristisch.

Neben diesem quasi schon allgemeingültigen und aus der entwässerungstechnischen Leistungsfähigkeit des Mulden-Rigolen-Systems abgeleiteten Grenzwertes für RWEinleitungen in Oberflächengewässer werden aus Sicht des Immissionsschutzes z.T. noch weitergehende Anforderungen an den gebietsbezogenen RWRückhalt gestellt.

Fazit

Ausgehend von dem mit dem WHG erhobenen Grundsatz, Grenzwerten für Abwassereinleitungen in natürliche Gewässer emissionsbezogene 'Mindestanforderungen' zugrunde zu legen und wenn notwendig die Einleitbeschränkungen durch 'weitergehende Anforderungen' aus Immissionssicht zu verschärfen, zeigt sich bei der Begrenzung von RWAbleitungen aus Wohnsiedlungen folgendes Bild:

(1.) Es existieren länderspezifische Emissionsgrenzwerte für RWEinleitungen aus dem öffentlichen Entwässerungssystem in das öffentliche Gewässer. Diese Grenzwerte zeigen, auch durch Ausnahmeregelungen in den Wassergesetzen zur Bemessung der Abwasserabgabe, nicht den gewünschten Erfolg.

(2.) Eine gezielte wasserbehördliche Aktivierung grundstücksbezogener RWBewirtschaftungspotentiale analog der Einleitungsbegrenzung wassergefährdender Stoffe im Rahmen der Indirekteinleiterverordnung ist derzeit nicht vorgesehen.

(3.) Um die heute vergleichsweise geringe Wirksamkeit emissionsbezogener Grenzwerte an der Schnittstelle öffentliches Entwässerungssystem - öffentliches Gewässer (▷) und die fehlende wasserbehördliche Begrenzung des RWAbflusses an der Schnittstelle Grundstück - öffentliches Entwässerungssystem (▶) in Bestandsgebieten auszugleichen, werden gegenwärtig Stadterweiterungs- bzw. entwicklungsvorhaben mit sehr weitgehenden, stark immissionsorientierten RWAbleitbeschränkungen beauflagt.

(4.) Da die wirtschaftlichen Anreize zur Reduzierung des RWAbflusses gering sind, werden grundstücksbezogene RWBewirtschaftungspotentiale durch die Grundstücksinhaber im Baubestand nur ungenügend erschlossen. Demgegenüber werden bei Neubauvorhaben wasserbehördliche RWAbleitungsbeschränkungen meist durch das WEU und den Entwicklungsträger als Maximalforderungen an die Grundstücksinhaber weitergegeben.

Die bislang zu geringe Wirksamkeit des eingesetzten Regulariums zur Verminderung der anthropogenen Einflüsse auf den Niederschlagsabfluß veranlaßten die Landesgesetzgeber, weitergehende Bestimmungen zu einem umweltschonenderen Umgang mit Niederschlagswasser in die Wassergesetze aufzunehmen. Eine große Aufmerksamkeit diesbezüglich erlangten Festlegungen des neuen Landeswassergesetzes von Nordrhein-Westfalen (LWG NW). Verglichen mit den Wassergesetzen anderer Bundesländer, insbesondere mit dem von Rheinland-Pfalz, welches ebenfalls eine umweltschonende Niederschlagswasserbeseitigung explizit fordert, sind die Anforderungen und Regelungen diesbezüglich in Nordrhein-Westfalen am weitestgehenden [Klinge,1997,68]. Im folgenden soll am Beispiel des LWG NW der gesetzgeberische Wille zu einer Neuorientierung der Regenentwässerung verdeutlicht und Regulierungsstrategien aufgezeigt werden.

5.4.2 Die wasserrechtliche Einflußnahme auf die RWBewirtschaftung

Im Landeswassergesetzes von Nordrhein-Westfalen ist es besonders der mit der Gesetzesänderung vom 7.3.95 neu aufgenommene § 51a, der weitreichende Neuregelungen zum Umgang mit Niederschlagswasser beinhaltet. War bislang eine weitgehend zentralisierte und ableitungsbetonte Regenentwässerung maßgebend, so soll zukünftig das Niederschlagswasser von bebauten und befestigten Flächen möglichst ortsnah dem natürlichen Wasserkreislauf zugeführt werden.

Damit haben die Kommunen in Nordrhein-Westfalen zukünftig keine umfassende Wahlmöglichkeit mehr, wie sie die Regenentwässerung vornehmen wollen. Gleichzeitig wird den Gemeinden mit dem neuen LWG kein ausdrückliches und umfassendes Zugriffsrecht mehr auf das Niederschlagswasser privater Grundstücke zugestanden. So ist künftig der Grundstücksnutzungsberechtigte (unter bestimmten Voraussetzungen) selbst für die Niederschlagswasserbeseitigung zuständig. Entscheidend für die Neuregelung der Abwasserbeseitigungspflicht hinsichtlich des Niederschlagswassers war die Tatsache, daß in der Vergangenheit die gesetzlichen Möglichkeiten zu einer ortsnahen und damit umweltschonenderen RWEntsorgung (§ 51 LWG NW 1979) durch die Gemeinden als Abwasserbeseitigungspflichtige meist ungenutzt blieben [Nisipeanu,1995,21f].

Bei der Prüfung der Zumutbarkeit dezentraler Entwässerungsmaßnahmen sind Kostengesichtspunkte nach dem Wortlaut des § 51a LWG NW lediglich im Zusammenhang mit bestehenden Kanalisationsanlagen zu berücksichtigen, nicht jedoch bei Grundstücken, die erstmals zu entwässern sind. So wird eine ortsnahe Niederschlagswasserbeseitigung bei Neuanschlüssen nicht schon deshalb ausscheiden, weil sie teurer ist als eine ortsferne [Schmidt,1995a,24].

Da der Inhalt des § 51a in der Fachliteratur vielfach verkürzt dargestellt wird und somit die wirkliche städtebauliche und versorgungswirtschaftliche Bandbreite der Neuregelung leicht übersehen werden kann, soll im folgenden der betreffende Gesetzestext wiedergegeben werden und Erörterungen dazu ausreichend Raum eingeräumt werden.

"§ 51 a Beseitigung von Niederschlagswasser

(1) Niederschlagswasser von Grundstücken, die nach dem 1.Januar 1996 erstmals bebaut, befestigt oder an die öffentliche Kanalisation angeschlossen werden, ist vor Ort zu versickern, zu verrieseln oder ortsnah in ein Gewässer einzuleiten, sofern dies ohne Beeinträchtigung des Wohls der Allgemeinheit möglich ist. Die dafür erforderlichen Anlagen müssen den jeweils in Betracht kommenden Regeln der Technik entsprechen.

(2) Niederschlagswasser, das nach Absatz 1 auf den Grundstücken, auf denen es anfällt, versickert, verrieselt oder ortsnah in ein Gewässer eingeleitet werden kann, hat der Nutzungsberechtigte des Grundstücks zu beseitigen. Sofern die Gemeinde zur Beseitigung des Niederschlagswassers verpflichtet ist, hat sie das Niederschlagswasser entsprechend der Zielsetzung in Absatz 1 zu beseitigen.

(3) Die Gemeinde kann durch Satzung festsetzen, daß und in welcher Weise das Niederschlagswasser zu versickern, zu verrieseln oder in ein Gewässer einzuleiten ist. Die Festsetzungen nach Satz 1 können auch in den Bebauungsplan aufgenommen werden; in diesem Fall sind die §§ 1 bis 33 und 214 bis 216 des Baugesetzbuches in der jeweils geltenden Fassung sowie die §§ 1, 2, 6, 9 und 10 Abs.1 des Maßnahmengesetzes zum Baugesetzbuch anzuwenden. Auf die Satzungen nach § 34 Abs.4 des Baugesetzbuchs, § 4 Abs. 2a und 4 und § 7 des Maßnahmengesetzes zum Baugesetzbuch ist Satz 2 entsprechend anzuwenden. Die Festsetzungen bedürfen der Zustimmung der nach Wasserrecht zuständigen Behörde.

(4) Von der Verpflichtung nach Absatz 1 ausgenommen ist Niederschlagswasser, das ohne Vermischung mit Schmutzwasser in einer vorhandenen Kanalisation abgeleitet wird. Niederschlagswasser, das aufgrund einer nach bisherigem Recht genehmigten Kanalisationsnetzplanung gemischt mit Schmutzwasser einer öffentlichen Abwasserbehandlungsanlage zugeführt wird oder werden soll, ist von der Verpflichtung nach Abs.1 ausgenommen, wenn der technische oder wirtschaftliche Aufwand unverhältnismäßig ist." [LWG NW,1995,249]

Mit § 51a Abs.1 S.1 wird eine Niederschlagswasserbeseitigung in der Nähe der zu entwässernden Flächen zum *allgemeinen Prinzip* erhoben. Dieses Entwässerungsprinzip gilt unabhängig davon, wer das Niederschlagswasser zu beseitigen hat bzw. durch wen es beseitigt wird.

Bereits in § 51a Abs.1 S.1 wird deutlich, daß sich die Neuregelungen zur Niederschlagswasserbeseitigung im wesentlichen nur auf die Ausweisung *neuer* Wohn-, Gewerbe- und Entwässerungsgebiete bezieht. Ein langfristiger Umbau der vorhandenen ableitungsorientierten Regenentwässerungssysteme zu einer ortsnahen Niederschlagswasserbeseitigung wird durch das Gesetz nicht vorbereitet.

Durch § 51a Abs.2 S.1 wird die Pflicht zur Niederschlagswasserbeseitigung von der Gemeinde auf den Grundstücksnutzungsberechtigten verlagert, wenn Niederschlagswasser auf dem Grundstück, auf dem es anfällt, beseitigt werden kann. Dabei ist unklar, ob sich die Beseitigungspflicht auf den gesamten grundstücksbezogenen Niederschlag bezieht oder nur auf den Niederschlagsanteil, der auf dem Grundstück beseitigt werden kann.

Die Beseitigung des Niederschlagswassers muß jedoch nicht zwangsläufig durch den Beseitigungspflichtigen selbst und auch nicht zwingend auf dem Grundstück vorgenommen werden, auf dem es anfällt [Nisipeanu,1995,32]. Zwingend ist aber eine *ortsnahe* Niederschlagswasserbeseitigung gemäß § 51a Abs.1 S.1.

Auf Drängen der Gemeinden wurde der Abs.4 dem Regierungsentwurf zum § 51a LWG NW hinzugefügt. Die Regelungen in Abs.4 sollen die geplante Rentabilität für bereits wasserbehördlich genehmigte Entwässerungsanlagen für die Gemeinden sicherstellen. Dazu gehören auch bereits fertiggestellte, aber noch nicht ausgelastete Entwässerungsanlagen [Nisipeanu,1995,10&29].

Soweit die Kerninhalte des Paragraphen 51a. Im folgenden sollen die Gesetzesbegriffe 'Wohl der Allgemeinheit', 'Beseitigungspflicht' und 'vor Ort' bzw.'ortsnah' näher untersucht werden, da sie wesentlich für die rechtliche Auslegung der neuen gesetzlichen Anforderungen an die Niederschlagswasserbeseitigung sind.

Wohl der Allgemeinheit

Der Begriff 'Wohl der Allgemeinheit' (oder auch Gemeinwohl, öffentliches Wohl, allgemeines Wohl usw.) ist ein Rechtsbegriff, dessen Bedeutungsinhalt nicht oder nur in einer Abstraktionshöhe möglich ist, die keinen faßbaren Aussagegehalt mehr aufweist. Das 'Wohl der Allgemeinheit' ist als Gegenpol zum Individualinteresse zu sehen. Da es eine allgemeingültige und zeitlose Begriffsbestimmung nicht geben kann, ist nach Ossenbühl das Gemeinwohl das, was in einem demokratischen Rechtsstaat "die hierfür zuständige Instanz in einem allgemein anerkannten Verfahren und unter Beachtung verfassungsrechtlich vorgegebener Grenzen als Gemeinwohl erklärt" [HdUR,1994,859].

Der Begriff 'Wohl der Allgemeinheit' wird in den verschiedenen Bereichen des Rechts je nach Perspektive des jeweiligen Fachgesetzes unterschiedlich eingegrenzt. Als Beispiel hierfür können das Baugesetzbuch (§ 1 Abs.5 BauGB) und das Wasserhaushaltsgesetz (§§ 1a,6,18a WHG) angeführt werden [HdUR,1994,860]. Nach Nisipeanu [1995,19] geht der landesrechtliche Begriff 'Wohl der Allgemeinheit' im § 51a LWG NW über den gleichlautenden, lediglich aus der Sicht der haushälterischen Gewässerbewirtschaftung geschaffenen bundesrechtlichen Begriff gemäß WHG hinaus, indem er u.a. auch städtebauliche, ordnungsrechtliche und eigentumsrechtliche Gründe beinhalten kann. Damit löst sich das Kriterium 'Wohl der Allgemeinheit' im Sinne des BauGB (§ 1 Abs.5) vom einzelnen Grundstück und bezieht sich auf das ganze Siedlungsgebiet.

Beseitigungspflicht

Nach § 51a Abs.2 S.1 geht die Beseitigungspflicht für das Niederschlagswasser auf den Nutzungsberechtigten des Grundstücks über, sofern Niederschlagswasser auf dem Grundstück, auf dem es anfällt, beseitigt werden kann. Da der Gesetzgeber keine Aussage trifft, ab welchem *Mindestanteil* des auf dem Grundstück zu beseitigenden Niederschlags die Beseitigungspflicht eintritt, dürfte die Übernahme der Beseitigungspflicht durch den Grundstücksnutzungsberechtigten zukünftig den *Regelfall* darstellen.

Diese Beseitigungspflicht kann andererseits rechtlich für den Nutzungsberechtigten des Grundstücks aber nicht allzu bindend sein, denn sonst:

- kann ihm die Gemeinde keine Vorschriften machen, wie er diese Beseitigung vorzunehmen hat (§ 51a, Abs.3);

- würde für die Fälle eine Regelungslücke im Gesetz entstehen, in denen der Grundstücksnutzungsberechtigte seiner Beseitigungspflicht nicht nachkommen kann oder nicht nachkommt (z.B. Beeinträchtigung des Wohls der Allgemeinheit, Unfähigkeit, mangelnde Zuverlässigkeit, mangelnde finanzielle Möglichkeiten);
- bliebe die Behandlung der Fälle ungeklärt, in denen nicht der gesamte RWAbfluß auf dem Grundstück beseitigt werden kann [Nisipeanu,1995,24].

Für Nisipeanu ist diese landesrechtliche Regelung deshalb nur handhabbar bei folgender Gesetzesauslegung: Es bleibt bei der wasserwirtschaftlichen Verpflichtung zur ortsnahen Niederschlagswasserbeseitigung, bei der die Versickerung eine entscheidende Rolle spielt. Es bleibt auch bei dem neu eingeführten *formalen* Grundsatz, daß der Grundstücksnutzungsberechtigte selbst diese Verpflichtung zu erfüllen hat. Der Grundstücksnutzungsberechtigte wird mit dieser neuen Pflicht jedoch nicht allein gelassen, sondern von Gemeinde und Wasserbehörde 'beraten'. Dies geschieht gemäß § 51a Abs.3 durch Ortsentwässerungssatzung und/oder bauplanungsrechtliche Satzung [Nisipeanu,1995,25].

In ähnlicher Form äußert sich auch der ministerielle Runderlaß zum § 51a LWG NW, indem er den Übergang der Beseitigungspflicht (§ 51a Abs.2 LWG NW) von den 'konkreten fachlichen Möglichkeiten', von Aussagen der Bauleit- und Entwässerungsplanung sowie von satzungsrechtlichen Festlegungen abhängig macht [RdErl,1998,655].

Das Engangement der Gemeinde wird z.B. auch dann notwendig werden, wenn entwässerungstechnische Lösungen wie Mulden-Rigolen-Systeme oder Versickerungsmulden im Grenzbereich mehrer Grundstücke grundstücksübergreifend errichtet und betrieben werden sollen. Da diese Gemeinschaftsanlagen keine eindeutige und dauerhafte Zuordnung der Aufwendungen und betrieblichen Pflichten auf einzelne Mitglieder der Gemeinschaft zulassen, ist eine ordnungsgemäße Regenentwässerung nicht gewährleistet. Die Verantwortung für die Regenentwässerung bleibt in diesem Fall bei der Gemeinde, da nach Bundes- und Landesrecht abwasserwirtschaftliche Aufgaben der örtlichen Gemeinschaft, die der Einzelne nicht ordnungsgemäß wahrnehmen kann, grundsätzlich von der Gemeinde wahrzunehmen sind [Nisipeanu,1995,38].

Nach Nisipeanu könnte ein solcher Fall wie folgt satzungsrechtlich geregelt werden:
"(1) Die Gemeinde (die Stadt) betreibt die Niederschlagsentwässerung als eigene Angelegenheit. Sie erstellt und betreibt dafür die Anlagen, die zur ortsnahen Versickerung, Verrieselung und Einleitung des anfallenden, (...) Niederschlagswassers erforderlich sind. Die so zu entsorgenden Grundstücksnutzungsberechtigten haben die dafür benötigten Flächen unentgeltlich zur Verfügung zu stellen. (...)
(2) Die Gemeinde (die Stadt) kann sich zur tatsächlichen Wahrnehmung der Niederschlagswasserbeseitigung der Grundstücksnutzungsberechtigten bedienen, (...)" [Nisipeanu,1995,39].

Versickerung, Verrieselung vor Ort / ortsnahe Einleitung in ein Gewässer

Die Begriffe 'vor Ort' und 'ortsnah' sind unbestimmte Rechtsbegriffe. Im Sinne des § 51a LWG NW stellt auch eine semizentrale Versickerung der Niederschlagsabflüsse mehrerer Grundstücke eine Niederschlagswasserbeseitigung 'vor Ort' dar. Eine 'ortsnahe' Einleitung der Niederschlagsabflüsse ist auch dann noch gegeben, wenn die Abflüsse, *bezogen auf das Baugebiet* zentral in ein Gewässer eingeleitet werden [RdErl,1998,655]. Dabei ist zu beachten, daß Teiche, offene Gräben oder vergleichbare naturnah ausgestaltete Einrichtungen, die eine ortsnahe Niederschlagswasserbeseitigung ermöglichen sollen und deshalb Aufgaben bei der Niederschlagswasserspeicherung, -reinigung, -ableitung bzw. -beseitigung (Versickerung, Verdunstung) übernehmen, *keine Gewässer* im Sinne des WHG darstellen, sondern Abwasseranlagen [RdErl,1998,656]. Gewässer im Sinne des § 1 WHG und § 51a LWG NW

sind demnach das Grundwasser und alle in den Gewässerverzeichnissen der Länder aufgeführten Gewässer erster und zweiter Ordnung.

Fazit

Die Bestimmungen des § 51a des Landeswassergesetzes von Nordrhein-Westfalen sind bundesweit einmalig und stellen einen wegweisenden Schritt zu einer umweltschonenderen und städtebaulich neuorientieren Regenentwässerung von Siedlungsgebieten dar.

Mit der Gesetzesänderung von 1995 wird die *ortsnahe* Niederschlagswasserbeseitigung für alle neuen Bauvorhaben, unabhängig davon, wer Eigentümer der Flächen und Abwasserbeseitigungspflichtiger ist, vorgeschrieben.

Danach ist das Niederschlagswasser im jeweiligen Siedlungsgebiet dem Grundwasser oder einem natürlichen Gewässer umweltverträglich zuzuführen. Der Begriff 'ortsnah' weist auf einen dominanter werdenden städtebaulichen Betrachtungsrahmen hin. Das *Baugebiet* mit seiner orts- und bauspezifischen Ausprägung ist nunmehr der Bezugspunkt für eine dem jeweiligen Gemeinwohl entsprechende Entwässerungslösung.

Die Aufgabe der ortsnahen Regenentwässerung, die die Kommunen bisher aus überwiegend wirtschaftlichen Gründen nicht wahrnehmen konnten (oder wollten), wird vom Gesetzgeber zukünftig stärker auf die Grundstücksnutzungsberechtigten verlagert. Damit wird der Gemeinde der unmittelbare und uneingeschränkte Zugriff auf das Niederschlagswasser der privaten Grundstücke entzogen. Die Grundstückseigentümer bzw. -besitzer werden dabei nach weitgehend individuellen Maßstäben das für sie optimale Beseitigungsverfahren für das Niederschlagswasser auswählen und so verstärkt marktwirtschaftliche Aspekte in die städtische Regenentwässerung einbringen.

Die Gemeinde kann in den meisten Fällen jedoch nicht aus ihrer Verantwortung für eine ordnungsgemäße Niederschlagswasserbeseitigung entlassen werden. Sie hat zukünftig, entsprechend den konkreten naturräumlichen und städtebaulichen Verhältnissen, durch Satzungen und Beteiligung der Betroffenen in einem öffentlichen Prozeß Rahmenbedingungen zu schaffen, die eine im Sinne des Gemeinwohls optimale und ortsnahe Niederschlagswasserbeseitigung im betreffenden Siedlungsgebiet ermöglichen. Deshalb hat die Gemeinde neben städtebaulich relevanten Festsetzungen von Flächen und Trassen für die RWBeseitigung über Beitrags- und/oder Entgeltfestsetzungen und/oder Verpflichtungserklärungen wirtschaftliche Bedingungen zu schaffen, die den langfristigen Betrieb dieser de- oder semizentralen Entwässerungssysteme ermöglichen bzw. sicherstellen. Auch hier werden wieder verstärkt örtliche Bedingungen bzw. Besonderheiten an Bedeutung gewinnen.

Richtungsweisend ist auch die im ministeriellen Runderlaß zum § 51a LWG NW 1995 festgelegte Definition naturnaher Regenentwässerungseinrichtungen als Abwasseranlagen. Ohne diese Einordnung wären Teiche, Gräben, Weiher etc. als Bestandteil des RWKonzeptes kaum denkbar, da sie sonst den strengen Einleitbestimmungen aus ökologischer Sicht für (Vorflut-)Gewässer und aufwendiger Planfeststellungsverfahren nach § 31 WHG unterliegen würden. Dabei darf jedoch andererseits auch nicht übersehen werden, daß diese Anlagen biologisch intakt sein müssen, um als landschafts- bzw. stadtgestalterisches Element eingesetzt werden zu können.

Wie im Abschnitt 5.4.1 dargelegt wurde, können die Nutzungsberechtigten der Grundstücke in Bestandsgebieten das anfallende Niederschlagswasser ohne Einschränkungen oder entscheidende finanzielle Mehrbelastungen über das öffentliche Entwässerungssystem ableiten. Infolge dieser, bislang

selbstverständlichen Tatsache, sind die Gewässer in Siedlungsgebieten heute hydraulisch und ökologisch stark beansprucht. Aus diesem Grunde wird gegenwärtig Stadtentwicklungs- oder -erweiterungsvorhaben nur noch eine sehr geringe RWAbleitung über die oberirdischen Vorflutgewässer zugestanden.

Diese ungleiche Behandlung von neuen und alten RWEinleitungen in die Vorflutgewässer hat ihre Ursache in einem niedrigen Emissionsstandard für RWEinleitungen. Im folgenden werden die unterschiedlichen Prinzipien bei der Gewässerbewirtschaftung dargestellt und e rläutert.

5.4.3 Das Emissions- und Immissionsprinzip bei der Bewirtschaftung der Gewässer

Das klassische Betrachtungsprinzip bei der Begrenzung von Abwassereinleitungen ist das Immissionsprinzip, das von einer sukzessiven Ausschöpfung von Gewässerpotentialen (z.B. Selbstreinigungsvermögen, hydraulisches Ableitungsvermögen) ausgeht.

Als Beispiel hierfür können die Ende der 1930er Jahre entwickelten Verfahren zur Abschätzung der Sauerstoffzehrung in den Vorflutgewässern durch Abwassereinleitungen gelten. Danach wurde die zulässige Verschmutzung einer beabsichtigten Abwassereinleitung und damit die erforderliche Reinigungsleistung der zu errichtenden Kläranlage nach einem zu garantierenden Mindestsauerstoffgehalt im Gewässer bemessen (siehe [Imhoff,1951,268&292]). Diese möglichst effektive Ausnutzung der in den Vorflutgewässern *aktivierbaren* Reinigungskraft im Sinne minimaler Abwasserreinigungskosten war bis in die 1960er Jahre Lehrmeinung. In gleicher Art wurden vor allem in der Vergangenheit Stan d-ort und Größe von Wasserrückhalteräumen so bemessen, daß das Wasserableitungsvermögen der Vorflutgewässer möglichst gut ausgenutzt werden kann.

Mit dem vierten Änderungsgesetz zum WHG 1976 und der Aufstellung des § 7a WHG wurde die Emissionsbetrachtung bei der Festlegung von Grenzwerten von Abwassereinleitungen in der Bundesrepublik Deutschland eingeführt.

Das Emissionsprinzip zielt entsprechend dem Vorsorgeprinzip darauf ab, die Gewässer durch Festlegung von Abwasserbehandlungs*standards* jeweils so zu schützen, wie es nach dem technischen Entwicklungsstand möglich und wie die wirtschaftlichen Aufwendungen dafür gesellschaftlich durchsetzbar sind. Grundlage sind die durch die Bundesregierung erlassenen Mindestanforderungen, welche den "allgemein anerkannten Regeln der Technik" (a.a.R.d.T.) entsprechen. Reicht eine Abwasserbehandlung nach den a.a.R.d.T. aufgrund wasserwirtschaftlicher Zielsetzungen für das konkrete Gewässer (Vorfluter) nicht aus, so verlangen die Wassergesetze zusätzlich die Festlegung und Einhaltung von 'weitergehenden Anforderungen' (= Immissionsprinzip).

Das bedeutet, es besteht ein zweistufiges System aus
(A) standortneutralen Mindestanforderungen (Emissionsprinzip) und
(B) ökosystembezogenen Zusatzanforderungen (Immissionsprinzip).

Diese Kombination aus einheitlichen und ortsspezifischen Grenzwerten für Abwassereinleitungen wird auch im Rahmen der Entwürfe zum europäischen Normenwerk weiterverfolgt (siehe [DIN EN 752-4,1993,13]).

Die Gewichtung der beiden Faktoren unterliegt ständigen Veränderungen. So ist es von der durch die Bundesregierung regelmäßig vorzunehmenden Anpassung der Mindestanforderungen an technisch-wirtschaftliche Weiterentwicklungen und von wissenschaftlichen Erkenntnissen in der Ökologie bzw. Hygiene abhängig, welche Gewichtung jeder der beiden Betrachtungsweisen zukommt.

Aber auch der Betrachtungsstandpunkt spielt eine bedeutende Rolle. Aus der Sicht des Ökologen oder Hygienikers führen Mindestanforderungen nur zu einem unvollkommenen Schutz unserer natürlichen Lebensgrundlagen, maßgebend bleibt die Immissionsbetrachtung. Dagegen bedeuten die emissionsorientierten Mindestanforderungen für die Entwässerungsunternehmen die eigentliche Begrenzung. War es ihnen früher, bei einer ökologische Aspekte weitgehend ignorierenden immissionsorientierten Bewirtschaftung, möglich, wesentliche Abwasserentsorgungsaufgaben an die natürlichen Gewässer zu delegieren, so dürfen sie heute diese scheinbaren 'Gratiskräfte' der Natur nur noch eingeschränkt nutzen.

Diese unterschiedlichen Betrachtungsstandpunkte erklären auch die scheinbar widersprüchlichen Forderungen zu Prinzipien eines langfristig effektiven Gewässerschutzes. Geht die ATV von einem eindeutigen Bekenntnis zum Emissionsprinzip in Deutschland aus (siehe [ATV,1994b,219]), so gehen besonders Ökologen und Hygieniker von einer Anwendung des Immissionsprinzips aus (siehe [Gunkel, 1996,163], [Wassmann,1996], [Wittenberg,1992], [Huhn,1996,68]). Unterschiedlich sind insbesondere die Vorstellungen über angemessene Gewässerschutzziele und die daraus resultierenden wirtschaftlichen Aufwendungen.

Als Vor- und Nachteile der Prinzipien können gelten:

<u>Emissionsprinzip</u> ('allgemeine Vorsorgemaßnahmen' - passiv)

1. leicht umsetzbar
   - einheitliche Bestimmungen für alle Einleiter
   - einfacher Vollzug, da sich die Belastungsparameter am Emittenten leichter messen und beeinflussen lassen
2. verursachergerechte Zuordnung der Umweltbelastung
3. geringere ökologische Effektivität der eingesetzten Mittel, da die Empfindlichkeit des jeweiligen Ökosystems unberücksichtigt bleibt

<u>Immissionsprinzip</u> ('konkretes Bewirtschaftungsziel' - aktiv)

1. aufwendig, da die genaue Kenntnis des Öko*systems* und seiner Wechselwirkungen notwendig ist
   - Ist-Zustand und Belastungsgrenzen müssen quantifiziert werden können
   - Unsicherheiten bezüglich Einfluß und Auswirkungen wenig bekannter Systemkomponenten
2. Immissionsbewertung führt meist zu einem Einleiterbonus, d.h. zu einer Ausschöpfung der Belastungsgrenzen, bevor Gegenmaßnahmen notwendig werden;
3. Die gewünschten Nutzungen als Ziel jeglichen Gewässerschutzes (oder besser Gewässerkultivierung) lassen sich selten quantifizieren und vergleichen bzw. messen.

