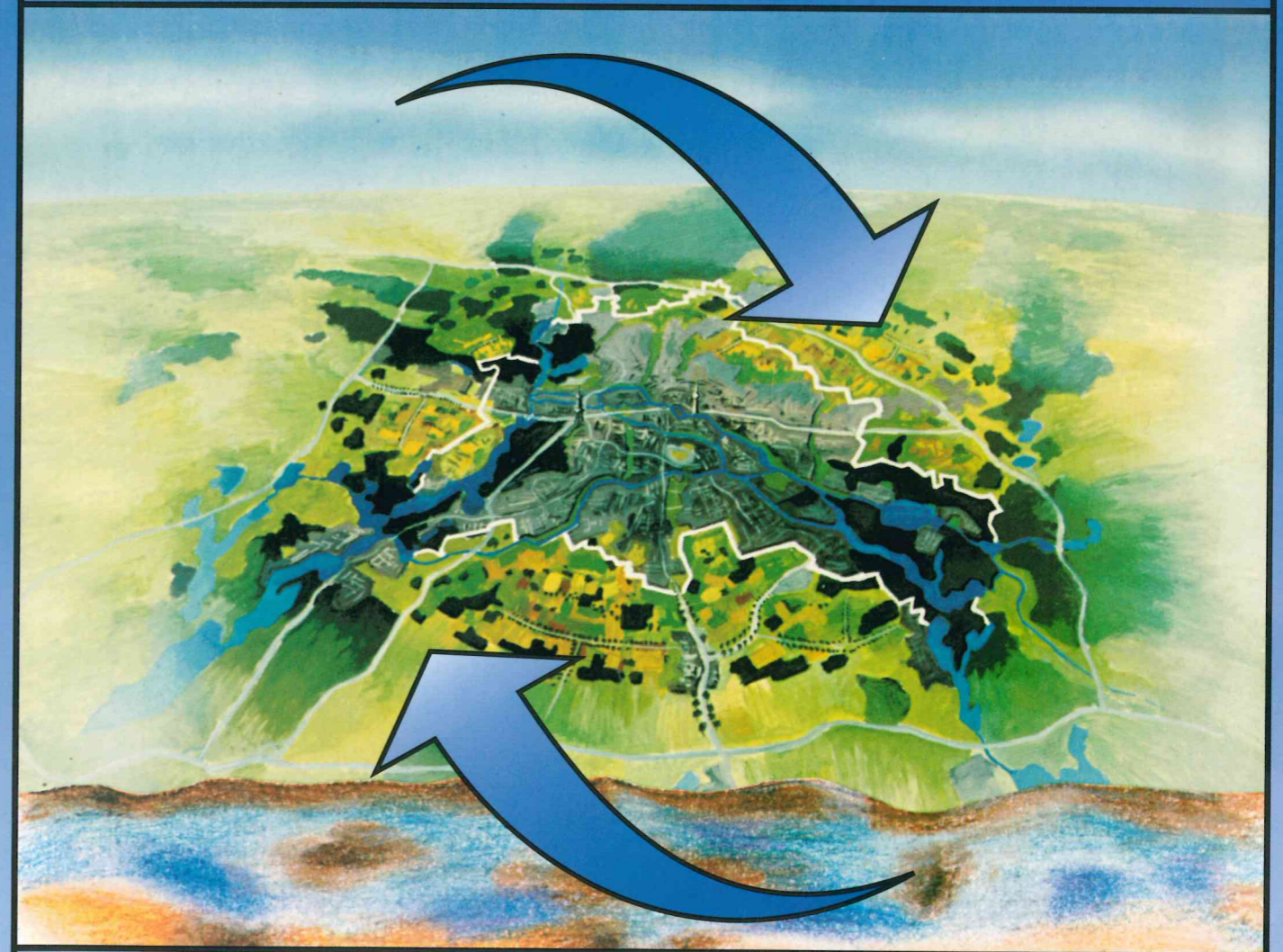


Konzeption einer ressourcenschonenden Wasserbewirtschaftung für die Region Berlin

Teil 1
Geschichte einer Landschaft und ihres Wassers



Bund für
Umwelt und
Naturschutz
Deutschland
e. V.



BUND
Landesverband
Berlin e. V.
Arbeitskreis Wasser

Impressum:

Herausgeber:

Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland
Landesverband Berlin e.V. (BUND Berlin)
Crellestr. 35, 10827 Berlin

Autoren:

Dipl. Ing. Bernhard Forner, Berlin
Dipl. Geol. Wolfgang Goßel, Berlin

Redaktion und Gestaltung:

Mitglieder des Arbeitskreises Wasser des BUND Berlin

Christiane Bongartz, Andreas Bräutigam, Ursula Chowanietz,
Bernhard Forner, Wolfgang Goßel, Jürgen Herfert,
Wolfgang Herrmann, Julia Kommerell, Stefanie Kübler
u.a.

Umschlag:

Illustration von Berlin
Arno Schünemann

Druck:

Druckerei Weinert

1. Auflage Juni 1996

Vorwort

Wasser ist die Grundlage allen Lebens, der Tier- und Pflanzenwelt genauso wie des Lebens in einer modernen Großstadt wie Berlin.

Havel, Spree und Dahme mit ihren zahlreichen seenartigen Erweiterungen und künstlich angelegten Verbindungskanälen prägen das Gesicht der Stadt und sind gleichzeitig sichtbares Zeichen für den Umgang mit dem Medium Wasser.

Weniger sichtbar, dafür aber nicht minder bedeutsam, ist die Situation des Grundwassers, aus dem das Trinkwasser für ca. 3,5 Mio. Menschen gewonnen wird.

Für die historische Entwicklung der Stadt hat das Wasser immer eine außergewöhnliche Rolle gespielt: als Energieträger, Transportweg, zur Ver- und Entsorgung der Bewohner usw.. Der Umgang mit der Ressource Wasser war und ist in Berlin sehr wechselvoll. Im anfänglichen Sumpfgebiet im Überfluß vorhanden, richtet heutzutage die Austrocknung durch übermäßige Grundwasserentnahmen, Flußbegradigung und -ausbau große Schäden in der städtischen Fauna und Flora an. Oberflächen- und Grundwasser werden im anthropozentrischen Gesichtsfeld der Stadtplanungen nicht annähernd ihrer Bedeutung gemäß beachtet.

So wurde in relativ kurzer Zeit aus dem „Gemeingut“ das „Schutzgut“ Wasser.

Die Stadt will wachsen, ohne Rücksicht auf diese wichtige Ressource und ihre Verflechtung mit Boden, Luft und Biosphäre.

In langjähriger ehrenamtlicher Arbeit haben sich Mitglieder des Arbeitskreises Wasser des BUND Berlin mit der Ressource Wasser aus ökologischer Sicht beschäftigt. Eigene Arbeiten auf den Gebieten Geologie, Biologie, Wasserwirtschaft und Stadtplanung sowie die Auswertung anderer wissenschaftlicher und konzeptioneller Arbeiten bilden die Grundlage für eine umfassende Betrachtung der komplexen Wechselbeziehungen zwischen den natürlichen und anthropogenen Wassersystemen. Die Autoren entwickeln eine ganzheitliche Perspektive, die sich die Bewahrung der Lebensgrundlagen der Region, der Landschaft, Fauna und Flora und nicht zuletzt der Menschen in Berlin und seinem Umland zum Ziel setzt.

Mit ihrer ganzheitlichen Betrachtungsweise der Ressource „Wasser“ innerhalb des Naturhaushaltes und ihrer kritischen Auseinandersetzung mit sektoralen Lösungsansätzen setzen sie die Grundsatzpositionen des Bundesverbandes des BUND auf lokaler Ebene um.

Bund Berlin

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	
Inhaltsverzeichnis	I
Abbildungsverzeichnis	III
Abkürzungsverzeichnis	IV
1 Zur Entstehung und Gestaltung dieser Konzeption	1
2 Konzeptioneller Ansatz	3
2.1 Ganzheitliche und historische Betrachtungsweise	3
2.2 Systembetrachtung und Wasserkreisläufe	5
2.2.1 Gegenüberstellung systematischer Betrachtungen des Wasserver- und Abwasserentsorgungssystems	5
2.2.2 Systemansatz des Arbeitskreises Wasser des BUND Berlin	9
2.3 Datengrundlage	15
3 Natürliche Gegebenheiten (von W. Goßel)	16
3.1 Der Untergrund	16
3.2 Die Entwicklung der naturräumlichen Verhältnisse nach der letzten Eiszeit bis zur festen Besiedlung	30
4 Über die Entwicklung von Wasser und Boden zu Naturressourcen der Großstadt (von B. Forner)	43
4.1 Über die Wasserwirtschaft der frühen Siedlungen	45
4.2 Berlin: Mittelalterliche Wasserwirtschaft bis in die Neuzeit	47
4.2.1 Kleine Städte - kleine Sorgen ...	47
4.2.2 Die Havel-Spree-Dressur	49
4.2.3 Berlin macht sich breit	52
4.2.4 Städtische Stoffbilanz ohne Gleichgewicht	53
4.2.5 Die wuchernde Stadt in der Kloake	53

4.3 Die Industrialisierung der Wasserwirtschaft	57
4.3.1 Frisches Trinkwasser und Abwassernotstand	57
4.3.2 Die Behebung des Abwassernotstandes	57
4.3.3 Die Fernwasserversorgung von Charlottenburg und Alt-Berlin	58
4.3.4 Im Gleichschritt voran - Entwässerungssystem und Wasserstraßen	60
4.3.5 Das Ergebnis: Wasser und Boden im industriellen Zugriff	62
4.3.5.1 Wasser und Boden vor der Industrialisierung	62
4.3.5.2 Die industrielle Ausbeutung von Wasser und Boden	62
4.4 Die Intensivierungs- und Reparaturwasserwirtschaft	64
4.4.1 Die ersten Symptome der Ressourcenüberlastung	65
4.4.2 Die ersten Reparaturen - das Katastrophenmanagement beginnt	65
4.4.3 Neue Lasten für die Wasserwirtschaft	66
4.4.4 Die neuen Lasten einfach wegsülen	67
4.4.5 Im politischen Bruch	68
4.4.6 Trinkwasser um jeden Preis auf Kosten der Böden	69
4.4.7 Der "Siegeszug" der Großklärtechnik über die Rieseltechnik	70
4.4.7.1 West-Berlin: Insel im Abwasserstrom	71
4.4.7.2 Katerstimmung wegen der Großklärtechnik	73
4.4.7.2.1 Die Teltowkanal-Misere	74
4.4.7.2.2 Die Schlamm-Misere	74
5 Zusammenfassung	76
6 Glossar	80
7 Literaturverzeichnis	83

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Schema des „natürlichen“ und des „künstlichen“ Wasserkreislaufs	8
Abb. 2: Gliederung und Ausbildung des Quartärs der Mitteleuropäischen Senke (aus WALTER 1992)	17
Abb. 3: Die Südverschiebung der polaren Waldgrenze während der pleistozänen Vereisungen in Europa. Dünne Linien: heutige Juli-Temperaturmittel; große Zahlen: heutige Jahres-Temperaturmittel (aus WOLDSTEDT & DUPHORN 1974)	18
Abb. 4: Überblick über das nordeuropäische Vereisungsgebiet (aus WOLDSTEDT & DUPHORN 1974)	20
Abb. 5: Geologische Profile des Quartärs und des Tertiärs in Berlin (West) (aus KLOOS 1986)	21
Abb. 6: Elsterglaziale Rinnen in Berlin (nach WURL 1994 sowie BACHMANN & SOLLING 1981)	22
Abb. 7: Eisrandlage/Zeit-Diagramm für einen Sektor des drenthestadialen Vereisungsgebietes im Raum Hamburg-Hannover (aus WOLDSTEDT & DUPHORN 1974)	24
Abb. 8: Chronostratigraphie und Klimakurve der Weichsel-Kaltzeit im nordöstlichen Harzvorland (nach MANIA & STECHEMESSER, 1970)	26
Abb. 9: Weichseleiszeitliche, glaziäre Aufschüttungslandschaft in der Umgebung von Berlin (aus WOLDSTEDT & DUPHORN 1974)	27
Abb. 10: Die Formung der Landschaft des Norddeutschen Tieflandes durch das eiszeitliche Inlandeis (aus WAGENBRETH & STEINER 1989)	28
Abb. 11: Schematisches Blockbild des Gebietes von West-Berlin (aus KALLENBACH 1980)	29
Abb. 12: Das Gebiet der brandenburgischen Platten und Urstromtalungen bzw. Niederungen mit angrenzenden Landschaften (nach MARCINEK & NITZ 1973)	31
Abb. 13: Entwicklung von Seen in Austauförmigen überschütteter Toteisreste	32
Abb. 14: Die naturräumliche Gliederung Brandenburgs (aus SCHOLZ 1962)	34
Abb. 15: Topographie von Berlin und Umgebung	36
Abb. 16: Übersichtskarte der Gewässer und Verbreitung der Mudde im Südosten von Berlin (aus EYRICH 1992)	38
Abb. 17: Verbreitung der Niedermoore und grundwasserbeeinflussten Böden in Berlin und Umland um 1900 (nach BERENDT et al. 1899)	41
Abb. 18: Entwicklung der Verluste in Land- und Waldökosystemen seit der Eiszeit (aus RIPL 1989)	44
Abb. 19: Anthropogener Einfluß auf die Stoffkreisläufe	47

Abb. 20: Berlin und Cölln werden zu Städten erhoben 1230	49
Abb. 21: Verbindungskanal zwischen benachbarten Flußtälern	51
Abb. 22: Die Knigliche Residenz Berlin 1773	55
Abb. 23: Grundriß von Berlin 1835	56
Abb. 24: Skizze des Wachstums der Siedlungsflächen Berlins zwischen 1650 und 1900	60
Abb. 25: Schematische Darstellung der Spree im Mündungsbereich mit ihren Abflußkanälen	68
Abb. 26: Abwasserentsorgungsgebiet der Kläranlage Ruhleben	72

Tabellen

Tabelle 1: Zeittafel	42
----------------------	----

Abkürzungsverzeichnis

Mio	Millionen
Mio a	Millionen Jahre
J.v.h.	Jahre vor heute
$\mu\text{S}/\text{cm}$	Mikrosiemens pro Zentimeter (spezifische Leitfähigkeit)

1 Zur Entstehung und Gestaltung dieser Konzeption

Der Arbeitskreis Wasser des BUND Berlin existiert nunmehr seit 1984. In der Zeit nach der politischen Wende bestand die Notwendigkeit, die Arbeit über die bis dahin engen politischen Grenzen West-Berlins hinaus auszudehnen. Neben der üblichen Beschäftigung mit Einzelproblemen wuchs das Bedürfnis nach einem Konzept für die Gesamtberliner Wasserver- und Abwasserentsorgung, das neben den technischen und politischen Möglichkeiten gleichberechtigt die natürlichen Rahmenbedingungen berücksichtigt. Zwischen 1990 und 1993 wurden zunächst die bestehenden Verhältnisse aufgearbeitet. Es ergab sich daraus die seit Anfang 1994 vorliegende Kurzfassung der „Konzeption einer ressourcenschonenden Wasserbewirtschaftung für die Region Berlin“. Zielgruppe dieser Kurzfassung ist die interessierte Öffentlichkeit. Die für Fachleute wichtigen Fragen der Datengrundlagen und der detaillierten Darstellung des bestehenden Zustands des Wassersystems sowie die Darstellung der Lösungsvorschläge und die von uns angewandten Bewertungsmechanismen der verschiedenen, bereits vorliegenden Konzepte (u.a. GREENPEACE 1992, SENSTADTUM 1992, AG WASSER 1991) konnten in dieser Kurzfassung jedoch nicht dargestellt werden. Der Arbeitskreis Wasser des BUND Berlin hat sich daher entschieden, eine „Langfassung“ seines Konzeptes zusammenzustellen, die diese Informationen ausführlich bereitstellt.

Diese „Langfassung“ wird sich in mehrere Bände gliedern, die jeweils besondere Schwerpunkte beinhalten. Die Bände orientieren sich an der vom Arbeitskreis Wasser gewählten Betrachtungsweise des Systems in Form eines Kreislaufs. Möglich wird dieses Vorhaben nur durch eine kontinuierliche Arbeit der ca. 10 an diesem Konzept mitwirkenden Ehrenamtlichen über mehrere Jahre hinweg.

Die Form der Aufbereitung bietet für den Leser Chancen und Schwierigkeiten. Die Darstellung wird für den Leser natürlich übersichtlicher als ein dickes Buch von mehreren hundert Seiten. Er kann sich auf Bände der „Langfassung“ beschränken, obwohl dieses der Intention der Autoren, das Wassersystem ganzheitlich darzustellen, widerspricht. Für den Leser der kompletten „Langfassung“ wird es dagegen schwieriger, die Anknüpfungspunkte zwischen einzelnen Bänden nachzuvollziehen, wenn z.B. auf ein Kapitel in einem anderen Band der „Langfassung“ verwiesen wird.