Mit der Einführung der Abwasserabgabe 1981 im Zuge der Änderungen am WHG von 1976 wurde das herkömmliche, ordnungs- und bewirtschaftungsrechtlich geprägte Wasserrecht durch eine ökonomisch wirkende Maßnahme ergänzt. Durch Sander wird die Abwasserabgabe und deren Ziele wie folgt charakterisiert:
"Elemente der Abwasserabgabe sind das *Verursacherprinzip*, nach dem die Kosten der Gewässerverunreinigung durch Abwassereinleitungen den Verursachern entsprechend ihrem Anteil zugeordnet werden sollen, der *Abbau von Wettbewerbsvorteilen*, die in der Möglichkeit lagen, Gewässer kostenlos zu verunreinigen, die *Anreizwirkung*, verstärkt Kläranlagen zu bauen, den Stand der Abwasserreinigung zu verbessern und abwasserarme Produktionsverfahren zu entwickeln und einzusetzen, und schließlich die *zweckgebundene Verwendung* des Abgabeaufkommens" [Bretschneider,1993,453].
Die Abwasserabgabe ist damit eine der wenigen umweltpolitischen Lenkungsabgaben bis heute in der Bundesrepublik Deutschland.

Für dieses in den 1970er Jahren auf Bundesebene geschaffene Instrumentarium wurden für Regenwassereinleitungen Ausnahmebestimmungen fixiert. Danach bestimmen die Länder die Höhe der Abwasserabgabe für RWEinleitungen und die einzuhaltenden Mindestanforderungen (das heißt, die 'allgemein anerkannten Regeln der Technik') selbst.

Fazit

Aufgrund der derzeit geltenden niedrigen Emissionsstandards für RWAbleitungen kommt dem Immissionsprinzip bei der Bewirtschaftung der Vorflutgewässer eine Schlüsselrolle zu.
Das hat zur Folge, daß:

- entwässerungstechnisch neu zu erschließende Gebiete im Vergleich mit Bestandsgebieten "ungerecht" stark ihren gebietsbezogenen RWAbfluß über die Vorflutgewässer einschränken müssen;
- stadtgestaltende Planungsdisziplinen bei gleichen Wohnsiedlungsstrukturen in sehr unterschiedlichem Maße entwässerungstechnische Elemente integrieren müssen, was die Entwicklung von neuen verallgemeinerungsfähigen städtischen Entwässerungsprinzipien erschwert;
- Planung und Gestaltung von neuen Stadtquartieren unter ganzheitlichem, d.h. städtebaulichem Aspekt betrachtet, zu stark mit RWEntsorgungsaufgaben belastet werden können;
- Weiterentwicklungen im Sinne einer umweltschonenden Niederschlagsentwässerung durch Beschränkung auf die vergleichsweise wenigen Neubauvorhaben eine notwendig breite Entwicklungsbasis vorenthalten wird.

Sollen umweltschonende Regenentwässerungsprinzipien selbstverständlicher Bestandteil eines Gebäude-, Freiraum- und Städtebauentwurfs werden, so müssen *standortneutrale* Mindestanforderungen bezüglich der RWAbleitung dauerhaft und allgemeinverbindlich aufgestellt werden. Der derzeit auf Länderebene fixierte Emissionsstandard für RWEinleitungen zeigt diesbezüglich nicht die gewünschten Effekte.

Da die heute ausgesprochenen Emissionsgrenzwerte für RWAbleitungen aus Bestandsgebieten fast ausschließlich nur Vermeidungsstrategien beim Direkteinleiter auslösen (d.h. überwiegend im öffentlichen Bereich), stellt sich die Frage, durch welche Maßnahmen entsprechende Aktivitäten im Grundstücksbereich ausgelöst werden können.

Nachdem bisher die quasi von außen auf das Entwässerungssystem einwirkenden Einflußfaktoren, d.h. die durch gezielte Ableitbestimmungen hervorgerufenen ökonomischen Einflüsse betrachtet wurden, soll es im folgenden um systeminhärente Einflußfaktoren gehen.

Die heute in den Siedlungsgebieten vorhandene Infrastruktur an Wasserver- und -entsorgungsanlagen stellt trotz ihres z.T. hohen Alters einen bedeutenden volkswirtschaftlichen Wert dar. Dieser Wert manifestiert sich in einer komfortablen, funktionssicheren, hygienischen und kostengünstigen Ver- und Entsorgung des Bürgers mit Wasser. Geldwert wird die Bedeutung der wassertechnischen Infrastruktur bei einem notwendig werdenden Ersatz der mit ihr sonst erbrachten Leistungen. Deshalb wird man unter dem Gesichtspunkt einer ökologisch motivierten Modernisierung bestrebt sein, Systemänderungen mit Ersatz- oder Instandhaltungsmaßnahmen zu verbinden, Anlagenteile umzunutzen bzw. stadt- und sozialverträgliche Modernisierungsetappen vorzusehen.

In den folgenden Abschnitten sollen grundlegende betriebswirtschaftliche Zusammenhänge von Wasserver- und -entsorgungssystemen in Verbindung mit möglichen Modernisierungsstrategien der städtischen Regenentwässerung dargestellt und problematisiert werden.

5.4.4 Qualitätsdifferenzierte Ver- und Entsorgung

Will man langfristig tragfähige Versorgungsstrukturen aufbauen, so kommt man um die Frage der perspektivischen Notwendigkeit einer qualitätsdifferenzierten Wasserver- und -entsorgung nicht herum.

In der Regel waren und sind es wirtschaftliche Gründe, welche zu einer Zusammenfassung von Stoffströmen und deren zentraler Behandlung führen. Erhöhte Aufwendungen für Verteil- oder Sammelsysteme werden durch eine effizientere zentrale Aufbereitung ausgeglichen. Historisch gesehen boten e rst zentrale Systeme einer breiten Bevölkerungsschicht die Möglichkeit, am gesellschaftlichen Wohlstand zu partizipieren. Hier sind zu nennen: eine ausreichende Versorgung mit 'gutem' Wasser und eine hygienische Beseitigung der flüssigen Abfallstoffe.
Merkmale zentraler Systeme im Vergleich zu dezentralen sind:
- hohe Kapitalkosten, die zu einer höheren Kostendegression für 'Vielbenutzer' führen;
- durch einen einfacheren Aufbau und Betrieb der Systeme weniger Bindungen und zu koordinierende Wechselbeziehungen;
- effizienterer Einsatz von Erzeugungs- und Aufbereitungskapazitäten durch breiteres Nutzerspektrum;
- geringere Immissionsbelastung der Bevölkerung mit Abfallstoffen durch Ausgliederung der Aufbereitungsanlagen aus dem Siedlungsbereich;
- hohes Beharrungsvermögen gegenüber Änderungen, welche z.B. aus veränderten Nutzungen, technologischen Weiterentwicklungen und wirtschaftlichen Neubewertungen resultieren;
- hohe Entropievermehrung durch nicht nutzungsgerechten Einsatz von Ressourcen bzw. unzureichende Wiederverwendung von Abfallstoffen;
- höhere Umweltbelastung durch punktuell stärkere Eingriffe in den Naturhaushalt.

Insbesondere die beiden letzten Merkmale erweisen sich dabei heute, bei stärkerer Beachtung ökologischer Aspekte zunehmend als entwicklungshemmend. Langfristig gesehen geht es deshalb um eine sinnvolle Entflechtung der zentralen Systeme. Das bedeutet eine verstärkte Nutzung örtlicher Potentiale für die Ver- und Entsorgung bei Beibehaltung von Synergieeffekten durch übergeordnete Verbindungen.

Auf dem Gebiet der Siedlungswasserwirtschaft gibt es dazu schon seit längerer Zeit Bestrebungen. Zu nennen sind in diesem Zusammenhang 'modifizierte Entwässerungssysteme' und 'Brauchwassersysteme'.

<u>Qualitätsdifferenzierte RWEntsorgung</u>

'Modifizierte Entwässerungsverfahren' sind dadurch gekennzeichnet, daß *gering oder unverschmutzes Niederschlagswasser*, nachdem alle Möglichkeiten der Eingliederung in den Naturhaushalt am Anfallort ausgeschöpft wurden, über einen *separaten Weg* aus dem Siedlungsgebiet abgeleitet wird. Verschmutztes und damit behandlungsbedürftiges Niederschlagswasser wird dagegen wie in konventionellen Entwässerungssystemen dem Mischwasser- oder Regenwasserkanal zugeführt. Eine Aufbereitung dieses verschmutzten Niederschlagswassers erfolgt in der Kläranlage und/oder in semizentralen RW- oder MW-Behandlungsanlagen vor Einleitung in die als Vorfluter dienenden Gewässer. Mit dieser zusätzlichen RWAbleitungstrasse für unverschmutztes Regenwasser ergeben sich beim Mischsystem zwei und beim Trennsystem drei Entwässerungstrassen die städtebaulich einzuordnen sind (Abb. 62).

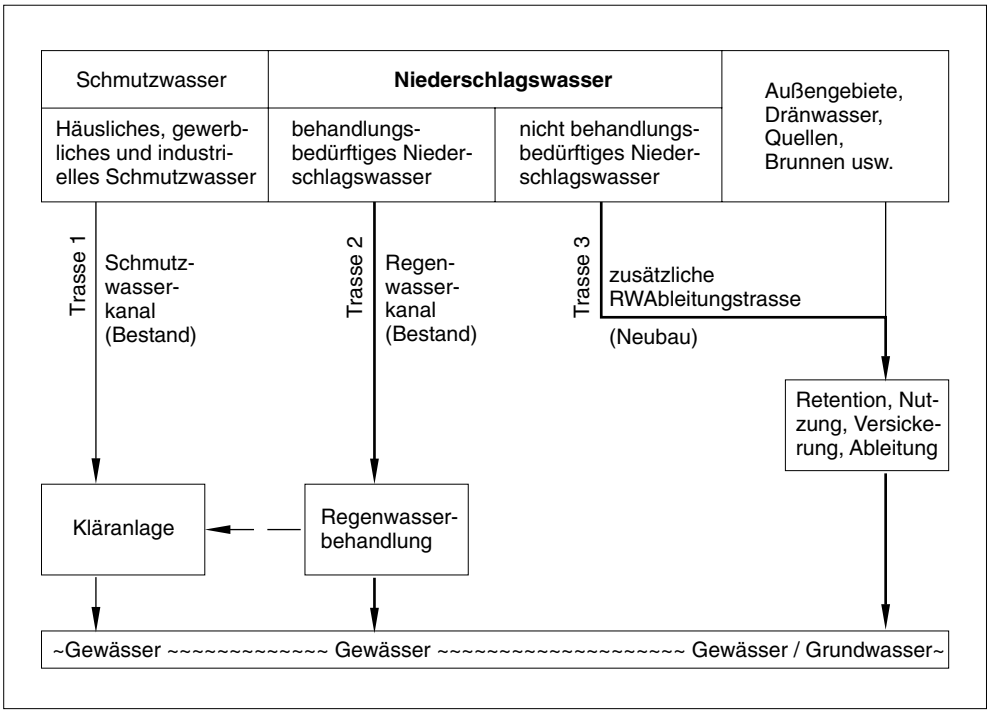


Abb. 62 Schematische Darstellung einer Entwässerung im modifizierten Trennsystem (nach ATV [1996a,1446])

Die Idee solcher angepassten Entwässerungssysteme ist nicht neu. So wurde im Rahmen dieser Arbeit bereits von einem modifizierten Trennverfahren im Zusammenhang mit dem Städtebauvorhaben 'Neue Stadt Wulfen' Anfang der 1960er Jahre berichtet (siehe S.80).

Dieses von Kehr konzipierte und von Stobbe detaillierte 'qualifizierte Trennverfahren' unterschied die im Siedlungsgebiet anfallenden RWAbflüsse in drei RWQualitäten, welche weitgehend *getrennt* zu behandeln waren:

(A) oberirdische Ableitung der unverschmutzen und nicht auf den Grundstücken zu versickernden RW-Abflüsse über stadtquartierbezogene 'Stauweiher' in die Vorflutgewässer (Abb. 62, Trasse 3);

(B) unterirdische Entwässerung der gering verschmutzten Straßenflächen über RWKanäle und 'künstliche Seen' (u.a. zur RWReinigung und RW-Abflußdämpfung) in die Vorflutgewässer (Trasse 2);

(C) Ableitung des abfließenden Regenwassers stärker verschmutzter Flächen (z.B. Park- und Stellplätze) bis zu einer bestimmten Abflußspende direkt in den SWKanal und Überleitung der Abflußspitzen in die RW-Kanalisation (Trasse 1).

Dieses System wurde, wie bereits erläutert, nicht in der von Kehr konzipierten Form realisiert. Zur Ausführung kam jedoch nicht das klassische Trennverfahren, sondern eine angepaßte Lösung. Da auf den zusätzlichen oberirdischen Ableitweg für das unverschmutzte Regenwasser (Trasse 3) verzichtet werden mußte, wurde das gesamte Regenwasser (wie bei einem konventionellen Trennsystem) über den RWKanal unterirdisch abgeleitet. Vor der Ausmündung der RWKanalisation in das Vorflutgewässer sah man ein Überlaufbauwerk vor, welches RWAbflüsse $q > 3$ l/s*ha_{red} in das Vorflutgewässer überleitete. RWAbflüsse bis 3 l/s*ha_{red} , so die stärker verschmutzten Erstabflüsse nach Regenbeginn, wurden dagegen über den SWKanal zur Kläranlage geleitet [ATV,1994b,339]. Dieses System wurde Mitte der 1990er Jahre wieder zu einem konventionellen Trennsystem umgebaut [Stadt Dorsten,1996]. Ausschlaggebend dafür war nach Auskunft des zuständigen Tiefbauamtes eine zu hohe Belastung der Kläranlage mit Niederschlagswasser.

Ungeachtet der Entwicklung in Wulfen wird von seiten der Wissenschaft wiederholt eine nach unterschiedlichen RWQualitäten ausgerichtete, differenzierte RWBehandlung eingefordert (z.B. [Hahn, 1993]). Dies ist jedoch unmittelbar mit einem weiteren RWAbleitungsweg verbunden. So plädiert die ATV-Arbeitsgruppe 'Regenwasserbehandlung' für eine 'naturähnliche Ableitung' des nicht behandlungsbedürftigen Regenwassers [ATV,1996a,1445] (vgl. Abb. 62).

Aus der Sicht des Verfassers erscheint aus städtebaulichen und ökonomischen Gründen eine zusätzliche Regenentwässerungstrasse in *voller Länge*, d.h. vom einzelnen Grundstück bis zum Vorflutgewässer, nicht durchsetzbar. Eine naturähnliche RWAbleitung in den Anfangshaltungen des Regenentwässerungssystems schafft als Standardlösung unverträglich starke Bindungen für Architektur und Städtebau. Wird der Ableitungsweg unterirdisch über ein zusätzliches Kanalnetz im Straßenraum geführt, so ergeben sich andererseits ständig Überschneidungen zwischen den auf gleicher Ebene verlaufenden Entwässerungstrassen für behandlungsbedürftiges und nicht behandlungsbedürftigem Regenwasser (Abb. 62, Trasse 2 und 3). Überschneidungen sind nicht zu vermeiden und führen letztlich zu tiefliegenden Regenwasserkanälen, die kostenintensiv sind, und deren Ausmündungen am Vorflutgewässer konstruktiv schwer einzubinden sind. Mit einem zweiten Entwässerungsweg für das Regenwasser (Trennverfahren) steigen die Fixkosten des RWEntsorgungssystems stark an. Damit werden bei einer kosten- und verursachergerechten Umlage der Aufwendungen auf die Anschlußnehmer, durch einen sinkenden variablen Gebühren- bzw. Abgabenanteil Maßnahmen zur Vermeidung von RWAbflüssen be- oder verhindert.

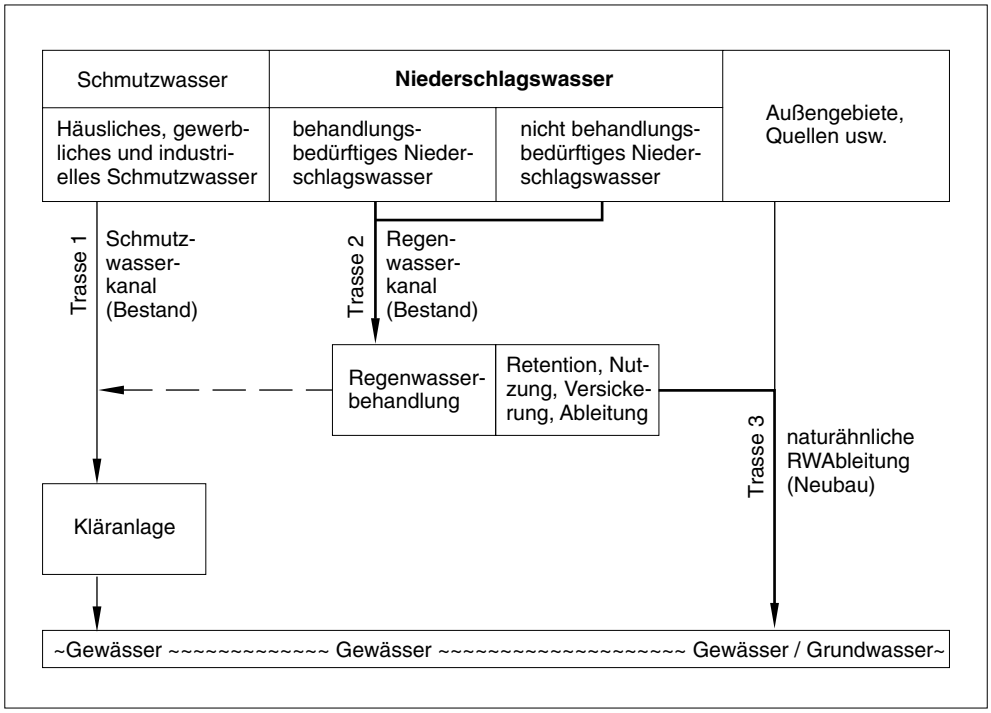


Abb. 63 Vorschlag zu einer Entwässerung in einem modifizierten Trennsystem (Schema)

Dieser Konflikt zwischen ökologischen, ökonomischen, städtebaulich /architektonischen und entwässerungstechnischen Anforderungen kann aus der Sicht des Verfassers nur durch den Kompromiß gelöst werden, daß die neu hinzukommende 'naturähnliche Ableitungstrasse' nicht über den gesamten Ableitungsweg geführt wird. Zweckmäßig erscheint es, den RWAbleitungsweg erst nach der RWBehandlungsanlage oberirdisch bzw. oberflächennah zu führen und die RWAbleitung in den Anfangshaltungen in bewährter Form im unteridischen Straßenraum über *ein* Ableitungssystem vorzunehmen (Abb. 63).

Qualitätsdifferenzierte Wasserversorgung

Die Versorgung der Bevölkerung mit Wasser erfolgt in Deutschland heute zum überwiegenden Teil über leistungsfähige zentrale Versorgungsnetze. Angeboten wird eine Wasserqualität, welche zwangsläufig dem höchsten der Nutzungsansprüche genügen muß. Die Gütekriterien, die dieses Wasser als Nahrungsmittel zu erfüllen hat, sind in der DIN 2000 und der Trinkwasserverordnung fixiert [DIN 2000, 1973] [TrinkwV,1990]. Ungeachtet der Tatsache, daß ca. 1/3 bis 1/2 des heutigen Wasserbedarfs der Privathaushalte durch Brauch- oder Betriebswasser (BW) substituierbar wäre, kam ein Ersatz von Trinkwasser durch Betriebswasser als Neu- oder Umbaustrategie öffentlicher Wasserversorgungssysteme bisher nicht zum tragen.

Eine den unterschiedlichen Nutzungsansprüchen entsprechende qualitätsdifferenzierte Wasserversorgung wird seit längerer Zeit sehr kontrovers diskutiert. Dabei vertreten die einzelnen 'Parteien' folgende aus ihrer Sicht nachvollziehbaren Standpunkte:

- verringerte Wirtschaftlichkeit der öffentlichen Wasserversorgungssysteme durch ungenügende Auslastung bei gleichzeitig hohen Investitionskosten durch das zweite Netz (Versorgungsunternehmen);
- Gefährdung der Gesundheit durch bewußten oder unbewußten Genuß von Betriebswasser (Gesundheitsbehörde);
- Schonung der hochwertigen Grundwasserressourcen durch den Einsatz von Betriebswasser (Umweltbehörde);
- Verringerung des TWBedarfs und Kosteneinsparungen (Umweltverbände, Eigentümer von BWSystemen);
- ernstzunehmender Beitrag zur Entlastung des Wasserhaushalts (Wissenschaft).

Zu einer gesellschaftlichen Abwägung der einzelnen Standpunkte und der Formulierung einer entsprechenden Strategie mit zeitlicher Untergliederung in Realisierungsetappen ist es jedoch bis jetzt nicht gekommen.

Für Beriebswasser können verschiedene Wasservorkommen als Ausgangsstoff dienen. Dies sind im wesentlichen Oberflächenwasser, gereinigtes Abwasser, oberflächennahes Grundwasser minderer Qualität und Regenwasser.

Bei den aufgezählten Wasservorkommen sind unter den Gesichtspunkten großräumige Verfügbarkeit, dezentrale Nutzung des Betriebswassers, Minimierung des hygienischen Risikos und Minimierung des anthropogen bedingten RWAbflusses besonders die beiden letzten Vorkommen interessant. Erweitert man den Begriff der RWNutzung, indem man das Porenvolumen des oberflächennahen Bodenkörpers als nutzbaren Speicher, die belebte Bodenzone als RW-Reinigungselement und die zu entwässernden Flächen als RWAuffangfläche betrachtet, so lassen sich beide Vorkommen gedanklich unter dem Begriff RWNutzung zusammenfassen.

Regenwassernutzung zur Trinkwassersubstitution und RW-Abflußreduzierung

Die Nutzung von Regenwasser hat eine lange Tradition. Sie fand in der Vergangenheit immer dort statt, wo aufgrund ungünstiger naturräumlicher Verhältnisse keine stabilen Süßwasservorkommen (Grund- oder Oberflächenwasser) bei angemessenem wirtschaftlichen Aufwand verfügbar waren. In seltenen Fällen spielte auch eine größere Versorgungsautonomie eine Rolle, so z.B. bei Befestigungsanlagen.

Heute werden RWNutzungsanlagen vorwiegend aus privatwirtschaftlichen Gründen als dezentrale Kleinstanlagen errichtet. Durch die Nutzung von Regenwasser läßt sich der Bezug von Trinkwasser aus dem öffentlichen Netz reduzieren und der Eigentümer kann Benutzungsgebühren einsparen. Trinkwas-

ser wird dann nur noch für höherwertige Nutzungen (z.B. Ernährung, Körperpflege) und zur Überbrückung niederschlagsarmer Perioden bezogen.

Damit werden aber der öffentlichen Wasserversorgung wirtschaftlich wichtige Grundlastanteile genommen. Die für ein öffentliches TW-Versorgungssystem maßgebenden Spitzenlasten, wie z.B. die Bereitstellung von Löschwasser zur Brandbekämpfung oder die Wasserversorgung bei längeren Trockenzeiten bleiben unverändert bestehen.

Im folgenden sollen zwei versorgungsplanerische Einflußgrößen bei der Konzeption von RW-Nutzungsanlagen näher untersucht werden. Es sind zum einen wirtschaftliche Wechselwirkungen zwischen privater RWNutzung und öffentlicher TWVersorgung und zum anderen Wechselwirkungen zwischen dem Nutzungsgrad des RWDargebots und der RW-Abflußverringerung einer RWNutzungsanlage.

Versorgungswirtschaftliche Aspekte der Regenwassernutzung

Bezeichnenderweise entstehen z.Zt. gerade dort RWNutzungssysteme, wo sie aus ökologischer und volkswirtschaftlicher Sicht nur einen zweifelhaften Nutzen haben. Unter den Bedingungen der Bebauungsform Einfamilienhaus ist einerseits der Freiflächenanteil für eine RWVersickerung sehr günstig, andererseits sind die spezifischen Netzkosten für die Trinkwasserversorgung und Abwasserentsorgung (hoher Kapitalkostenanteil) aufgrund der geringen Besiedlungsdichte hoch (vgl. Abb. 49).

Ist die RWNutzungsanlage für den einzelnen Grundstückseigentümer aus privatwirtschaftlicher Sicht rentabel (in den wenigsten Fällen ist sie es, siehe u.a. [Waider,1993], [Drasdo,1995]), so gilt dies nur, weil die TWKunden, die über keine derartige Anlage im Versorgungsgebiet verfügen, ihn indirekt subventionieren.

Ursache dafür ist der hohe Fixkostenanteil bei der leitungsgebundenen Wasserver- und -entsorgung. Je geringer die spezifische Netzauslastung (m^3/km*a) ist, umso höher sind die versteckten Subventionen für RWNutzer bei einer betriebswirtschaftlichen Betrachtungsweise unter gegenwärtigen wirtschaftlichen Prämissen. Bei einer Splittung der Entwässerungsgebühr in einen Schmutzwasser- und einen Regenwasseranteil verschärft sich dieser Sachverhalt noch, weil der Eigentümer der RWNutzungsanlage zusätzlich Einsparungen bei der Regenentwässerungsgebühr erzielen kann.

In der folgenden Abbildung sind betriebswirtschaftliche Zusammenhänge in einem TWVersorgungsnetz einer Großstadt mit einer hohen spezifischen Netzabgabe und einem damit geringeren Fixkostenanteil als z.B. in einem TWNetz einer Einfamilienhausbebauung skizziert. Mit dem Diagramm lassen sich sowohl netzbezogene als auch kundenbezogene Zusammenhänge verdeutlichen. Das bedeutet zum einen, daß das Verhalten der Benutzer als Gesamtheit in bezug auf das Versorgungssystem gesehen wird (Abzisse kennzeichnet die Auslastung des Gesamtsystems). Zum anderen beleuchtet es das Verhalten der Benutzer in Bezug auf den für sie 'reservierten' Kapazitätsanteil (Abzisse kennzeichnet die Inanspruchnahme der über die Anschlußleitung verfügbaren Netz- und Wasserwerkkapazität).

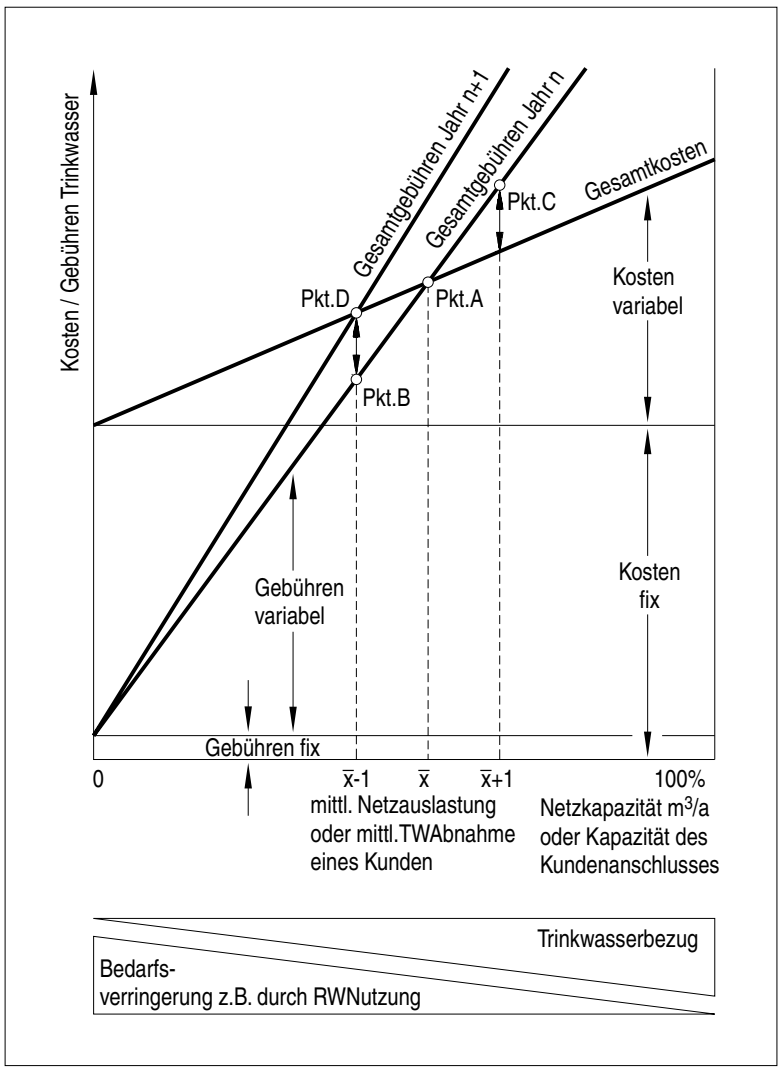


Abb. 64 Betriebswirtschaftliche Zusammenhänge bei einem Großstadtnetz der Trinkwasserversorgung mit hoher spez. Netzabgabe (m^3/km*a)

Die Kosten eines Versorgungssystems lassen sich bezüglich seiner Auslastung in variable und konstante Kostenanteile einteilen. Der Fixkostenanteil beträgt bei einem Großstadtnetz mit hoher spezifischer Netzabgabe 70 - 90% [Möhle,1984,140]. Zu den durch die Netzauslastung beeinflußten, variablen Kosten zählen in erster Linie die Betriebskosten (Instandhaltung, Wartung, Löhne, Energie, Grundwasserabgabe). Zu den konstanten oder Fixkosten zählen im wesentlichen die Kapitalkosten wie Abschreibung und Verzinsung. Aus der Summe der beiden Kostenanteile resultieren die Gesamtkosten des Systems TWVersorgung. Diese Kosten sind entsprechend dem Kommunalabgabengesetz (KAG) den Benutzungsgebühren zugrunde zu legen ($\bar{x}$, Pkt.A). Die Verteilung der gebührenfähigen Kosten auf die Benutzer muß nicht nach betriebswirtschaftlichen Aspekten erfolgen. Den rechtlichen Rahmen hierfür bilden vielmehr die allgemeinen Grundsätze des Abgabenrechts, so unter anderem das Sozialstaatprinzip und das Äquivalenzprinzip [Hamberger,1993]. Deshalb ist heute z.B.die Gebührenhöhe des konstanten Anteils 'Wasserzählergebühr' und des variablen Anteils 'Kubikmeter TWVerbrauch' mit einer betriebswirtschaftlichen Kostenbetrachtung allein nicht erklärbar.

Mit dem Diagramm der Abb. 64 wird bei einer kundenbezogenen Betrachtung deutlich, daß wenig Trinkwasser verbrauchende Bürger ($\bar{x}$-1, Pkt.B) von den mehr verbrauchenden ($\bar{x}$+1, Pkt.C) subventi-

oniert werden. Ist dieser geringere TWVerbrauch z.B. durch eine RWNutzung zustande gekommen, so wird die RWNutzung durch den nicht RWnutzenden Netzkunden subventioniert. Kommt es durch Wassersparmaßnahmen oder TWSubstitution zu einer insgesamt geringeren Netzauslastung (netzbezogene Betrachtung), so muß das Wasserversorgungsunternehmen (WVU), um kostendeckend arbeiten zu können, die Benutzungsgebühr anheben ($\bar{x}$-1, Pkt.D).

Die positiven ökologischen Effekte bei einer RWNutzung - wie die Schonung hochwertiger Grundwasserressourcen und ein verminderter Abwasseranfall sowie auch der negative Effekt einer verhinderten Grundwasserneubildung - treten wirtschaftlich kaum in Erscheinung.

Eine Reihe von Gutachten zu Fragen der großräumigen und langfristigen Wasserbewirtschaftung ausgewählter Wassereinzugsgebiete (wie z.B. Pfützner für das Reidegebiet in Sachsen-Anhalt [1994]) messen RWNutzungssystemen ein nicht unwesentliches RWRückhaltepotential bei der wasserwirtschaftlichen Sanierung dieser Gebiete bei.

Im folgenden sollen RWNutzungssysteme bezüglich ihrer Eignung als abflußreduzierendes/ -dämpfendes Verfahren untersucht werden. Ausschlaggebend dafür ist, daß sie dort einsetzbar sind, wo Versickerungsverfahren ausscheiden müssen und sie dezentral nachrüstbar die Vorreiterrolle für eine langfristig unumgängliche qualitätsdifferenzierte Wasserversorgung darstellen könnten. Gelänge es, daß RWNutzungssysteme die zusätzliche Aufgabe der RWRückhaltung wahrnehmen, so ließen sich diese Systeme auch stadtwirtschaftlich besser begründen.

Entwässerungstechnische Aspekte der Regenwassernutzung

Bisher wurden RWNutzungssysteme fast ausschließlich unter dem Aspekt der TWSubstitution betrachtet. Wird die RWRetention als Argument für den Einsatz einer RWNutzungsanlage erwähnt, so spiegelt sie sich jedoch in den angeführten Bemessungskriterien nicht wider. In Veröffentlichungen, welche von einem nicht unwesentlichen RWRückhalteeffekt bei der RWNutzung ausgehen [Pfützner, 1994,27] [Braam,1993,90] [Stich,1992,163], wird die Speicherleerung nicht problematisiert. Es ist zu vermuten, daß die Anlagen in der Praxis aufgrund eines für die Abflußdämpfung ungünstigen Verhältnisses von Abflußfläche - Speichergröße - RWBedarf einen geringeren RWRückhaltenutzen haben, als zuvor veranschlagt. Auch Behörden verweisen im Zusammenhang mit kombinierter RWNutzung und RWRetention darauf hin, daß die Bewirtschaftung der privaten RWSpeicheranlagen außerhalb der Verfügbarkeit der Kommunen steht und somit nicht gewährleistet ist, daß sie im Falle des Bedarfes leer sind und das ankommende Niederschlagswasser aufnehmen können [Grau,1985,138].

Geht man bei der RWNutzung von einer spezifischen Speichergröße eines Betriebswasserbedarfs von drei Wochen [Schmidt,1986] bis 4 ... 12 Wochen [Geiger,1995,190] aus, so sollte ein Speicher zur Abflußdämpfung dagegen schon nach ca. 8 Stunden [Pecher,1989,168] entleert sein (vgl. Abschnitt 5.3.4).

Daraus wird ersichtlich, daß die Anlagenkonzeption und die Bewirtschaftung des RW-Speicherraums von RW-Nutzungsanlagen sehr unterschiedlich erfolgen kann.

Einflußgrößen sind heute i.d.R. der Dargebotsnutzungsgrad und der Deckungsgrad. Eine Optimierung der Anlagenkonzeption bzw. des Anlagenbetriebes erfolgt auf der Basis der Anlagenkosten und der Erlöse aus dem eingesparten Trinkwasserbezug. Andere Bewertungsmaßstäbe, wie z.B. eine hohe ökologische Motivation des Anlagenbesitzers, sollen im Rahmen dieser Untersuchung unberücksichtigt bleiben, da sie aus gesamtstädtischer Sicht zu vernachlässigen sind.

Der Dargebotsnutzungsgrad gibt an, wieviel des verfügbaren Niederschlags als Betriebswasser verwendet wird. In diese Komponente gehen damit meteorologische (die örtliche Niederschlagshöhe), städtebauliche (Größe der einwohnerspezifischen Dachfläche) und versorgungstechnische (substituierbare Trinkwasserbedarfsanteile) Randbedingungen ein.

Unter Deckungsgrad wird der Anteil des Regenwassers am verbrauchten Betriebswasser bezeichnet. Dieser wird, um die Speichergröße auf ein wirtschaftliches Maß zu begrenzen, kleiner als 100% sein, d.h. es wird immer eine Nachspeisung aus einer separaten Wasserquelle für Trockenperioden nötig sein. Der Deckungsgrad hat einen wesentlichen Einfluß auf die Speichergröße.

Steht der RWErtrag im Vordergrund der Versorgungsplanung, so sind generell alle die Fälle privatwirtschaftlich interessant, bei denen sich ein möglichst kleiner Dargebotsnutzungsgrad realisieren läßt. Wenn also ein großes RWDargebot einem vergleichsweise kleinen RWBedarf gegenübersteht, reichen schon kleinere Niederschlagsereignisse aus, um den RWSpeicher wieder aufzufüllen. Damit kann der kostspielige RW-Speicherraum klein gehalten werden. Das Regenwasser der dann häufigeren Speicherüberläufe wird über das öffentliche Entwässerungssystem abgeleitet.

Würde man die Anlage retentionsoptimiert auslegen, so wäre es sinnvoll, den Speicher durch eine wesentlich höhere Betriebswasserentnahme möglichst schnell zu entleeren und die anschließende Zeit bis zur nächsten Speicherfüllung (Regenereignis) mit einer Einspeisung aus dem TWNetz zu überbrücken. Zusammenfassend kann man sagen, daß bei gleicher Speichergröße der Dargebotsnutzungsgrad (Verhältnis: RWBedarf zu RWDargebot oder Abflußmenge zu Zuflußmenge Speicher) bei einer RWnutzungsoptimierten Bemessung *klein*, bei einer retentionsoptimierten Bemessung *groß* gehalten werden muß.

Zur Veranschaulichung dieser Zusammenhänge werden in der folgenden Abbildung exemplarisch zwei RWNutzungsysteme gegenübergestellt (städtebauliche Ausgangswerte und Annahmen im Anhang 2, Tab. 12).

Bei den beiden exemplarischen RWNutzungsystemen handelt es sich im ersten Fall um den klassischen RWNutzungsfall Einfamilienhaus (EFH) mit spezifisch großer RWAuffangfläche, im zweiten Fall um die Bebauungsform Mehrfamilienhaus (MFH). Der Anlage des Einfamilienhauses wurden bezüglich Dargebotsnutzungsgrad und Bedarfsdeckung die üblichen, betriebswirtschaftlich orientierten Richtwerte zugrunde gelegt. Ausgangspunkt beim Mehrfamilienhaus sollte eine 'Übernutzung' des Speichers zulasten einer höheren spezifischen TWEinspeisung sein. Da leider die Bemessungsverfahren nur Dargebotsnutzungsgrade unter 100% zulassen, konnte nur ein um 30% höherer Dargebotsnutzungsgrad als beim Einfamilienhaus zugrundegelegt werden. Um eine bessere Vergleichbarkeit der beiden Varianten zu erreichen, sollte die spezifische Speicherkapazität in beiden Fällen gleich groß sein. Die Bemessung wurde nach einem von H. Schmidt von der TU Braunschweig am FB Architektur entwickelten Verfahren vorgenommen [Schmidt,1986].

Das graphische Speicherbemessungsverfahren nach Schmidt beruht auf einer Speichersimulation mit den 12jährigen Regenreihen (1970-1981) mehrerer Städte mit Zeitabschnitten Δt=1 Tag [Schmidt, 1986].

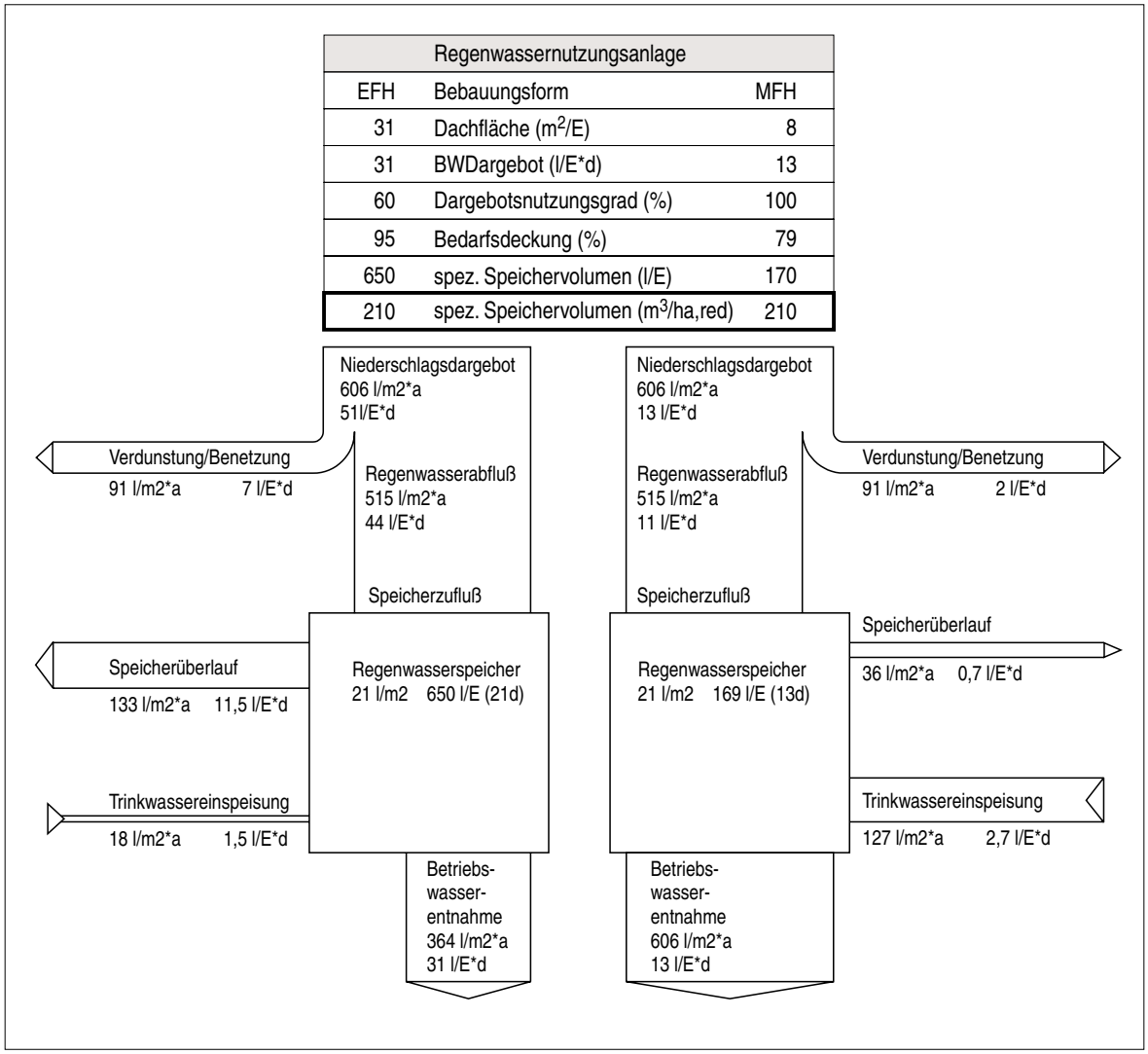


Abb. 65 Unterschiedliche Auslegungsstrategien bei Regenwassernutzungsanlagen

Vergleicht man beide Systeme, so läßt sich feststellen, daß eine 20% ige Reduzierung der RWAbfluß-*menge* beim höher belasteten RWNutzungssystem Mehrfamilienhaus möglich ist. Eine Erhöhung des RWRückhalts beim Einfamilienhaus scheitert an dem im Verhältnis zum Mehrfamilienhaus geringen spezifischen Betriebswasserbedarf (Liter/qm Dachfläche).

Zu vergleichbaren Ergebnissen kommen auch Hermann und Schmida [1996,83] über Langzeitsimulationen (Δt=5min, 11 Jahre) (Abb. 66). Dabei entspricht der Brauchwasserbedarf von 2,2 mm/d (angegeben in mm Niederschlag der Dachfläche) einem Dargebotsnutzungsgrad von 100% (Jahresniederschlag N = 791 mm [Hermann,1996,77] : 365,25 d/a).

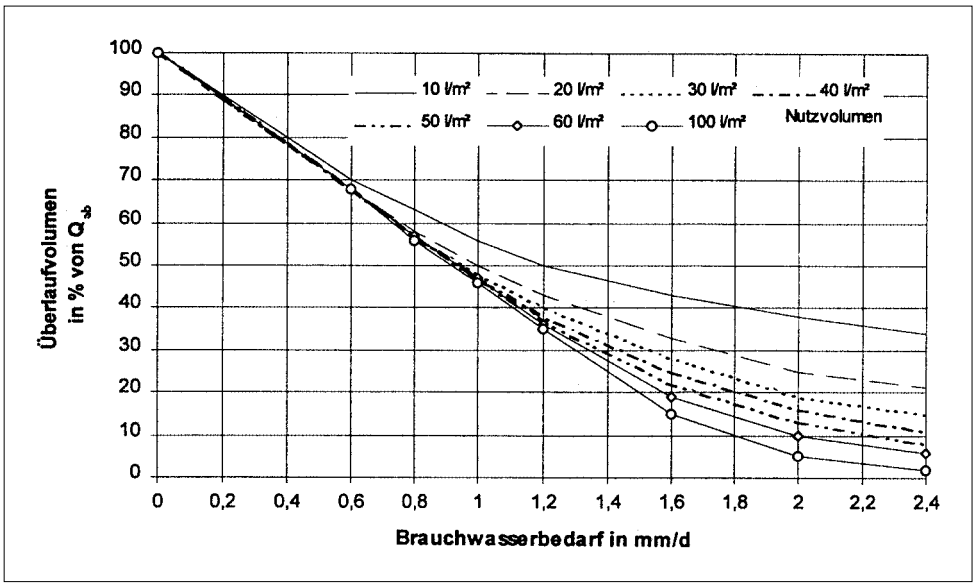


Abb. 66 Speicherüberlauf in Abhängigkeit vom spezifischen BWBedarf und Nutzvolumen bei RWNutzungsanlagen [Hermann,1996,83]

Als Resultat ihrer Untersuchungen geben Hermann und Schmida optimale Anlagenkonfigurationen an, die sowohl eine effektive BWNutzung als auch eine möglichst hohe Reduzierung der Gesamtabflüsse bewirken (Tab. 7). Auch hier läßt sich relativ schnell das privatwirtschaftliche Optimum eingrenzen. Um einen hohen Deckungsgrad zu gewährleisten (d.h. wenig TWBezug aus dem öffentlichen Netz), muß zwangläufig auch das spezifische Speichervolumen erhöht werden. Privatwirtschaftlich sinnvoll sind in Deutschland nach König spezifische RW-Speichervolumen von 20 bis 60 l/qm Dachfläche, wobei der Schwerpunkt im niedrigen Wertebereich liegt [König,1996,111].

Betriebs-wasser-bedarf	(entspricht Dargebots-nutzungs-grad von:)	Deckungs-grad	100 m² Dachfläche			200 m² Dachfläche		
			Nutzvolumen		Überlauf-volumen	Nutzvolumen		Überlauf-volumen
1	2	3	4	5	6	7	8	9
mm/d	%	%	m³	l/m²	%	m³	l/m²	%
0,6	28	99	3	30	67	3	15	67
0,8	37	99	4	40	57	4	20	57
1,0	46	99	6	60	48	6	30	48
1,2	55	99	8	80	35	8	40	37
1,6	74	99	10	100	15	10	50	22
2,0	92	95	14	140	5	14	70	8
Werte der Spalten 1,3,4,6,7,9 aus [Hermann,1996,83-Tabelle4]								

Tab. 7 Optimale Nutzvolumina von RW-Nutzungsanlagen nach [Hermann,1996,83] (meteorologische Daten: Station Bochum 1981-90, N = 791 mm/a)

Fazit

Der Vorteil konventioneller und damit weitgehend zentralisierter Regenentwässerungssysteme liegt in einem vergleichsweise einfachen Systemaufbau, in einem sparsamen Umgang mit Siedlungsflächen und in einer damit verbundenen, weitgehenden Unabhängigkeit des Städtebaus und der Architektur von entwässerungstechnischen Zwangspunkten. Diese Vorteile sind jedoch ursächlich verbunden mit einer irreversiblen Vermischung unterschiedlicher Qualitäten von Regenablaufwasser und mit einer Externalisierung bedeutender Emissionen.

Um eine Vermischung von behandlungsbedürftigen und nicht behandlungsbedürftigen Regenwasser zu vermeiden wird, unter der Prämisse das eine vollständig dezentrale RWBewirtschaftung auf den Grundstücken nicht möglich ist (vgl. Untersuchungsansatz), von Vertretern der Siedlungswasserwirtschaft ein zusätzlicher und 'naturähnlicher' RWAbleitungsweg für notwendig erachtet (Abb. 62).

Aus der Sicht des Verfassers ist ein zusätzlicher RWAbleitungsweg von den Grundstücken bis zum Vorflutgewässer unter städtebaulichen, architektonischen, ökonomischen Gesichtspunkten als Standardlösung für Neubau- bzw. Umbauvorhaben nicht durchsetzbar.

Als Kompromiß wird empfohlen die Anfangsstrecken des RWEntsorgungssystems wie derzeit üblich unterirdisch über *einen Ableitungsweg* bis zu einer stadtquartier- oder stadtteilbezogen zentralen RWBehandlungsanlage zu führen. In dieser Anlage wird das Regenablaufwasser gereinigt, biologisch konditioniert und es werden bedeutende Anteile des RWAbflusses über Versickerung dem Grundwasser zugeführt. Im Anschluß an diese Anlage sollte der verbleibende RWAbfluß wie von der Siedlungswasserwirtschaft gewünscht über eine naturähnliche RWAbleitungstrasse geführt werden (Abb. 63).

Diese Anordnung hat den Vorteil, daß die spezifischen Trassenlängen des oberirdischen RWAbleitungsweges gering bleiben. Damit werden die ökonomischen Aufwendungen für den neuen Ableitweg reduziert, die Fixkosten des RWEntsorgungssystems nicht übermäßig gesteigert, die resultierenden Bindungen für Architektur und Städtebau beherrschbar und der neue naturähnliche Ableitungsweg kann sich als städtisches Element auf Dauer behaupten.

Seine Gestalt und Ausdehnung wird letztendlich durch die konkreten naturräumlichen (z.B. Bodenbeschaffenheit, Vorfluterdichte), städtebaulichen (z.B. Bebauungsstruktur, Funktionsbezüge) und ökonomischen Faktoren (z.B. Umbau- und Betriebskosten) des betreffenden Siedlungsgebietes sowie durch das architektonische und städtebauliche Gestaltungskonzept bestimmt werden.

Da die Einrichtung von RWBewirtschaftungsflächen in Abhängigkeit von der Bebauungsform teilweise schwer zu verwirklichen ist, verdienen RWNutzungsanlagen aus entwässerungstechnischer Sicht eine höhere Beachtung.

Wie nachgewiesen wurde, können RWNutzungsanlagen unter bestimmten Bedingungen neben der TWSubstitution auch einen spürbaren Beitrag zur Reduzierung des RWAbflusses liefern. Dabei zeigt sich, daß die klassische RWNutzungsanlage eines freistehenden Einfamilienhauses stadtwirtschaftlich und ökologisch nicht die optimale Lösung darstellt. RWNutzungsanlagen sollten dort eingesetzt werden, wo:

- keine nennenswerte oberirdische Versickerung von Regenablaufwasser stattfinden kann;
- durch eine hohe spezifische TWAbgabe des Versorgungsnetzes geringere betriebswirtschaftliche Nachteile infolge eines verminderten TWAbsatzes zu erwarten sind;
- ein hoher Nutzungsgrad des RWDargebots zu einer zügigen Entleerung des RWSpeichers führt;

- ein weiterhin hoher TWBedarf im Versorgungsgebiet für einen hygienisch notwendigen Mindestdurchfluß im Versorgungsnetz sorgt sowie die Bereitstellung des notwendigen Löschwassers garantiert;
- RWDargebots- und BWBedarfsdichte hoch sind.

Es werden sich *zuerst* vor allem Betriebswasserlösungen *außerhalb* der Gebäude anbieten, da hier keine gebäudebezogenen Folgekosten durch Umbau der Wasserinstallation entstehen. Beispielhaft hierfür kann der BWEinsatz in der Stadtreinigung und in der Bewässerung von Park- und Grünanlagen gelten. Prädestiniert als Standorte für zentrale RWNutzungsanlagen als Teil der öffentlichen Infrastruktur sind u.a. die zentralen RWBehandlungsanlagen im Stadtquartier oder Stadtteil (Abb. 63).

Um eine solche RWNutzung zur RWAbflußreduzierung *und* TWSubstitution an hierfür geeigneten Stellen zu erreichen, sind zukünftig in viel stärkeren Maße die Wasserver- und -entsorgungsunternehmen gefordert. Ihnen obliegt es, im Sinne eines Dienstleistungsunternehmens Potentiale zu ermitteln und zwischen dem Regenentwässerungs- und dem Betriebswasserbedarf in einem Siedlungsgebiet zu vermitteln.

5.4.5 Schutz der Umwelt vor wassergebundenen Schadstoffen

Der RWAbfluß aus Siedlungsgebieten ist durch eine Vielzahl von Stoffen verschmutzt. Diese stammen im wesentlichen aus dem Staubniederschlag von Emissionen (Industrie, Verkehr) und natürlichen organischen Verschmutzungen. Durch das Regenwasser werden diese Stoffe von den Oberflächen gelöst und abtransportiert. Die Verschmutzungen können in abbaubare und nicht abbaubare Verbindungen unterschieden werden.

Abbaubare Verschmutzungen (z.B. Vegetationsreste, Kot, Papier, Öl) können besonders bei Stoßbelastungen leicht zum kurzfristigen Versagen von biologischen Systemen im Gewässer führen. Einzelne Abbauprodukte stellen darüber hinaus als Nährstoffe oder Gifte eine langfristige Bedrohung für diese Systeme dar. Sie sind dann de n nichtabbaubaren Verschmutzungen zuzuordnen.
Nichtabbaubare Verschmutzungen (z.B. Metallverbindungen aus Reifenabrieb) werden entweder im eingeschwemmten biologischen System akkumuliert oder über andere Systeme weiter verteilt. Die Gefährlichkeit dieser Verbindungen für den Menschen besteht in der Stoffvielfalt, in ungenügenden Kenntnissen über deren Langzeitwirkungen und in einer heute schon praktisch nicht mehr rückführbaren Verschmutzung der Biosphäre mit diesen Stoffen. Das Wasser und insbesondere das Regenwasser stellt in der gesamten Schadstoffproblematik eine Schlüsselrolle dar. Als Lösungs- und Transportmittel verteilt es langfristig die durch den Menschen in die Biosphäre eingeleiteten Schadstoffe auf ein nicht mehr rückführbares Maß.

Damit unterliegt das Emission-Wasser-Boden-System genauso dem Entropiemodell wie das Energiesystem [Ripl,1989] [Steiger,1989] [Berg,1992], auch wenn vielfach von einer regenerierenden Ressource Wasser gesprochen wird [Moll,1993,23] und man somit deren unendliche Ergiebigkeit implizit hervorhebt. Die in langen Zeiträumen entstandenen Wasservorkommen, auf deren physikalisch-chemische Zusammensetzung sich die Lebewesen in ebenso langen Zeiträumen eingestellt haben, sind die Ressourcen, die geschützt werden müssen. Wesentliche Schritte auf dem Weg zu einer nachhaltigen Ressourcenbewirtschaftung sind die Verkleinerung der (Nutz-)Wasserkreisläufe, die Verminderung der Stoffein- bzw. -umsätze und die Wiederherstellung eines ausgeglichenen Bodenwasserhaushaltes.

Das dabei Maßnahmen an der Emissionsquelle von Schadstoffen Vorrang haben vor end-of-pipe Lösungen mit dem Ziel, Mensch und Umwelt vor den Folgen der Schadstoffemissionen zu schützen, ver-

steht sich von selbst. Boller [1998] weist aber im Zusammenhang mit der allfälligen Verschmutzung des Regenablaufwassers darauf hin, daß selbst bei sofortigem Verzicht auf Einsatz von Umweltschadstoffen deren Anreicherungen in der Umwelt noch über Generationen zunehmen. Aus dieser Einsicht heraus bleiben Maßnahmen zum Schutz vor Schadstoffimmissionen unverzichtbar.

Der Boden stellt ein wesentliches Element beim Schadstoffrückhalt bzw. beim Abbau von Schadstoffen dar. Andererseits ist der Boden vor allem in Städten auch Träger von Schadstoffen bzw. kann bei sorgloser Versickerung von schadstoffbelasteten Regenwasser perspektivisch zu einem neuen Altlastenproblem führen.

Abgesehen von hochkonzentrierten Bodenverunreinigungen, welche konsequent zu sanieren bzw. gegenüber dem Regenwasser zu isolieren sind, sind bei der RWVersickerung Bedingungen zu schaffen, die ein Auswaschen von Schadstoffen in tieferliegende Bodenschichten verhindern. Damit hat die obere Bodenzone eine besondere Bedeutung. Diese Zone wird als 'belebte Bodenzone', in der der Pflanzenbewuchs aufgrund seiner Wasseraufnahme zu einer Akkumulation nicht abbaubarer Schadstoffe beiträgt und bodeneigene Mikroorganismen den Abbau der übrigen Schadstoffe bewerkstelligen, bezeichnet werden. Die Wasserdurchlässigkeit dieser oberen und biologisch hochaktiven Bodenzone ist an zwei Kriterien auszurichten.

Der Boden soll einerseits eine hohe Durchlässigkeit besitzen, um lange Einstauzeiten zu verhindern, darf andererseits aber nicht zu durchlässig sein, um noch eine ausreichende physikalisch-chemische-biologische Filterwirkung gegenüber Schadstoffen im Regenwasserabfluß zu besitzen und um die Schadstoffe im oberen pflanzenverfügbaren Bodenhorizont zu halten. Diesen Anforderungen versucht man bei entwässerungstechnischen Versickerungsanlagen mit einer ca. 30 cm starken Mutterbodenschicht, welche eine Wasserdurchlässigkeit von $k_f = 10^{-5}$ m/s aufweist, gerecht zu werden. Um deren Reinigungsvermögen zu erhalten, ist es notwendig, daß die obere Bodenschicht nach jedem Regenereignis vollständig entwässert, damit die Versorgung der Mikroorganismen mit Sauerstoff gewährleistet bleibt [ATV,1995,800] [Stecker,1996,185].

Um im Sinne einer nachhaltigen Bewirtschaftung von Boden und Wasser eine langfristig hygienisch bedenkliche Akkumulation von Schadstoffen im Boden bzw. eine Schadstoffverlagerung in das Grundwasser zu vermeiden, plädiert Boller [1998] für eine örtlich konzentrierte und definierte Schadstoffanreicherung. Damit lassen sich Schadstoffe besser beobachten, neue Medien mit speziellen Absorbereigenschaften gegenüber Schadstoffen entwickeln und einsetzen bzw. nicht abbaubare Schadstoffe leichter aus der Umwelt entfernen.

In diesem Zusammenhang sind auch erste Untersuchungsergebnisse von Schüle [1995] und der Umweltbehörde Hamburg beachtenswert, die einen sehr weitgehenden Schadstoffrückhalt im Speichersediment von RWNutzungsanlagen vermuten lassen. Dies eröffnet die Möglichkeit, bei Überleitung der Sedimente in die Kanalisation und anschließender Aufbereitung in der Kläranlage die heute üblichen Abfallwege zu nutzen. Das so gereinigte Niederschlagswasser der befestigten Flächen kann dann bedenkenlos zur Bewässerung von Grünflächen oder der Grundwasseranreicherung im Siedlungsgebiet eingesetzt werden.