Die einzelnen Bände der „Langfassung“ werden zudem nicht gleichzeitig erscheinen. Ihre Veröffentlichung wird sich wahrscheinlich über mehrere (2 - 3?) Jahre erstrecken, da die Autoren nahezu ausschließlich ehrenamtlich (d.h. in ihrer Freizeit) daran arbeiten.

Der Arbeitskreis Wasser wendet sich mit dieser „Langfassung“ insbesondere an diejenigen, die sich beruflich mit den angesprochenen Themen befassen und mit ihnen vertraut sind. Da jedoch davon auszugehen ist, daß sich auch ein Techniker oder Wasserwirtschaftler einmal mit dem Kapitel Biotop befaßt (genauso wie ein Biologe mit dem Thema Hydrogeologie), sind die Autoren bemüht, die Themen auch für Fachfremde lesbar darzustellen. Der Stil der einzelnen Kapitel wird darüber hinaus von den jeweiligen Autoren geprägt. Es soll hier kein Kompendium der Wasserwirtschaft Berlins entstehen sondern ein lebendiges Werk, das von Menschen gestaltet wird, die sich neben ihrem Beruf in einem Naturschutzverband für das Thema Wasser engagieren! In diesem Sinne ist auch darauf hinzuweisen, daß in weit stärkerem Maße als bei der „Kurzfassung“ die Autoren Verantwortung für die Darstellung tragen. Die einzelnen Bände werden innerhalb des Arbeitskreises inhaltlich aufeinander abgestimmt und getragen. Eine letzte Abstimmung erfolgt innerhalb der Gremien des BUND.

Da sich die „Langfassung“ nicht direkt an die breite Öffentlichkeit wendet, wird die Auflagenhöhe nicht sehr hoch gewählt und der Aufwand für die Vervielfältigung möglichst minimiert (z.B. möglichst keine Farbdarstellungen). Im Gegensatz zur „Kurzfassung“ soll daher auch eine Schutzgebühr erhoben werden, durch die der Aufwand für die Vervielfältigung abgedeckt wird.

2 Konzeptioneller Ansatz

2.1 Ganzheitliche und historische Betrachtungsweise

Gedanklicher Ausgangspunkt für die folgenden Überlegungen ist der Wasserkreislauf mit seinen Kompartimenten Wasser bzw. Gewässer, Boden, Luft bzw. Klima und die Biosphäre.

Gegenstand unserer Betrachtung ist das Medium Wasser. Die Vielfalt seiner natürlichen und urbanen Verknüpfungen innerhalb des Berliner Ballungsraumes steht im Mittelpunkt der folgenden Kapitel.

Die historische Betrachtung beginnt mit der geologischen Vorgeschichte, gefolgt von der Phase der glazialen Landschaftsformung und der anschließenden Entwicklung der Vegetationsdecke. Insbesondere soll die historische Betrachtung ein Spiegel der menschlichen Nutzungsgeschichte des Wassers mit den damit verbundenen Auswirkungen auf den Naturhaushalt des Berliner Raums sein. Abzulesen ist darin die Dimension der schon erfolgten Veränderungen, derer sich der „urbanisierte“ Mensch nicht mehr bewußt ist.

Mit den zunehmenden menschlichen Eingriffen veränderten sich die natürlichen Wechselbeziehungen zum Teil grundlegend. Durch die Etablierung künstlicher, technischer Systeme der Verkehrswasserwirtschaft, der Wasserver- und Abwasserentsorgung wurden z.T. völlig neue Beziehungsgefüge geschaffen.

Ausgehend von den bereits erfolgten tiefgreifenden Veränderungen der nacheiszeitlichen Landschaft soll mit einer ganzheitlichen Betrachtungsweise versucht werden, das heutige ökologische Beziehungsgefüge, durch das die einzelnen Kompartimente in diesem Betrachtungsraum verknüpft sind, näherungsweise zu beschreiben. Basierend auf den uns zugänglichen Daten zur Analyse des Istzustandes soll eine Abschätzung der möglichen Folgen von verschiedenen Bewirtschaftungsansätzen und -maßnahmen auf die einzelnen Kompartimente vorgenommen und die zeitliche Dynamik der zu erwartenden Veränderungen eingeschätzt werden.

Um ausschnittsweise einige Aspekte des vernetzten Beziehungsgefüges sichtbar zu machen, wird dieser Betrachtungsansatz kurz an einem fiktiven, aber gängigen Beispiel skizziert:

Auf einer bislang unbebauten Fläche sollen gemäß eines Senatsbeschlusses bis zum Jahr 2000 Wohnungen und Gewerbebauten entstehen, zur verkehrlichen Erschließung ist ein gebietsbezogenes Straßennetz und eine Anbindung an das öffentliche Nahverkehrssystem vorgesehen.

Die Bebauung führt zu einer starken Zunahme des Versiegelungsgrades. Niederschlagswasser kann nur noch in geringem Maße versickern, es muß in ein Oberflächengewässer abgeleitet werden. Die Aufnahmefähigkeit des dafür vorgesehenen, bereits vorhandenen Grabens für die zusätzlichen Wassermengen, insbesondere bei Starkregenereignissen, aus dem Baugebiet reicht nicht aus; er wird daraufhin auf eine höhere Kapazität ausgebaut.

Mit dem abgeleiteten Regenwasser erhöht sich die hydraulische Stoßbelastung, es gelangen Schmutz- und Schadstoffe vor allem von den Verkehrsflächen in den Graben; die Wasserqualität verschlechtert sich. Viele der ursprünglich hier vorhandenen Tier- und Pflanzenarten können unter diesen extremen Lebensbedingungen nicht mehr existieren. Infolge der Bebauung wird der anstehende Boden durch großflächige Aufschüttungen und Abgrabungen weitgehend überformt.

Die starke Neuversiegelung im Baugebiet reduziert die Grundwasserneubildung erheblich. Der ursprüngliche Boden geht als Standort für „Wildpflanzen“ und für die daran gebundene Fauna verloren. Die Bebauung bewirkt ein verändertes eigenes Mikroklima; die sich im Sommer stark aufheizenden Baukörper zusammen mit der Ableitung des Niederschlagswassers führen insgesamt zu wärmeren und trockeneren Standortbedingungen gegenüber der unbebauten Umgebung usw....usw..

So ergibt sich für die geplante Veröffentlichungsreihe, deren erster Band hiermit vorliegt, folgender methodischer Ansatz:

1. Vergegenwärtigung der natürlichen, von menschlichem Handeln unbeeinflussten Gegebenheiten.
2. Bewußtes Nachvollziehen des Urbanisierungsprozesses unter dem Aspekt der schrittweisen Inanspruchnahme von Wasser und Boden als Naturressourcen.
3. Erfassung der gegenwärtigen wasserwirtschaftlichen Situation in ihrer Komplexität.
4. Analyse der wesentlichen Belastungs- und Risikofaktoren für das Wassersystem aus den in den Schritten 1. bis 3. gewonnenen Erkenntnissen, um damit ein Verständnis für die Folgen zu entwickeln, die auf isolierte Zwecke gerichtete Einzel-Bewirtschaftungsmaßnahmen verursachen würden.
5. Quantifizierbare Formulierung von Bewirtschaftungszielen für die Wasserwirtschaft in der Region Berlin.
6. Darstellung verschiedener, möglicher Bewirtschaftungsstrategien und ihre Bewertung auf der Grundlage des formulierten Zieles einer ressourcenschonenden Bewirtschaftungsweise.

2.2 Systembetrachtung und Wasserkreisläufe

Mit dieser Veröffentlichungsreihe soll der Versuch unternommen werden, das Berliner Wassersystem zu beschreiben und die Möglichkeiten und Notwendigkeiten zu seiner Umgestaltung aufzuzeigen.

Ausgehend von den historischen Entwicklungslinien und der aktuellen Bestandsaufnahme werden für die zukünftige Berliner Wasserver- und Abwasserentsorgung konzeptionelle Planungsansätze vorgestellt. Ansätze für solche systematischen Betrachtungen gibt es in anderen Bereichen, z.B. bei der Erforschung von Ökosystemen. Die bisherigen Entscheidungen in der Berliner Wasserver- und -entsorgung berücksichtigten jedoch meist nur den Weg des geringsten ökonomischen, administrativen und/oder politischen Aufwandes.

Im vorliegenden Kapitel wollen wir zunächst die grundsätzlichen Möglichkeiten einer Betrachtungsweise des Systems der Wasserver- und Abwasserentsorgung in Berlin und Umland darstellen (Kap. 2.2.1) und daran anschließend unsere Entscheidung für einen bestimmten Ansatz der Systembetrachtung sowie den Bezug zu Berlin deutlich machen (Kap. 2.2.2).

2.2.1 Gegenüberstellung systematischer Betrachtungen des Wasserver- und Abwasserentsorgungssystems

Es gibt eine Vielzahl von Ansätzen, die komplexen Wasserver- und -entsorgungsstrukturen zu betrachten. Drei von ihnen sollen hier herausgegriffen werden.

A Sektorieller Ansatz

Der sektorielle Ansatz kommt am eindrucksvollsten in der heutigen Administration zum Ausdruck. An möglichen, sinnvollen Trennfugen wird das System der Wasserver- und Abwasserentsorgung, das in seiner Gesamtheit als zu komplex begriffen wird, zerschnitten (sektoriert). Für jeden entstehenden Sektor werden „Fachleute“ ernannt, die sich fast ausschließlich mit Spezialproblemen beschäftigen. Es gibt daraus resultierend Abteilungen für Trinkwasserschutz, Grundwassermessungen, Naturschutzgebiete, Indirekteinleitungen, Gewässerunterhaltung, Schifffahrt, die Überwachung von Abwassereinleitungen, Altlasten, Fischerei usw.. Diese Sektorsierung wird noch weiter getrieben, indem man ihnen verschiedene rechtliche und politische Kompetenzen zuerteilt und sie beispielsweise auf Bezirks- (bzw. Kommunal-) ebene und Landesebene (Berlin und Brandenburg), Ämter und Ministerien verteilt. Eine Verknüpfung dieser Sektoren, ein Zusammensetzen von Teilen dieses zerschnittenen Systems findet allenfalls bei der Lösung gravierender Einzelprobleme statt, die „fachübergreifend“ sind.

B Linearer Ansatz

Der lineare Ansatz ist ein klassischer wasserwirtschaftlicher und energetischer Ansatz: Wasser fließt immer bergab, und so fließt Grundwasser ins Oberflächenwasser und dieses ins Meer. Die menschliche Nutzung des Wassers wird durch diese Sichtweise zu einem „Bypass“ des

„natürlichen“ Systems: Grundwasser wird, bevor es („ungenutzt“) in die Oberflächengewässer fließt, anthropogen genutzt und nach einer Reinigung ins Oberflächengewässer abgegeben.

C Kreisläufe

Der Denkansatz eines Kreislaufs ist ebenfalls seit alters her mit dem Wasser verknüpft. Er stellt einen der vielen Stoffkreisläufe dar, der neben dem Kohlenstoffkreislauf für das Leben aller Organismen von größter Bedeutung ist.

Der Wasserkreislauf wird als ein geschlossenes System der Wasserzirkulation auf (und unter) der Erde angesehen. Abb. 1 zeigt die Abschnitte des globalen Wasserkreislaufs: Niederschlag, Versickerung, ober- und unterirdischer Abfluß, Verdunstung und Kondensation. Schon hier wird deutlich, daß es sich nicht um einen einfachen Kreislauf mit der Zuordnung etwa nach dem Schema: Verdunstung des Meerwassers führt zur Wolkenbildung, die als Niederschlag über dem Land zum Abfluß in Flüsse und Seen und schließlich wieder ins Meer gelangen. Die räumlichen und zeitlichen Dimensionen spielen darüber hinaus eine große Rolle für „den“ Kreislauf, ebenso wie die Verknüpfung mit den Kompartimenten Boden, Luft und Biosphäre. Die Sonnenenergie ist der „Antrieb“ des Kreislaufs. Einzelne Teile des dargestellten Kreislaufs sollen hier erläutert werden, obwohl sie als gesichertes Schulwissen angesehen werden können.

Das Wasser wirkt in den Kreisläufen in jedem Kompartiment als Lösungs- und Transportmittel. Auch diese Funktionen des Wassers werden für die Teile des Kreislaufs kurz skizziert. Diese Funktionen des Wassers verknüpfen die Struktur des regionalen Wasserkreislaufes stets eng mit dem zeitlichen und räumlichen Muster des Stofftransportes im Landschaftsraum.

Niederschlag ①

Der Niederschlag gelangt als Regen, Schnee, Hagel, Tau, Nebel etc. zur Bodenoberfläche. Die zeitliche Verteilung der Niederschläge über das Jahr und deren Intensität kann sehr unterschiedlich sein. Die örtliche Verteilung der Niederschläge wird neben der Meeresnähe vor allem durch das Relief beeinflusst. Bezogen auf die Hauptwindrichtung finden sich hinter Erhebungen (Bergen, Hügeln usw.) häufig niederschlagsarme Gebiete, da sich die Wolken davor „abregnen“.

Im Niederschlag werden Stoffe aus der Atmosphäre gelöst und dadurch aus der Luft „ausgewaschen“, insbesondere die bei der Verbrennung entstehenden anorganischen Stoffe Schwefeldioxid (SO_2) und Stickoxide (NO_x), Kohlendioxid (CO_2), aber auch, in geringeren Mengen Methan (CH_4), Ozon usw..

Versickerung ②

Ein Teil des auf die Bodenoberfläche gelangenden Niederschlags versickert und wird zu Grundwasser (Grundwasserneubildung). Der Schwerkraft folgend, passiert das Wasser zunächst vertikal, dann horizontal durchlässige Gesteinsschichten (Kiese, Sande). Es tritt aus den Gesteinsschichten über Quellen, Bäche, Flüsse und Seen wieder zutage.

Für die Versickerung ist neben der Durchlässigkeit der Gesteinsschichten die Flächennutzung eine bedeutende Eingangsgröße.

Qualitativ wird das versickernde, von den gelösten atmosphärischen Gasen chemisch geprägte Wasser überprägt von dem durchsickerten Boden. Typische Bodenbestandteile, die aus dem

Boden gelöst werden, sind z.B. die Kalkgehalte des Geschiebemergels. Sie bilden einen Großteil der Pufferkapazität der Böden gegen den als saurer Regen bekannten Lösungsaustausch von schwefel- und stickstoffhaltigen sauren Verbindungen aus der Atmosphäre.

Unterirdischer Abfluß ③

Nach der Versickerung des Niederschlagswassers fließt dieses unterirdisch ab. Im Gegensatz zur weitgehend vertikalen Fließrichtung bei der Versickerung, fließt das Wasser als Grundwasser eher horizontal. Es bewegt sich dabei sehr langsam, in der Regel höchstens einige Dezimeter pro Tag.

Das Grundwasser transportiert bei seinem Abfluß fast ausschließlich gelöste Stoffe. Die besonderen Bedingungen im Grundwasserleiter (meist konstante, niedrige Temperatur, Sauerstoffarmut, Nährstoffarmut) verhindern das Überleben und die Ausbreitung von Lebewesen, insbesondere Bakterien und Viren. Durch die geologischen Verhältnisse vorgegeben, fließt das Grundwasser meist einem Oberflächengewässer zu. Die Zeitspanne zwischen Versickerung und Austritt ins Gewässer kann aufgrund der geringen Fließgeschwindigkeiten und der oftmals sehr großen Einzugsgebiete Jahrzehnte oder Jahrhunderte betragen. Die unterirdischen Einzugsgebiete werden durch Wasserscheiden begrenzt, die oftmals unabhängig von den oberirdischen Wasserscheiden sind.

Die Qualität des Grundwassers wird geprägt von den versickernden Niederschlägen, den Prozessen bei der Versickerung und den Prozessen, die im Grundwasserleiter ablaufen. Ihre Darstellung als Folge einfacher Ursache-Wirkungszusammenhänge ist daher meist nicht ohne weiteres möglich.

Oberirdischer Abfluß ④

Zutage tretendes Grundwasser und Niederschläge, die wegen undurchlässiger Bodenschichten (Lehme, Tone, Festgesteine) nicht versickern, fließen ebenso in die Oberflächengewässer wie die Abflüsse von den versiegelten Flächen einer Großstadt wie Berlin. Durch das Relief vorgegeben, begrenzen Wasserscheiden einzelne Einzugsgebiete eines Fließgewässers; diese lassen sich zu Flußgebieten zusammenfassen.