Unter dem Aspekt die Umwelt möglichst weitgehend vor wassergebundenen Schadstoffen zu schützen werden durch die oben gemachten Aussagen Vorteile einer zentralisierten RWBehandlung deutlich:

- die RWVersickerung kann effizient und gleichzeitig mit der notwendigen Sorgfalt z.B. gegenüber dem Grundwasser von einem öffentlich bestellten Wasserentsorgungsunternehmen vorgenommen werden;
- eine übermäßige Verteilung nicht eliminierbare Schadstoffe wird durch eine Konzentrierung der RWVersickerung vermieden;

- neue wissenschaftliche und technische Erkenntnisse zur Schadstoffeliminierung können wesentlich schneller und umfassender bei der RWEntsorgung eingesetzt werden;
- zentrale RWNutzungsanlagen bieten günstige Voraussetzungen für eine Schadstoffabtrennung aus dem Regenwasserabfluß.

Im folgenden Abschnitt wird der Flächenbedarf für RWBewirtschaftungsmaßnahmen als eine weitere wichtige ökonomische Einflußgröße näher untersucht.

5.4.6 Der Flächenbedarf für RWBewirtschaftungsmaßnahmen

Der Bedarf an Siedlungsfläche zur RWBewirtschaftung ist aufgrund des Bodenpreises eine wichtige ökonomische Einflußgröße und verdient unter dem Gesichtspunkt einer ganzheitlich vorteilhaften flächensparenden Siedlungsentwicklung Beachtung. Gemäß der Zielstellung der vorliegenden Arbeit interessieren hierbei insbesondere Unterschiede beim Freiflächenbedarf, die aus einem unterschiedlichen Standort der RWBewirtschaftungsanlage innerhalb des RWEntsorgungssystems resultieren. Dieses Problem wurde in der Fachliteratur noch nicht hinreichend erörtert.

Flächenangaben der Siedlungswasserwirtschaft zum Freiflächenbedarf einer RWBewirtschaftungsmaßnahme beziehen sich auf die effektive Sickerfläche. Um diese Sickerfläche in der Praxis bereitstellen zu können, haben Architektur und Stadtplanung eine Reihe von Faktoren zu berücksichtigen. Am Ende des Entwurfs- und Planungsprozesses, bei dem unfalltechnische, formale, eigentumsrechtliche und andere Nutzungsansprüche im Siedlungsgebiet zu berücksichtigen waren, unterscheidet sich der durch die RWBewirtschaftungsmaßnahme ausgelöste Freiflächenbedarf ($A_{S,B}$) wesentlich vom effektiven Sickerflächenbedarf der Siedlungswasserwirtschaft (A_S). Ursachen für diese Flächenzunahme sind u.a.: Böschungs- und Bankettbereiche, Sicherheitsabstände zu Bauwerken (Vernässungsgefahr), betriebsbedingte Erfordernisse, nicht nutzbare 'Restflächen' infolge ungünstig geschnittener RWBewirtschaftungsflächen, geringe Wassereinstautiefen sowie flach auslaufende Mulden.

Die folgenden Ausführungen sollen dazu dienen, Unterschiede im Freiflächenbedarf für RWBewirtschaftungsmaßnahmen aufzudecken die alternativ im privaten (Grundstück), halböffentlichen (Grundstücksblock, Siedlung) und öffentlichen Bereich (Stadtquartier, Stadtteil) vorgenommen werden können. Im Mittelpunkt der Ausführungen steht der für Stadtplanung und Architektur interessante Bruttoflächenbedarf ($A_{S,B}$) für RWBewirtschaftungsmaßnahmen. Dieser bildet abschließend als Flächenbedarfskoeffizient, bezogen auf einen Kubikmeter RWSpeicherraum, die Vergleichsbasis für den Freiflächenbedarf von RWBewirtschaftungsanlagen in den oben angeführten Bereichen.

<u>Der Flächenbedarfskoeffizient</u>

Um grundlegende Unterschiede im Flächenbedarf für RWBewirtschaftungsmaßnahmen erfassen zu können, sollen Aspekte der Mehrfachnutzung von RWBewirtschaftungsflächen (z.B. als öffentliche Grünfläche oder als privater Gartenbereich) und eine damit einhergehende Ve rringerung des ursächlich mit der RWBewirtschaftung verbundenen Flächenbedarfs unberücksichtigt bleiben.

Zentrales Element einer umweltschonenden RWBewirtschaftung ist die Speicherung des RWAbflusses. Der RWAbfluß wird dabei aus zwei Gründen gespeichert: zum einen, um die RWAbflußintensität an die Leistungsfähigkeit der Reinigungsstufe anzupassen, und zum anderen, um das Regenwasser im Gebiet z.B. zur Grundwasseranreicherung oder Stabilisierung des oberirdischen Vorflutgewässers zu

halten. Unter der Prämisse, daß aus ökologischen und hygienischen Gesichtspunkten der RWAbfluß eine belebte Bodenzone zu passieren hat (Abschnitt 5.4.5), repräsentiert der Flächenbedarf zur Realisierung des oberirdischen RWSpeichers vor der belebten Bodenzone den Mindestflächenbedarf für eine umweltschonende RWBewirtschaftung. Weitergehende Speicher- und damit Flächenansprüche, die aus einer Langzeitspeicherung des RWAbflusse resultieren (vgl. Abschnitt 5.3.4), bleiben hierbei unberücksichtigt. Ebenfalls unberücksichtigt bleiben Flächeneinsparungen, die aus einer mehr oder weniger technischen Reinigungsstufe (z.B. Bodenfilteranlagen, Flockungsfiltration) resultieren.

Auf der Grundlage der oben beschriebenen Vereinheitlichung der Ausgangsbedingungen wurden vom Verfasser anhand von Planungsbeispielen und Testentwürfen Wertespannen des Bruttoflächenbedarfs für RWBewirtschaftungsmaßnahmen im privaten, halböffentlichen und öffentlichen Bereich ermittelt.

Für RWBewirtschaftungsanlagen im privaten Bereich war die Datengrundlage aufgrund zahlreicher realisierter und dokumentierter Anlagenbeispiele sehr gut. Stellvertretend für Anlagen im öffentlichen Bereich wurden u.a. Planungsempfehlungen der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen [RAS-Ew,1987] herangezogen und ausgeführte Anlagen (wie z.B. das Lienemannbecken, Abb. 6) sowie mehrere geplante Anlagen untersucht. Dabei konnte der Verfasser auch auf mehrjährige Erfahrungen als Versorgungsplaner - besonders im städtebaulichen und architektonischen Entwurfsprozeß - zurückgreifen.

Um die so gewonnenen Werte untereinander vergleichen und für die städtebauliche und architektonische Entwurfsarbeit nutzen zu können, wurde der Bruttoflächenbedarf anschließend auf einen Kubikmeter gebildeten oberirdischen RWSpeicherraum bezogen (Tab. 8). Dieser Wert wurde vom Verfasser als Flächenbedarfskoeffizient ($A_{S,B}$ / V_{SR} [m^2/m^3]) definiert. Er gibt an, wieviel Quadratmeter Siedlungsfläche für einen Kubikmeter oberirdischen RWSpeicherraum erforderlich sind.

Lage im RWEntsorgungssystem (Trägerschaft)	Wassereinstauhöhe	Speichervolumen	Flächenbedarf (Koeffizient)	
	h [m]	V_{SR} [m^3]	$A_{S,B}$ / V_{SR} [m^2/m^3]	
privater Bereich (Grundstückseigentümer)	0,2 - 0,3	... 5 ...	... 8 - 17 ...	dezentral
halböffentlicher Bereich (Eigentümergemeinschaft)	0,2 - 0,5	... 200 ...	... 5 - 10 ...	
öffentlicher Bereich (öffentlich bestelltes Wasserentsorgungsunternehmen)				
Großmulde	0,3 - 0,7	... 2.000 ...	... 3 ...	
Retentionsbecken	0,5 - 1,5	... 2.000 - 10.000	... 1 - 2 ...	zentral

Tab. 8 Flächenbedarf oberirdischer Regenwasserspeicher

Der oberirdische RWSpeicherraum wurde als Bezugsgröße gewählt, weil der städtebauliche und architektonische Entwurfsprozeß - neben der Berücksichtigung von Aspekten der Vernetzung von RWBewirtschaftungsanlagen - Bedingungen zu schaffen hat, die es im anschließenden Planungsprozeß erlauben genügend RWSpeichervolumen (V_{SR}) über Geländevertiefungen zu bilden. Damit wird das ober-

irdische RWSpeichervolumen zur eigentlichen Zielgröße im Entwurfsprozeß, und ein Bezug darauf sinnvoller und anschaulicher als auf die effektive Sickerfläche (A_s).

Die zweckmäßige Wasserdurchlässigkeit der Filterschicht bzw. der belebten Bodenzone wird mit der für den Entwurf hinreichenden Genauigkeit durch die angegebene max. Wassereinstauhöhe der Geländevertiefungen (Tab. 8, Spalte 2) berücksichtigt.

Aufgrund der vielen Einflüsse, die die Gestalt von Wohnsiedlungsgebieten bestimmen, läßt sich der Flächenbedarfskoeffizient nur grob als Wertespanne angeben.

Die großen Unterschiede im Flächenbedarf für eine vergleichbare RWBewirtschaftungsleistung zwischen dem privaten und öffentlichen Bereich zeigt die Bedeutung des Standortes von RWBewirtschaftungsmaßnahmen im RWEntsorgungssystem. Trotz einiger Vereinfachungen läßt sich eine deutliche Tendenz und eine Größenordnung der Differenzen zwischen den beiden Bereichen ableiten.

Gesamtwirtschaftlich betrachtet läßt sich der Flächenaufwand für RWBewirtschaftungsmaßnahmen in erheblichem Maße durch Zusammenfassung zu größeren Bewirtschaftungseinheiten reduzieren. Damit verbunden ist jedoch auch eine Verlagerung der RWBewirtschaftung vom privaten in den öffentlichen Bereich. In Tab. 8, Spalte 3 ist die für den jeweiligen Bereich charakteristische Größenordnung der Anlage angegeben.

6. Zusammenfassende Empfehlungen zu einer städtebaulich neuorientierten Regenentwässerung in Wohnsiedlungen mit Trennsystem

Gewässerbelastungen durch RWEinleitungen, die aufgrund von technologischen Fortschritten bei der Abwasserreinigung in den Kläranlagen, einer perfektionierten RWAbleitung, einer weiterhin zunehmenden Versiegelungsfläche und einem gewachsenen Umweltbewußtsein an Relevanz gewinnen, erfordern zukünftig eine grundsätzlich veränderte Bewirtschaftung des Regenwassers in Siedlungsgebieten. Diese Einsicht, die sich seit den 1980er Jahren in der Bundesrepublik Deutschland langsam durchsetzt, führte zur Entwicklung von entwässerungstechnischen Verfahren zur umweltgerechten RWBeseitigung im dezentralen oder zentralen Anlagenmaßstab.

Die meisten dieser Verfahren sind mittlerweile technisch ausgereift und stehen für den breiten Einsatz im Städtebau zur Verfügung. Daneben gibt es in der Entwicklungsgeschichte des Städtebaus bzw. der Entwässerungstechnik Beispiele für umweltschonende RWEntsorgungslösungen, die auch heute unter veränderten Bedingungen richtungsweisend sein können.

Ungeachtet dieser Tatsachen konnte sich bisher eine umweltschonende RWBewirtschaftung flächendeckend noch nicht durchsetzen. Als objektive Gründe hierfür können gelten, ein:
- höherer Aufwand für den Eigentümer der Entwässerungsanlage;
- höherer Freiflächenbedarf;
- geringes Spektrum gleichwertiger RWEntsorgungsvarianten für Städtebau und Architektur.

Die Einbeziehung entwässerungstechnischer Erfordernisse in städtebauliche Gestaltungskonzepte bleibt heute in vielen Fällen unbefriedigend.

Wissenschaftliche Arbeiten zum Themenbereich einer umweltschonenden Regenentwässerung befassen sich auch heute noch mehrheitlich allein unter siedlungswasserwirtschaftlichen Gesichtspunkten mit der Entwicklung bzw. Optimierung von entwässerungstechnischen Einzelkomponenten, der Verbesserung der Umweltverträglichkeit städtischer Entwässerungssysteme auf der Basis konventioneller Optimierungsstrategien oder mit Problemen der technischen Umsetzung von neuen Entwässerungskonzepten im Rahmen von Pilotprojekten. Neben wasserwirtschaftlichen Gesichtspunkten finden dabei zunehmend rechtliche Aspekte eine Beachtung.

Stadtplanung und Städtebau beschäftigen sich nur am Rande mit Fragen einer neuorientierten RWBewirtschaftung. Betrachtungen richten sich fast ausnahmslos auf Fragestellungen der Baunutzung und des Baurechts von Grundstücken im Zusammenhang mit grundstücksbezogenen RWBewirtschaftungsauflagen und auf die Ermittlung von flächengeometrisch begründeten Versickerungspotentialen im Grundstücksbereich. Eine gesamtstädtische Betrachtung von Fragen einer ökologisch ausgerichteten RWBewirtschaftung unter Berücksichtigung eines langfristigen Entwicklungszeitraums, die kurz- bzw. mittelfristigen Aktivitäten einen Orientierungsrahmen geben kann, erfolgt nicht.

Die vorliegende Arbeit soll einen Beitrag liefern, um diese Lücke in der wissenschaftlichen Auseinandersetzung zu schließen. Gegenstand der Arbeit sind Wohnsiedlungsgebiete, in denen aufgrund der Bebauungsstruktur eine flächendeckende und vollständig dezentrale RWBeseitigung innerhalb der Grundstücksgrenzen nicht möglich ist. Sie konzentriert sich dabei auf Siedlungsgebiete mit einer städtebaulichen Dichte im Bereich von GFZ = 1,0 bis 1,4 und einer Regenentwässerung im Trennverfahren.

Ein wesentlicher Ansatz der Arbeit ist die klare Trennung zwischen dem öffentlichen Bereich der Straßen, Grünflächen bzw. Gewässer und dem privaten Grundstücksbereich. Diese strikte Trennung ist notwendig, weil entwässerungsrelevante Entscheidungen von den Akteuren beider Bereiche von unterschiedlichen wirtschaftlichen Bedingungen und politischen Abhängigkeiten geprägt werden. Das Respektieren unterschiedlicher Ziele in beiden Bereichen und die Schaffung eindeutiger Vereinbarungen an deren Schnittstelle, bilden eine Grundvoraussetzung für langfristig stabile Entsorgungsstrukturen, wie sie insbesondere bei der Siedlungsentwässerung zu fordern sind.

Eine ökologisch nachhaltige RWBewirtschaftung zieht, bezogen auf eine konventionelle Regenentwässerung, einen wirtschaftlichen Mehraufwand nach sich. Dieser Mehraufwand besteht in einem höherem Flächenbedarf für Maßnahmen der RWBewirtschaftung, in pflegeintensiveren oder technisch anspruchsvolleren RWEntsorgungsanlagen und in einem aufwendigeren städtebaulichen Planungsprozeß. Eine neuorientierte Regenentwässerung bedeutet aber auch eine Chance für die Entwicklung neuer Grünflächen in der Stadt, für ein verbessertes städtisches Mikroklima und für ein intensiveres Erleben von Wasser im Stadtraum.

Die sich gegenwärtig überwiegend auf den privaten Bereich beschränkende Betrachtungsweise bei der Suche nach nutzbaren RWBewirtschaftungspotentialen wird unterstützt durch die fehlende Finanzkraft der Länder und Kommunen. Hinzu kommt die Tatsache, daß schon heute ein Großteil der entwässerungsbedingten Folgekosten - im Unterschied zu umweltrelevanten Folgekosten anderer Wirtschaftszweige - im Rahmen des Gewässerschutzes aus allgemeinen Steuermitteln aufgebracht werden muß. Hier wird es in Zukunft Veränderungen hin zu einer stärker verursacherbezogenen Kostenumlage geben.

Das Defizit einer langfristig ausgerichteten und stadtbezogenen Betrachtung ökologischer Erfordernisse bei der Regenentwässerung zeigt sich besonders am Beispiel der Bestandsgebiete. Es existieren derzeit praktisch keine Strategien zu einem gesamtstädtisch vorteilhaften und nachhaltigen Umbau der konventionellen RWAbleitungssysteme. Hier liegt ein bedeutender Bedarf an Forschungs- und Entwicklungsarbeit vor.

Aber auch bei Neubauvorhaben hält sich die Stadtplanung in Bezug auf Ausweisung entwässerungstechnischer Rahmenbedingungen für den städtebaulichen Entwurf zurück und überläßt es den entwerfenden Architekten bzw. Stadtplanern, geeignete Erschließungsstrukturen zur Aufnahme der Regenentwässerung zu entwickeln. Oftmals stimmen diese aus dem objektbezogenen Blickwinkel der Entwerfer und des Vorhabenträgers entwickelten Entwässerungsstrukturen nur zum Teil mit den Vorstellungen der im Planungsablauf nachgeordneten Fachingenieure, dem Wasserentsorgungsunternehmen sowie mit den langfristigen Interessen der Kommune überein.

Eine veränderte, ökologisch orientierte RWBewirtschaftung ist nicht nur eine wasserwirtschaftliche Aufgabe. Die Neuorientierung der RWBewirtschaftung stellt vor allem auch eine städtebauliche Herausforderung dar, weil die Flächenansprüche im Wohnsiedlungsgebiet höher sind als bei der konventionellen RWAbleitung.

In Kenntnis der oben geschilderten Probleme zeigt die Arbeit die stadtstrukturelle Dimension einer ökologisch orientierten RWBewirtschaftung auf, stellt stadttechnische und stadtwirtschaftliche Zusammenhänge dar und unterbreitet Empfehlungen für eine langfristige, gesamtstädtisch sinnvolle Aufwandsverteilung zwischen dem öffentlichen und privaten Bereich bei der RWEntsorgung. Aus den Empfehlungen lassen sich Grenzen und Freiheiten für das städtebauliche und architektonische Entwer-

fen ableiten. Eine weitergehende quantitative Konkretisierung der einzelnen Aufwandsanteile könnte Gegenstand weiterer Forschungen und das Resultat politischer Entscheidungsprozesse sein.

Der Umbau der vorhandenen RWAbleitungssysteme zu ökologisch nachhaltigen und städtebaulich tragfähigen Entwässerungsstrukturen sowie das Anlegen entsprechender Strukturen bei Stadterweiterungsvorhaben werden zukünftig beträchtliche wirtschaftliche Mittel beanspruchen. Damit diese Aufwendungen zur städtebaulichen Weiterentwicklung von Wohnsiedlungsgebieten, für eine kostengünstige Niederschlagsentwässerung im Sinne möglichst vieler Bewohner und unter ökologisch ganzheitlichen Aspekten optimal eingesetzt werden können, ist auch zukünftig eine starke Position des öffentlichen RWEntsorgungssystems erforderlich. Zugleich sind dem Grundstücksbereich, in einem angemessenen Umfang, nichtdelegierbare RWBewirtschaftungsaufgaben zu übertragen. Die technischen, wirtschaftlichen und ordnungspolitischen Bedingungen der künftigen RWEntsorgung sind an dem Ziel auszurichten, daß dem öffentlichen RWEntsorgungssystem der Hauptanteil der zu leistenden RWEntsorgungsarbeit (Grundlast) zugeordnet wird und der Grundstücksbereich primär zur Vergleichmäßigung des RWAbflusses (Reduzierung der Spitzenlast) herangezogen wird.

Auf eine oberirdische bzw. oberflächennahe RWAbleitung in den Anfangsstrecken des öffentlichen RWEntsorgungssystems sollte verzichtet werden, um zusätzliche Bindungen für die übrigen am Städtebau beteiligten Fachdisziplinen zu minimieren.

Die Entsorgung des im Wohngebiet anfallenden Regenwassers sollte mengenmäßig primär über stadtquartier- bzw. stadtteilbezogen zentrale und öffentliche RWBewirtschaftungsanlagen erfolgen. Um den Flächenbedarf für die RWBewirtschaftung zu minimieren bzw. RWAnlagen als stadtgestalterisches Element einsetzen zu können, sind entwässerungstechnisch optimierte RWBehandlungselemente vor allem mit naturnahen Grünanlagen zu kombinieren.

Im Anschluß an die stadtquartiers- bzw. stadtteilbezogene RWBewirtschaftungsanlage ist der nicht zu versickernde, zu verdunstende oder zu gebrauchende RWAnteil vorzugsweise oberirdisch oder oberflächennah abzuleiten. Damit wird der Verlauf der Endstrecken des öffentlichen RWEntsorgungssystems, im Unterschied zu den Anfangsstrecken (RWAbleitungsweg bis zur öffentlichen RWBewirtschaftungsanlage), sehr weitgehend vom natürlichen Geländerelief bestimmt. Die Endstrecken oder Hauptabflußtrassen sollten von baulichen Nutzungen freigehalten werden.

Da die stadtquartiers- bzw. stadtteilbezogenen RWBewirtschaftungsanlagen vorzugsweise im Bereich der Hauptabflußtrassen anzuordnen sind, entstehen günstige Voraussetzungen für eine städtebauliche Verknüpfung der einzelnen Grünflächen entlang der Abflußtrassen zu überörtlichen Grünverbindungen. Diese Grünverbindungen lassen sich städtebaulich für die Naherholung, den Biotopverbund und zur Verbesserung des städtischen Mikroklimas einsetzen. Die Endstrecken des öffentlichen RWEntsorgungssystems werden so zu einem neuen städtebaulichen Strukturelement, das einerseits ausreichend weit gefaßt ist, um als Entwurfsbindung von Stadtplanern bzw. Architekten akzeptiert zu werden, und andererseits stark genug ist, um sich gegenüber anderen Nutzungsansprüchen auf Dauer behaupten zu können.

Der Grundstücksbereich erhält primär die Aufgabe, größere RWAbflußspitzen vom öffentlichen RWEntsorgungssystem fernzuhalten. Dazu ist die RWAbleitungskapazität zum öffentlichen System einzuschränken, und es sind zum Ausgleich entsprechende RWSpeicherkapazitäten im Grundstücksbereich vorzusehen.

Eine verringerte Entwässerungssicherheit bei der Ableitung grundstücksbezogenen Niederschlagswassers in das öffentliche RWEntsorgungssystem kann durch Einbau einer Abflußdrossel im Hauskasten erreicht werden. Auf dem Grundstück läßt sich ungeachtet zeitweise eingeschränkter RWAbleitung ins öffentliche RWEntsorgungssystem der gewünschte Entwässerungskomfort durch entspechend ausgelegte Entwässerungstechnik und/oder abgestimmte Nutzungs- bzw. Gestaltungskonzepte (Architektur) garantieren. Diese Lösung bietet gute Voraussetzungen für die Erschließung grundstücksbezogener RWBewirtschaftungspotentiale in Bestandsgebieten. Zu den Vorteilen gegenüber einer Abflußmengenentlastung im Grundstücksbereich zählen die Möglichkeit, Entlastungsflächen über Druckabfluß zu erreichen bzw. der geringere Umbauaufwand an der Grundstücksentwässerungsanlage.

Einschränkungen bestehen hier noch in Form zu kleiner Drosselabflüsse aufgrund mehrfach in den öffentlichen Straßenkanal eingebundener Grundstücksentwässerungsanlagen bzw. in Form noch nicht verfügbarer entsprechend kleiner Abflußdrosseln. Hier sind Neuentwicklungen anzuregen und Anpassungen bei den gebäudetechnischen Vorschriften vorzunehmen.

Die durch die vorangegangenen Ausführungen umrissenen Ergebnisse der vorliegenden Arbeit sollen nachstehend differenziert und begründet werden. Der Verfasser kommt dabei zu zehn Empfehlungen für eine städtebaulich neuorientierten Regenentwässerung in Wohnsiedlungen mit Trennsystem:

(1.) Aufrechterhaltung der Möglichkeit, die Entsorgung des grundstücksbezogenen Niederschlagswassers parzellenweise über ein öffentlich abgesichertes Entsorgungssystem vornehmen zu lassen.

Die im wesentlichen im ausgehenden 19. Jahrhundert entwickelten Erschließungsstrukturen unserer heutigen Städte ermöglichen eine gleichberechtigte Anbindung auch kleinster Grundstückseinheiten (Parzellen) an die öffentlichen Erschließungssysteme. Damit wurde die Grundlage geschaffen für eine vom Grundstücksnachbarn weitgehend unabhängige und somit eigenständige Entwicklung der Grundstücksnutzungen. Die so beschaffenen Erschließungsstrukturen ermöglichten in der Vergangenheit umfassend, kostengünstig und flächensparend versorgungstechnische Modernisierungsvorhaben wie die Versorgung mit Elektroenergie, Telekommunikation und Fernwärme (vgl. Kapitel 3).

Um eine langfristige Entwicklungsfähigkeit der Grundstücke und damit der städtischen Siedlungsgebiete sicherzustellen, ist ein dauerhaftes Vorhalten eines allgemein zugänglichen Entsorgungssystems für Niederschlagswasser notwendig. Die Gewißheit, die Regenwasserbeseitigung außerhalb des Grundstücks, unbehelligt von den Einzelinteressen der Grundstücksnachbarn, vornehmen lassen zu können, schafft Freiheit gegenüber Nutzungsänderungen, baulicher Verdichtung und bei der Gestaltung der Grundstücksfreiflächen. Innerhalb der Stadtgeschichte lassen sich vielfältige Veränderungen der Parzellenstruktur eines Gebietes beobachten, die aus der Zusammenlegung oder Aufspaltung von Parzellen resultieren. Voraussetzung für eine Teilbarkeit von Grundstücken ist u.a. die dauerhafte Sicherstellung der RWEntsorgung für jede dabei entstehende Parzelle unter Wahrung privatrechtlicher (Grundstücksnachbarn) und öffentlicher Interessen (Hygiene, Umweltschutz). Insbesondere bei kleinen Grundstücken, intensiver Nutzung der Grundstücksfläche bzw. ungünstigen Bodenverhältnissen, gelingt dies nur unter Zuhilfenahme außerhalb des eigenen Grundstücks liegender RWEntsorgungskapazitäten.

Der dauerhafte Anlagenbestand sowie die langfristige Sicherstellung der notwendigen Entsorgungskapazitäten kann aufgrund geringer Kapitalproduktivität, unvollkommen monetarisierbarer und anrechen-

barer Vorteile der Anlieger, schwer eingrenzbarer Nutznießer des Entsorgungssystems sowie des notwendigen Ausgleichs einer Vielzahl von Einzelinteressen nur durch die Kommune wirklich gesichert werden.

(2.) Verzicht auf eine oberirdische oder oberflächennahe RWAbleitung in den Anfangshaltungen des öffentlichen RWAbleitungssystems

Eine oberirdische RWAbleitung über Gräben oder Mulden bzw. eine oberflächennahe Ableitung des Regenwassers über Rigolen hat aus wasserwirtschaftlicher Sicht den Vorteil, daß der Ableitungsweg sehr effizient für Bewirtschaftungsmaßnahmen wie Reinigung, Speicherung und Versickerung von Regenwasser eingesetzt werden kann. Dem stehen besonders in den Anfangsstrecken des RWAbleitungssystems mehrere Nachteile gegenüber.

So führt eine solche, den oberirdischen Stadtraum stark beeinflussende RWAbleitung zu engen Bindungen bereits in der städtebaulichen Entwurfsphase. Ausschlaggebend dafür ist die größere Abhängigkeit des Trassenverlaufs vom natürlichen Geländerelief als bei einer unterirdischen RWAbleitung. Indem die RWAbleitungstrassen in Abhängigkeit vom Geländerelief durchgehende öffentliche Stadträume vorgeben, bestimmen sie die künftige Erschließungsstruktur des Planungsgebietes und damit wesentlich den Städtebau (vgl. Kapitel 4).

Durch die oberirdische oder oberflächennahe Trassenführung kommt es zwangsläufig zu Überschneidungen mit anderen Erschließungsanlagen. Diese Überschneidungen lassen sich prinzipiell entwurflich und bautechnisch lösen. In der Planungsrealität führen sie aber zu einer stärkeren Abhängigkeit der einzelnen Planungsdisziplinen mit der Gefahr das gestalterisch oder technisch unbefriedigende Lösungen entstehen.

Der Flächenbedarf für oberirdische bzw. oberflächennahe RWAbleitungswege ist im Verhältnis zu einer unterirdischen RWAbleitung und zentralen RWBewirtschaftungsanlagen hoch. Dies liegt zum einen an den erforderlichen seitlichen Sicherheitsabständen zu anderen Nutzungsräumen und zum anderen an ungünstigeren geometrischen Bedingungen bei der Bildung des erforderlichen RWStauraums in Mulden oder Gräben (vgl. Abschnitt 5.4.6). Nutzungsüberlagerungen wie sie bei der konventionellen RWAbleitung üblich sind (z.B. Straßenverkehr und RWAbleitung) lassen sich in weit geringerem Umfang realisieren.

Vergleicht man bei oberirdischen bzw. oberflächennahen Regenentwässerungssystemen die Anfangsstrecken mit den Endstrecken, so sind die gestalterischen und biologischen Potentiale der Anfangsstrecken vergleichsweise gering. Durch ihre geringe Trassenbreite, durch Abtrennung von Trassenabschnitten infolge erschließungsbedingter 'Störungen' sowie durch monotone bzw. den individuellen Ansprüchen der Anlieger folgende Vegetationsmuster erhalten die oberirdischen RWAbflußtrassen in den Anfangsstrecken den Charakter von Restflächen. Sie sind gekennzeichnet durch artenarme und labile biologische Verhältnisse und sind gefährdet, durch zweckfremde Nutzungen mißbraucht zu werden. Für die Wohngebietsgestaltung sind sie nur bei spezifischen Erschließungsprinzipien, bei einem gleichzeitig hohen Grünflächenbedarf, einsetzbar.

Die oben aufgeführten städtebaulichen Nachteile überwiegen die wasserwirtschaftlichen Vorteile, die im wesentlichen bei einer erleichterten Grundwasseranreicherung und bei etwas kleineren Kanalquerschnitten liegen.

Empfohlen wird deshalb, die RWAbleitung in den Anfangsstrecken über unterirdische Straßenkanäle zu führen und nicht, wie es bei ökologisch orientierten Regenentwässerungssystemen derzeit überwiegend gehandhabt wird, bereits die Anfangsstrecken oberirdisch bzw. oberflächennah auszuführen.

(3.) Errichtung stadtquartier- oder stadtteilbezogen zentraler RWBehandlungsanlagen als Bestandteil des öffentlichen RWEntsorgungssystems in Kombination mit naturnah gestalteten Grünflächen

Um die von den Grundstücken über unterirdische Straßenkanäle abgeleiteten RWAbflüsse umweltschonend in den natürlichen Wasserkreislauf eingliedern zu können, sind die entwässerungstechnischen Verfahrensstufen Speichern und Reinigen notwendig. Die Eingliederung selbst erfolgt über Versickern, Verdunsten oder über eine gedrosselte RWAbleitung in die natürlichen Fließgewässer. Für diese Verfahrensschritte sind aus städtebaulicher, aber auch aus wasserwirtschaftlicher Sicht zentrale RWBehandlungsanlagen besonders geeignet.

Zentrale RWBewirtschaftungsanlagen sind an sich nichts Neues und wurden zu allen Zeiten der Stadtentwicklung errichtet, so daß auch in unseren heutigen Stadtgebieten eine Vielzahl historischer Beispiele zu besichtigen sind. Dabei ist zu beobachten, daß in den Anfängen der Stadtentwässerung RWRückhalte- oder Versickerungsbecken sehr oft integraler Bestandteil des städtebaulichen Entwurfs waren. Sie sind in der Regel bis heute öffentliche Grünflächen, die oft intensiv für Naherholung, Sport und Spiel genutzt werden. Dagegen wurden ab den 1960er Jahren Neuanlagen oft in den unterirdischen Bauraum verbannt oder als eingezäunte, ausschließlich entwässerungstechnischen Gesichtspunkten unterliegende Anlagen auf städtischen Restflächen oder an der Siedlungsperipherie ohne Siedlungsbezug errichtet. Bis auf wenige Ausnahmen bestehen die Anlagen nur aus einer Einheit, in der sämtliche Verfahrensschritte ablaufen und in der das gesamte Regenwasser behandelt wird (vgl. Kapitel 4).

Auch die Position dieser zentralen RWBewirtschaftungsanlagen innerhalb des Entwässerungssystems hat sich tendenziell verschoben. Waren die frühen Beispiele oft stadtquartierbezogen, so behandeln die späten Beispiele oft Regenwasser ganzer Stadtteile. Beide Anlagengruppen werden heutigen ökologischen Ansprüchen nur noch teilweise gerecht. Auch sind bei den späten Beispielen zentraler RWBewirtschaftungsanlagen die ungenügende städtebauliche Einordnung und bei den frühen (stadtquartierbezogenen) RWBewirtschaftungsanlagen eine (zu) hohe Belastung der Anlagen mit Entwässerungsaufgaben zu kritisieren.

Diesen Nachteilen zentraler RWBewirtschaftungsanlagen ist künftig durch eine Kopplung (entwässerungs-) technisch effizienter Verfahren mit stadtgestalterisch wirksamen und als öffentlicher Aufenthaltsbereich nutzbaren Grünflächen zu begegnen.

Kern zukünftiger stadtquartier- oder stadtteilbezogener, zentraler RWBewirtschaftungsanlagen bildet eine entwässerungstechnisch dominierte Komponente im Zuständigkeitsbereich des öffentlich bestellten Wasserentsorgungsunternehmens. Dieser Anlagenteil übernimmt über technisch optimierte Verfahren vor allem die RWReinigung und die -Versickerung. Wenn wirtschaftliche, bauliche oder gestalterische Aspekte es erfordern, ist hier anteilig auch eine unterirdische RWSpeicherung und/oder eine unterirdische RWVersickerung denkbar. Eine öffentliche Grünanlage als Pendant zum technischen Anlagenteil dient vor allem der Speicherung, aber darüber hinaus auch der Reinigung, Versickerung und Verdunstung von Regenwasser. Beide Komponenten sollen gestalterisch als Einheit erscheinen, sind aber betrieblich klar voneinander zu trennen (vgl. Abb. 63).

Reinigung und Versickerung des Regenwassers können vom Wasserentsorgungsunternehmen flächensparend und umweltschonend ausgelegt, optimal kontrolliert und entsprechend örtlicher bzw. zeitlicher Bedingungen reguliert werden. Damit kann sich das Wasserentsorgungsunternehmen auf seine Kernbereiche einer betriebssicheren, gefahrlosen und vor allem wirtschaftlichen Wasserentsorgung mittels technischer Anlagen konzentrieren. Die Kombination mit einer öffentlichen Grünfläche hingegen erlaubt eine gestalterisch abwechslungsreiche Interpretation stauenden Wassers, und durch größere Flächen und fehlende entwässerungstechnische Restriktionen die Etablierung einer vielfälltigen und stabilen Flora und Fauna.

Die angemessene Zentralisierung und Technisierung der RWBehandlung in stadtquartier- oder stadtteilbezogenen Anlagen trägt zu einer Verringerung des erforderlichen Flächenmehrbedarfs einer ökologisch orientierten RWBewirtschaftung bei. Sie ist damit auch ein Beitrag zur Verwirklichung des Grundsatzes eines bodenschonenden und flächensparenden Städtebaus (vgl. Abschnitt 5.4.6).

(4.) Vernetzung der naturnahen RWBewirtschaftungsflächen entlang der Hauptentwässerungswege zu öffentlichen Grünzügen

Betrachtet man Stadtgrundrisse, so sind mehr oder weniger deutlich niederschlagsbedingte Entwässerungstrassen auszumachen. Sie manifestieren sich als Fließgewässer, bandartig strukturierte bzw. aufgereihte Grünflächen, als Gebiete mit temporären Bebauungsformen oder als scheinbar unmotivierte Straßenverläufe. Durch ihren vom natürlichen Geländerelief abhängigen, organisch gewundenen Trassenverlauf bilden sie 'Störungen' in der ansonsten weitgehend geradlinig und rechtwinklig bestimmten Stadtstruktur (vgl. Abb. 6).

Die in den Anfängen der Stadtentwicklung aufgrund periodisch eintretender Oberflächenüberflutungen oder schlechter Baugrundverhältnisse respektierten oberirdischen Entwässerungstrassen wurden in späteren Phasen der Stadtentwicklung immer häufiger verrohrt und als Bauland bzw. Verkehrsfläche verwertet. Ermöglicht wurden die Verrohrungen durch Fortschritte in der Bautechnik und sinkende Grundwasserstände infolge einer 'effizienten' und weiträumigen Gebietsentwässerung.

Der Wert von natürlich bedingten 'Störungen' des Stadtgrundrisses als stadtgestalterisches Gliederungselement, als überörtliche Grünverbindungen für die Erholung und den Biotopverbund sowie für den stadtklimatisch wichtigen Luftaustausch mit dem Umland wird schon lange - mit wechselnder Gewichtung - erkannt (vgl. u.a. die Ausführungen von Sitte und Rossow, Abschnitte 4.1 und 4.3). Damit bekommt die wasserwirtschaftlich motivierte Forderung nach Wiederherstellung oder Renaturierung bzw. Verbreiterung oberirdischer Entwässerungstrassen ein besonderes Gewicht. Die Hauptentwässerungstrassen sind rechtlich als öffentliche Gewässer zu betrachten. Da diese Gewässer aber auch zukünftig Aufgaben der öffentlichen RWBewirtschaftung zu übernehmen haben, können sie auch als Endstrecken des öffentlichen RWEntsorgungssystems bezeichnet werden (vgl. Abschnitt 5.4.2).

Hauptentwässerungstrassen, die der oberirdischen Niederschlagsentwässerung ganzer Stadtquartiere bzw. Stadtteile dienen oder dienen können, sind als Ausgangselement für städtebaulich gewünschte und überörtlich wirksame Grünverbindungen besonders geeignet. Das Vorflutgewässer schafft dabei die Basis für eine Durchquerung des Siedlungsgebietes mit Anknüpfungspunkten an das freie Umland.

Die ebenen, zum benachbarten Terrain tieferliegenden Hauptentwässerungstrassen, und wenige Hindernisse im darüberliegenden Raum (wie z.B. Brücken) durch die vorhandene oder frühere Barrierewirkung des Gewässers schaffen günstige Voraussetzungen für eine zu anderen Erschließungstrassen

(z.B. Verkehr) überschneidungsarme Durchwegung des Siedlungsgebietes. Sie kann genutzt bzw. entwickelt werden für den Luftaustausch, die Naherholung, den Biotopverbund sowie für Sport- und Spielangebote.

Die im Vergleich zu den Anfangshaltungen des öffentlichen RWEntsorgungssystems großen Entwässerungsgebiete sowie die vorgeschalteten RWBewirtschaftungsmaßnahmen gewährleisten in den Endstrecken ausgeglichene Wasserverhältnisse und eine gestalterisch und ökologisch verträglichere Einordnung des RWAbflusses in die zukünftigen Grünzüge. Sind begleitende Grünflächen nur sehr reduziert oder nicht durchsetzbar, so können an diesen Stellen geöffnete, gestalterisch entsprechend behandelte und oberirdisch wahrnehmbare Entwässerungstrassen als stadtgestalterisches Gliederungselement wirksam sein.

Zentraler Punkt ist die Stärkung oder Schaffung gewässerbegleitender Grünflächen, die neben den bereits angeführten Aspekten potentielle Standorte für stadtquartier- bzw. stadtteilbezogene RWBewirtschaftungsanlagen darstellen. Darüber hinaus sollen die Gewässerrandbereiche weitergehende Aufgaben einer ökologisch orientierten RWBewirtschaftung wie Versickerung, Verdunstung und Stabilisierung des Wasserabflusses übernehmen. Dieses kann - unter städtischen Bedingungen und bei angestrebter flächensparender Mehrfachnutzung der Grünflächen - nur über eine zielgerichtet gestaltete und kultivierte Landschaft gelingen (vgl. Abb. 61).

(5.) Bereitstellung ausgewählter Flächen des öffentlichen Bereichs als Notstauraum für das öffentliche RWEntsorgungssystem

Kalkulierte man früher, aufgrund leistungsschwächerer RWAbleitungssysteme, eine gelegentliche und kurzzeitige Überschwemmung der Straßen ein, so spielt der Notstauraum Straße bei der RWBewirtschaftung heute keine Rolle mehr (vgl. Abschnitt 5.3.3). Wählte die Gemeinde in der Vergangenheit die Regenentwässerungssicherheit für öffentliche Flächen weitgehend frei unter Berücksichtigung der örtlichen Besonderheiten aus, so gelten heute im Unterschied dazu europaweit genormte Entwässerungsklassen. Die Entwässerungsklassen schreiben zukünftig für ganze Stadtgebiete einen einheitlichen Grad an Entwässerungssicherheit vor, unabhängig von konkreten Nutzungseinschränkungen oder vorhandenem Schadensrisiko bei einer Überschwemmung (vgl. Abschnitt 5.3.1).

Um die für eine ökologisch orientierte RWBewirtschaftung notwendigen Speicherkapazitäten im RWEntsorgungssystem bereitstellen zu können, ist zukünftig auch die Kanalstauraumbewirtschaftung im öffentlichen Bereich zu intensivieren. Die Bewirtschaftung des Kanalstauraums mit dem Ziel, Kanalvolumen zur Abflußdämpfung einzusetzen, stellt eine bewährte Modernisierungsmaßnahme für Kanalisationssysteme dar. Bei einer statischen Kanalstauraumbewirtschaftung, so wie sie in der Regel bis heute angewendet wird, kann der Kanalstauraum nur selten vollständig ausgenutzt werden. Ein Teil des Stauraums muß weiterhin in Erwartung seltener und vergleichsweise kurzer RWAbflußereignisse teuer vorgehalten werden, um eine Überschwemmung des Straßenbereichs sicher auszuschließen.

Die Kanalstauraumbewirtschaftung kann intensiviert werden, wenn die Kommune dem öffentlichen Wasserentsorgungsunternehmen eine Überschwemmung des Straßenbereichs über das heute zulässige Maß hinaus zubilligt. Zur Bereitstellung von RWSpeicherkapazitäten in der jahres- oder mehrjahresbezogenen Spitzenlast des öffentlichen Kanalisationssystems sollten dabei auch öffentliche Grünanlagen herangezogen werden.

Dem Tiefbauamt obliegt es, in Abstimmung mit dem Wasserentsorgungsunternehmen geeignete Straßenbereiche dafür auszuwählen. Die Gemeinde hat dabei Nutzungseinschränkungen der betroffenen Flächen gegenüber dem Bürger zu vertreten, die bauliche Gestaltung ihrer Straßenanlagen dauerhaft auf die Rückhaltefunktion einzurichten und durch Straßenüberschwemmung verursachte Schäden auszugleichen. Als Äquivalent für diese Leistungen ist die Kommune anteilig an den Einnahmen aus den Entwässerungsentgelten zu beteiligen.

Gegenwärtig spielt die hier dargestellte Aufgabenverteilung noch keine Rolle, da die Kommunen in den überwiegenden Fällen selbst Wasserentsorgungsunternehmen sind. Umso bedauerlicher ist es, daß die aufgezeigten RWBewirtschaftungspotentiale im öffentlichen Raum gegenwärtig keine Beachtung finden. Durch die Tendenz zur Privatisierung kommunaler Betriebe und Einrichtungen wird sich die Situation aber verändern. Die Kommunalverwaltungen werden in wachsendem Maße nach zukunftsorientierten neuen Aufgabenfeldern und Finanzierungsquellen suchen müssen. Die Aufsicht über den öffentlichen Bereich ist eine angestammte und nicht delegierbare Aufgabe der Verwaltungen. Indem sie kostengünstigen RWStauraum für die Regenentwässerung erschließen, tragen sie zu einer verbesserten Wirtschaftlichkeit öffentlicher Erschließungsanlagen bei.

(6.) Berücksichtigung ordnungspolitischer und marktwirtschaftlicher Elemente bei der Verteilung des RWBewirtschaftungsaufwandes zwischen dem öffentlichen und dem privaten Bereich

Damit grundstücksbezogene RWBewirtschaftungspotentiale gesamtstädtisch sinnvoll, für das öffentliche RWEntsorgungssystem betriebswirtschaftlich effizient und individuell akzeptabel erschlossen werden können, müssen kommunale Bestimmungen zur grundstücksbezogenen Niederschlagsentwässerung Elemente unterschiedlicher Umsetzungsstrategien beinhalten.

So sollte dem Grundstückseigentümer vorgeschrieben werden, *daß* er RWBewirtschaftungsmaßnahmen eigenverantwortlich zu übernehmen hat (ordnungspolitische Komponente). Diese über Gesetze und Verordnungen durchzusetzende Pflicht sollte schwerpunktmäßig den mit geringem Aufwand vermeidbaren RWAbfluß betreffen.

Im Gegenzug ist ihm für den verbleibenden RWAbflußanteil die Freiheit zu gewähren, selber zu entscheiden, wo bzw. von wem er das Regenwasser entsorgen lassen will (marktwirtschaftliche komponente). Er kann den verbleibenden RWAbfluß des Grundstücks über das öffentliche Entsorgungssystem ableiten und somit die umweltgerechte RWEntsorgung delegieren oder die RWBeseitigung eigenverantwortlich übernehmen. Dabei sollte sich der Grundstückseigentümer auch privater Unternehmen bedienen können, die grundstücks- oder (grundstücks)blockbezogene RWBewirtschaftungsleistungen in Eigenregie anbieten (vgl. Abschnitt 5.4.1).

In diesem Zusammenhang ist der Zugang für andere Entsorgungsunternehmen zum öffentlichen RWEntsorgungssystem zu liberalisieren. Das bedeutet, daß das öffentlich bestellte Wasserentsorgungsunternehmen Aktivitäten kleinerer Unternehmen im Rahmen eines ökonomischen Wettbewerbs dulden muß. Die Bewirtschaftung und langfristige Sicherung des künstlichen Vorflutsystems im öffentlichen Raum bleibt Aufgabe des öffentlich bestellten Wasserentsorgungsunternehmens. Dagegen kann die Bewirtschaftung der Zuflüsse zum öffentlichen Entsorgungssystem einschließlich der dafür notwendigen entwässerungstechnischen Anlagen im Zuständigkeitsbereich konkurrierender Unternehmen liegen.

Es ist abzusehen, daß insbesondere in den bisher unbeachteten Randbereichen der öffentlichen RWEntsorgungsleistung entsprechend ausgerichtete Unternehmen wirtschaftlicher arbeiten können als das heute monopolistisch agierende und im großen Maßstab denkende öffentliche Wasserentsorgungsunternehmen. Beispiele hierfür können sein:

- Verminderung des RWAbflusses durch technische Maßnahmen im Gebäude- und Freiflächenbereich (Ingenieur);
- Akzeptanz einer verminderten RWAbleitung durch ein angepaßtes Nutzungs- und Gestaltungskonzept (Architekt) sowie durch eine effiziente und regelmäßige Pflege der Anlagen (Gebäudeservice-Unternehmen).

Dabei erzielbare Kostenreduzierungen oder Vorteile können dem einzelnen Anschlußnehmer und der Stadtentwicklung zugute kommen.

Grundvoraussetzung für das Entstehen einer stadtwirtschaftlich vorteilhaften Konkurrenz auf dem RW-Entsorgungssektor ist, daß ein kostenbezogener Preis für die Regenentwässerung vom Bürger bezahlt wird und im Gegenzug dazu verdeckte Subventionen durch die öffentliche Hand abgebaut we rden.

Im folgenden Punkt sollen Vorschläge zur Berücksichtigung der ordnungspolitischen Komponente im System der Anreize und Beschränkungen zur RWAbleitung näher dargestellt werden.

(7.) Einführung allgemeinverbindlicher, bebauungsstrukturbezogener Mindestanforderungen an die RWAbleitung aus dem Grundstücksbereich

Seit Anfang der 1990er Jahre erhalten Stadtentwicklungsvorhaben von den Gewässeraufsichtsämtern der Länder vermehrt die Auflage, das im Baugebiet anfallende Niederschlagswasser weitgehend gebietsnah zu beseitigen. Ausgesprochene RWAbleitbeschränkungen für das Bauvorhaben richten sich überwiegend nach hydraulischen und/oder biologischen Erfordernissen des wasseraufnehmenden, heute meist überlasteten natürlichen Vorflutgewässers.

Innerhalb des Baugebiets versuchen Entwicklungsträger und/oder Wasserentsorgungsunternehmen ihrerseits, zusätzliche Aufwendungen für die Grundstücksentwässerung infolge der wasserbehördlichen Auflagen an den Grundstückseigentümer weiterzugeben, indem sie ihn verpflichten, 'sein' Regenwasser weitgehend selber auf dem eigenen Grundstück zu beseitigen. Hierbei werden Verantwortung und Risiken ohne entsprechenden finanziellen Ausgleich oder die Möglichkeit, diese Aufgabe an andere Institutionen delegieren zu können, in den Grundstücksbereich verlagert.

Im Gegensatz dazu wird in Bestandsgebieten die Ableitung von Niederschlagswasser aus dem Grundstücksbereich nur äußerst selten begrenzt. Eine Begrenzung tritt nur ein, wenn sich der grundstücksbezogene RWAbfluß infolge baulicher Maßnahmen erhöht, gleichzeitig eine größere Ableitungskapazität des Hausanschlußkanals erforderlich wird, und wenn das öffentliche RWEntsorgungssystem keine freien Kapazitäten mehr vorhält.

Die Ursachen für die ungleiche Behandlung von Grundstücken in Bestands- und Neubaugebieten liegen in:

- fehlenden, gesetzlich fixierten Emissionsstandards für RWEinleitungen in die natürlichen Vorflutgewässer (keine Beschränkungen für grundstücksbezogene RWAbleitung in Bestandsgebieten);
- nicht kostendeckenden Gebühren- bzw. Abgabensätzen für eine ökologisch orientierte RWEntsorgung über das öffentliche System (Weitergabe der RWAbleitungsbeschränkungen bei Neubauvorhaben an den Grundstücksinhaber).

Dieses Mißverhältnis zwischen fehlenden emissionsbezogenen Mindeststandards (Bestandsgebiete) und sehr hohen immissionsbezogenen Anforderungen (Neubaugebiete) an RWEinleitungen führt zu ungerechten Kostenbelastungen von Neubauvorhaben und zu einer ungenügenden Ausschöpfung von RWBewirtschaftungspotentialen in Bestandsgebieten.

Zur Durchsetzung des Verursacherprinzips sowie zur breiten Erschließung grundstücksbezogener RWBewirtschaftungspotentiale ist es notwendig, neben Emissionsstandards für RWEinleitungen in die natürlichen Vorflutgewässer allgemeinverbindliche Mindestanforderungen an die RWEinleitung aus dem Grundstücksbereich vorzugeben. Als Vorbild kann das Prinzip der Indirekteinleiterverordnung dienen.

Die Mindestanforderungen an den grundstücksbezogenen RWAbfluß stellen einen *Umweltstandard* dar. Sie sollten bei einem vergleichsweise geringen Aufwand bei allen Grundstücken erfüllbar sein. Auf der Grundlage der vorgeschlagenen Klassifizierung der Bebauung nach Bebauungsstrukturen und Ermittlung typischer RWBewirtschaftungspotentiale (Abschnitt 5.2.2) können strukturspezifische Mindestanforderungen festgelegt werden. Ungerechtigkeiten bei der Beauflagung der Grundstücke aufgrund der unter realen Bedingungen stark variierenden Größe grundstücksbezogener RWBewirtschaftungspotentiale werden für die Anschlußnehmer akzeptabel durch die vergleichsweise geringen Ansprüche, die die Mindestanforderungen stellen.

(8.) Deckung grundlegendster Regenentwässerungsbedürfnisse des privaten Bereichs über das öffentliche Entsorgungssystem

Um das öffentliche RWEntsorgungssystem als Kernelement der städtischen RWEntsorgung dauerhaft zu erhalten und kostengünstige RWEntsorgungsleistungen ohne Subventionen anbieten zu können, sind die Gebühren bzw. Abgaben für dessen Benutzung dahingehend zu gestalten, daß die grundlegendsten Bedürfnisse der grundstücksbezogenen Regenentwässerung nach wie vor über das öffentliche Entsorgungssystem gedeckt werden.

Die gegenwärtige Tendenz, die Größe der befestigten und zu entwässernden Grundstücksfläche als alleinigen Maßstab bei der Umlegung der Entwässerungskosten des öffentlichen Entsorgungssystems auf die Anschlußnehmer einzuführen, wird dieser Forderung nicht gerecht. Maßnahmen zur Kostenreduzierung im privaten Bereich führen unter diesen Bedingungen zu einer geringeren Wirtschaftlichkeit des öffentlichen Entsorgungssystems bzw. ändern nichts an dessen ungünstigen Auslastungsverhältnissen (vgl. versorgungswirtschaftliche Zusammenhänge bei der RWNutzung - Abschnitt 5.4.4).

Unter grundlegendsten Entwässerungsbedürfnissen ist zu verstehen: Gewährleistung einer angemessenen Entwässerungssicherheit, Schutz vor Vernässung der Grundstücksflächen und Verhinderung von Schäden am Privateigentum durch ober- oder unterirdisch in Grundstücksanlagen eindringendes Wasser. Für das öffentliche RWEntsorgungssystem repräsentieren die Grundbedürfnisse des privaten Bereichs zugleich die Grundlast (vgl. Abb. 47).

Mit dem Erhalt bzw. der Stärkung der Grundlast für das öffentliche Entsorgungssystem wird erreicht, daß:

- der Betreiber des öffentlichen RWEntsorgungssystems seine Aufgabe als RWManager in der Stadt erfüllen kann;
- die grundlegendsten Bedürfnisse der Niederschlagsentwässerung weiterhin kostengünstig gedeckt werden;

- die Rentabilität der langfristig angelegten öffentlichen Investitionen in die RWKanalisation gewahrt bleibt;
- die Wirtschaftlichkeit zukünftiger Investitionen in grünflächenintegrierte RWAnlagen g egeben ist.

Hierdurch kann die Kommune auch zukünftig ihrem politischen Auftrag einer öffentlichen Daseinsvorsorge gerecht werden, ohne unangemessen hohe Haushaltsbelastungen eingehen zu müssen. Wie im Unterschied dazu mit den Spitzenabflüssen aus dem Grundstücksbereich verfahren werden soll, ist Gegenstand der beiden letzten Empfehlungen.

(9.) Anbieten differenzierter Entwässerungssicherheiten bei der Beseitigung grundstücksbezogener RWAbflüsse über das öffentliche Entsorgungssystem

Vereinbarungen zwischen dem öffentlichen Bereich und dem jeweiligen Grundstücksinhaber über die RWAbleitung aus dem Grundstücksbereich erfordern entwässerungstechnische Kriterien, die zu bewe r-ten sind. Um bei der Vielzahl unterschiedlicher Anschlußnehmer am öffentlichen RWEntsorgungssystem eindeutige, vergleichbare und mit vertretbarem Aufwand zu kontrollierende Entwässerungsbedingungen an der Schnittstelle Grundstück - öffentlicher Bereich zu erhalten, sind möglichst *wenige und einfache* Kriterien zu deren Beschreibung einzusetzen.

Als regenentwässerungstechnische Kriterien an der Schnittstelle Grundstück - öffentlicher Bereich dienen heute: der Trinkwasserverbrauch oder (in zunehmenden Maße) die Größe der angeschlossenen und abflußwirksamen Grundstücksfläche, sowie die Rückstauebene (RStE). Das Kriterium 'Trinkwasserverbrauch' oder 'Größe der angeschlossenen und abflußwirksamen Grundstücksfläche' dient allein der Umlage der im öffentlichen RWEntsorgungssystem anfallenden Kosten auf die einzelnen Anschlußnehmer. Die Rückstauebene als zweites Kriterium dagegen gewährleistet bei fachgerechter Planung eine rückkopplungsfreie und unabhängige Funktion der Grundstücksentwässerungsanlage vom öffentlichen RWEntsorgungssystem. Die vom Wasserentsorgungsunternehmen gewährleistete Entwässerungssicherheit bei der Ableitung grundstücksbezogenen Niederschlagswassers ist hingegen noch kein Kriterium.

Zur Durchsetzung der emissionsorientierten Mindestanforderung an den RWAbfluß aus dem Grundstücksbereich ist eine Verminderung der vom öffentlichen RWEntsorgungssystem gewährleisteten Entwässerungssicherheit bei der Ableitung grundstücksbezogenen Niederschlagwassers besonders geeignet.

Aufgrund der Bemessungsvorschriften für Grundstücksentwässerungsanlagen und Anschlußkanal genießt der Grundstücksinhaber gegenwärtig eine sehr hohe Entwässerungssicherheit, die keinen Bezug zum Schadensrisiko hat. Die technischen Vorschriften orientieren sich dabei an einer allzeit ungehinderten RWAbleitung (auch bei Versagen des öffentlichen Entwässerungssystems) sowie an einer einfachen Wartung und Instandhaltung der Entwässerungsanlagen. Die Entwässerungssicherheit ist auch bei der Dimensionierung von Grundstücksentwässerungsanlagen noch kein Betrachtungsgegenstand. Um den Betriebsaufwand gering zu halten, werden vom Wasserentsorgungsunternehmen Mindestquerschnitte und für darüber hinausgehende Anschlüsse nur wenige Querschnittsgrößen für Anschlußkanäle vorgesehen. Dies hat im Normalfall eine Überdimensionierung der Grundstücksanschlußkapazitäten zur Folge.

Kennzeichen für die gewährleistete Entwässerungssicherheit bei der Ableitung grundstücksbezogener RWAbflüsse ist vereinfachend der wirksame Abflußquerschnitt zum öffentlichen Entsorgungssystem.

Wird die Ableitungskapazität der Grundstücksanschlüsse verringert, so kommt es bei intensiven Regenereignissen zum Einstau der Grundleitungen und bei seltenen Regenereignissen zu einer kalkulierbaren Überflutung von Grundstücksflächen mit grundstückseigenem Regenablaufwasser.

Um differenzierte Entwässerungssicherheiten für den Grundstücksbereich auf breiter Basis anbieten zu können, sind entwässerungstechnisch optimierte Abfluß-Drosselorgane zum Einbau an der Rechtsträgergrenze privat - öffentlich (Hauskasten) notwendig.

Da der Bedarf an Abflußdrosseln mit derart kleinen Bemessungsdurchflüssen in der Entwässerungstechnik erst in den letzten Jahren im Zusammenhang mit einer ökologisch orientierten RWBewirtschaftung geschaffen wurde, steckt die Entwicklung geeigneter Abflußdrosseln derzeit noch in der Anfangsphase. Das hat zur Folge, daß sich differenzierte Entwässerungssicherheiten zum gegenwärtigen Zeitpunkt praxistauglich nur bei einem größeren RWAbfluß realisieren lassen. Als Anhaltspunkt kann, abhängig von der Größe der RWAbflußspende zum öffentlichen RWEntsorgungssystem (q_a in $l/s*ha_{red}$), eine Mindestgröße der zu entwässernden Fläche je Grundstücksanschluß von 700 bis 1500 m^2 gelten. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, daß die für eine Abflußbegrenzung aus dem Grundstücksbereich notwendigen Drosselorgane realisierbar sind. Die Abflußspende der Drossel wäre dann, neben der 'angeschlossenen und abflußwirksamen Grundstücksfläche', ein entwässerungstechnisches Kriterium bei Vereinbarungen zwischen den Grundstücksinhabern und dem öffentlichen Wasserentsorgungsunternehmen (vgl. Abschnitt 5.3.5).