Der oberirdische Abfluß sammelt die Schmutzfrachten des Regenwassers und der Oberflächen, über die er fließt und transportiert diese ins Gewässer. Reduktionen dieser Belastung finden aufgrund der fehlenden Filter und der hohen Fließgeschwindigkeiten nicht statt (keine Zeit für chemische oder biologische Umsetzung oder Sedimentation).

Gewässer ⑤

Die Oberflächengewässer nehmen den oberirdischen und den unterirdischen Abfluß eines Gebietes auf. Sie führen gleichzeitig Wasser aus anderen Einzugsgebieten mit sich und stellen daher sowohl einen „input“ als auch einen „output“ für ein Gebiet dar.

Die Fließgewässer transportieren gelöste und partikuläre Stoffe und verteilen sie so in der Landschaft. Stehende Gewässer und Feuchtgebiete reduzieren dagegen die Transportgeschwindigkeit beim Stofffluß. Die Stoffe werden dort aufgrund der geringeren Fließgeschwindigkeiten und stark veränderter chemischer und physikalischer Bedingungen abgelagert (Sedimentation, Fällung usw.).

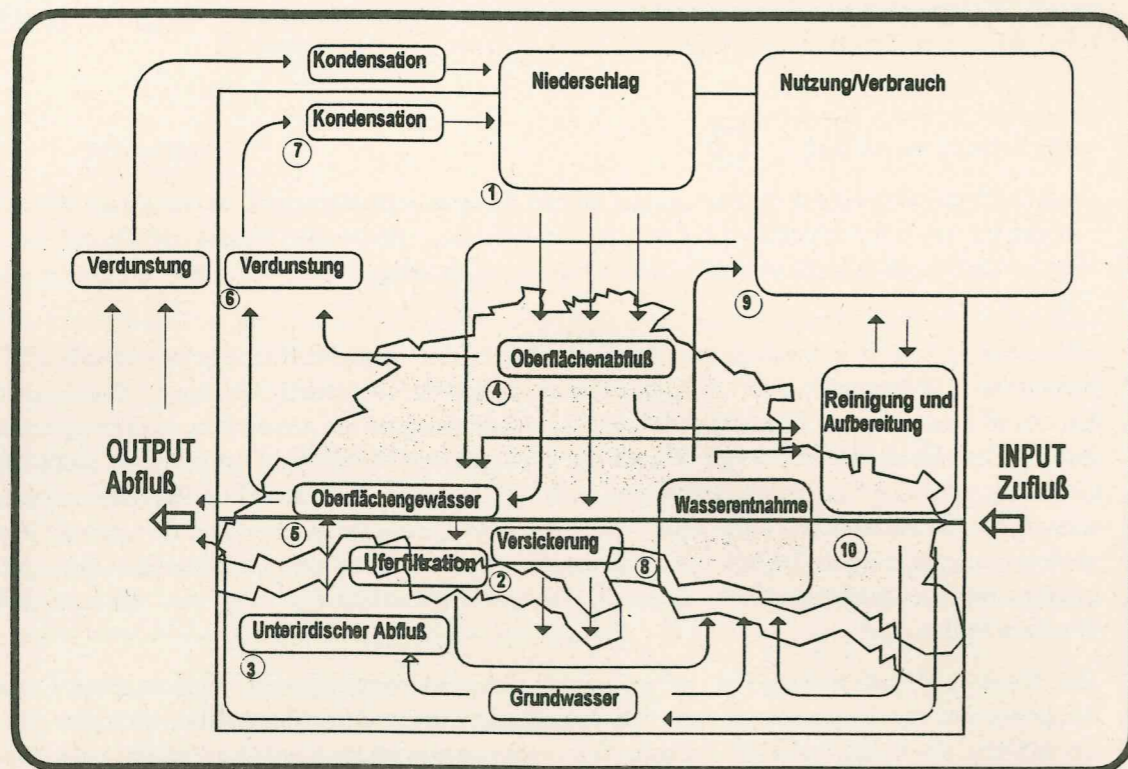


Abb. 1: Schema des „natürlichen“ und des „künstlichen“ Wasserkreislaufs. Die Ziffern beziehen sich auf die in gleicher Weise gekennzeichneten Textabschnitte.

Verdunstung ⑥

Die Sonnenwärme läßt Wasser verdunsten; der entstehende Wasserdampf ist zunächst völlig rein, denn die im Wasser gelösten Stoffe werden so vom Wasser getrennt. Die Verdunstung ist damit ein natürlicher Destillationsvorgang. Sie setzt sich aus der physikalischen Evaporation (z.B. von einer freien Wasseroberfläche) und der biologischen Transpiration (z.B. der Verdunstung eines Baumes) zur Evapotranspiration zusammen. Durch Verdunstung wird der Luft Energie entzogen. Dieser Vorgang kühlt Flächen mit größerer Verdunstung gegenüber Flächen mit geringerer Verdunstung stärker ab.

Die Evapotranspiration insbesondere von großen Waldgebieten dämpft durch die Wärmekapazität des Wassers Temperaturschwankungen und sorgt für ausgeglichene klimatische Verhältnisse. Waldflächen, Feuchtgebiete und Grünflächen erfüllen daher als Kaltluftentstehungsgebiete wichtige klimatische Aufgaben.

Kondensation ⑦

Der Wasserdampf steigt mit warmer Luft in die Höhe. Durch Abkühlung in den höheren Luftschichten kondensiert er, und es kommt zur Wolkenbildung. Winde transportieren die Wolken bis sie so viel Wasserdampf aufgenommen haben, daß es zur Tropfenbildung und zum Regen kommt. Trockenes, von einer Reduzierung der Transpiration der Bäume geprägtes Stadtklima mindert die natürliche Kondensation und damit auch die Menge des fallenden Niederschlags. Mit der Kondensation schließt sich der Wasserkreislauf.

2.2.2 Systemansatz des Arbeitskreises Wasser des BUND Berlin

Bei der Betrachtung komplexer Systeme gilt es, die vielfältigen Beziehungen zwischen verschiedenen Teilelementen zu erkennen und zu berücksichtigen.

Hierzu sind die Grenzen des Systems festzulegen bzw. zu definieren, die Strukturelemente natürlicher wie technischer Art zu erfassen und deren Funktionsweise sowie Auswirkungen auf andere Teile des Systems zu beschreiben.

Dies bildet die Voraussetzung, um die Wirkungen und Reaktionen von einzelnen technischen Maßnahmen auf andere Systemteile, z.B. einzelne Naturräume, erkennen zu können.

Ziel einer solchen Systembetrachtung der Berliner Wasserver- und Abwasserentsorgung ist es, Maßnahmen vorzuschlagen, die eine langfristig höhere Stabilität des Berliner Natur- und Stadtraumes und der in ihn eingebetteten Ver- und Entsorgungsstrukturen ermöglichen. Hierbei ist die Entwicklung einer ressourcenschonenden Bewirtschaftungsweise unbedingt geboten.

Die oben beschriebenen Ansätze zur Betrachtung des komplexen Systems der Berliner Wasserver- und Abwasserentsorgung müssen auf dieser Grundlage bewertet und ggf. konkretisiert werden.

A Sektorieller Ansatz

Die sektorielle Arbeitsweise ist zur Bearbeitung eines solchermaßen komplexen Systems wie der Wasserver- und Abwasserentsorgung Berlins in Form einer Aufteilung in Einzelaufgaben notwendig. Ebenso notwendig ist jedoch die intensive Zusammenarbeit für ein Zusammenfügen der Teile. Die Aufteilung in Zuständigkeiten verschiedener Behörden und Verwaltungsabteilungen mit unterschiedlichen Zuständigkeiten, die „das Wassersystem“ in Berlin nicht mehr als Grundlage ihrer Arbeit ansehen, sondern die Erfüllung ihrer gesetzmäßigen Aufgaben auf dem Weg des geringsten Aufwandes, ist orientierungslos. Sie ist offensichtlich kaum in der Lage, die großen Anforderungen an die Bewirtschaftung des Berliner Wassersystem zu erfüllen und steuernd einzugreifen.

B Linearer Systemansatz

Im energetischen System hat der lineare Ansatz seine volle Berechtigung. Bei jeder Energieumwandlung geht hier ein Teil als nicht mehr zurückgewinnbare Energie (meist in Form von Wärme) verloren. Die Verknüpfung der Einzelteile des Berliner Wassersystems kann jedoch mit dem linearen Ansatz nur unzureichend gelingen.

C Kreisläufe

Der Ansatz einer Kreislaufbetrachtung, ausgehend vom globalen Wasserkreislauf kommt einem ganzheitlichen Ansatz, wie ihn der BUND Berlin anstrebt, am nächsten. Der Wasserkreislauf einer Region allerdings stellt kein geschlossenes System mehr dar, so daß die Grenzen des Systems zu berücksichtigen sind. Daher wollen wir skizzenhaft auf die Bedeutung der dargestellten Einzelteile des Wasserkreislaufs für die Region Berlin eingehen. Gleichzeitig gilt es, neben dem „natürlichen“ Wasserkreislauf die in Berlin schon seit langem etablierten „künstlichen“ Wasserkreisläufe zu skizzieren.

Die Analyse des Ist-Zustandes des Wassersystems in Berlin durch den BUND wird sich weitgehend an den Wasserkreisläufen in Berlin orientieren. Eine komplexe Darstellung findet in den folgenden Teilen der vorliegenden „Langfassung“ dieser Konzeption statt.

Niederschlag

Für den regionalen Wasserkreislauf im Raum Berlin bedeutet die Größe des Niederschlags einen „input“. Bei den qualitativen Aspekten sind die Luftinhaltsstoffe (natürliche und anthropogene), ihre Lösung in den Niederschlägen und ihre Reaktionen mit Niederschlagswasser zu beschreiben. Im Vordergrund stehen hierbei natürlich die Berliner Emissionen. Die quantitativen Betrachtungen sollen die räumliche und zeitliche Verteilung der Niederschläge im Berliner Raum aufzeigen.

Versickerung

Die hohe Bodenversiegelung in einer Großstadt wie Berlin führt zu einer starken Reduktion der Versickerung. Eine Ermittlung der Grundwasserneubildung in der Stadt muß eine große Zahl von Einflußfaktoren berücksichtigen. Hierzu zählen beispielsweise die Entwässerung von versiegelten Flächen, die Art der Bodenversiegelung, die Verdichtung von nicht versiegelten Böden usw..

Zu der durchsickerten Pedosphäre müssen in einem seit Jahrhunderten dicht besiedelten Raum die Altlasten verschiedener Art gezählt werden. Sie bestimmen in weiten Teilen Berlins die Qualität des Sickerwassers.

Unterirdischer Abfluß

Das Grundwasser, sein Vorkommen in verschiedenen geologischen Strukturen und seine Nutzung haben für die Wasserversorgung Berlins eine sehr große Bedeutung. Die Tatsache, daß das Berliner Trinkwasser z.Zt. ausschließlich aus Grundwasser gewonnen wird, macht dies deutlich. Entsprechend groß ist die Zahl der verschiedenen Untersuchungen in diesem Bereich. Bis zur politischen Wende bestand jedoch für beide Stadthälften die Schwierigkeit, die jeweils außerhalb ihres Gebiets liegenden Teile des Grundwassereinzugsgebiets mit zu erfassen. Die heutige Situation ist zwar entscheidend besser, für die Behörden besteht jedoch weiterhin die Schwierigkeit, daß sich große Teile des Berliner Grundwassereinzugsgebiets im Land Brandenburg befinden.

Qualitativ wird das Berliner Grundwasser sehr stark durch verschiedene Prozesse beeinflusst. Die Qualität des Sickerwassers bestimmt in weiten Teilen die des oberflächennahen Grundwassers. In tieferen Grundwasserleitern bestehen Probleme mit salzhaltigem Grundwasser, das unter bestimmten geologischen und hydrogeologischen Bedingungen bis in Oberflächennähe aufdringen kann.

Oberirdischer Abfluß

Die Oberflächengewässer werden in Berlin vielfach anthropogen beeinflusst. So sind die natürlichen Wasserscheiden in Berlin und im Einzugsgebiet der durch Berlin fließenden Flüsse Spree und Havel von den Menschen mit der intensiver werdenden Landnutzung stark verändert worden. Die Veränderung der natürlichen Wasserführung von Spree und Havel durch zunehmende anthropogene Eingriffe wie die gezielte Abflußsteuerung ist ebenfalls Thema eines Teils unserer Beschreibung des Ist-Zustandes.

Besonders gravierend sind die qualitativen Veränderungen, die durch Einleitungen verschiedenster Art und Herkunft hervorgerufen werden. Kläranlagenabläufe, Mischkanalüberläufe und Regenwassereinleitungen seien hier nur beispielhaft angeführt.

Verdunstung

Die Verdunstung als wichtiges Regelglied natürlicher Wasserkreisläufe ist z.B. durch die Bebauung in Berlin, die Trockenlegung von Feuchtgebieten und die Umnutzung von Waldflächen in Ackerflächen, Siedlungsflächen, Verkehrsflächen usw. fast vollständig anthropogen überprägt. Herausragende Bedeutung als Kaltluftentstehungsgebiete und für den Luftaustausch zwischen dicht bebauten Siedlungsflächen und dem Umland besitzen zusammenhängende Grünkeile zwischen Siedlungsbändern, große Parkflächen, wie z.B. der Tiergarten, und der Verlauf der Gewässer.

„Künstliche“ Wasserkreisläufe

Die anthropogenen Eingriffe beschränken sich nicht nur auf die Beeinflussung der „natürlichen“ Wasserkreisläufe. Der Mensch setzt auch zusätzliche Wasserkreisläufe oder Kurzschlüsse („Bypass“-Lösungen) des natürlichen Wasserkreislaufs für seine Zwecke ein. Beispielhaft sind in der Abb. 1 Teile dieser künstlichen Wasserkreisläufe zusammengestellt. Wie die „natürlichen“ Wasserkreisläufe sollen auch die Stationen der „künstlichen“ Wasserkreisläufe kurz skizziert werden. Deutlichere Aussagen (Zahlen, Daten, Fakten) sind auch bei den künstlichen Wasserkreisläufen Thema der historischen Betrachtung, der Ist-Zustands-Analyse und der Prognosen für die Zukunft.

Wasserentnahme

⑧

Die Entnahme des Wassers aus einem Gewässer (Oberflächen- und Grundwasser sind nach dem Wasserhaushaltsgesetz gleichermaßen als Gewässer zu bezeichnen) stellt den ersten Schritt des „künstlichen“ Wasserkreislaufs dar und bildet gleichzeitig eine wesentliche Schnittstelle zwischen „natürlichem“ und „künstlichem“ Wasserkreislauf. Interessant ist die Betrachtung auch der „Entnahme“ von Regenwasser aus dem „natürlichen“ Wasserkreislauf: Regenwasser ist kein Gewässer im Sinne des Wasserhaushaltsgesetzes; für die Natur jedoch ist die anthropogene Regenwasserentnahme nur eine „Bypasslösung“, weil Regenwasser sogar noch bevor es im Boden versickert (und damit den Pflanzen zur Verfügung stehen kann) genutzt wird.

In Berlin wird, nach der Definition des Wasserhaushaltsgesetzes, ausschließlich Grundwasser zur Trinkwasseraufbereitung genutzt. Ein großer Teil dieses Grundwassers wird jedoch künstlich aus dem Oberflächenwasser ins Grundwasser „übergeleitet“ (Uferfiltration und künstliche Grundwasseranreicherung). Aus den Oberflächengewässern wird in großem Maß Brauchwasser gewonnen, insbesondere für Kühlzwecke in den Kraftwerken, aber auch für andere Industriebereiche.

Aufbereitung

Die Aufbereitung des Rohwassers zu Trink- oder Brauchwasser ist in Berlin meist sehr kurz. Sie beschränkt sich auf die Elimination von Eisen und Mangan (insbesondere bei der

Trinkwasseraufbereitung) oder anderer, insbesondere korrodierender Stoffe (bei der Brauchwasseraufbereitung)

In der Regel wird zur Rohwassergewinnung ein Gewässer als Naturressource genutzt. Eine echte Brauchwasseraufbereitung im Sinne eines Wasserrecyclings findet in Berlin nur selten statt.

Nutzung des Wassers ⑨

Die Nutzung des Wassers in Berlin ist beinahe so vielfältig wie das Arbeits- und Lebensumfeld seiner Bewohner. Daher beschränken wir uns hier auf die Nennung der wichtigsten Nutzungen.

Das meiste Wasser geht in Berlin an die Privathaushalte. Zusätzlich nutzen Industrien von der chemischen Industrie über die Kraftwerke bis hin zur Automobilindustrie und Getränkeindustrie Wasser für ihre Produktion. Gewerbe und Dienstleistung (von der Autowaschanlage bis zum Schwimmbad) sind weitere Nutzer.