Die Reduzierung der Abflußquerschnitte zum öffentlichen RWEntsorgungssystem gestattet eine vergleichsweise einfache Einführung grundstücksbezogener Mindestanforderungen an die RWAbleitung (Umweltstandard). Darüber hinaus eröffnet das Angebot differenzierter Entwässerungssicherheiten durch das Wasserentsorgungsunternehmen die Möglichkeit, eine anders geartete RWBewirtschaftungsstrategie im Grundstücksbereich zu verfolgen, die für eine Vielzahl von Grundstückssituationen entscheidende Vorteile birgt.

(10.) Abflußspitzenentlastende RWBewirtschaftungsmaßnahmen als Alternative zu abflußmengenentlastenden Maßnahmen im Grundstücksbereich

Wird die RWAbleitungskapazität zum öffentlichen Entsorgungssystem verringert, so kommt es bei Regenereignissen zu einem provozierten Rückstau in der Grundstücksentwässerungsanlage. Damit läßt sich Kanalstauraum im privaten Grundstücksbereich für eine Abflußdämpfung aktivieren. Dieses vom Leitungsdurchmesser eher geringfügig erscheinende RWSpeicherpotential ist aufgrund eines Längenanteils der privaten Leitungen von 2/3 an den gesamten Entwässerungsleitungen eines Gebietes nicht zu unterschätzen. Reicht das Leitungsvolumen zum Abflußausgleich nicht aus, so ist für die darüber hinausgehende RWAbflußmenge Speichervolumen außerhalb der Rohrleitungsanlage bereitzustellen (Überschwemmungsflächen). Auf diese Weise kann das öffentliche Entwässerungssystem von Abflußspitzen entlastet werden.

Das bedeutet: Im Unterschied zur gegenwärtig bei ökologisch orientierten Regenentwässerungskonzepten im Grundstücksbereich fast ausnahmslos angewendeten RWBewirtschaftungsstrategie der Abflußmengenentlastung führt nicht jedes Niederschlagsereignis zu einer Inanspruchnahme von Grundstücksflächen durch Regenwasser. Betrachtet man die Dauerlinie der jährlichen Regenspenden, so wird, anders als bei einer abflußmengenentlastenden RWBewirtschaftung, nicht die Vielzahl kleiner RWAbflüsse, sondern nur die wenigen, in der Abflußintensität aber größten RWAbflüsse auf dem

Grundstück zurückgehalten. Dementsprechend ist auch die entwässerungstechnisch bedingte Grundwasserneubildungsrate vernachlässigbar klein.

Dies wird zu einem Vorteil, wenn eine Grundwassererhöhung zum Schutz von Bauwerken nicht erwünscht ist und wenn Unsicherheiten bezüglich einer Bodenkontamination vorliegen.

Durch die Möglichkeit, das Regenwasser in der geschlossenen Grundstücksentwässerungsanlage bis über die RStE des öffentlichen RWEntsorgungssystems anstauen zu können und erst oberhalb dieser Marke eine Abflußentlastung vornehmen zu müssen, bleibt die entwässerungstechnische Eigenständigkeit der Grundstücke bei einer grundstücksbezogenen Abflußspitzenentlastung erhalten.

Im Unterschied dazu kann bei einer abflußmengenentlastenden Bewirtschaftung der RWAbflüsse über grundstücksintegrierte Mulden-Rigolen-Kombinationen mit Anschluß an ein konventionelles öffentliches RWEntsorgungssystem eine Versickerung von fremdem Regenablaufwasser infolge Rückstau aus dem öffentlichen System im Grundstücksbereich nicht ausgeschlossen werden. Dabei muß beachtet werden, daß die Rückstaugefahr tendenziell zunimmt, weil die Kanalstauraumbewirtschaftung intensiviert wird bzw. moderne Dimensionierungsverfahren für Kanalnetze immer mehr Sicherheiten bezüglich der hydraulischen Leistungsfähigkeit abbauen.

Liegen die Grundstücksflächen tiefer als das angrenzende Straßenland, so lassen sich grundstücksbezogene RWBewirtschaftungspotentiale über abflußmengenentlastende Verfahren nur nutzen, indem ein Teil der abflußwirksamen Fläche vollständig von der öffentlichen RWKanalisation abgekoppelt wird, und der andere Teil weiterhin vollständig über das Kanalisationsnetz entwässert. Bei einer Abflußspitzenentlastung dagegen kann die Grundstücksentwässerungsanlage als Ganzes am öffentlichen RWEntsorgungssystem angeschlossen bleiben.

Insbesondere in Bestandsgebieten sind durch historisch gewachsene Nutzungen oftmals nur schwer abflußmengenentlastende RWBewirtschaftungsmaßnahmen auf den Grundstücken durchzusetzen. So können ein dichter und erhaltungswerter Gehölzbestand, ungünstige Höhenverhältnisse sowie vielfältige Nutzungsstrukturen, die oft nur kleine Restflächen ungenutzt lassen, abflußmengenentlastende RWBewirtschaftungsmaßnahmen verhindern. Bei einer Abflußspitzenentlastung hingegen lassen sich die Überflutungsflächen flexibler in die Grundstücksfreiflächen einordnen und Nutzungsüberlagerungen durch seltenere Überflutungsereignisse besser rechtfertigen.

Ausschlaggebend für die größere Freiheit bei der Einordnung der Überflutungsflächen innerhalb des Grundstücks ist die Möglichkeit, Hindernisse und Höhendifferenzen zu überwinden, indem das Regenwasser unter Druck über unterirdische und geschlossene Rohrleitungen sowie Quellschächte verteilt wird. Die vergleichsweise seltenen Überflutungsereignisse gestatten eine bessere Verträglichkeit mit der vorhandenen Vegetation und begünstigen die Akzeptanz bei der Überflutung von Nutzflächen. Die Möglichkeit, das Regenwasser im Entlastungsfall unter Druck, entgegen dem Sohlgefälle der Rohrleitungen, abzuleiten, reduziert darüber hinaus in vielen Fällen den notwendigen Umbauaufwand an den Grundstücksentwässerungsanlagen gegenüber abflußmengenentlastenden RWBewirtschaftungsmaßnahmen. Dies bedeutet auch eine höhere architektonische Freiheit bei den Gestaltungsaufgaben im Grundstücksbereich (vgl. Abschnitt 5.3.5).

Eine grundstücksbezogene Abflußspitzenentlastung ist auch dort sinnvoll, wo sich nur ein kleiner Muldenspeicher in Bezug auf die damit zu entwässernde Fläche realisieren läßt und wo aus konstruktiven Gründen oder aus Gründen des Rückstauschutzes aus dem öffentlichen Entwässerungssystem auf einen Rigolenspeicher verzichtet werden muß. In diesen Fällen führt eine Abflußspitzenentlastung zu kleineren RWAbflußintensitäten aus dem Grundstücksbereich als eine Abflußmengenentlastung. Das

hat zur Folge, daß im öffentlichen RWEntsorgungssystem entsprechend größere RWAbleitungs- bzw. RWSpeicherkapazitäten für eine RWBewirtschaftung zur Verfügung stehen. Versickerungsmulden mit einem direkten Anschluß an das öffentliche RWEntsorgungssystem (Abflußmengenentlastung) und Speichergrößen kleiner 200 ... 250 m^3 / ha_{red} sollten deshalb nicht eingesetzt werden. Hier ist eine Abflußspitzenentlastung sinnvoller (vgl. Abschnitt 5.3.4).

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß sich über abflußspitzenentlastende Maßnahmen im Grundstücksbereich in den meisten Fällen relativ einfach RWBewirtschaftungspotentiale erschließen lassen. Dies wird insbesondere bei dichteren Bebauungsstrukturen und in Bestandsgebieten zu einem wesentlichen Vorteil gegenüber abflußmengenentlastenden Bewirtschaftungsmaßnahmen.

Verzeichnisse

Quellen

[AbwAG] Gesetz über Abgaben für das Einleiten von Abwasser in Gewässer (Abwasserabgabengesetz - AbwAG) in der Neufassung vom 3. November 1994, (BGBl. I S. 3370; BGBl. I 1996 S. 1690, BGBl. 1997 S. 582) BGBl. III 753-9

[AbwAGBln] Berliner Gesetz zur Ausführung des Abwasserabgabengesetzes (Berliner Abwasserabgabengesetz - AbwAGBln) in der Fassung vom 12. Jan. 1989 (GVBl. S.214)

[Adams,1996] Adams, Rainer: Dezentrale Versickerung von Niederschlagsabflüssen in Siedlungsgebieten. Umsetzung von Maßnahmen in der Praxis. Schriftenreihe: Stadtentwässerung u. Gewässerschutz Nr.14. Hannover: SuG 1996

[Adk/SB,M 74/17/A] Akademie der Künste Berlin, Sammlung Baukunst, Scharoun Nachlaß, M 74/17/A (Fotonegativ)

[AGU,1991] AG Umweltplanung Lange/Grigoleit; Lange, E; u.a. : Fortschreibung d. ökologischen Planungsgrundlagen Berlin: Erstellung d. Umweltatlaskarten 01.02/06.01/06.02 f. Berlin(Ost) u. Integration in UIS. Berlin 1991

[AGW,1991] Amt f. Gewässerschutz u. Wasserbau Zürich; Haldimann: Retention und Versickerung von Meteorwasser im Liegenschaftsbereich. Planungsgrundlage und Beispiele. Zürich 1991

[ARL,1970] Akademie für Raumforschung und Landesplanung Hannover (ARL): Handwörterbuch der Raumforschung und Raumordnung, 3 Bände. Hannover 1970

[ATV A-117,1977] ATV-Arbeitsblatt A 117: Richtlinien für die Bemessung, die Gestaltung und den Betrieb von Regenrückhaltebecken. GfA, St. Augustin 1977

[ATV A-118,1977] ATV-Arbeitsblatt A 118: Richtlinien für die hydraulische Berechnung von Schmutz-, Regen- und Mischwasserkanälen. GfA, St. Augustin 1977

[ATV A-121,1985] ATV-Arbeitsblatt A 121: Niederschlag - Starkregenauswertung nach Wiederkehrszeit und Dauer, Niederschlagsmessungen, Auswertung. GfA, St. Augustin 1985

[ATV A-138,1990] ATV-Arbeitsblatt A 138: Bau und Bemessung von Anlagen zur dezentralen Versickerung von nicht schädlich verunreinigtem Niederschlagswasser. GfA, St. Augustin 1990

[ATV M-167,1995] ATV-Merkblatt M 167: Abscheider und Rückstausicherungsanlagen bei der Grundstücksentwässerung. Einbau und Betrieb. GfA, St. Augustin 1995

[ATV,1982] ATV: Lehr- und Handbuch der Abwassertechnik. Bd. I: Wassergütewirtschaftliche Grundlagen, Bemessung u. Planung v. Abwasserableitungen. Berlin: Ernst & Sohn 1982 (3. Auflage)

[ATV,1989] ATV Arbeitsgruppe 1.2.6 Hydrologie d. Stadtentwässerung: Überlastungshäufigkeit von Kanalnetzen - Vorschlag z. Festlegung v. Grenzwerten f. Nachweisrechnungen u. Berechnungen. Korrespondenz Abwasser (1989)8

[ATV,1994] ATV Arbeitsgruppe 1.4.3 Regenwasserbehandlung: Umgang mit Regenwasser im Trennsystem. Korrespondenz Abwasser 41(1994)2, S.304-310

[ATV,1994b] Abwassertechnische Vereinigung: ATV-Handbuch. Planung der Kanalisation. Berlin: Ernst & Sohn 1994 (4. Auflage)

[ATV,1995] ATV Arbeitsgruppe 1.4.1: Hinweise zur Versickerung von Niederschlagsabflüssen. Korrespondenz Abwasser 42(1995)5, S.797-806

[ATV,1995a] ATV: Kosten sparen - Gewässer schützen. Reihe: ATV-Information 1995

[ATV,1995b] ATV Arbeitsgruppe 1.2.6 Hydrologie der Stadtentwässerung: Überstau und Überflutung, Definition und Anwendungsbereiche. Korrespondenz Abwasser 42(1995)9

[ATV,1996a] ATV Arbeitsgruppe 1.4.3 Regenwasserbehandlung: Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Regenwasser. 2. Arbeitsbericht Korrespondenz Abwasser Jg. 43 (1996) H. 8

[BAK,6.12.1938] Bundesarchiv Koblenz, Außenstelle Potsdam: Generalbauinspektor, Akte 2866, S.63 (Richtlinien für die Vorplanung Charlottenburg-Nord, Bauteil 2)

[Bärthel,1969] Bärthel, Hilmar: Beitrag zur weiteren Nutzungsmöglichkeit strukturbestimmender unterirdischer Leitungen im Zeitraum bis zum Jahre 2000. Forschungsarbeit Institut f. Städtebau u. Architektur Berlin. Berlin: 1969

[BauGB] Baugesetzbuch (BauGB) in der Fassung vom 27. August 1997 (BGBl. I 1997 S. 2141; 2902; ber. 1998 S. 137)

[Baumgartner,1996] Baumgartner, Albert; Liebscher, Hans-Jürgen (Hrsg): Lehrbuch der Hydrologie. Bd.1: Allgemeine Hydrologie-quantitative Hydrologie. Berlin: Borntraeger 1996 (2.Auflage)

[Becker,1995] Becker, Michael: Intelligent mit Regenwasser umgehen. Forum Städte-Hygiene Sonderh. Bd. 46 (1995)

[Berg,1992] Berg, Dietmar: Die Berücksichtigung von Energieverbrauch und Gefährdungspotential bei der Entscheidung über Boden- und Grundwassersanierungen. Das Gas- und Wasserfach, Wasser-Abwasser Jg.133 (1992) H. 9

[Berlekamp,1992] Berlekamp, Lutz-Rainer; Pranzas, N.: Erfassung und Bewertung von Bodenversiegelungen unter hydrologisch-stadtplanerischen Aspekten. Diss FB Geowissenschaften Uni Hamburg 1992

[Berning,1987] Berning, Maria; Natrup, Wilhelm: Neue Stadt Wulfen. Ihre Weiterentwicklung unter besonderer Berücksichtigung der städtebaulichen Planung. Arbeitshefte des Instituts für Stadt- und Regionalplanung der TU Berlin. Berlin 1987

[BGHZ,1990] Bundesgerichtshof Zivilsachen: Urteil v. 5.10.1989 über Bemessung von Regen- u. Mischwasserkanälen. Entscheidungen d. Bundesgerichtshofes in Zivilsachen 109 (1990) 1, S.8

[Bischof,1989] Bischof, Wolfgang; Hosang: Abwassertechnik. Stuttgart: Teubner 1989 (9. Auflage)

[Boller,1998] Boller, Markus: Regenwasser auf neuen Wegen. EAWAG-news; 44 D, Jan.1998

[Boyer,1967] Boyer, Armin u.a.: Baugebiet Professor Poelzig. Das Gartenamt (1967) H. 10

[Braam,1993] Braam, Werner: Stadtplanung. Düsseldorf: Werner 1993

[Bredtschneider,1902] Bredtschneider, August: Das Trennsystem. Sonderabdruck aus Weyl, Theodor "Handbuch der Hygiene". 2. Ergänzungsband, 2. Lieferung. 27 S. Jena: Fischer 1902

[Bremen,1983] Bremen, Egbert: Raum für Radfahrer und Fußgänger. Wulfen: Selbstverlag. 1983

[Bretschneider,1993] Bretschneider, Hans (Hrsg.): Taschenbuch der Wasserwirtschaft. Berlin: Parey 1993 (7. Auflage)

[Brix,1910] Brix, Josef: Kanalisation und Städtebau. Städtebauliche Vorträge aus d. Seminar f. Städtebau an der Königlichen Technischen Hochschule zu Berlin. Bd. 3, H. 1 1910

[Brix,1919] Brix, Joseph: Be- u. Entwässerung des Geländes und der Häuser. In: Gutkind, Erwin (Hrsg): Neues Bauen. Grundlagen zur praktischen Siedlungstätigkeit. Berlin: Verlag Bauwelt 1919

[Brombach,1982] Brombach, Hansjörg: Abflußsteuerung von Regenwasserbehandlungsanlagen. Wasserwirtschaft Jg. 72 (1982) H. 2

[Brombach,1992] Brombach, H.; Kuhn, B.: Häufigkeit und Verteilung der Kanalisationsverfahren in Deutschland. Korrespondenz Abwasser (1992) H. 8

[Brombach,1995] Brombach, Hansjörg; Pisano, William; Wolf, Daniel R: Regenwasserbehandlung in den USA. Eine vergleichende Betrachtung. Wasser Abwasser Praxis Jg. 4 (1995) H.2

[Bruckmann,1962] Bruckmann, Hansmartin: Wulfen und die Idee der gegliederten und aufgelockerten Stadt. In: [Krämer,1962]

[BUND,1997] BUND; Misereror (Hrsg): Zukunftsfähiges Deutschland: ein Beitrag zu einer global nachhaltigen Entwicklung. Studie des Wuppertal Instituts für Klima, Umwelt, Energie; Basel: Birkhäuser. 1997

[Büsken,1999] Stadt Dorsten, Tiefbauamt, Herr Büsken: Persönliche Mitteilung März/April 1999

[ChaStapla,15.11.1927] Bezirk Berlin-Charlottenburg, Stadtplanungsamt, Archiv: Erläuterungsbericht betreffend den Fluchtlinienplan für den westlichen Teil des Bebauungsplanes von Charlottenburg-Nord. Berlin-Charlottenburg 15.11.1927

[ChaStapla,7.11.1927] Bezirk Berlin-Charlottenburg, Stadtplanungsamt, Archiv: Bebauungsplan Charlottenburg-Nord, Westlicher Teil, M 1 : 2.000, 40 x 50 cm

[ChaStapla] Bezirk Berlin-Charlottenburg, Stadtplanungsamt, Archiv: Fluchtlinienplan 1914, Bebauungsplan-Entwürfe 26.4.1920, 7.11.1927, 15.11.1927, 14.12.1928

[Curdes,1997] Curdes, Gerhard: Stadtstruktur und Stadtgestaltung.
Stuttgart: Kohlhammer 1997 (2.Auflage)

[Dahmen,1967] Dahmen, W; Dahmen, G: Neue Stadt Wulfen. Biologische Grundlagen der Planung. Das Gartenamt Jg. 16 (1967) H. 10

[DIGK,1996] Senatsverwaltung für Bau- und Wohnungswesen Berlin, Abt. V: Digitale Grundkarte Berlin (DIGK), Stand 1996

[DIN 1986-1,1988] Deutsches Institut f. Normung e.V. (Hrsg.): DIN 1986, Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke, Teil 1: Technische Bestimmungen für den Bau. Juni 1988

[DIN 1986-2,1995] Deutsches Institut f. Normung e.V. (Hrsg.): DIN 1986, Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke, Teil 2: Ermittlung der Nennweiten von Abwasser- und Lüftungsleitungen. März 1995

[DIN 1998,1978] Deutsches Institut f. Normung e.V. (Hrsg.): DIN 1998, Unterbringung von Leitungen und Anlagen in öffentlichen Flächen. Mai 1978

[DIN 2000,1973] Deutsches Institut f. Normung e.V. (Hrsg.): DIN 2000, Zentrale Trinkwasserversorgung; Leitsätze für Anforderungen an Trinkwasser, Planung, Bau und Betrieb der Anlagen.
Nov. 1973

[DIN 4033,1979] Deutsches Institut f. Normung e.V. (Hrsg.): Entwässerungskanäle und -leitungen; Richtlinien für die Ausführung. Nov. 1979

[DIN 4045,1985] Deutsches Institut f. Normung e.V. (Hrsg.): DIN 4045, Abwasserwesen, Fachausdrücke und Begriffserkärungen. Dezember 1985

[DIN EN 12056-1,1995] Deutsches Institut f. Normung e.V. (Hrsg.): Europäische Norm 12056 (Norm-Entwurf), Schwerkraftentwässerungsanlagen innerhalb von Gebäuden, Teil 1: Anwendungsbereich, Begriffe, Allgemeine Anforderungen und Ausführungsanforderungen. 1995

[DIN EN 12056-4,1995] Deutsches Institut f. Normung e.V. (Hrsg.): Europäische Norm 12056 (Norm-Entwurf), Teil 4: Abwasserhebeanlagen, Planung und Berechnung. 1995

[DIN EN 752-1,1996] Deutsches Institut f. Normung e.V. (Hrsg.): Europäische Norm 752, Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden, Teil 1: Allgemeines und Definitionen. 1996

[DIN EN 752-4,1993] Deutsches Institut f. Normung e.V. (Hrsg.): Europäische Norm 752 (Norm-Entwurf), Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden, Teil 4: Hydraulische Berechnung und Umweltschutzaspekte. 1993

[DIN,1995] Deutsches Institut f. Normung e.V. (Hrsg.): Gebäude- und Grundstücksentwässerung, Kommentar zu DIN 1986. Berlin; Wien; Zürich: Beuth 1995

[Drasdo,1995] Drasdo, G; Bettin, D: Regenwassernutzung im Haushalt lohnt sich das? In: Umweltbundesamt (Hrsg.): Regenwassernutzung im Haushalt. Dokumentation des Fachgespächs am 14.2.1995 in Berlin. Berlin: UBA 1995

[Duden 8 Bd.,1994] Duden. Das große Wörterbuch der deutschen Sprache in 8 Bänden. Mannheim: Dudenverlag 1994

[DVWK,1991] Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V. (DVWK): Starkniederschlag in der Bundesrepublik Deutschland - Erläuterungen und Ergänzungen zu KOSTRA. Berlin 1991

[DWD,1990] Deutscher Wetterdienst: Starkniederschlagshöhen für die Bundesrepublik Deutschland (KOSTRA 87) Offenbach am Main: Selbstverlag 1990

[Dyck,1989] Dyck, S; Peschke, G: Grundlagen der Hydrologie. Berlin: Verlag für Bauwesen 1989 (2.Auflage)

[EAE,1985] Forschungsgesellschaft für Straßen-u.Verkehrswesen: Empfehlungen für die Anlage von Erschließungsstraßen (EAE 85). Köln 1985

[Feurich,1991] Feurich, Hugo: Sanitärtechnik. Düsseldorf: Krammer 1991

[Feurich,1993] Feurich, Hugo: Sanitärtechnik. Düsseldorf: Krammer 1993 (6. Auflage)

[Foerster,1914] Foerster, Max (Hrsg): Taschenbuch für Bauingenieure. 2 Bd. Berlin: Julius Springer 1914 (2. Auflage)

[Forbat,1931] Forbat: Bauwelt (1931) Heft 47

[Frick,1970] Frick, Dieter: Einflüsse der Baugesetze und Bauordnungen auf das Stadtbild. In: Architekten- und Ingenieurverein zu Berlin (AIV): Berlin und seine Bauten, T.4, Bd.A, Wohnungsbau. Berlin: Ernst u. Sohn 1970

[Frühling,1903] Frühling, A: Handbuch der Ingenieurwissenschaften, II. Teil: Der Wasserbau, 4. Bd.: Die Entwässerung der Städte. 1. Hälfte: Anlagen d. Brauch- u. Regenwässer. Leipzig: Wilhelm Engelmann 1903

[Fuchs,1985] Fuchs, Lothar: Leistungsfähigkeit existierender Kanalnetze - Konsequenzen für künftige Bemessung. Mitteilungen des Instituts für Wasserwirtschaft, Hydrologie und landwirtschaftlichen Wasserbau Universität Hannover H. 57 (1985)

[Fuchs,1987] Fuchs, Lothar: Hydrologische Leistungsfähigkeit städtischer Kanalnetze. Mitteilungen des Instituts für Wasserwirtschaft, Hydrologie und landwirtschaftlichen Wasserbau Universität Hannover H. 63

[Gälzer,1980] Gälzer, Ralph: Beitrag zur methodischen Grünplanung für Großstädte. Diss. Technische Universität München, Fakultät Landwirtschaft u. Gartenbau 1980

[Geiger,1985] Geiger, W F: Mischwasserverschmutzung und Kanalnetzplanung. Mitteilungen des Instituts für Wasserwirtschaft, Hydrologie und landwirtschaftlichen Wasserbau Universität Hannover H. 57 (1985)

[Geiger,1995] Geiger, W; Dreiseitl, H: Neue Wege für das Regenwasser. Handbuch zum Rückhalt und zur Versickerung von Regenwasser in Baugebieten. München: Oldenbourg 1995

[Geissler,1933] Geissler, Wilhelm: Kanalisation und Abwasserreinigung. III. Teil, 6.Band der Handbibliothek für Bauingenieure. Berlin: Springer 1933

[Genzmer,1921] Genzmer, Ewald: Die Notwendigkeit einheitlicher Städteplanungen für Bebauung und Entwässerung. Deutsche Bauzeitung (1921), S.121-124, S.129-131, S.141-143

[Genzmer,1924] Genzmer, Ewald: Handbuch der Ingenieurwissenschaften, III. Teil: Der Wasserbau, 4. Bd.: Die Entwässerung d. Städte. 1. Kapitel: Anlagen zur Abführung des Brauch-Regenwassers. Leipzig: Engelmann 1924 (5. Auflage)

[Genzmer,1928] Genzmer, Ewald: Entwässerung der Städte / Bebauungspläne. In: Foerster, Max (Hrsg.): Taschenbuch für Bauingenieure Bd. 2. Berlin: Springer 1928 (5. Auflage)

[Genzmer,1930] Genzmer, Ewald: Wie entwirft man Ortsentwässerungspläne? 3 Bd. Halle: Boerner 1930 (Bd.1), 1931 (Bd.2)

[Gorgas,1930] Gorgas, Curt: Großsiedlung Siemensstadt, Berlin. Bauwelt Jg 21 (1930) H. 46 (Beilage)

[Graf,1956] Graf, Otto; Huber, Walther; Krauth, Theodor (Hrsg): Das kleine Lexikon der Bautechnik. Stuttgart: Union Deutsche Verlagsgesellschaft 1956

[Grau,1985] Grau, A: Entwässerungstechnische Versickerung - Einführung u. Stand der Technik. Mitteilungen des Instituts für Wasserwirtschaft, Hydrologie und landwirtschaftlichen Wasserbau Universität Hannover H. 57 (1985)

[Grosche,1967] Grosche, K E; Börner, H; Stumpfl, H: Neue Stadt Wulfen, zur Stadtplanung. Das Gartenamt Jg. 16 (1967) H. 10

[Grottker,1991] Grottker, M: Möglichkeiten der Regenwasserbehandlung. Korrespondenz Abwasser Jg. 38 (1991) H. 7

[Gunkel,1996] Gunkel, Günter (Hrsg.): Renaturierung kleiner Fließgewässer. Jena/Stuttgart: Gustav Fischer Verlag 1996

[GW 20,1990] Senatsverwaltung für Bau- und Wohnungswesen Berlin, Abt. V; Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz Berlin, Abt. IV (Hrsg.): Gewässerkarte M 1:20.000. Berlin 1990

[Hahn,1928] Hahn, Hermann; Langbein, Fritz (Hrsg.): Fünfzig Jahre Berliner Stadtentwässerung (1878-1928). Berlin: Metzner 1928

[Hahn,1992] Hahn, H H; Pfeifer, R: Chemisch / physikalische Behandlung von Niederschlagsabflüssen aus Trennsystemen städtischer Gebiete. Karlsruhe 1992

[Hahn,1993] Hahn, Hermann H; Pfeifer, Rüdiger: Perspektiven zur Entsorgung von Niederschlagsabflüssen (25.Essener Tagung). Gewässerschutz. Wasser. Abwasser Bd.135, 1993

[Hamberger,1993] Hamberger: Die Behandlung privater Regenwassersammelanlagen im Bereich der kommunalen Abwasserbeseitigung u. Wasserversorgung. Verwaltungsblätter für Baden Württemberg (1993) S.246

[Hannover,1993] Hannover, Umweltdezernat (Hrsg): Leitlinien für den Umgang mit Regenwasser in Baugebieten. Ein Vorschlag aus der Sicht der Umweltverwaltung. Schriftenreihe kommunaler Umweltschutz H. 3. Hannover: Selbstverlag 1993

[Häußermann,1989] Häußermann, Hartmut; Siebel, Walter: Ökologie statt Urbanität? In: Schwerpunkt, Zukunft Stadt. Reihe: Universitas nr. 6. Stuttgart: Wissenschaftl. Verlagsgesellschaft 1989

[HdUR,1994] Kimminich, O; von Lersner, H; Storm, P (Hrsg): Handwörterbuch des Umweltrechts. 2 Bände. Berlin: Erich Schmidt 1994 (2. Auflage)

[Heinzmann,1995] Heinzmann, Bernd: Weitergehende Aufbereitung von städtischen Regenabflüssen durch Flockung. Das Gas- und Wasserfach, Wasser-Abwasser Jg.136 (1995) Nr.2

[Heiss,1967] Heiss, E W: Grundsätze und Methodik des Grünaufbauplanes für die Neue Stadt Wulfen. Das Gartenamt Jg. 16 (1967) H. 10

[Hermann,1996] Hermann, Thilo; Schmida, Uwe: Regenwassernutzung. Teil 1: Hydraulische Aspekte zur Stadtentwaesserung; Teil 2: Nutzung und Versickerung im Verbund. Zeitschrift für Stadtentwässerung und Gewässerschutz Nr. 36 (1996)

[Heydt,1908] Heydt, Th: Die Wirtschaftlichkeit bei den Städte-Entwässerungsverfahren. Mannheim: Haas 1908

[Hobrecht,1884] Hobrecht, James: Die Canalisation von Berlin. Berlin: Ernst & Korn 1884 (Reprint 1991)

[Hoffmann-Axthelm,1993] Hoffmann-Axthelm, Dieter: Die dritte Stadt. Frankfurt a. Main: Suhrkamp 1993

[Hoffmann-Axthelm,1995] Hoffmann-Axthelm, Dieter: Visionen auf Wiesen. Die neuen Vorstädte, die Naivität der Architekten und ein ABC der Stadt. Deutsche Bauzeitung (1995) H. 5

[Hoffmann-Axthelm,1996a] Hoffmann-Axthelm, Dieter: Anleitung zum Stadtumbau. Frankfurt a.M.: Campus 1996

[Hörler,1941] Hörler, Arnold: Die Wirkung der Regenauslässe. Schweizerische Bauzeitung Jg. 118 (1941) H. 20

[HPflG,1978] Haftpflichtgesetz. BGBl. I 1978, S.145

[Huhn,1996] Huhn, Volker; Stecker, Armin: Leitfaden zur naturnahen Regenwasserbewirtschaftung. In: [Sieker,1996]

[Huhn,1996b] Huhn, Volker: Gegenüberstellung einer naturnahen und einer konventionellen Entwässerungslösung am Beispiel eines Wohnungs-Neubaustandortes. In: [Sieker,1996]

[Huse,1987] Huse, Norbert: Siedlungen der zwanziger Jahre heute. Berlin: Bauhausarchiv 1987 (2. Auflage)

[Hütte,1911] Hütte e.V. (Hrsg): Hütte. Des Ingenieurs Taschenbuch. 3 Bd.. Berlin: Ernst & Sohn 1911 (21. Auflage)

[Hütte,1956] Hütte e.V. (Hrsg): Hütte. Des Ingenieurs Taschenbuch. Teil III - Bautechnik. Berlin: Verlag Ernst und Sohn 1956 (28. Auflage)

[Imhoff,1951] Imhoff, Karl: Taschenbuch der Stadtentwässerung. München: Oldenbourg 1951 (14. Auflage)

[Imhoff,1990] Imhoff, Karl; Imhoff, Klaus R.: Taschenbuch der Stadtentwässerung. München/Wien: Oldenbourg 1990 (27.Auflage)

[Jacobi,1995] Jacobi, D: 85 Jahre Regenwasserversickerung in Berlin-Frohnau. In: [Schmitt,1995]

[K4 /4241,1941] Bezirksamt Tiergarten von Berlin, Vermessungsamt: Karte von Berlin 1:4.000, Blatt 4241, Ausgabe 1941

[K5 /433a,1991] Bezirksamt Reinickendorf von Berlin, Vermessungsamt: Karte von Berlin 1:5.000, Blatt Nr. 433a, Ausgabe 1991

[K5 /433c,1993] Bezirksamt Wedding von Berlin, Vermessungsamt: Karte von Berlin 1:5.000, Blatt Nr. 433c, Ausgabe 1993

[Kadrnoska,1995] Kadrnoska, Helmut: Die Bedeutung des RW für die Abwasserbeseitigung. Schriftenreihe: Perspektiven (1995) H. 5. Stadtverwaltung Wien

[Kamieth,1995] Kamieth, Heino: Ökologische Bodengutachten. Krämer 1995

[Kehr,1930] Kehr, Dietrich: Wirtschaft und Technik bei d. Planung v. Städtekanalisationen. Eine wirtschaftlich-techn. Studie. Diss. TH Hannover Borna-Leipzig: Noske 1930

[Kehr,1944] Kehr, Dietrich: Die Siedlungswasserwirtschaft beim Wiederaufbau unserer Städte. Technisches Gemeindeblatt Jg. 47 (1944), S.131

[Kehr,1949] Kehr, Dietrich: Über den Einfluß des U-Raumes der Siedlungswasserwirtschaft auf die Wiederaufbauplanung. Baurundschau Jg. 39 (1949) H. 21

[Kehr,1951] Kehr, Dietrich: Über die wirtschaftliche Entwässerung von Wohnsiedlungsgelände. Gesundheitsingenieur Jg. 72 (1951) H. 21

[Kehr,1963] Kehr, Dietrich: Jahresbericht 1963 des Instituts für Siedlungswasserwirtschaft der Technischen Hochschule Hannover. Hannover: Selbstverlag 1963

[Kehr,1963a] Kehr, Dietrich: Vorbericht zum generellen Entwässerungsentwurf Wulfen für die neue Stadt Wulfen. Hannover 25.2.1963

[Kehr,1964] Kehr, Dietrich: Genereller Entwässerungsentwurf Wulfen. Hannover 23.4.1964

[Kleindienst,1985] Kleindienst, Gerhard; Magistrat d. Stadt Wien, MA 18: Bebauungsformen und ihre städtebaulichen Kennwerte anhand von Wiener Beispielen. Beiträge zur Stadtforschung, -entwicklung u. -gestaltung, Bd. 16. Wien: Selbstverlag 1985

[Kleindienst,1991] Kleindienst, Gerhard; Magistrat d. Stadt Wien, MA 18: Bebauungsformen für die Stadterweiterung. Beispiele u. städtebauliche Kennwerte. Beiträge zur Stadtforschung, -entwicklung u. -gestaltung. Bd. 27 Wien: Selbstverlag 1991

[Klinge,1997] Klinge, Werner; Institut für Städtebau Berlin der Deutschen Akademie für Städtebau und Landesplanung: Festsetzungen des Bebauungsplans, Fragen und Antworten des Erfahrungsaustauschs 1997. Berlin: Selbstverlag 1997

[König,1996] König, Klaus Werner: Regenwasser in der Architektur. Ökologische Konzepte. Staufen: Ökobuch 1996

[Krämer,1962] Krämer, Karl (Hrsg.): Wulfen:(Neue Stadt), Wettbewerbsergebnis. 1. Sonderheft Wulfen. Wettbewerbe aktuell (Sonderheft) Stuttgart: Krämer 1962

[Krämer,1965] Krämer, Karl (Hrsg.): Wulfen:(Neue Stadt), Planung. 2. Sonderheft Wulfen. Wettbewerbe aktuell (Sonderheft) Stuttgart: Krämer 1965

[Krauth,1992] Krauth, Kh: Abwassertechnische Strategien für den Gewässerschutz. Berichte der ATV Nr. 42 (1992)

[LAB,10.11.1901] Landesarchiv Berlin: Rep. 207, Acc. 3075, Nr. 4882 (Stadtverordnetenversammlung Charlottenburg, Vorlage betreffend die Stadtentwässerung des Stadttheills nördlich von der Spree (System III), 23.01.1902)

[LAB,17.1.1940] Landesarchiv Berlin: Rep. 207, Acc. 2470, Nr. 3338, S. 92 (u.a. Bericht über die Ergebnisse der Bodenuntersuchung auf dem Gelände von Charlottenburg-Nord)

[LAB,23.5.1900] Landesarchiv Berlin: Rep. 207, Acc. 3075, Nr. 4882 (Stadtverordnetenversammlung Charlottenburg, Mitteilung vom Eingang einer Petition des Grundbesitzervereins von Charlottenburg 'Nordwest' vom 14.5.1900)

[LAB,25.4.1900] Landesarchiv Berlin: Rep. 207, Acc. 3075, Nr. 4882, S.1c (Stadtverordnetenversammlung Charlottenburg, Drucksache Nr. 137. Vorlage betreffend die Kanalisation des auf dem rechten Spreeufer gelegenen Stadttheils, System III)

[LAB,26.8.1955] Landesarchiv Berlin: Rep. 207, Acc. 2552, Nr 4050, Protokoll v. 26.8.1955 (Offizielle Information über den Richtplan zu Charlottenburg-Nord)

[LAB,6.1.1956] Landesarchiv Berlin: Rep. 207, Acc. 2552, Nr 4050, Protokoll v. 6.1.1956 (Stellungnahme von VII C1 an Abt. II bezüglich den beiden zur Erörterung stehenden Bebauungsvorschlägen)

[LWG NRW,1995] Wassergesetz des Landes Nordrhein-Westfalen vom 4.7.1979 (GV NW S.488), zuletzt geändert durch Gesetz vom 7.3.1995 (GV NW S.248)

[Maniak,1992] Maniak, Ulrich: Hydrologie und Wasserwirtschaft. Eine Einführung für Ingenieure. Berlin: Springer 1992 (2. Auflage)

[Marquardt,1948] Marquardt, E: Neuzeitliche Wasserwirtschaft im Rahmen der gesamten Volkswirtschaft. In: Dtsch.Verein von Gas- und Wasserfachmännern (DVGW): 100 Jahre Hamburger Wasserwerke. 1948

[Meyer,1997] Meyer, Johannes: Die zukunftsfähige Stadt. Ökologisch orientierte Kommunalplanung in Stadt und Land. Düsseldorf: Werner 1997

[Möhle,1984] Möhle, Karl-August: Möglichkeiten und Grenzen der rationellen Verwendung von Trinkwasser. Das Gas- und Wasserfach, Wasser-Abwasser (1984) H. 3

[Moll,1993] Moll, Hans Georg: Dachablauf-(Regen)wassernutzung im Haushalt? Schriftenreihe der Kommunalen Umwelt-Aktion H. 14 (1993)

[Müller-Neuhaus,1950] Müller-Neuhaus, G: Zur Frage der Bemessung von Regenüberfällen bei Entwässerungsnetzen und Kläranlagen. Gesundheitsingenieur Jg. 71 (1950) H. 9/10

[München,1990,2] Landeshauptstadt München (Hrsg.): Umweltatlas München. 1990, Ergänzungen 1993

[Musat,1913] Musat, N: Die oberirdische Regenwasserabführung bei der Stadtentwässerung. Diss. TH München München: Dr. C. Wolf u. S. 1913

[Newman,1961] Newman, Oscar: CIAM '59 Otterlo. Stuttgart 1961

[Nisipeanu,1995] Nisipeanu, Peter: Kommunalrechtliche Handlungsmöglichkeiten zur Umsetzung alternativer Regenwasserbewirtschaftung. In: Stadtverwaltung Herne, Umweltamt: Regenwassermanagement. Herne: Selbstverlag 1995

[Pecher,1970] Pecher, Rolf: Die Bemessung von Regenbecken in der Stadtentwässerung. Berichte aus dem Institut für Wasserwesen u. Gesundheitsingenieurwesen der TU München. München 1970

[Pecher,1984a] Pecher, Rolf: Rechnerische Ermittlung von Überlaufdaten aus Entlastungsbauwerken der Mischkanalisation. Korrespondenz Abwasser Jg. 31 (1984) H. 5

[Pecher,1989] Pecher, Rolf: Abwasserkanalnetz- u. Schmutzfrachtberechnung. In: Handbuch der Wasserversorgung u. Abwassertechnik. 3. Ausgabe. Essen: Vulkan 1989

[Pecher,1990] Pecher, Rolf: Sicherheitswahl bei der Bemessung von Regen- u. Mischwasserkanälen. Korrespondenz Abwasser Jg. 37 (1990) H. 6

[Pecher,1990a] Pecher, Rolf: Sanierungsbedarf der Kanalisation. Wasser+Boden (1990) H. 10

[Petrick,1939] Petrick, Gerhard: Der Wohnungsbau im Siedlungsgebiet Charlottenburg-Nord. Die Kunst im Dritten Reich (Beilage 'Die Baukunst') Jg. 3 (1939), S.469-474

[Peus,1980] Peus, Hans Michael: Zur Geschichte des Volksparks Jungfernheide. In: Radicke, Dieter: Prof. Erwin Barth. Katalog zur Ausstellung TU Berlin. Berlin 1980

[Pfeiff,1971] Pfeiff, Siegfried: Meteorologische, topographische u. bautechnische Einflüsse auf den Regenabfluß in Kanalisationsnetzen. Diss. TH Darmstadt. Schriftenreihe: Wasser u. Abwasser in Forschung u. Praxis, Bd. 3. Bielefeld: Erich Schmidt 1971

[Pfeiff,1980] Pfeiff, Siegfried: Kanalrückstau, Kanalüberschwemmung, Hochwasser. Ursachen, Folgen, Folgerungen. Korrespondenz Abwasser Jg. 27 (1980) H. 4, S.237

[Pfeiff,1988] Pfeiff, Siegfried: Die Entwicklung der Methoden zur Berechnung der Regenentlastungen von Mischwasserkanälen. Zeitschrift für Stadtentwässerung und Gewässerschutz H. 2 (1988) Hannover

[Pfeiff,1989] Pfeiff, Siegfried: Überschwemmungswege und Notentlastungen bei Kanalisation/ Ortsentwässerung. Korrespondenz Abwasser Jg. 36 (1989) H. 11, S.1276

[Pfister,1995] Pfister, Angela; Teichgräber, Burkhard: Abflußsteuerung in der Mischkanalisation unter Verwendung von radargemessenen Niederschlägen. In: [Uni Bochum,1995]

[Pfützner,1994] Pfützner, Bernd; Kaden, Stefan; Kussmann, Steffen: Regionale Regenwasserbehandlungskonzepte, Reidegebiet. Wasserwirtschaft Wassertechnik (1994) Hefte 4, 5, 6

[Posener,1979] Posener, Julius: Berlin auf dem Wege zu einer neuen Architektur. Das Zeitalter Wilhelm des II. München: Prestel 1979

[Prinz,1995] Prinz, Dieter: Städtebauliches Entwerfen. Stuttgart: Kohlhammer 1995 (6. Auflage)

[Rading,1929] Rading, Adolf: Bebauungsplan Siemensstadt. (Zeitschrift:) Das Neue Berlin 1929, Nr. 3

[Rainer,1948] Rainer, Roland: Städtebauliche Prosa. Praktische Grundlagen für den Aufbau der Städte. Tübingen: Wasmuth 1948

[Rainer,1995] Rainer, Roland: Vortrag an der Technischen Universität Berlin, Fachbereich Architektur. Reihe: Positionen, 9.11.1995

[Randzio,1946] Randzio, Ernst: Unterirdischer Bauraum. Der Bauhelfer (1946) H. 5

[Ranft,1991] Ranft, Fred; Bruns, D: Bodenbeanspruchung, Bodenrelevante Aspekte und Veränderungspotentiale unterschiedlicher Wohnsiedlungsformen. Forschungsbericht BMFT-Vorhaben 0339142 A (1991)

[RAS-Ew,1987] Richtlinien für die Anlage von Straßen, Teil: Entwässerung. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln 1987

[RdErl,1998] Runderlaß des Ministeriums für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft Nordrhein-Westfalen: Niederschlagswasserbeseitigung gemäß § 51a des LWG. Düsseldorf: MBl. NW. 1998 S.654

[Reidenbach,1988] Reidenbach, Michael: Aus den Augen aus dem Sinn? Zur Erhaltung der städtischen Kanalisation. Stadtbauwelt Nr. 97 (1988)

[Reinhardt,1979] Reinhardt, Walter; Trudel, Helmut: Wohndichte und Bebauungsformen. Praktische Entscheidungshilfen für die kommunale Planung. Veröffentl. d. Forschungsgem. Bauen u. Wohnen, Stuttgart Nr. 113. Stuttgart: Deutsche Verlags Anstalt 1979

[Ribbe,1985] Ribbe, Wolfgang; Schäche, Wolfgang: Die Siemensstadt, Geschichte und Architektur eines Industriestandortes. Berlin 1985

[Ripl,1989] Ripl, W.: Die Rolle der Energie und des Wasserkreislaufes im ökologischen Gewässerschutz (Vortrag Tagung BWK 1989)

[Rossow,1949] Rossow, Walter: Grünplanung im Städtebau. Bauwelt (1949) H. 34

[Rossow,1972] Rossow, Walter: Landesplanung auf der Basis Landschaft. Stadtbauwelt Nr. 37 (1972)

[Roth,1977] Roth, Ueli u.a.: Wechselwirkungen zwischen Siedlungsstruktur und Wärmeversorgungssystemen, MFPRS 1977.10, im Auftrag des BMBau. Bonn 1980

[Rudolph,1994] Rudolph, K U; Sieker, F: Regenwasserbewirtschaftung statt Regenwasserentsorgung. Vorträge zum Workshop am 16.8.93 in Schönow. Schriftenreihe Umwelttechnik und Umweltmanagement, Sonderband 8 (1994)

[Sack,1996] Sack, Manfred: Der Ingenieur und die Stadt. Vortrag 26.1.96, auf Kollogium: Der Bauingenieur u. seine gesellschaftspolitische Aufgabe. Schriftenreihe d. Stiftung Bauwesen H. 1. Stuttgart: Stiftung Bauwesen 1996

[Salomon,1906] Salomon, Hermann: Die Städtische Abwasserbeseitigung in Deutschland. Wörterbuchartig angeordnete Nachrichten und Beschreibungen städtischer Kanalisations- und Kläranlagen in deutschen Wohnplätzen (Abwasser Lexikon). 3 Bände. Jena: Fischer 1906-1911

[Schmidt,1986] Schmidt, Hennich: Untersuchungen zur Regenwassernutzung in Wohnbauten. Diss. TU Braunschweig, Fachbereich Architektur, Technischer Ausbau. 1986

[Schmidt,1995a] Schmidt, A: Niederschlagswasserversickerung, Möglichkeiten und Anforderungen. In: [Uni Bochum,1995]

[Schmitt,1966] Schmitt, Karl Wilhelm: Mehrgeschossiger Wohnbau. Stuttgart 1966

[Schmitt,1995] Schmitt, T G (Hrsg.): Neuer Umgang mit Regenwasser in Siedlungen. 4. Umwelttage Kaiserslautern 8.+ 9.11.95 Universität Kaiserslautern. Schriftenreihe d. FG Siwa Uni Kaiserslautern, Bd. 8 (1995)

[Schmitt,1995b] Schmitt, T G: Regenwasserbehandlung im Mischverfahren. In: [Schmitt,1995]

[Schüle,1995] Schüle, E; Schlichting, B: Regenwassernutzung - eine Modeerscheinung? In: Rott, U (Hrsg): Aktuelle Entwicklungen in der Wasserversorgung aus Grund-und Oberflächenwasser. Stuttgarter Berichte zur Siedlungswasserwirtschaft, Bd.133. München: Oldenbourg 1995

[SenBauWohnen,1973] Senatsverwaltung für Bau- und Wohnungswesen Berlin: Ausführungsvorschriften über die Ermittlung der Höhe der Rückstauebene bei Anlagen zur Beseitigung von Abwässern. Amtsblatt für Berlin Jg. 23 (1973) Ausgabe 28

[SenBauWohnen,1993] Senatsverwaltung für Bau- und Wohnungswesen Berlin; Stimmann, H; Keller, K (Hrsg); Wohnungsbau für Berlin. Berlin: 1993

[SenBauWohnen,1995a] Senatsverwaltung für Bau- und Wohnungswesen Berlin; Stimmann, H (Hrsg): Stadt Haus Wohnung. Wohnungsbau der 90er Jahre in Berlin, Ausstellungskatalog. Berlin: Ernst & Sohn 1995

[SenStadtUm,1993] Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz Berlin: Umweltatlas Berlin. Loseblatt Ausgabe mit Aktualisierung. Karte 01.02. Versiegelung, 1:50.000, Begleittext, aktualisierte und erweiterte Ausgabe 1993

[SenStadtUm,1994] Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz Berlin; Planungskontor: Städtebauliches Kooperatives Gutachterverfahren, "Buchholz-Nord" Berlin-Pankow, Wettbewerbsausschreibung. Febr.1994

[SenStadtUm,1995] Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz Berlin: Projekte der räumlichen Planung. Fortschreibung. Reihe: Berlin wird. Berlin 1995

[SenSUT,1995] Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Umweltschutz und Technologie Berlin: Umweltatlas Berlin. Loseblatt Ausgabe mit Aktualisierung. Karte 06.07. Stadtstruktur, 1:50.000, Begleittext, Ausgabe 1995

[Siebel,1989] Siebel, Walter: Stadtentwicklung im Spannungsfeld zwischen den Vorzügen urbanen Lebens und ökologischen Anforderungen. In: [Sieverts,1989]

[Sieker,1988a] Sieker, Friedhelm: Maßnahmen zur Regenwasserversickerung und ihre Auswirkungen auf die technische Infrastruktur. Schriftenreihe Informationen zur Raumentwicklung H. 8 / 9, 1988, S.543-548

[Sieker,1991a] Sieker, F; Fuchs, L: Zum BGH-Urteil vom 5.Oktober 1989 über die Bemessung von Regen- u. Mischwasserkanälen. Korrespondenz Abwasser Jg. 38 (1991) H. 1

[Sieker,1992] Sieker, Friedhelm; Pesch, Franz: Regenwasserentsorgung im Wohngebiet. Studie zur ökologisch orientierten Regenwasserentsorgung versiegelter Flächen im Einzugsgebiet der Emscher. Gelsenkirchen: IBA-Emscher Park 1992

[Sieker,1994c] Sieker, Friedhelm: Technische Möglichkeiten für eine Regenwasserbewirtschaftung vor Ort. In: Deutscher Verband für Wasserwirtschaft u. Kulturbau e.V (Hrsg.): Ökologische Erneuerung einer Industrielandschaft. Schriftenreihe d.DVWK, Nr.108. Bonn: Wirtschafts-u. Verl-Ges. Gas u. Wasser 1994

[Sieker,1995a] Sieker, Friedhelm: Das Mulden-Rigolen-System, ein neues Konzept zur Regenwasserbewirtschaftung in Siedlungsgebieten. Wasserwirtschaft Jg. 85 (1995) H. 3

[Sieker,1995c] Sieker, Friedhelm: Szenarien für eine naturverträgliche Regenwasserbewirtschaftung in Siedlungen. In: [Schmitt,1995]

[Sieker,1996] Sieker, Friedhelm; Adams, Rainer; Huhn, Volker; Stecker, Armin: Naturnahe Regenwasserbewirtschaftung in Siedlungsgebieten. Grundlagen, Leitfaden und Anwendungsbeispiele. Renningen-Malmsheim: expert-Verlag 1996

[Sieker,1998] Sieker, Friedhelm: Naturnahe und dezentrale Regenwasserbewirtschaftung in Siedlungs- und Gewerbegebieten. http://www.sieker.de, abgerufen 29.05.1998

[Sieverts,1982] Sieverts, Thomas; Ungers, O. M.; Wittwer, Georg: Das war eine ungeheuer kreative Situation. Die vergessene Reformdiskussion der 60er Jahre. Stadtbauwelt Nr. 76 (1982)

[Sieverts,1989] Sieverts, Thomas (Hrsg): Perspektiven künftiger Siedlungsentwicklung - Neue Siedlungsstrukturen als ökolog.Chance? Städtebauliches Kolloquium 7 + 8.11.1988 Technische Hochschule Darmstadt. Darmstadt: Selbstverlag 1989

[Sieverts,1998] Sieverts, Thomas: Zwischenstadt - zwischen Ort und Welt, Raum und Zeit. Reihe: Bauwelt Fundamente, Nr. 118. Braunschweig: Vieweg 1998

[Sitte,1909] Sitte, Camillo: Der Städtebau nach seinen künstlerischen Grundsätzen. Vermehrt um 'Großstadtgrün'. 4. Auflage (Erstausgabe 1889) Wien: 1909, Reprint Wiesbaden: Vieweg 1983

[Speerli,1991] Speerli, Jürg; Volkart, Peter: Rückstau in Hausanschlüsse von der Kanalisation. Mitteilungen der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie... der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich, Nr. 111. Zürich: Selbstverlag 1991

[Stadt Dorsten,1996] Stadt Dorsten, Tiefbauamt: Berichtsvorlage zur Genehmigungsplanung für die Sanierung bzw. Optimierung des Kanalnetzes in Wulfen 1996

[Stat.Bundesamt,1996] Statistisches Bundesamt: Umwelt, Fachserie 19, Reihe 6 'Umweltökonomische Gesamtrechnungen. Ausgaben u. Anlagevermögen für Umweltschutz'. Stuttgart: Metzler & Poeschel 1996

[Stecker,1996] Stecker, Armin: Empfehlungen zur Wahl der Saatgutmischung sowie der Kornverteilung der Mutterbodenschicht des Mulden-Rigolen-Systems. In: [Sieker,1996]

[Stecker,1996a] Stecker, Armin: Konzept zur naturnahen Regenwasserentsorgung im Verbandsgebiet Panketal (...Mulden-Rigolen-Anlage Schönow). In: [Sieker,1996]

[Steiger,1989] Steiger, Peter: Recycling - ein falscher Trost. Der Architekt (1989) H. 3

[Stellmacher,1996] Stellmacher, Mario: Ökologie in Städtebau und Baurecht - ein Instrumentenvergleich. Arbeitshefte des Instituts für Stadt- und Regionalplanung der Technischen Universität Berlin, Heft 56 (1996)

[Stich,1992] Stich, Rudolf: Stadtökologie in Bebauungsplänen, Fachgrundlagen, Rechtsvorschriften. Wiesbaden: Bauverlag 1992

[Stobbe,1999] Stobbe, Gerhard: Persönliche Mitteilung. März 1999

[Stumpfl,1996] Stumpfl, Hans: Persönliche Mitteilung am 23.10.1996

[Szamatolski,1987] Szamatolski, Clemens-Guido; Daub-Hofmann, Gretel: Kleingewässer Reinickendorf. Ökologisch - landschaftsplanerisches Gutachten an 21 Kleingewässern in Frohnau und Hermsdorf, 1987

[Tepasse, in Vorb.] Tepasse, Heinrich: Über Stadttechnik im Städtebau Berlins. (in Vorbereitung)

[Tepasse,1994] Tepasse, Heinrich: Gutachterverfahren Buchholz-Nord, Gewerbegebiet 'An den Eichen', Stadttechnik - Bestand und Entwicklung. Mitarbeit: T. Löber. 1994

[TK 25 Nord,1983] Senatsverwaltung Bau- u. Wohnungswesen Berlin: Topographische Karte 1:25.000, Blatt Berlin-Nord, 1983

[TK 25 Spandau,1973] Senatsverwaltung Bau- u. Wohnungswesen Berlin: Topographische Karte 1:25.000, Blatt Berlin-Spandau, 1973

[TK 25 Wulfen,1994] Landesvermessungsamt Nordrhein-Westfalen: Topographische Karte 1:25.000, Blatt 4208 - Wulfen, 1994

[TrinkwV,1990] Verordnung über Trinkwasser und über Wasser für Lebensmittelbetriebe (Trinkwasserverordnung) vom 5.12.1990 (BGBl. I S.2612; Ber. BGBl. 1991 S.227)

[TUBerlin,1970,13] Technische Universität Berlin, Institut für Stadt- u. Regionalplanung: Standorte in Abhängigkeit zur Infrastruktur am Beispiel der Stadt Berlin. Berlin: Selbstverlag 1970

[TÜK 200-O,1985] Institut für Angewandte Geodäsie (Hrsg.): Topographische Übersichtskarte M 1:200.00, Blatt CC 3942 Berlin, Orographische Ausgabe. Frankfurt a.M. 1985

[UFT,1995] Umwelt- u. Fluid-Technik: Vertikales Wirbelventil VSU/VLS 0122 (Produktinformation). Bad Mergentheim 1995

[Uhl,1995] Uhl, M: Umsetzung einer neuen Regenwasserbewirtschaftung im städtischen Bereich. In: [Schmitt,1995]

[Uni Bochum,1995] Universität Bochum, Gesellschaft zur Förderung des Lehrstuhls Siedlungswasserwirtschaft u. Umwelttechnik: Neue Wege der Niederschlagswasserbehandlung. 13. Bochumer Workshop Siedlungswasserwirtschaft 14.9.95. Schriftenreihe Siedlungswasserwirtschaft Bochum, Heft 31(1995)

[VDI,1906] Verein Deutscher Ingenieure (VDI): Ingenieurwerke in und bei Berlin. Berlin 1906

[Wagner,1948] Wagner, Martin: Maßstab, Mut und Meisterschaft. Baurundschau (1948) H. 1/2

[Wahrig 6 Bd.,1982] Wahrig, Gerhard u.a.; Brockhaus Wahrig: Deutsches Wörterbuch in 6 Bänden. Wiesbaden: Brockhaus 1982

[Waider,1993] Waider, Dieter: Regenwassernutzung im Haushalt. IKZ-Haustechnik (1993) H. 6

[Wassmann,1996] Wassmann, Hartmut: Stand der Technik der Regen(ab)wasserbewirtschaftung in Siedlungsgebieten. (Vortragsmanuskript Utech '97) 1996

[Wellmann,1983] Wellmann, C: Stadtbiotopkartierung von Hamburg. 1983

[Weyrauch,1914] Weyrauch, Robert: Über Bebauungspläne und Ortsentwässerungsanlagen von mittleren und kleineren Städten. Stuttgart: Wittwer 1914

[WHG] Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz - WHG) in der Fassung vom 12. November 1996 (BGBl. I S. 1695; 1998 S. 832 98a)

[Witte,1949] Witte, Fritz: Vorläufige Stellungnahme zu der kritischem Betrachtung von Walter Rossow 'Grünplanung im Städtebau'. Neue Bauwelt (1949) H. 34

[Wittenberg,1992] Wittenberg, D: Urbane Gewässer - Das Immissionsprinzip als Planungsansatz für die Stadtentwässerung. Schriftenreihe Stadtentwässerung und Gewässerschutz, Nr. 5 (1992), zugleich Dissertation Technische Universität Hannover