Die Nutzung von Wasser ist (fast) immer mit einer Verschmutzung des Wassers verbunden. Im günstigsten Fall wird es „nur“ aufgeheizt, im schlimmsten Fall mit persistenten, toxischen Chemikalien unbekannter Zusammensetzung vermischt. In der Regel wird Trinkwasser durch den Abtransport „unliebsamer“ Substanzen (Schmutz- und Schadstoffe) in Abwasser „verwandelt“.

Die direkte Nutzung eines Oberflächengewässers als Transportweg scheint die Gewässer nicht sehr zu beanspruchen. Veränderte Fließgeschwindigkeiten, Fließwege, Wasserstände, Wellengang, Uferverbau usw. beeinflussen die empfindlichen aquatischen Lebensräume jedoch stark.

Abwasserreinigung ⑩

Bei einer geordneten Entsorgung des genutzten Wassers wird dieses entsprechend der Nutzung an Klärwerke oder direkt in die Gewässer abgegeben. Der Begriff „Abwasser“ ist dabei keineswegs auf das von den verschiedenen Nutzern abgegebene Wasser beschränkt. Auch Regenwasser ist im Sinne des Gesetzes Abwasser.

Nach der Reinigung des Abwassers steht der Natur und den im Sinne der Fließrichtung unterhalb liegenden Menschen für ihre Nutzungen jedoch keineswegs qualitativ hochwertiges Wasser zur Verfügung. Die Restbelastungen des Klarwassers führen zur Eutrophierung von Gewässern sowie zu hohen Bakterienzahlen und Schadstoffgehalten in den Gewässern, in die sie eingeleitet werden.

Mit der Abgabe des Abwassers in die Kanalisation wird streng genommen jeder Nutzer zum Indirekteinleiter, weil er sein Abwasser über die Kläranlage indirekt in ein Gewässer wieder abgibt. Im Sinne der „Indirekteinleiter“-verordnung sind als Indirekteinleiter jedoch nur die Nutzer zu verstehen, die Wasser mit bestimmten (gefährlichen) Belastungen an das Klärwerk abgeben.

Nicht alles in Berlin anfallende Abwasser wird gereinigt. Regenwasser wird beispielsweise z.T. ungereinigt an die Gewässer (Oberflächengewässer oder Grundwasser) abgegeben, Kühlwasser der Kraftwerke wird mit erhöhten Temperaturen an die Oberflächengewässer abgegeben usw..

Einleitung in ein Gewässer

Neben der schwerpunktmäßigen Einleitung von gereinigtem Abwasser durch die Klärwerke gibt es weitere Direkteinleitungen. Kühlwassereinleitungen und die Einleitungen von gereinigtem Grundwasser aus der Altlastensanierung sind oft die harmlosesten. Problematisch sind

insbesondere die Regenwassereinleitungen, die Überläufe der Mischkanalisation, der Abschlag von Bilgenwässern (Abwasser der Schiffe) und falsch angeschlossene Abwasserkanäle (an die Regenwasserkanalisation). Dies sind Direkteinleitungen, die die Gewässerqualität massiv beeinflussen.

Im Sinne einer Systembetrachtung ist es sehr interessant, wo die gereinigten oder ungereinigten Abwässer in die Oberflächengewässer eingeleitet werden. So fließt das Klarwasser der Klärwerke Münchehofe, Falkenberg und z.T. Schönerlinde in die Spree. Dieses Wasser läuft, gemischt mit der „natürlichen“ Wasserführung der Spree und der Havel, an den Wasserwerken Jungfernhöhe, Tiefwerder, Beelitzhof und Kladow, z. T. auch Johannisthal und Wuhlheide vorbei, die einen großen Teil ihres Rohwassers aus dem Uferfiltrat eben dieser Flüsse gewinnen. Damit ist auch in Berlin ein „künstlicher Wasserkreislauf“ in Ansätzen gegeben. Die Klärwerke Marienfelde, Waßmannsdorf, Stahnsdorf und Ruhleben sind an diesem Kreislauf nur in geringem Ausmaß beteiligt. Sie speisen in den Teltowkanal ein, aus dem nur geringe Mengen wieder ins Grundwasser versickern und den Wasserwerken Riemeisterfenn, und Beelitzhof (innerhalb Berlins) sowie Kleinmachnow und Teltow (außerhalb Berlins) zufließen. Historisch gesehen hatte der „künstliche Wasserkreislauf“ eine sehr viel größere Bedeutung: Auf den Rieselfeldern rund um Berlin war die Grundwasserneubildung um ein vielfaches gegenüber der natürlichen Grundwasserneubildung erhöht. Fast alle Rieselfelder lagen im Einzugsgebiet der Berliner Wasserwerke, so daß die „Abwasserlandbehandlung“ mengenmäßig einen Segen, qualitativ aber eine Gefährdung für das Grundwasser und damit die Wasserwerke darstellte und -stellt.

Schlußfolgerung

Für den Arbeitskreis Wasser des BUND Berlin ist es unerlässlich, den Stoff „Wasser“ nicht nur unter dem anthropozentrischen Blickwinkel der Wasserversorgung und Abwasserentsorgung der Stadt zu betrachten. Den natürlichen Ressourcen Wasser, Boden, Luft und Biosphäre ist in gleichem Ausmaß eine politische Vorrangstellung als zu schützendes Gut gegenüber der Stadtentwicklung einzuräumen, da diese unsere natürliche Lebensgrundlage darstellen. Die den Naturhaushalt möglichst wenig belastende Nutzung des Wassers muß als gesamtgesellschaftliche Aufgabe erkannt werden.

Bei der Beschreibung des gegenwärtigen Zustands des Systems sollen anhand der Kompartimente Atmosphäre, Boden, Gewässer und Biosphäre verschiedene Stationen des Wasserkreislaufs, zusammengefaßt zu einzelnen Schriften, erläutert werden. Die Vernetzung der von vielen noch als getrennt angesehenen Teile des Systems, insbesondere der natürlichen und technischen Wasser- und Stoffkreisläufe, soll hierbei deutlich werden. Vom Menschen werden die Stoffkreisläufe insbesondere seit der Industrialisierung so beschleunigt, daß sie überwiegend nicht mehr geschlossen ablaufen. Der Schutz der natürlichen Lebensgrundlagen bedeutet auch, azyklische Prozesse zu zyklischen zu machen. Dabei ist uns bewußt, daß eine moderne Industrieregion wie Berlin nicht in der Lage sein wird, die Stoffflüsse so zu lenken, daß sie als vollständig geschlossene Kreisläufe ablaufen. Als Beispiel für eine weitere zusätzliche Kreislaufführung (die übrigens eng an den Wasserkreislauf gekoppelt ist) läßt sich der Stickstoffkreislauf anführen. Große Mengen des von der Region in Form von Kunstdüngern, Wirtschaftsdüngern oder direkt in Form von Lebensmitteln „importierten“ Stickstoffs ließe sich in geeigneter Form „recyclen“, indem man den Klärschlamm zur Düngung der Felder für die Nahrungsmittelproduktion nutzt. Dies ist natürlich nur dann möglich, wenn der Klärschlamm die entsprechende Qualität hat. Während sich für den „Stoff“ Wasser (und in gewissem Ausmaß auch für Stickstoff) aufgrund der spezifischen Berliner Entwicklung die Möglichkeit bietet, Kreisläufe zu schließen und neue künstliche Kreisläufe für einen gesteigerten Bedarf aufzubauen, gilt dies für eine Reihe von

Stoffen nicht. In der Frage einer Einrichtung von Stoffkreisläufen ist insbesondere die Energiebilanz zu beachten, die in vielen Fällen sehr negativ ausfallen kann. Für die in Bezug auf den Energieeinsatz zu ihrer Herstellung oder ihrem Recycling problematischen Stoffe ist auch daran zu denken (ebenso wie für einige persistente Schadstoffe), ob nicht durch gerechtere wirtschaftliche Maßnahmen die Produktion oder der Import solcher Stoffe in die Region vermindert werden sollte.

Eine Ökosystemanalyse im Sinne von ODUM (1980) als quantitative Analyse aller biologischen Beziehungen, Stoffkreisläufe und Energieflüsse kann nicht vorgenommen werden. Dieses ist für den Ballungsraum Berlin und Umland auch bei einer Beschränkung auf den Aspekt Wasser nicht leistbar.

Hier muß allgemein eingestanden werden, daß die Bearbeitung sowohl des Gesamtkomplexes als auch von Detailfragen zwar fundiert, nicht aber allumfassend geschehen kann.

2.3 Datengrundlage

Die Datengrundlage für die Beschreibung des Istzustandes bilden zumeist öffentlich zugängliche Medien. Dies dient insbesondere der Transparenz. Es bedingt jedoch eine gewisse „Veraltung“ der Zahlen, da die Veröffentlichung meist geraume Zeit nach der Erhebung geschieht. Besonders bei der Systemanalyse wird versucht, neueren Entwicklungen Rechnung zu tragen.

Die Datengrundlage ist aufgrund der Interdisziplinarität des Arbeitskreises sehr vielfältig und umfangreich. In den jeweiligen Veröffentlichungen informiert das Literaturverzeichnis über die Quellen.

Positiv herauszuheben sind insbesondere folgende wichtige Datenquellen:

- Die Gewässerkundlichen Jahresberichte für Berlin.
- Der Berliner Umweltatlas.
- Die Karten der Ökologischen Ressourcenplanung Berlin und Umland.
- Die „Grundlagen und Zielvorstellungen für die Entwicklung der Region Berlin“ des Provisorischen Regionalausschusses Planungsgruppe Potsdam.

Trotz des bestehenden Umweltinformationsgesetzes war die Zusammenstellung einer soliden Primärdatenbasis ein großes Problem. Nach der politischen Wende wurden Daten über die Umweltsituation im Ostteil der Stadt und im Umland keineswegs sofort transparent. Von vielen Karten existierten überhaupt nur wenige Exemplare, die meisten Gutachten, die in der DDR von volkseigenen Betrieben, zentralen Instituten und Aufsichtsbehörden erstellt wurden, unterlagen der Geheimhaltung. Während durch persönliches Engagement der Arbeitskreismitglieder und viel guten Willen bei einigen Behörden die einschlägigen Kartenwerke zugänglich gemacht wurden, werden einzelne Gutachten bis heute nicht veröffentlicht, ebenso wenig wie eine Reihe weiterer umweltrelevanter Primärdaten. Geologische Schichtenverzeichnisse von sehr vielen, auch tiefen Bohrungen im Ostteil der Stadt werden beispielsweise von ehemaligen volkseigenen Betrieben, die in private Gesellschaften umgewandelt wurden, weder an die zuständigen Behörden noch gar an Umweltschutzverbände weitergegeben. Auch die Wasserwerke des Umlands, privatisierte, ehemals kommunale Betriebe also, betrachten heute alle, im staatlichen Auftrag und mit staatlichen Mitteln bezahlten Primärdaten als ihr Eigentum. Ebensolche Praktiken sind beispielsweise beim Deutschen Wetterdienst gängig. Die Privatisierung solcher Daten ist vor diesem Hintergrund massiv in Frage zu stellen.

Aber auch die offiziellen Landesbehörden halten viele Daten über die Situation der Umwelt zurück. Eine schleppende Bearbeitung und Veröffentlichung von Daten mag hier noch verziehen werden. Die gesetzlich verankerte Nichtherausgabe von umweltrelevanten Primärdaten ist jedoch für einen Umweltverband wie den BUND nicht zu akzeptieren. Altlastenkataster mit nachgewiesenen Altlasten, Grundwasserentnahmen durch Betriebe (Eigenwasserversorgungen), Indirekteinleiter- und Direkteinleiterkataster stellen nur wenige Beispiele dar, an denen deutlich wird, daß der Bürger (und das sind die Umweltverbände insbesondere dann, wenn es um umweltrelevante Fragen geht) noch lange nicht über alles informiert wird, für das er im Sinne einer Schadensbehebung oder -begrenzung anschließend Steuern zahlen darf.

Zusätzlich zu den öffentlich verfügbaren Daten fließen in die Analyse Erfahrungen der Autoren in ihrem jeweiligen Aufgabengebiet mit ein.

3 Natürliche Gegebenheiten (von W. Goßel)

Um zu einer fundierten Einschätzung zu gelangen, welchen Belastungen der Naturraum Berlin gegenwärtig ausgesetzt ist, müssen wir uns zunächst Klarheit über seinen „ungestörten“ Zustand verschaffen, also über die Verhältnisse, bevor die Menschen den Naturraum nach ihren Bedürfnissen umgestaltet. Als natürliche Gegebenheiten des Naturraums Berlin beschreiben wir im folgenden die geologischen, hydrologischen und klimatischen Verhältnisse und den Zustand der Biosphäre während und nach den drei großen Eiszeiten und vor der Bildung von festen menschlichen Siedlungen in diesem Gebiet. Bei dieser Betrachtung wird klar, daß hier kein statischer Zustand beschrieben wird, sondern daß auch in einem „natürlichen“ Zustand langfristige Veränderungen ohne menschliche Eingriffe stattgefunden haben und in Zukunft stattfinden werden.

3.1 Der Untergrund

Die Darstellung der Entstehungsgeschichte des Ballungsraumes Berlin und Umgebung soll mit einem kurzen Überblick über die geologischen und klimatologischen Verhältnisse während des Quartärs („Eiszeitalter“) beginnen. Vor dem Quartär, das etwa die letzten zwei Millionen Jahre (Mio a) umfaßt, war der Norddeutsche Raum einer wechselvollen erdgeschichtlichen Entwicklung mit Gebirgsbildungen, wüstenähnlichen und marinen Verhältnissen unterlegen.

Vom zeitlich größten Teil des Quartärs, nämlich den ersten etwa 1,5 Mio a, sind im Berliner Raum keine Sedimente (oder nur wenige, unsicher einzustufende) erhalten geblieben. Eine Übersicht über die zeitliche Gliederung des Quartärs ist in Abb. 2 wiedergegeben.

Für die Berliner Landschaft ist besonders die letzte Eiszeit (Weichsel-Eiszeit) und die heute noch anhaltende Warmzeit (Holozän) prägend. Dennoch ist es für das Verständnis der heutigen Landschaftsformen sinnvoll, die Entwicklungsgeschichte auch vor der letzten Eiszeit zu betrachten, da der Wechsel von Warm- und Kaltzeiten, die zur Entstehung dieser Landschaft geführt haben, im Laufe der letzten 2 Mio a mehrmals, im Berliner Raum mindestens viermal, aufgetreten sind. Dieses Kapitel bildet damit gleichzeitig einen Vorgriff auf die Darstellung der hydrogeologischen Zusammenhänge, die in Band 2 ausführlicher betrachtet werden.

Vor 400.000 a dehnten sich aufgrund von Klimaveränderungen großen Ausmaßes die polaren Gletscher weit nach Süden aus. Diese Klimaverschiebungen waren nicht plötzlich gekommen; über mehrere Jahrtausende hinweg gab es eine unetstetige, von Phasen der Erwärmung unterbrochene Abkühlung auf der Nordhalbkugel. Mit dieser Abkühlung ging eine Verschiebung der Vegetationszonen einher, über die Abb. 3 eine Übersicht gibt.

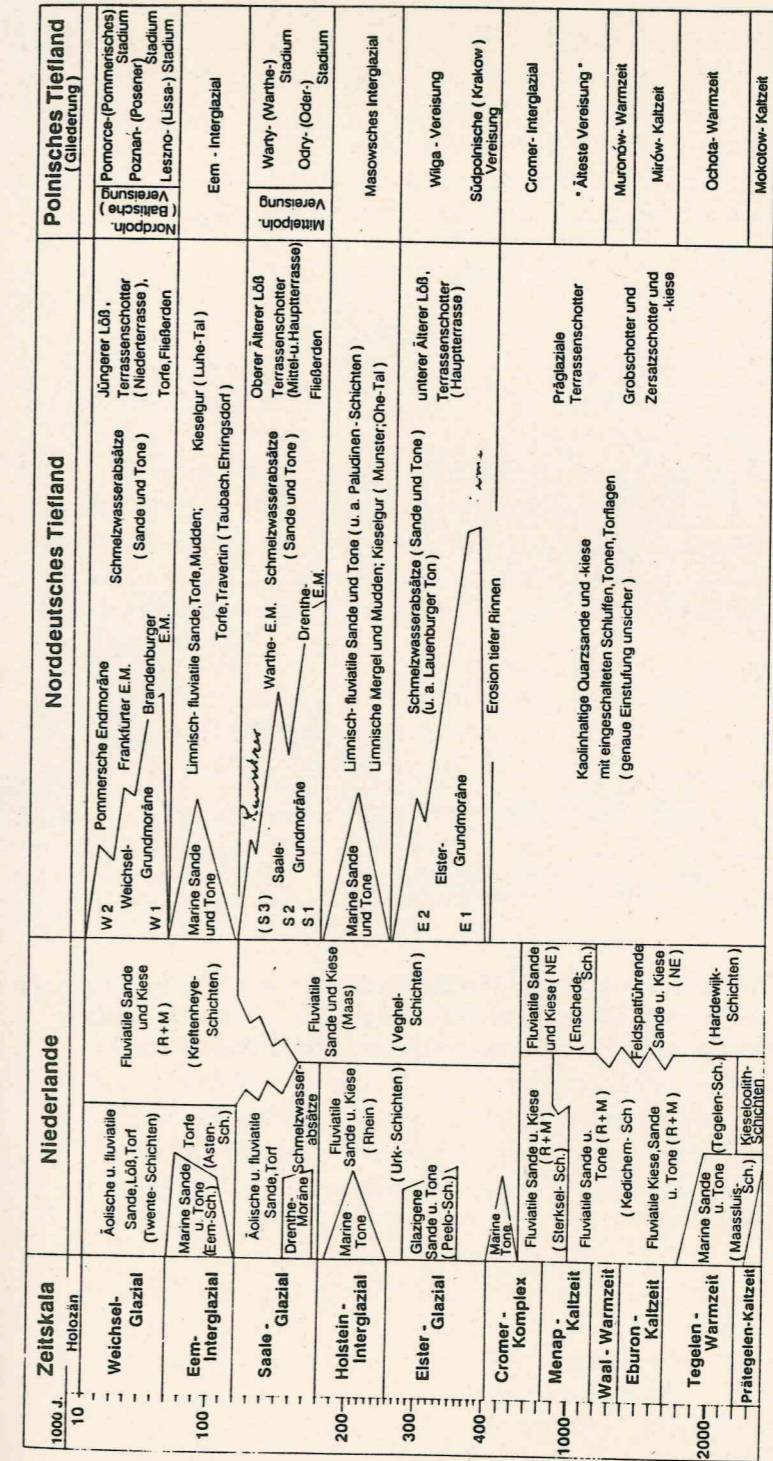


Abb. 2: Gliederung und Ausbildung des Quartärs der Mitteleuropäischen Senke (aus WALTER 1992)

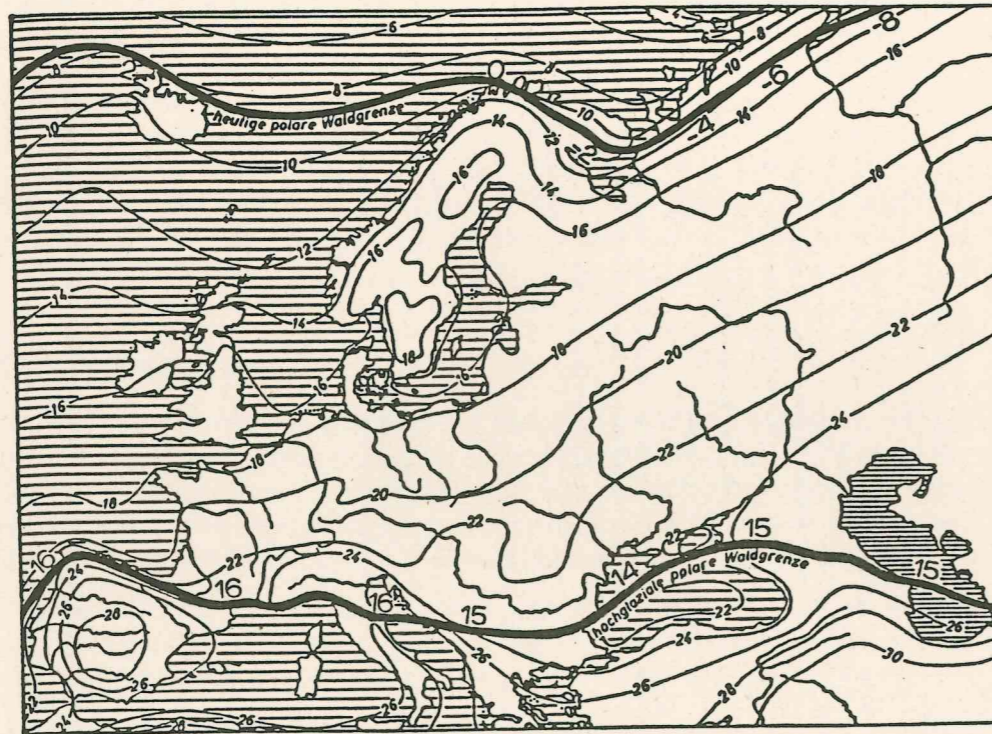


Abb. 3: Die Südverschiebung der polaren Waldgrenze während der pleistozänen Vereisungen in Europa. Dünne Linien: heutige Juli-Temperaturmittel; große Zahlen: heutige Jahres-Temperaturmittel (aus WOLDSTEDT & DUPHORN 1974).

Elster-Eiszeit

In dieser ersten, der elsterglazialen Vereisung drangen die Gletscher des Inlandeises sehr weit nach Süden vor. Sie erreichten den Mittelgebirgsrand und überfuhren sogar den Kamm des Zittauer Gebirges. Die Geschiebe stammen zum größten Teil aus dem Osten der heutigen Ostsee (ostfennoskandischer Typ), die natürlich während der Eiszeit unter einem 1.000 - 2.000 m dicken Eispanzer lag, wie Abb. 4 zeigt. Unter der Auflast der großen Eismassen senkte sich das Land leicht ab, um dann bei Abschmelzen der Gletscher wieder aufzusteigen.

Zu Beginn der Vereisungen standen in Norddeutschland *tertiäre* und evtl. quartäre Lockersedimente (Sande und Schluffe des *Miozän* und Tone des *Oligozän*) oberflächennah in großer Mächtigkeit an. Die Gletscher des Elster-Glazials schufen in diesem Untergrund Rinnen (*subglaziale Exaration*), die im Berliner Raum bis zu 150 m und mehr tief eingeschnitten sein können. Bevorzugte Richtung für den Verlauf dieser (subglazialen) Rinnen ist etwa N - S. In den geologischen Profilen (Abb. 5) kommen diese Rinnensysteme deutlich zum Ausdruck. Die Bedeutung dieser Rinnen für die heutige Wasserwirtschaft in Berlin ist enorm: einerseits finden sich dort trotz des Auftretens von zwei *Geschiebemergeln* während der Elster-Eiszeit mächtige Grundwasserleiter aus *glaziären* Sedimenten, die heute bevorzugte Grundwasserleiter für die Trinkwasserförderung darstellen, andererseits kann in den Erosionsbereichen des *Rupeltons* Salzwasser aus den *mesozoischen* Festgesteinen in die Süßwasser führenden quartären Schichten aufdringen.

Durch die Bohrprogramme Nord und Süd in West-Berlin sowie Erkundungen der DDR in Ost-Berlin und im Umland sind einige dieser Rinnen festgestellt worden. Die bisher bekannten tiefen Rinnen sind von WURL (1994) zusammengetragen worden und in Abb. 6 dargestellt.

Daraus ergibt sich ein verzweigtes System. Der Verlauf der Rinnen stellt oft nur eine Aneinanderreihung vieler *Auskolkungen* dar, die durch kleinere „Erhebungen“ voneinander getrennt sind. Die Namen der Rinnen leiten sich aus ihrem Verlauf ab und sind hier z.T. nur zum besseren Verständnis vergeben worden.

- Von Norden erreichen im wesentlichen zwei tiefe Rinnen das Berliner Stadtgebiet (BACHMANN & SOLLING 1981): eine westlich der Havel gelegene, bis -100 m NN herabreichende Rinne erstreckt sich unter dem Spandauer Forst in südöstlicher Richtung bis Hakenfelde. Sie setzt sich dann in der Havelrinne fort, die von Hakenfelde unter der Zitadelle Spandau, die Spree zwischen Mündung und Sophienwerder querend, über den Südhafen Spandau, Grimnitzsee, Pichelssee, Schildhorn, Havelberg, Schwanenwerder, Großer Wannensee, Nikolassee bis etwa nach Dreilinden (WURL 1994) und weiter nach Süden reicht (BACHMANN & SOLLING 1981). Die zweite, weiter östlich gelegene Rinne verläuft in Berlin in einem halbkreisförmigen Bogen (BACHMANN & SOLLING 1981): sie streicht etwa von Zepernick über Lindenberg, Malchow, Weissensee, Friedrichshain, in den Norden von Treptow. Die Neuköllner Rinne knickt dann nach Süden ab und verläuft über Neukölln, Britz, Buckow nach Lichtenrade. Nördlich von Friedrichshain knickt die Kreuzberger Rinne ab und verläuft in südwestlicher Richtung über Kreuzberg und Schöneberg, um dann in die Charlottenburg-Stahnsdorfer Rinne (s.u.) einzumünden (WURL 1994). Die Sohle der Rinnen fällt von Norden nach Süden von etwa -100 m NN auf etwa -150 m NN ab. Diese Tendenz wird jedoch von einigen kleineren „Erhebungen“ unterbrochen.
- Zusätzlich zu diesen Rinnensystemen sind mehrere Rinnen zu nennen, die in Berlin und Umgebung beginnen. Von West nach Ost gegliedert ist zunächst die etwa parallel zur Havelrinne in Höhe der Schleuse Charlottenburg, wahrscheinlich schon in Tegel mit der Tegeler Rinne beginnende Tegel-Stahnsdorfer Rinne (bei WURL 1994 Wilmersdorfer Rinne

genannt) zu nennen, die sich in Stahnsdorf mit der Havelrinne vereinigt. Etwa in Kaulsdorf vertieft sich die *Quartärbasis* von -50 m NN auf zunächst -100 m NN in Köpenick (BACHMANN & SOLLING 1981). Südlich von Bohnsdorf schwenkt die weitgehend N-S verlaufende Rinne in NE-SW ein und sinkt dabei bis auf -500 m NN ab. Wahrscheinlich trifft sie hier auf die aus Lichtenrade kommende Rinne. Weiter östlich zieht eine Rinne von Fürstenwalde in südwestlicher Richtung bis Schmöckwitz und von dort nach Süden unter der Dahme entlang (BACHMANN & SOLLING 1981).

Das hier grob skizzierte System zeigt ein sehr stark ausgeprägtes Relief der Quartärbasis mit Höhendifferenzen von z.T. einigen 100 m. Die Flanken der Rinnen sind sehr steil und nur im gefrorenen Zustand können sie überhaupt gehalten haben, ohne daß sofort Lockergestein nachgerutscht ist. Diese subglazialen Rinnen wurden mit *klastischem* Material (Sand, Schluff, Geschiebemergel, Ton) verfüllt. *Organogene* Sedimente (Mudden, Torfe) fehlen hier fast vollständig. Die Geschiebemergel stammen aus der Zwickauer (E1) und der Markranstädter (E2) Phase (s. Abb. 2). In dem dazwischenliegenden *Interstadial* wurden hauptsächlich Sande abgelagert. Während des Interstadials soll ganz Norddeutschland eisfrei geblieben sein.

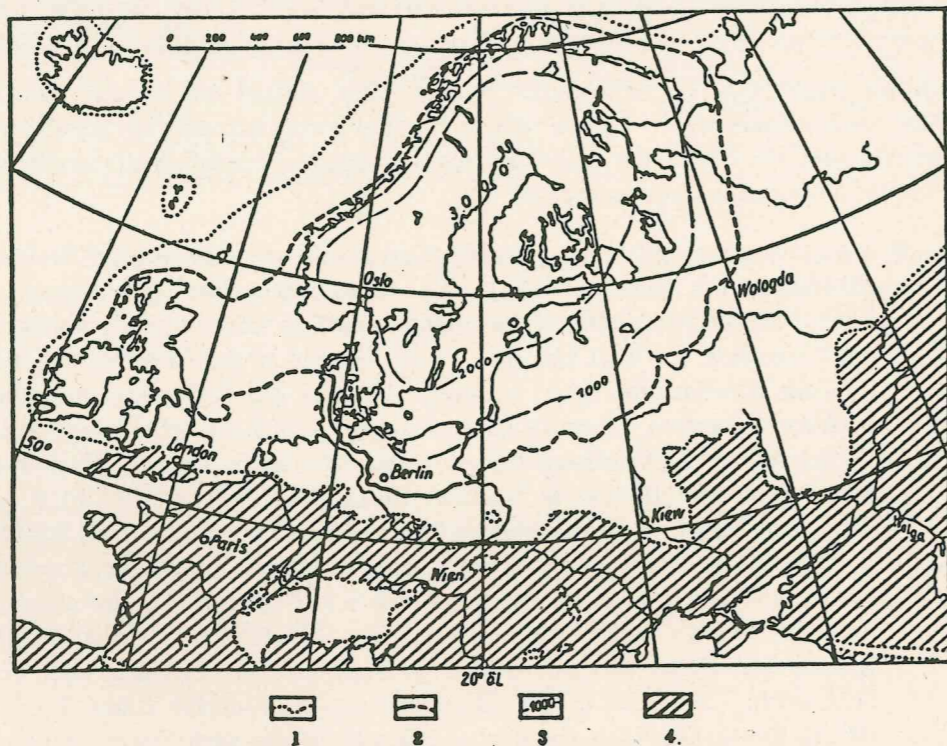
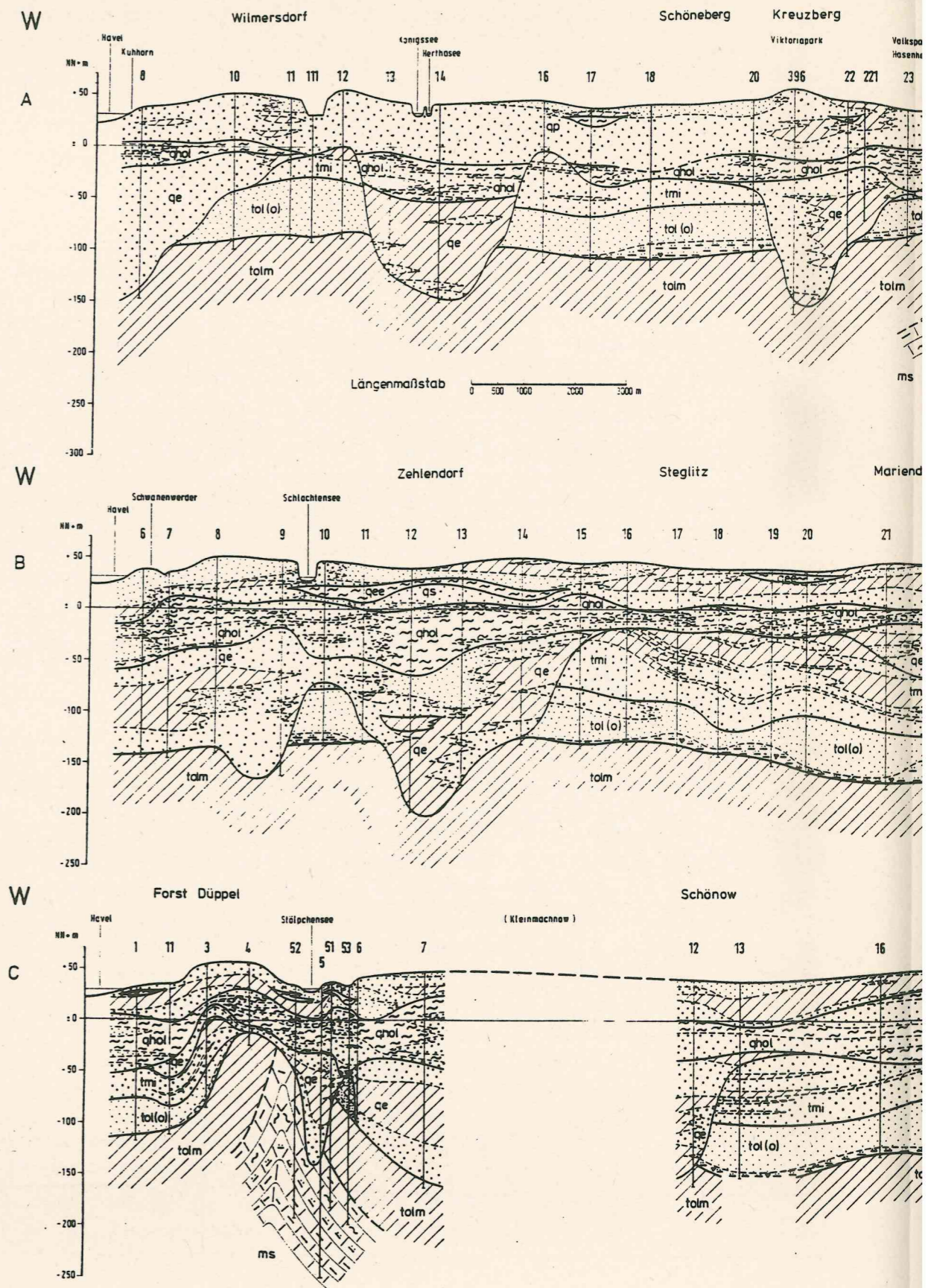