[Wünsche,1981] Wünsche, G; Wellmann, C; Frank, H: Gestaltbereiche. Analyse u. Bewertung der bebauten Bereiche hinsichtlich ihrer natürlichen Ausstattung, deren Funktion u. Bedeutung Landschaftsbild. Berlin 1981

Abbildungen

Abb. 1 Investitionen für den Umweltschutz in Westdeutschland 1982-1993 23

Abb. 2 Städtebauliches Strukturschema (Leitbild B) 29

Abb. 3 Grundstrukturen städtischer Siedlungsgebiete (Grundlage: Strukturschema, Abb. 2) 32

Abb. 4 Systemschema einer ökologisch orientierten Regenentwässerung [Rudolph,1994] 34

Abb. 5 Grundbreiten der Ver- und Entsorgungsleitungen und zweckmäßige Anordnung im Straßenraum nach DIN 1998 [EAE,1985,31] 35

Abb. 6 Natürliche Vorflutgewässer und Trassen der Technischen Infrastruktur, Stadtteil Reinickendorf im Bezirk Reinickendorf (Berlin) [DIGK,1996] [GW 20,1990] 37

Abb. 7 Bebauungsstrukturen Stadtteil Reinickendorf (Berlin) [TK 25 Spandau,1973] [TK 25 Nord,1983] - vergrößert auf M 1:20.000 39

Abb. 8 Bebauungs- und Parzellenstrukturen Stadtteil Reinickendorf (Berlin) [K5 /433a,1991] [K5 /433c,1993] - verkleinert auf M 1:10.000 40

Abb. 9 Berlin-Moabit, Grundstücksblöcke der Bau- klasse V, um 1909 bebaut [K4 /4241,1941] 44

Abb. 10 Entwässerungsgebiet Charlottenburg III mit Gewässern [Hahn,1928,Beil.] 45

Abb. 11 Bebauungs- und Entwässerungsplanung Stadterweiterung Charlottenburg um 1900 von A. Bredtschneider, Planausschnitt aus: [Salomon,1906,Bd.2,190] 45

Abb. 12 Stadterweiterungsplanung Charlottenburg um 1900 Mischkanalisation, Gelände-, Grundwasser- und Vorflutverhältnisse 46

Abb. 13 Bebauungsplanstudie, Seminar für Städtebau an der Königl.Techn.Hochschule zu Berlin (links) [Brix,1910,36] 50

Abb. 14 Wettbewerbs-Bebauungsplan von J.Brix und F.Genzmer, 1908 [Brix,1910,36] (oben) und Parzellierungsplan der Gartenstadt Frohnau, um 1909 [SenBauWohnen,1995a,90] 51

Abb. 15 Gartenstadt Frohnau (Berlin), Versickerungsanlagen und Größe der sie umgebenden Grünanlagen (schwarz), Grundlage: [Brix,1910,36], [SenBauWohnen,1995a,90] 52

Abb. 16 Bebauungsplanentwurf Brand-Erbisdorf [Genzmer,1921,123] 53

Abb. 17 Bebauungsplanentwurf Ronneburg [Genzmer,1930,Bd.2,Anl.] 54

Abb. 18 Elemente des oberirdischen RW-Ableitungsweges in den Anfangsstrecken 55

Abb. 19 Bebauungsplan Charlottenburg-Nord, westlicher Teil, November 1927 [ChaStapla,7.11.1927] 58

Abb. 20 Bebauungsplanung Großsiedlung Siemensstadt. Planmontage aus: Entwurf für Baueingabe 1929 (links) [Rading,1929] und Entwurf 'Bauabschnitt III' 1931 [Forbat,1931] 62

Abb. 21 Abfangnetz, Prinzip 64

Abb. 22 Erschließungsplanung Hildesheim, Entwässerung einer Wohnsiedlungsnachbarschaft (Ausschnitt) [Kehr,1951,359] 66

Abb. 23 Hausentwässerung an einem Siedlungsweg [Kehr,1951,355] 66

Abb. 24 Straßenquerschnitte [Kehr,1944,137] 67

Abb. 25 Regenentwässerung von Geschoßwohnungsbauten über Gräben [Kehr,1951,360] 67

Abb. 26 Übersicht über die einzelnen Zweige der Wasserwirtschaft [Kehr,1944,131] 70

Abb. 27 Städtebauliche Entwicklung von Charlottenburg-Nord (Berlin) 71

Abb. 28 Charlottenburg-Nord (Berlin), [TK 25 Spandau,1973] - vergrößert auf M 1:20.000 73

Abb. 29 Charlottenburg-Nord (westlicher Teil), Entwässerungsgebiete, -systeme und Hauptsammler Mitte der 50er Jahre [Tepasse,in Vorb.] ... 74

Abb. 30 Geländeanschüttung infolge unterirdischer RWAbleitung [Tepasse, in Vorb.]... 75

Abb. 31 Potentielle Entwässerungstrassen für eine weitgehend oberirdische Regenentwässerung am Beispiel des städtebaulichen Entwurfs von Scharoun / IfS d.TU Berlin ... 77

Abb. 32 Städtebaulicher Entwurf von Scharoun und Institut für Städtebau, TU Berlin zu Charlottenburg-Nord 1955/56 [Schmitt,1966,205] ... 79

Abb. 33 Wohngehöfte, Ansicht und Lageplan des Wettbewerbsentwurfes... 79

Abb. 34 Grünflächenschema 'Neue Stadt Wulfen' [Dahmen,1967] ... 81

Abb. 35 Gesamtplanung 'Neue Stadt Wulfen' Dezember 1963... 83

Abb. 36 Die Neue Stadt Wulfen 1994 (M 1:25.000) [TK 25 Wulfen,1994]... 85

Abb. 37 Schemaplan Erschließung aus Wettbewerbsentwurf Schwagenscheidt [Krämer,1962,25] ... 86

Abb. 38 Neue Stadt Wulfen, Bebauungsplan des Teilgebietes Barkenberg-Süd mit Fußwegesystem [Grosche,1967,450] ... 88

Abb. 39 Erster Musterentwurf zur Schmutzwasserableitung (oben) und Regenentwässerung (unten) von Kehr, Mai 1964 [Kehr,1964,Bl.8/9] ... 91

Abb. 40 Erster Musterentwurf zur Entwässerung von Kehr, Mai 1964 (Analyse und Überlagerung der Originalpläne aus [Kehr,1964]) ... 92

Abb. 41 Gutachtenentwurf Poelzig für Barkenberg-Süd I, Teilgebiete A+B, Frühjahr 1964 [Krämer,1965,48]... 92

Abb. 42 Zweiter Musterentwurf zur Regenentwässerung von Kehr/Stobbe, 1965 [ATV,1994b,338] ... 93

Abb. 43 Weiterentwickelter Gutachtenentwurf von P.Poelzig, Berlin mit Boyer/Wagenfeld, Duisburg (Freiraumgestaltung) [Boyer,1967,468] ... 94

Abb. 44 Differenzierung von Grünräumen durch Geländemodellierung [Heiss,1967,464] ... 94

Abb. 45 Mittlerer Regenspendenverlauf extremer und mittlerer Regenfälle in Ludwighafen/Rh. und Saarbrücken (1950-1954) [Pfeiff,1971] zitiert in ATV [1994b,375]... 106

Abb. 46 Regenspendelinien für die Flugwetterwarte Berlin-Tempelhof. Datengrundlage: [DWD,1990] ... 108

Abb. 47 Dauerkurve der Regenspenden nach Hörler [1941], angepaßt an die Niederschlagscharakteristik Berlin ... 110

Abb. 48 Abflußliefernde Flächenanteile an der Siedlungsfläche Berlins ... 113

Abb. 49 Abschätzung der Potentiale für RWBewirtschaftungsmaßnahmen nach Bebauungsstrukturen am Beispiel von Berlin ... 116

Abb. 50 Überlastungszustände des Entwässerungssystems... 121

Abb. 51 Maßbezug für die Ermittlung der Höhe der Rückstauebene [Feurich,1993,980] ... 125

Abb. 52 Bewirtschaftungsstrategien für Kurzzeitspeicher im Grundstücksbereich ... 132

Abb. 53 Diskrepanzen zwischen den Regenauswertungen von Reinhold [ATV A-118,1977] und des DWD (KOSTRA 87) [DWD,1990]... 134

Abb. 54 Regenabflußbild für die Ermittlung der Abflußspende einer grundstücksbezogenen Abflußmengenentlastung (Fall B1, RÜM) ... 135

Abb. 55 Regenabflußbild für die Ermittlung der Abflußspende einer grundstücksbezogenen Abflußspitzenentlastung (Fall B2, RRM)... 136

Abb. 56 Muldenmodell, Kennwerte... 137

Abb. 57 RWAbflußspende aus grundstücksbezogenen RW-Rückhalteanlagen zur öffentlichen Vorflut... 138

Abb. 58 Abflußspitzenentlastung, Leitungsgrundriß Entwässerungsbeispiel 140

Abb. 59 Abflußspitzenentlastung B 2, Leitungsschema zum Entwässerungsbeispiel Abb. 58 und den Varianten B 2 /1 und B 2 /2 141

Abb. 60 Ableitkapazität der Grundstücksentwässerungsanlage 144

Abb. 61 Teilsysteme der Regenentwässerung (Detail aus Abb. 2 und 3) 152

Abb. 62 Schematische Darstellung einer Entwässerung im modifizierten Trennsystem (nach ATV [1996a,1446]) 166

Abb. 63 Vorschlag zu einer Entwässerung in einem modifizierten Trennsystem (Schema) 167

Abb. 64 Betriebswirtschaftliche Zusammenhänge bei einem Großstadtnetz der Trinkwasserversorgung mit hoher spez. Netzabgabe (m^3/km*a) 170

Abb. 65 Unterschiedliche Auslegungsstrategien bei Regenwassernutzungsanlagen 173

Abb. 66 Speicherüberlauf in Abhängigkeit vom spezifischen BWBedarf und Nutzvolumen bei RWNutzungsanlagen [Hermann,1996,83] 174

Abb. 67 Informationsverlust bei wachsendem Bezugsintervall für die mittlere Nieder schlagsintensität [Dyck,1989,109] 219

Abb. 68 Niederschlagshöhen-Häufigkeits-Linien der Station Berlin-Tempelhof (Flugwetterwarte) [DWD,1990] 219

Tabellen

Tab. 1 Investitionsbedarf für Abwasseranlagen (Stand 1992) [ATV,1995a,10] 23

Tab. 2 Neue Stadt Wulfen, Umfang der geplanten Bewirtschaftungsmaßnahmen für den RWAbfluß aus der Wohnzone 97

Tab. 3 Leistungsfähigkeit des Kanalnetzes und Nachweis des Überlastungsfalles [ATV,1989] [DIN EN 752-4,1993] 122

Tab. 4 Empfohlene Regenhäufigkeiten für die Dimensionierung von Entwässerungsanlagen 123

Tab. 5 Beaufschlagung Überschwemmungswege (IST-Zustand) [Pfeiff,1989,1281] 128

Tab. 6 Typen von Regenwasserspeicher 130

Tab. 7 Optimale Nutzvolumina von RW-Nutzungsanlagen nach [Hermann,1996,83] (meteorologische Daten: Station Bochum 1981-90, N = 791 mm/a) 174

Tab. 8 Flächenbedarf oberirdischer Regenwasserspeicher 179

Tab. 9 Typische Bebauungsstrukturen von Wohngebieten 216

Tab. 10 Übersicht über die Belagsklassen nach [SenStadtUm,1993] und der zugeordneten Abflußbeiwerte nach [Bischof,1989,18] 217

Tab. 11 Flächendaten zu Abb. 49, Datengrundlage: [AGU,1991,22&32], [SenStadtUm,1993,4], [Adams,1996,54] 217

Tab. 12 Unterschiedliche Auslegungsstrategien bei RWNutzungsanlagen, Ausgangswerte und Annahmen 218

Abkürzungen und Symbole

γ	Befestigungsgrad, Festflächenanteil ($\gamma = A_{red} / A_{EK}$ [DIN 4045,1985,15])	[%] [-]
ε	Versiegelungsgrad im Sinne der Siedlungswasserwirtschaft ($\varepsilon = A_u / A_{EK}$ [Becker,1995,24])	[%] [-]
φ	Zeitbeiwert	[-]
ψ	mittlerer geschätzter Spitzenabflußbeiwert	[-]
ψ_m	mittlerer Abflußbeiwert	[-]
ψ_s	Spitzen- oder Scheitelabflußbeiwert	[-]
a.a.R.d.T.	allgemein anerkannte Regel der Technik	[-]
A.d.V.	Anmerkung des Verfassers	[-]
A_{EK}	Fläche des Entwässerungsgebietes	[ha]
A_{red}	befestigte und abflußwirksame Fläche	[ha_{red}]
A_{red} / A_s	hydraulische Belastung	[-]
A_S	Sickerfläche	[m^2]
$A_{S,B}$	RWRückhaltefläche	[m^2]
$A_{S,B} / V_{SR}$	Flächenbedarfskoeffizient	[m^{-1}]
$A_{S,W}$	wirksame Sickerfläche	[m^2]
A_u	wasserundurchlässige Fläche	[m^2]
ATV	Abwassertechnische Vereinigung	[-]
BGF	Bruttogeschoßfläche	[m^2]
BGH	Bundesgerichtshof	[-]
CIAM	Congrès Internationaux d'Architecture Moderne (Internationale Kongresse für Neues Bauen, 1928-1959)	
d	Kreisrohrdurchmesser (Lichte Weite)	[mm]
D	Niederschlagsdauer, Dauerstufe [DWD,1990], vergleichbar mit (T)	[min] [h]
DN	Nennweite, Nenndurchmesser (diameter nominal)	[mm]
DTV	Verkehrsstärke	[Kfz/24h]
DWD	Deutscher Wetterdienst, Offenbach	
GFZ	Geschoßflächenzahl	[-]
GRZ	Grundflächenzahl	[-]
GW	Grundwasser	[-]
h	Füllhöhe, Druckhöhe in vollaufenden Leitungen an der Rohrsohle	[m]
h_D	Druckhöhe ($h_D = p / (\rho * g)$), früher angegeben in 'Meter Wassersäule' [mWS]	[m]
h_R	Regenhöhe (1 mm Niederschlag entspricht 1 l/m^2)	[mm]
h_v	Energieverlusthöhe	[m] [cm]
k_f	Wasserdurchlässigkeitskoeffizient	[m/s]
KOSTRA 87	Koordinierte Starkregen-Regionalisierung-Auswertung 1987	[-]
MW	Mischwasser	[-]

n	statistische Häufigkeit	[1 /a]
N_m	mittlerer Jahresniederschlag	[mm]
$q_{(n)}$	Abflußspende der Häufigkeit n	[l/s]
q_a	Abflußspende Grundstück	[l/s*ha]
Q	Durchfluß, Abfluß, Volumenstrom	[l/s]
Q_{AB}	Abfluß	[l/s]
q_s	Versickerungsrate	[l/s*ha]
Q_v	Versickerungsleistung	[l/s]
q_z	Abflußspende versiegelte Flächen	[l/s*ha]
Q_{ZU}	Zufluß	[l/s]
RStE	Rückstauebene	[-]
$RStE_A$	Rückstauebene eines Ablaufs	[-]
$r_{T(n)}$	Regenspende mit zugehöriger Regendauer T [min] und Regenhäufigkeit n [1 /a]	[l/s*ha]
RW	Regenwasser	[-]
STABIS	Statistisches Bodeninformationssystem	[-]
SW	Schmutzwasser	[-]
t	Einstauzeit	[min]
t_f	Fließzeit	[min]
T	Regendauer	[min]
T_m	maßgebende Regendauer	[min]
TW	Trinkwasser	[-]
v	Fließgeschwindigkeit	[m/s]
V_{AB}	RWAbflußvolumen	[m^3]
V_S	versickerte RWMenge	[m^3]
V_{SR}	RWSpeichervolumen	[m^3]
V_{ZU}	RWZuflußvolumen	[m^3]
WEU	Wasserentsorgungsunternehmen	[-]
WKI	statistisches Wiederkehrsintervall (WKI = 1/n)	[a]

(a) (aa)	Strukturtyp Flächentyp [SenSUT,1995,06.07,4] [SenStadtUm,1993,01.02,4]	Boden-Nutzungs-systematik (STABIS) [Kamieth,1995,37]	Strukturtypen der Wohnbebauung
(1) (1.1) (1.2) (1.3)	**Blockbebauung der Gründerzeit mit Seitenflügeln und Hinterhäusern** *Geschlossener Hinterhof* Hinterhof *Behutsame Sanierung*	1141	Blockbebauung der Gründerzeit
(2) (2.1) (2.2)	**Blockrandbebauung der Gründerzeit mit geringem Anteil von Seiten- und Hintergebäuden** Schmuck- und Gartenhof Schuppenhof	1142+1143	Blockrandbebauung der Gründerzeit
(3) (3.1) (3.2)	**Blockrandbebauung der Gründerzeit mit massiven Veränderungen** Nachkriegsblockrand *Sanierung durch Entkernung* (Sanierungsgebiet)		
(4) (4.1) (4.2)	**Blockrand und Zeilenbebauung der 1920er und 1930er Jahre** *Großhof (der 20er Jahre)* *Zeile der 20er Jahre und 30er Jahre* (Großhof)	115	Blockrand- und Zeilenbebauung der 1920er und 1930er Jahre
(5) (5.1)	**Zeilenbebauung seit den 1950er Jahren** Zeile() seit den 1950er Jahren	1145	Zeilenbebauung seit den 1950er Jahren
(6) (6.1) (6.2)	**hohe Bebauung der Nachkriegszeit** ungeordneter Wiederaufbau *Hochhaus* (Großsiedlung)	1133	Hochhausbebauung u. Großsiedlungen
(7) (7.1)	**Blockrand- oder Zeilenbebauung der 1980er und 1990er Jahre** *Plattenbausiedlung der 1980er und 1990er Jahre* (Großsiedlung)	1123	
(8) (8.1) (8.2) (8.3) (8.4)	**niedrige Bebauung mit Hausgärten** Reihengarten* Garten(typ)* offene Siedlungsbebauung* *Wochenendhäuser*	1134	Reihenhaus- und Kleinsiedlungen Freistehende Einfamilienhäuser
(9) (9.1)	**Villenbebauung mit parkartigen Gärten** parkartiger Garten(typ)	1124	Villenbebauung
(10) (10.1)	**Bebauung mit Gärten und halbprivater Umgrünung** Gärten und halbprivate Umgrünung	1121	Freistehende Mehrfamilienhäuser
(11) (11.1)	**dörfliche Bebauung** Dorf(typ)		dörfliche Bebauung = keine Untersuchungsrelevanz

kursiv - keine Angaben über Belagsklassenverteilung der unbebaut versiegelten Fläche in [SenStadtUm,1993];
in () gesetzte Flächentypnamen können dem Flächentyp nicht zweifelsfrei zugeordnet werden;
* zur Abgrenzung von Reihenhaus- und Kleinsiedlungen zu freistehenden Einfamilienhäusern siehe [Wünsche,1981,79+85] und [SenSUT,1995,6].

Tab. 9 Typische Bebauungsstrukturen von Wohngebieten

[SenStadtUm,1993]		[Bischof,1989,18]
Belagsklasse	Belagsarten	Abflußbeiwert (ψ)
1	Asphalt, Beton, Pflaster mit Fugenverguß oder Betonunterbau, Kunststoffbeläge	0,9
2	Kunststein- u.Plattenbeläge (Kantenlänge > 8 cm), Betonverbundpflaster, Klinker, Mittel- u.Großpflaster	0,7
3	Klein- u.Mosaikpflaster (Kantenlänge < 8 cm)	0,5
4	Rasengittersteine, wassergebundene Decke (z.B. Schlacke, Kies-, Tennenfläche), Schotterrasen	0,3
überbaut	Mit Gebäuden überbaute Fläche	0,9

Tab. 10 Übersicht über die Belagsklassen nach [SenStadtUm,1993] und der zugeordneten Abflußbeiwerte nach [Bischof,1989,18]

Strukturtypen der Wohnbebauung	Flächengröße [AGU,1991,22&32]		Versiegelungsgrad (ε) [SenStadtUm,1993,4]	Abkopplungspotential (AKP) [Adams,1996,54]	
	ha	%	%	%	Typ Nr.
	Bezug: Nettowohnbauland				
Blockbebauung der Gründerzeit	1.935	8	69	5	4.4
Blockrandbebauung der Gründerzeit	2.105	9	53	40	4.2
Blockrand- u.Zeilenbebauung der 1920er und 1930er Jahre	1.605	7	34	40	4.1
Reihenhaus- und Kleinsiedlungen	1140	5	22	35	2.1 & 2.2
Freistehende Mehrfamilienhäuser	1.005	4	26	40	1.4
Freistehende Einfamilienhäuser	9.230	38	20	60	1.3
Zeilenbebauung seit den 1950er Jahren	2.885	12	37	70	3.2
Hochhausbebauung und Großsiedlungen	2.380	10	38	75	5.1 & 5.2
Villenbebauung	1.520	6	23	80	1.2
dörfliche Bebauung	505	2	keine Untersuchungsrelevanz		
Summe Nettowohnbauland Berlin	24.310	100			

Tab. 11 Flächendaten zu Abb. 49, Datengrundlage: [AGU,1991,22&32], [SenStadtUm,1993,4], [Adams,1996,54]

Annahme:				
Bebauungsform**			Einfamilienhaus freistehend, eingeschossig	Mehrfamilienhaus freistehend, viergeschossig
Geschoßflächenzahl	GFZ	-	0,3	1,0
Nettowohndichte		E/ha	80	300
Dachfläche		m^2/E	31	8
		m^2/ha	2.500	2.500
Grundstücksgröße		m^2	400	-
Belegungsziffer		E/WE	3,2	2,7
Grundfläche		m^2/WE	100	-
Bruttogeschoßfläche	BGF	m^2/WE	-	90
Dachmaterial		-	Flachdach mit Bitumenpappe	
mittlerer Abflußbeiwert	ψ_m		0,85	
Jahresniederschlag	N_m	mm/a	606	
Dargebotsnutzungsgrad	b	%	60	100
Bedarfsdeckung BW mit RW	q	%	95	(gesucht)
spezifische Speicherkapazität		m^3/ha_{red}	210	210
Gesucht:				
Betriebswasserdargebot $B=b*N_t*A$	B	l/E*d	0,6*606/365,25*31≅31	1*606/365,25*8≅13
spezifische Speicherkapazität	c	d	21	13
Ablesung Bedarfsdeckung q aus Nomogramm in [Schmidt,1986,93]	q	%	(Ausgangswert=95)	79
Speichergröße C=c*B	C	l/E	21*31≅650	13*13≅170
Trinkwasserzuspeisung		l/E*d	(100-95)*31≅1,5	(100-79)*13≅2,7
Überlauf		l/E*d	(51*0,85)-31+1,5≅11,5	(13*0,85)-13+2,7≅0,7
Vergleich:				
(A) TWSubstitution				
TWEinsparung infolge RWNutzung				
je Einwohner		l/E*d	29,5	10,2
je abflußwirksamer Fläche		l/E*d*m^2	~1	~1,3
(B) RWRückhalt				
RWAbflußmenge		l/E*d	11,5	0,7
Reduzierung RWAbflußmenge um		%	75	93
spezifisches RWRückhaltevolumen		m^3/ha_{red}	210*	210*

Anmerkung:
* nicht direkt vergleichbar mit spezifischen RWRückhaltevolumen z.B. von Versickerungsmulde oder RWRückhaltebecken, da Speichervolumen aufgrund Teilfüllung nicht immer vollständig z.Verfügung steht.
** städtebauliche Ausgangswerte auf der Grundlage von [Braam,1993,197] [Prinz,1995,178] sowie eigenen Erfahrungen.

Tab. 12 Unterschiedliche Auslegungsstrategien bei RWNutzungsanlagen, Ausgangswerte und Annahmen

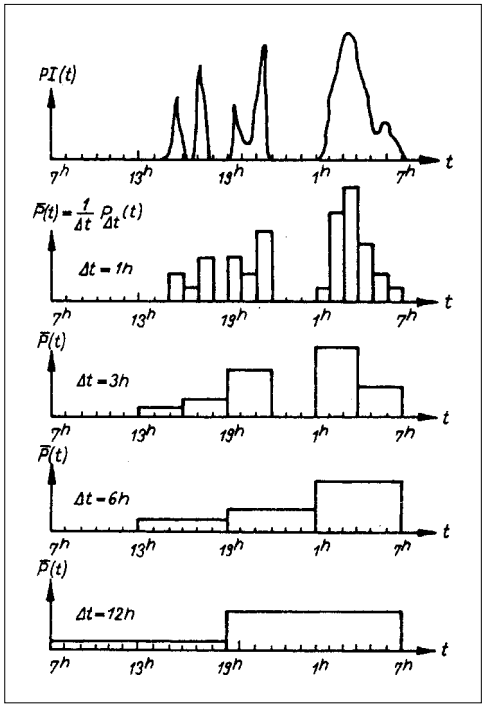


Abb. 67 Informationsverlust bei wachsendem Bezugsintervall für die mittlere Nieder schlagsintensität [Dyck,1989,109]

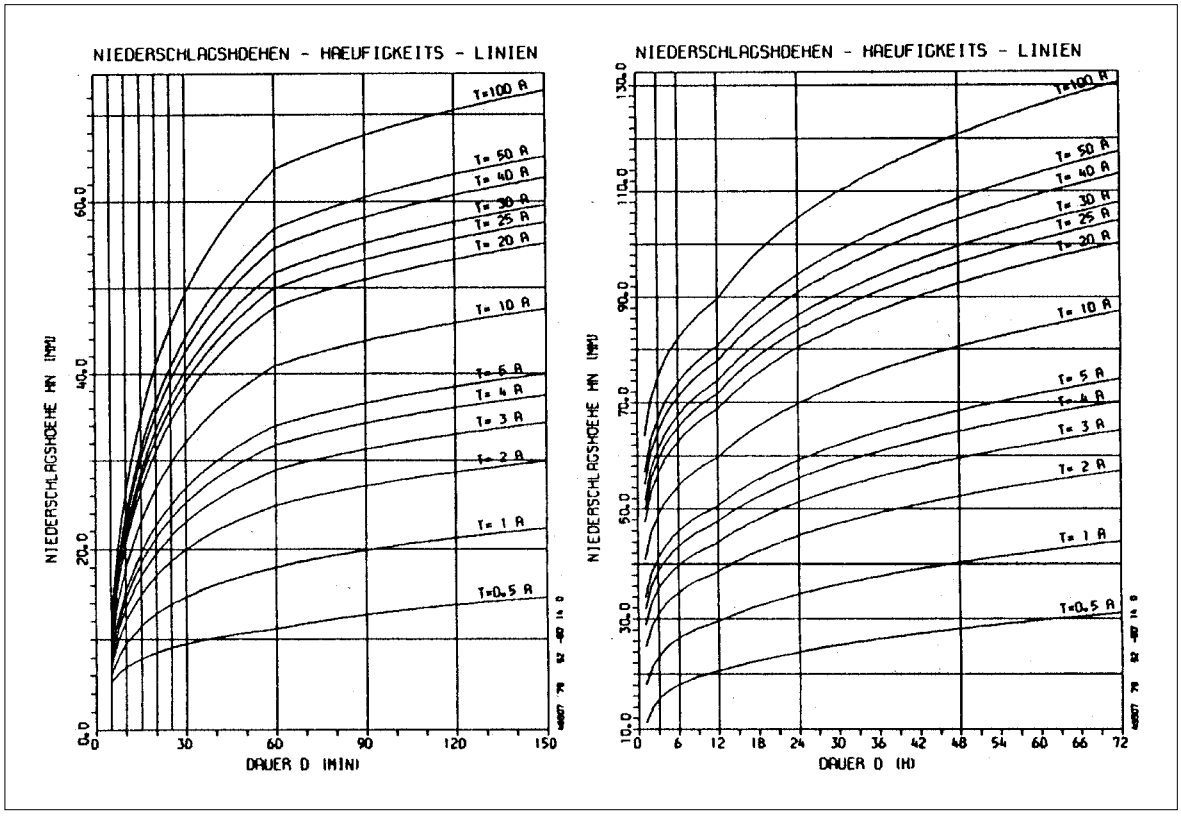


Abb. 68 Niederschlagshöhen-Häufigkeits-Linien der Station Berlin-Tempelhof (Flugwetterwarte) [DWD,1990]

Die Arbeit stellt die städtebauliche Dimension einer zukunftsorientierten Regenwasserbewirtschaftung dar. Dabei werden anhand historischer Beispiele des Städtebaus entwurfsrelevante Aspekte einer weitgehend oberirdischen Regenentwässerung nach dem Trennverfahren aufgezeigt und städtebauliche / stadtgestalterische Zwangspunkte herausgearbeitet. Empfehlungen für eine städtebaulich neuorientierte Regenwasserbewirtschaftung bei gesamtstädtischer Betrachtungsweise bauen darauf auf.
Sie wendet sich gleichermaßen an Stadtplaner, Landschaftsarchitekten, Architekten, die im städtischen Kontext entwerfen und an den mit generellen Planungsaufgaben der städtischen Wasserver- und -entsorgung betrauten Ingenieur.

The urban planning dimensions of a forward-looking rainwater management system are described. Using historical examples, planning aspects of a separated, predominantly surface drainage system for rainwater are specified, and recommendations made for a reorientation of rainwater management in urban planning. Ways are considered of converting existing stormwater sewerage systems in built-up areas. This can involve both re-engineering of stormwater sewers, and the use of private and public land. The study is of interest for urban planners, landscape architects, and engineers involved in urban planning.

ISBN 3-931253-76-7