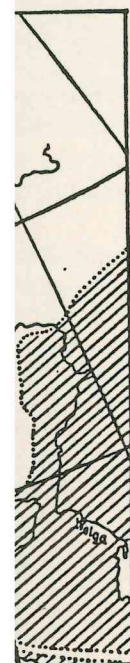
Abb. 4: Überblick über das nordeuropäische Vereisungsgebiet. 1 = Maximale Vereisungsgrenze. 2 = Grenze der Weichsel-Vereisung. 3 = Höhenkurven für den Eisschild der Weichsel-Vereisung. 4 = Unvergletschert gebliebenes Gebiet (aus WOLDSTEDT & DUPHORN 1974)

Quartär und Tertiär im Sü (Bereich der Teltow-



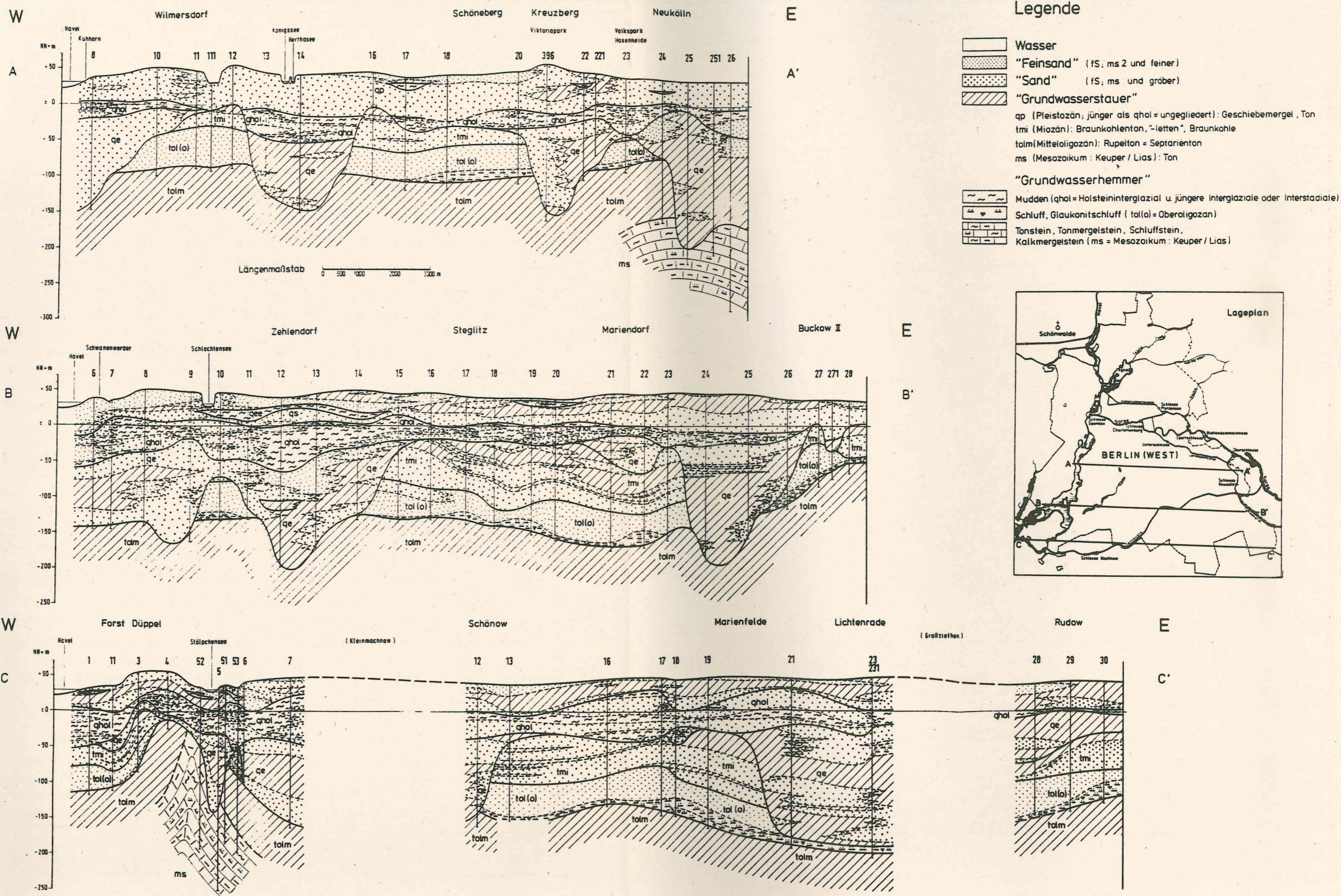
Kaulsdorf
Köpenick
stehend N-S
rscheinlich
Rinne von
üden unter

irbasis mit
nd nur im
ckergestein
d, Schluff,
hier fast
tädter (E2)
lich Sande



aximale
1974)

Quartär und Tertiär im Süden von Berlin (West) (Bereich der Teltow-Hochfläche)



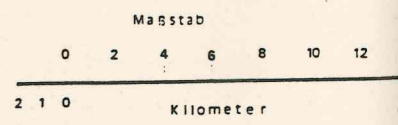
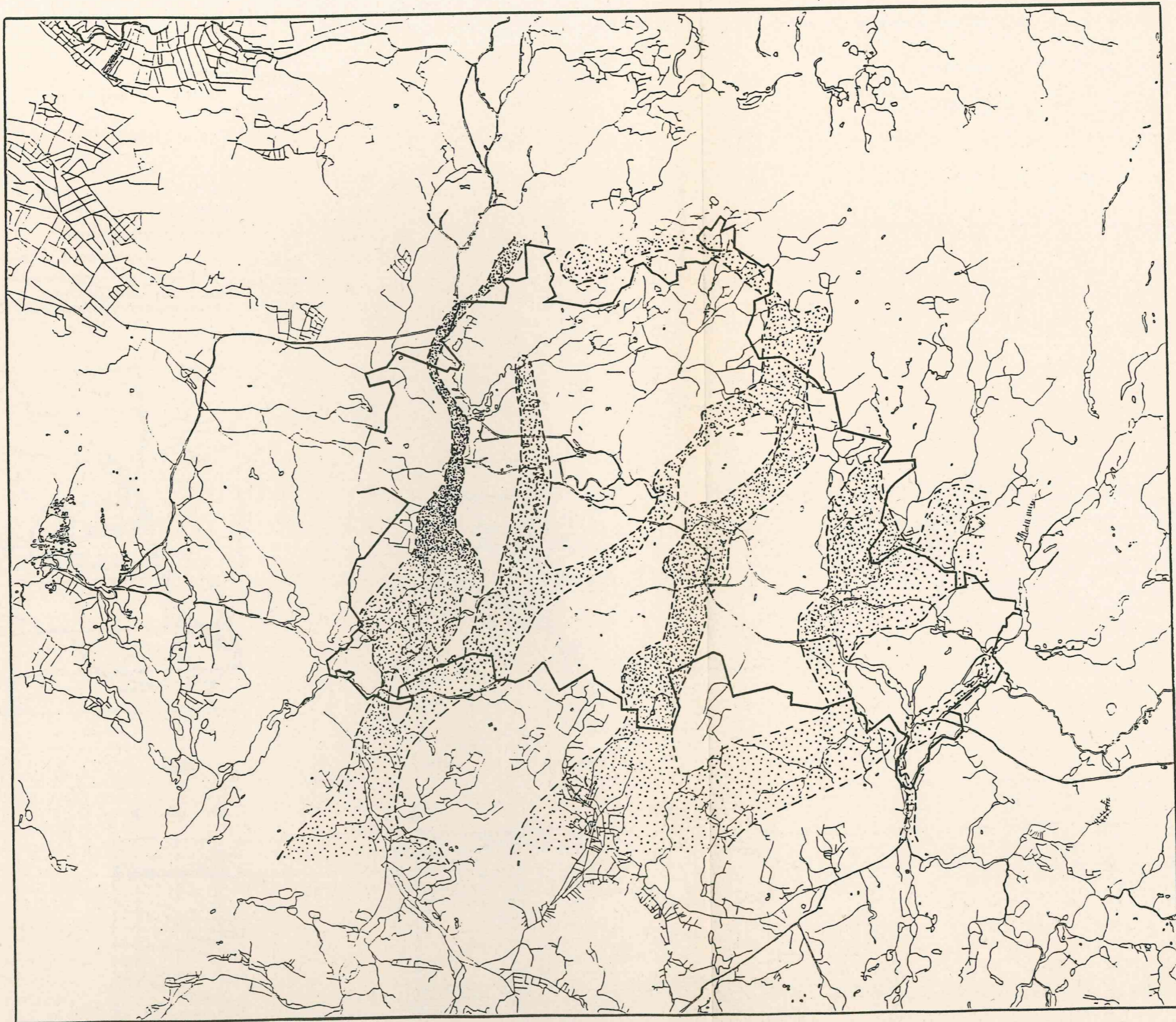
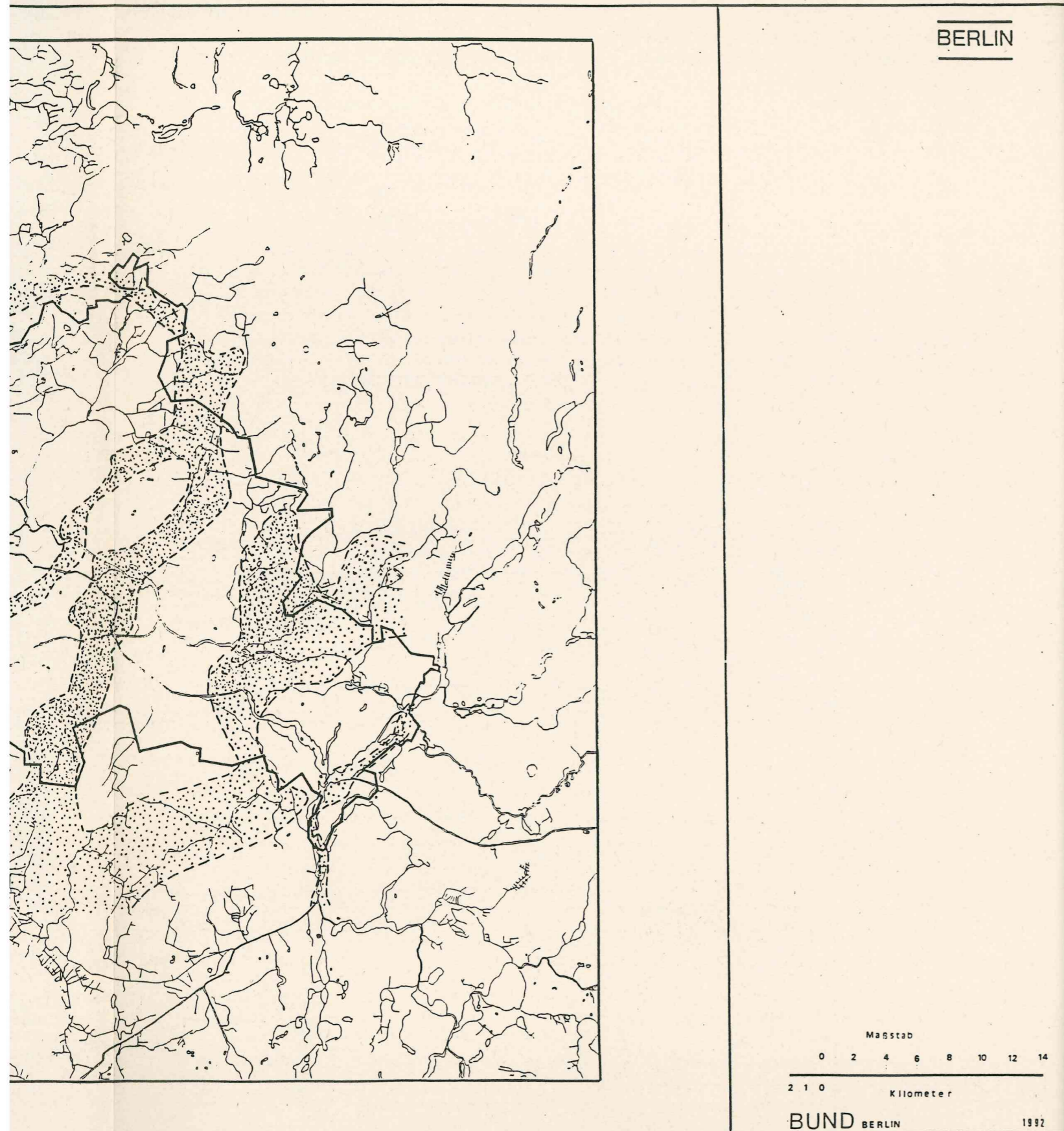


Abb. 6: Elsterglaziale Rinnen in Berlin (nach WURL 1994 sowie BACHMANN & SOLLING 1981)



Am Ende der Elster-Eiszeit lag im Norddeutschen Raum eine ähnlich lebhaft Morphologie vor wie heute im weichselglazial geprägten Gebiet. Die Oberkante der elsterglazialen Schichten liegt heute in einer Tiefe von etwa -20 ± 10 m NN.

Trotz der starken *erosiven* Wirkung der elsterglazialen Vereisung sind die Geschiebemergel nicht überall in Berlin erhalten geblieben. Insbesondere der ältere elsterglaziale Geschiebemergel ist in großen Teilen Berlins während der Makranstädter Phase erodiert worden.

Holstein-Warmzeit

Während der an das Elster-Glazial anschließenden Warmzeit, dem Holstein-Interglazial, wurden insbesondere im südlichen Berliner Raum Tone, Torfe und faulschlammartige Bildungen abgelagert (WOLDSTEDT & DUPHORN 1974, WALTER 1992, FREY 1991, ASSMANN 1957). Insbesondere im Norden Berlins treten jedoch auch Sande und Kiese auf. Diese *limnischen* Sedimente stammen von großen Seen in der Nähe der Nordseeküste. Die Nordsee schob sich zu dieser Zeit bis nach Westbrandenburg vor. Außerdem wurden von *mäandrierenden* Flüssen Sande und Schlämme abgelagert, die aus den Mittelgebirgen weit südlich von Berlin stammen (Erzgebirge usw.). Dies entspricht etwa den Stromrichtungen der heutigen Flüsse (Spree, Elbe). GENIESER (1962) spricht daher von einem Berliner Elbelauf. Die insgesamt maximal 15 m bis 20 m mächtigen Schichten des Holstein-Interglazials zeigen sehr deutlich den Verlauf der Erwärmung und der späteren Abkühlung des Klimas anhand der Pollen, die in den Sedimenten gefunden wurden. Größere Temperaturschwankungen unterbrachen die insgesamt 15.000 bis 16.000 Jahr dauernde Entwicklung vom Ende der Elster-Eiszeit über ein Klimaoptimum mit Eichenmischwäldern bis zum Beginn der Saale-Eiszeit.

Heute sind holstein-interglaziale Schichten in Tiefen von etwa -10 bis 0 m NN anzutreffen. Nur in einzelnen Schuppen wurden sie von den Saale- und Weichsel-Gletschern in die Nähe der heutigen Erdoberfläche geschoben.

Saale-Eiszeit

Die Gletscher der Saale-Eiszeit drangen nicht ganz so weit wie die elstereiszeitlichen Gletscher nach Süden vor, dafür erreichten sie im Westen die Niederlande. Die gegenüber dem Elster-Glazial veränderten Fließrichtungen des Eises kommen in der Zusammensetzung der Geschiebe zum Ausdruck, die während des ersten der drei Vorstöße aus Mittel- bis Südschweden kamen und im zweiten Stadium (wie in der Elster-Eiszeit) aus dem Osten der heutigen Ostsee.

Die erste Phase, das Drenthe-Stadium oder die Saale-Kaltzeit i.e.S., arbeitete bei ihrem Vorstoß z.T. Holstein-Interglaziale Schichten auf. So kommt es, daß im Norden Berlins nur wenige Reste dieser z.T. fossilreichen Schichten angetroffen werden. Insgesamt wurden allerdings während der Saale-Eiszeit nicht so tiefe Erosions- bzw. Exarationsrinnen angelegt wie während des Elster-Glazials. Sie erreichen selten Tiefen von mehr als 20 m.

Wie aus Abb. 7 hervorgeht, läßt sich auch das Drenthe-Stadium in viele einzelne Phasen und Staffeln unterteilen. Diese Aufteilung ist jedoch nicht nur verwirrend, für den Berliner Raum trifft sie sicherlich auch so nicht zu; hier wurde während des Drenthe-Stadiums (Saale i.e.S.) lediglich ein Geschiebemergelkomplex abgelagert. Dieser ist auch nicht sehr weit verbreitet und nur in einigen Senken erhalten geblieben.

Für die Interstadiale zwischen Saale i.e.S (Drenthe-Stadium), Fläming-Kaltzeit (Warthe-Stadium) und Lausitzer Kaltzeit nimmt WALTER (1992) an, daß Norddeutschland eisfrei war. Da jedoch

fossile Spuren dazwischenliegender Warmzeiten fehlen, wird diese Aussage beispielsweise von LIMBERG (1991) relativiert.

Der Geschiebemergel des zweiten Saale-Stadiums, der Fläming-Kaltzeit oder des Warthe-Stadiums, ist wesentlich weiter verbreitet als der des Drenthe-Stadiums und auch wesentlich mächtiger. Er bildet heute noch einen Teil der „Geschiebemergelplatten“ des Teltow und des Barnim auf. Im Bereich des Urstromtals sind die Geschiebemergel des Saale-Glazials kaum noch vorhanden.

Die Existenz eines dritten Saale-Stadiums, der Lausitzer Kaltzeit, ist stark umstritten. Da es für unser Thema keine bedeutende Rolle spielt, soll an dieser Stelle nur gesagt werden, daß vereinzelt ein weiterer Geschiebemergelhorizont auftritt (der im NE der Stadt auch eine Mächtigkeit von mehreren m erreichen kann) und daß dieser zusätzliche Geschiebemergel dem Saale-Glazial zugerechnet wird. Ob er einer Phase des Warthe-Stadiums entspricht oder ein eigenes Stadium darstellt, bleibt dem Expertenstreit vorbehalten.

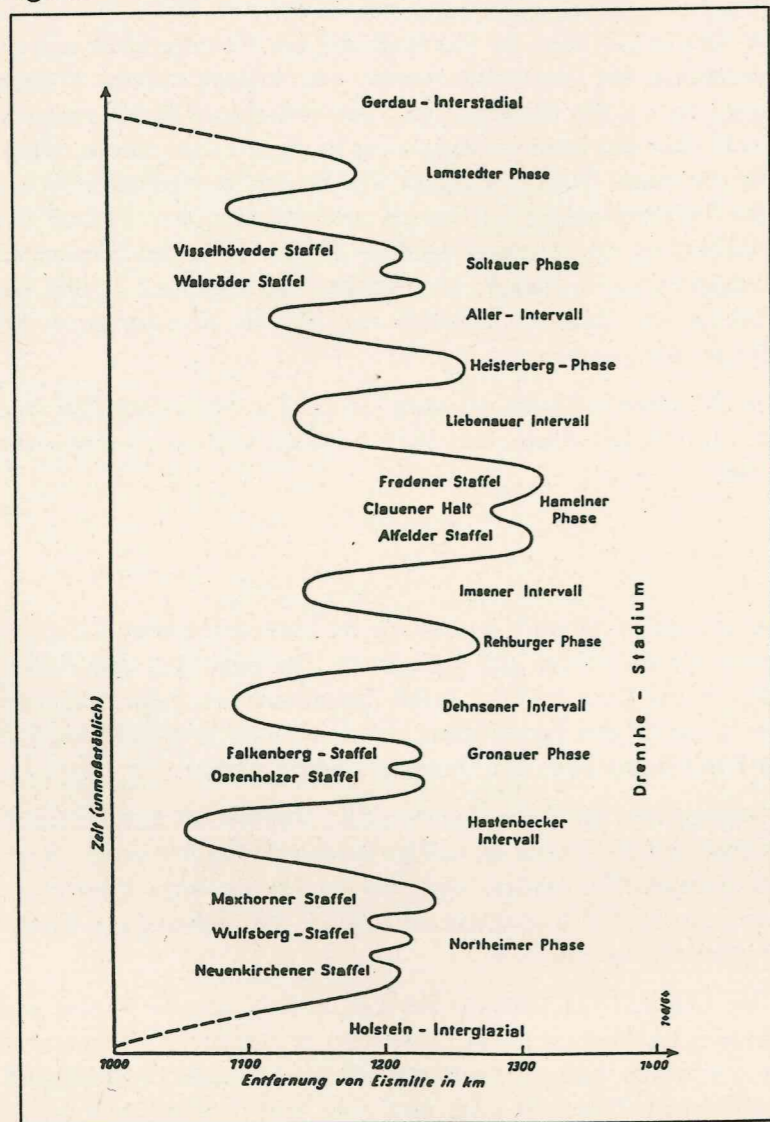


Abb. 7: Eisrandlage/Zeit-Diagramm für einen Sektor des drenthestadialen Vereisungsgebietes im Raum Hamburg-Hannover (aus WOLDSTEDT & DUPHORN 1974)

Ebenso wie die Geschiebemergel der Elster-Eiszeit so sind auch die der drei Stadien des Saale-Glazials nicht im gesamten Berliner Raum vertreten. Neben den Geschiebemergeln treten Beckenablagerungen (Tone in Stillwasserbereichen) und Schmelzwasserablagerungen (Sande und Kiese in Flüssen) auf. Organogene Sedimente fehlen jedoch auch während der Saale-Interstadiale.

Während des Rückzugs des saaleglazialen Eises war übrigens das heutige Warschau-Berliner Urstromtal angelegt worden. Genaueres weiß man über das Flußnetz vor der weichselglazialen Vergletscherung jedoch nicht, da die letzte Eiszeit nahezu alle Spuren getilgt hat.

Eem-Warmzeit

Die Sedimente der Eem-Warmzeit (zwischen der Saale-Eiszeit und der Weichsel-Eiszeit) sind bei weitem nicht so verbreitet wie die des Holstein-Interglazials. Sie sind weder so zusammenhängend noch so mächtig wie die limnischen Ablagerungen des ersten Interglazials. Die Landschaft war zu dieser Zeit wohl eher kuppig, mit wassergefüllten *Hohlformen*, die das Eis zurückgelassen hatte. In diesen Hohlformen bildeten sich Mudden, Faulschlämme und Torfe, deren Mächtigkeit i.d.R. bei 1 - 2 m liegt. Außerhalb Berlins fand man in diesem Horizont eine umfangreiche Säugetierfauna (ASSMANN 1957). Eine Mischung Eem-Interglazialer und Weichsel-Frühglazialer Faunen zeigt im "Rixdorfer Horizont", daß, zu unterschiedlichen Zeiten, wärmeliebende Tiere wie Hirsche, Höhlenlöwen und Pferde und kälteliebende Tiere wie Mammut, Wollnashorn, Ren, Wolf, Braunbär und Eisfuchs hier gelebt haben. Die ersten Anzeichen der Anwesenheit von Menschen stammen übrigens ebenfalls aus dieser Zeit. Von Neandertalern oder den Vorläufern des Homo sapiens (Homo praesapiens) bearbeitete Knochen des Riesenhirsches, die in einer Spandauer Kiesgrube gefunden wurden, werden auf die Zeit vor etwa 55.000 Jahren datiert.

Weichsel-Eiszeit

Für die heutigen Landschaftsformen wurde die Weichsel-Eiszeit prägend. Einen Überblick über die klimatische Entwicklung dieses letzten Glazials gibt Abb. 8. Diese Eiszeit dauerte wie die Saale-Eiszeit etwa 60.000 Jahre, während die Elster-Eiszeit mit über 100.000 Jahren wesentlich länger dauerte. Für die Dauer der Interglaziale werden etwa gleiche Größenordnungen angegeben (WALTER 1992).

Der Beginn des Weichsel-Glazials ist durch eine lange Frühglazialzeit gekennzeichnet, in der noch keine Eisvorstöße stattfanden. Erst vor ca. 20.000 Jahren begann das Brandenburger Stadium. Das Eis schob sich bis etwa 40 km südlich von Berlin vor. Die *Endmoränen* ziehen etwa von Brandenburg über Beelitz, Luckenwalde bis nach Guben. Das Schmelzwasser floß über z.T. ausgedehnte *Sanderflächen* nach Süden in das Baruther Urstromtal und von dort nach West-Nordwest zur Elbe und zur Nordsee (s. Abb. 9). Im Norden des Endmoränenzuges liegen die *Grundmoränenplatten* des Teltow und der Nauener Platte, der Zauche, der Baruther Platte und der Krausnicker Berge. Der Geschiebemergel wird häufig von Schmelzwassersanden überdeckt, die vom allmählichen Rückzug der Gletscher nach Norden zeugen.

In Berlin werden in der Weichsel-Eiszeit vereinzelt zwei Geschiebemergelhorizonte unterschieden, die durch einen Sand getrennt sind und von einer *Oszillation* der Gletscher zeugen. Sie sind oberflächennah im Süden Berlins (auf der Teltow-Hochfläche) im Westen Berlins (auf der Nauener Platte) und im Norden Berlins (auf dem Barnim) anzutreffen. Getrennt werden Teltow und Barnim durch das Warschau-Berliner Urstromtal und die Nauener Platte vom Teltow durch die Havel. Endmoränenstaffeln, die kurzzeitige Eisvorstöße oder eine länger andauernde Stillstandsphase anzeigen, finden sich beispielsweise in den Müggelbergen. Auch die Grunewaldberge zeugen von der pendelnden Bewegung des Eises.

Während des Frankfurter Stadiums gelangte das Eis nicht mehr bis nach Berlin. Die Endmoränenzüge liegen etwa 10 km nördlich der Stadt. Nach Süden schließen sich die Sanderflächen und die Grundmoränenplatte des Barnim an. Dennoch prägte dieses und sogar das folgende Pommersche Stadium die Berliner Landschaft stark.

Die Schmelzwässer flossen nach Süden in das Warschau-Berliner Urstromtal und wurden von dort nach West-Nordwest zur Nordsee abgeführt. Sie erodierten dabei den Geschiebemergel in den meist Nord-Süd verlaufenden Schmelzwasserrinnen. Nach ASSMANN (1957) läßt die Abfolge

der im Urstromtal erbohrten Schichten darauf schließen, daß dieses Tal auch schon während des Saale-Glazials bestanden haben muß.

Die subpolaren Klimaverhältnisse führten auf den Grundmoränenflächen zu Periglazialstrukturen (Eiskeile usw., s. Kap. 3.2).

Abb. 10 gibt einen schematischen Überblick über die Entstehung von Landschaftsformen und Gesteinen während und nach einer Vereisung. Für das West-Berliner Gebiet wird der Zustand nach dem endgültigen Rückzug der Gletscher am Ende der Weichsel-Eiszeit vor etwa 10.000 Jahren vor heute (v.h.) anhand des Blockbildes Abb. 11 deutlich.

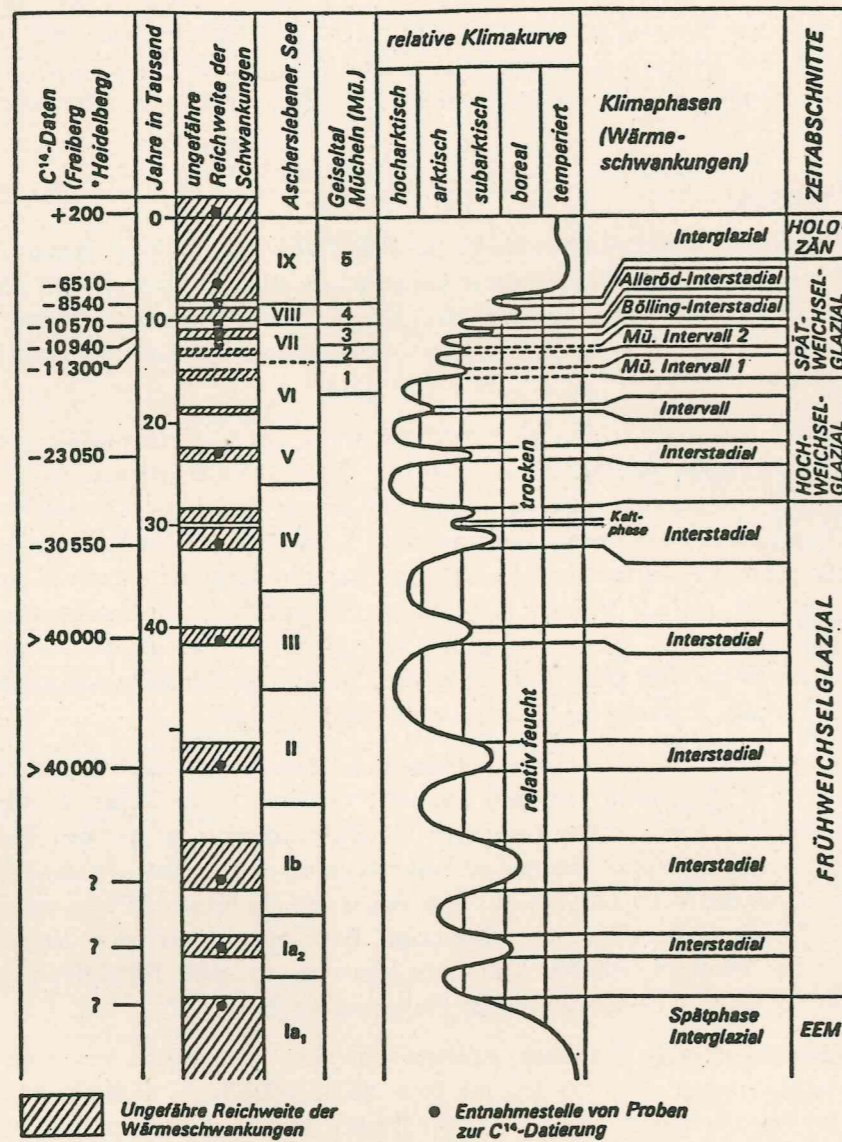


Abb. 8: Chronostratigraphie und Klimakurve der Weichsel-Kaltzeit im nordöstlichen Harzvorland (nach MANIA & STECHEMESSER, 1970)

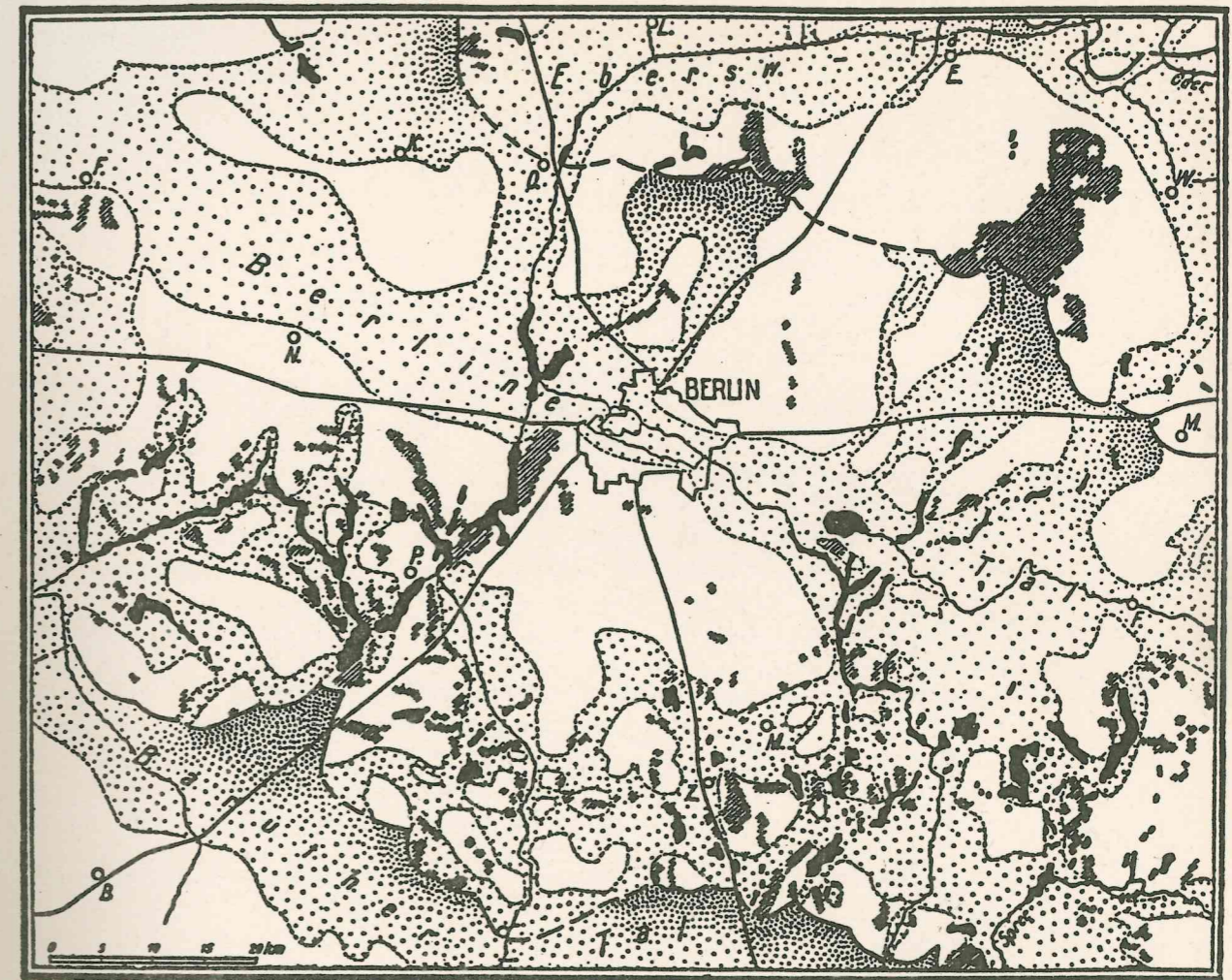


Abb. 9: Weichseleiszeitliche, glaziäre Aufschüttungslandschaft in der Umgebung von Berlin (aus WOLDSTEDT & DUPHORN 1974)

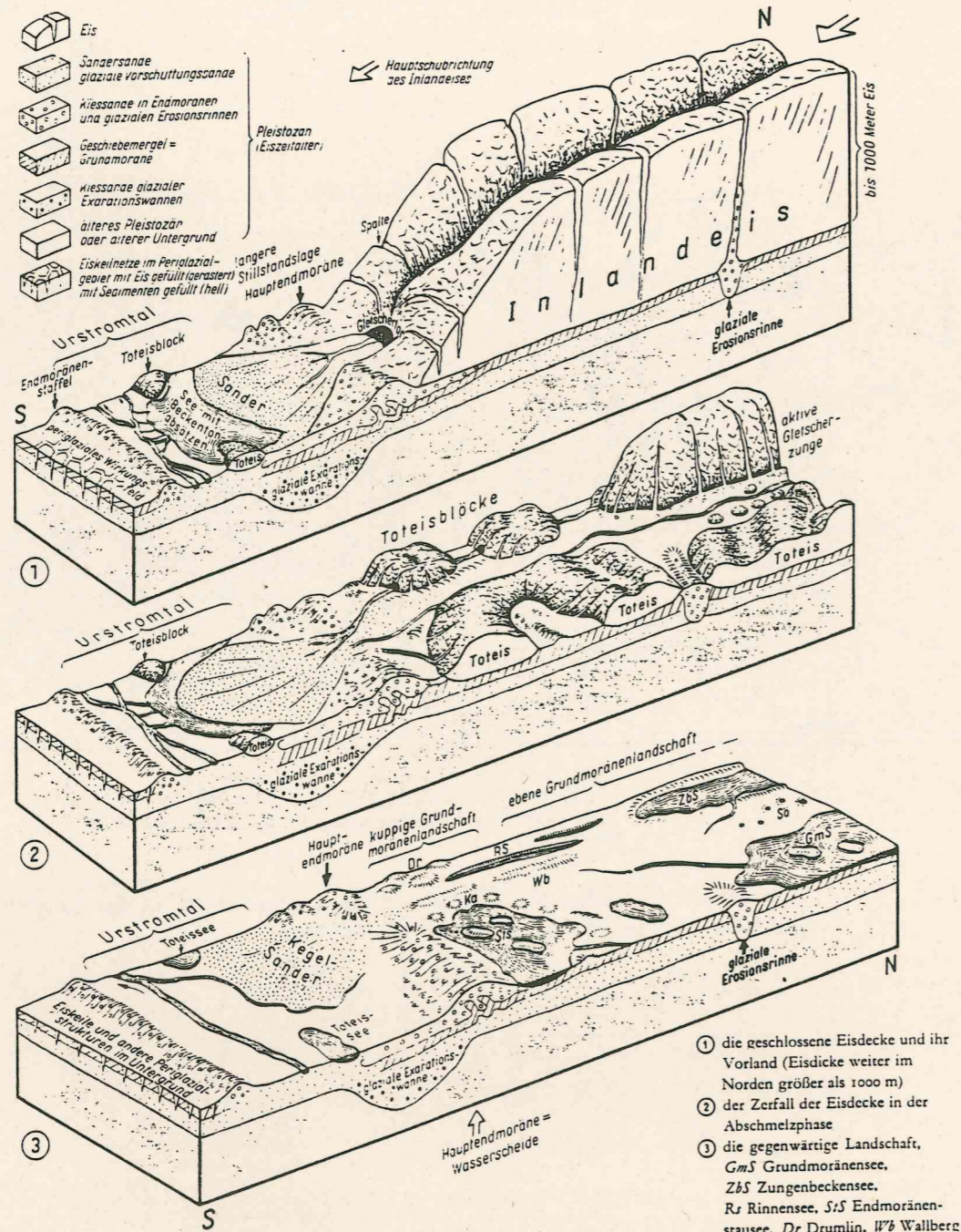


Abb. 10: Die Formung der Landschaft des Norddeutschen Tieflandes durch das eiszeitliche Inlandeis (aus WAGENBRETH & STEINER 1989)

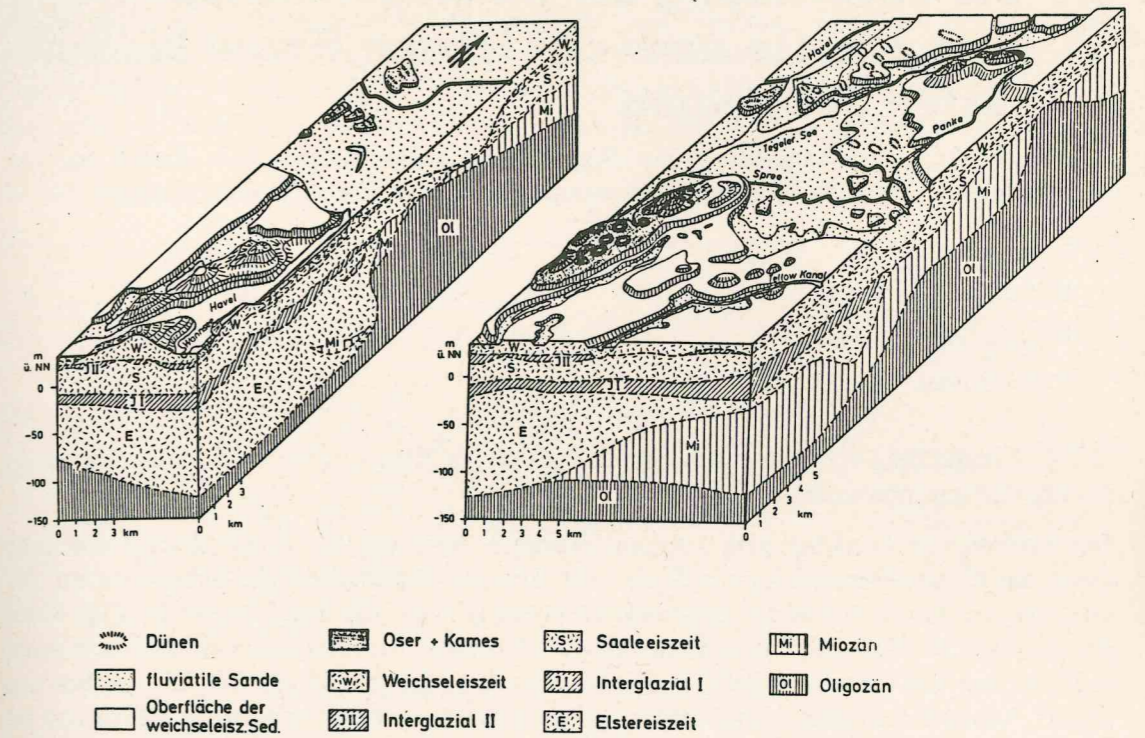


Abb. 11: Schematisches Blockbild des Gebietes von West-Berlin (aus KALLENBACH 1980)

3.2 Die Entwicklung der naturräumlichen Verhältnisse nach der letzten Eiszeit bis zur festen Besiedlung

Die Beschreibung der Entwicklung der Region zum Ausgang der letzten Eiszeit bis zur Besiedlung durch den Menschen umfaßt im wesentlichen vier Aspekte: Die Entwicklungen

- der Morphologie,
- des Gewässernetzes,
- der Vegetation und
- des Bodens.

In Tab. 1 (siehe Seite 42) wurde versucht, die Entwicklung anhand einer Art Zeittafel deutlich zu machen und zusammenzufassen.

Der Rückzug der Gletscher ging langsam vonstatten. Während des Brandenburger Stadiums diente das Glogau-Baruther Urstromtal bis zur Elbe als Abflußtal für die Schmelzwässer der Gletscher und für die von Süden zuströmenden Flüsse (s. Abb. 12). Den heutigen Lauf der Oder gab es wegen der Eismassen nördlich des Glogau-Baruther Urstromtals nicht, so daß tatsächlich auch das weit von Osten herangeführte Wasser über dieses Urstromtal und die Elbe zur Nordsee abfloß. Während das südlich des Eisrandes gelegene Gewässernetz seine Struktur behielt und sie z.T. wegen der *Dauerfrostböden*, in denen Wasser nicht versickern sondern nur oberflächlich abfließen konnte, noch mehr ausprägte, wurde das alte Gewässernetz unter dem Eis vollständig zerstört (MARCINEK 1969). Stattdessen wurden unter dem Eis einige Rinnen und Becken angelegt.

Als sich das Eis nach Norden zurückzog, verlagerte sich auch die jeweils aktive Abflußbahn der Schmelzwässer nach Norden. Der Eisrand lag zu dieser Zeit etwa im Verlauf Mittenwalde-Blankenfelde-Norden von Potsdam-Friesack-Kyritz (SCHOLZ 1989). Der Lauf des Urstroms wand sich nach Freigabe der Zauche und der Lieberoser Hochfläche zwischen diesen beiden hindurch. Nördlich der Zauche entstand das Potsdamer Urstromtal, das sich nunmehr vom Spreewald bis etwa zur heutigen Havelmündung in die Elbe erstreckte (s. Abb. 12).

Während der Zeit der Frankfurter Eisrandlage wurde das Warschau-Berliner Urstromtal geschaffen bzw. erneut (nach der Saale-Eiszeit, s. Kap. 3.1) aktiviert. Panke, Wuhle und Erpe führten im Berliner Raum die Schmelzwässer vom Eisrand zum Urstromtal. Die Oder im heutigen Sinne gab es immer noch nicht. Das Wasser floß immer noch im Urstromtal am südlichen Eisrand nach Westen zur Elbe hin.

Zwischen der Frankfurter und der Pommerschen Eisrandlage diente das Warschau-Berliner Urstromtal weiter als Abflußbahn. Der westliche Teil des Urstromtals wurde sogar weiterhin, während des gesamten Pommerschen Stadiums durchflossen.

Zur Zeit der Pommerschen Eisrandlage wurden die Schmelzwässer dann über das Thorn-Eberswalder Urstromtal abgeführt. Die Oder floß jedoch weiterhin im Berliner Urstromtal. Sie nahm dabei das Wasser von Spree und Dahme auf (MARCINEK 1969).

Die Entwicklung der Morphologie des Berliner Raums wurde mit dem Rückzug des Eises weitgehend vorgezeichnet: es entstand eine Landschaft mit höhergelegenen „Platten“ und den tiefergelegenen Talbereichen, den Urstromtälern und einer Reihe von Durchbruchstätern, die bei der Nordverlagerung der Schmelzwasserabflußbahnen zeitweilig eine große Rolle spielten und

heute die Durchbruchstäler von Spree, Dahme, Nuthe, Nieplitz usw. bilden. In den Urstromtälern wurde der ursprünglich auch dort abgelagerte Geschiebemergel vom Wasser abgetragen. Hiervon zeugen die auch dort anzutreffenden Steinlagen und Findlinge, die vom Wasser nicht weggeschwemmt wurden. Vom Eisrand floß das Schmelzwasser nach Süden ab. Die Täler des Tegeler Fließes, der Panke, Wuhle, Erpe, des Fredersdorfer Mühlenfließes und der Löcknitz entstanden auf diese Weise. Die Hochflächen bestehen aus den oft nicht horizontbeständigen, sehr oft von Sanden unterbrochenen Geschiebemergeln. Die wasserstauenden Schichten des Geschiebemergels wurden beim Rückzug des Eises großflächig von Sanden überdeckt.

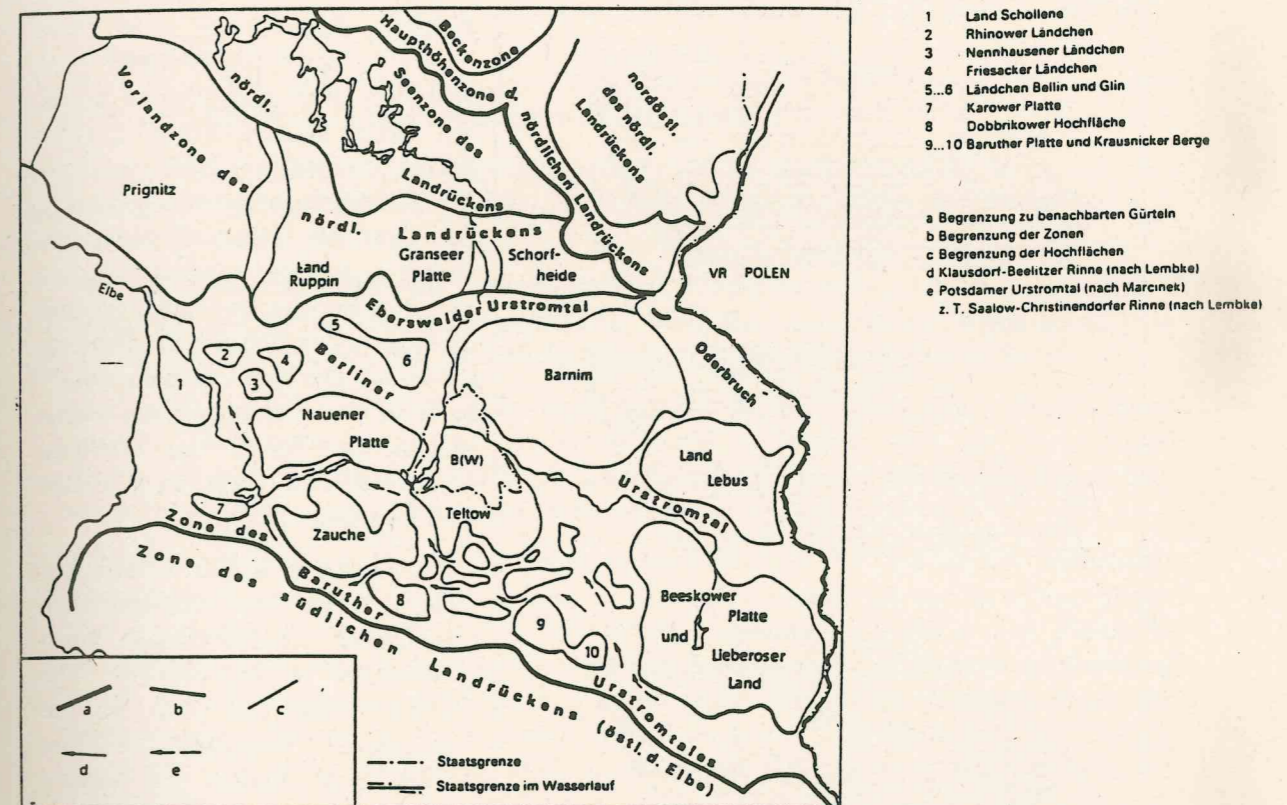


Abb. 12: Das Gebiet der brandenburgischen Platten und Urstromtäler bzw. Niederungen mit angrenzenden Landschaften (nach MARCINEK & NITZ 1973).

Wegen der am Ende der Eiszeit zunächst fehlenden Vegetationsdecke waren die Gesteine sehr erosionsgefährdet. So wurden auf den Hochflächen Feinsande und Schluffe aus den Geschiebemergeln ausgeblasen und bis an den Rand der Mittelgebirge transportiert, wo sie z.T. mächtige Lössschichten bilden. Größere Sande wurden aus den Sanderflächen auf die Grundmoränenplatten verweht. Insbesondere in den Urstromtälern, aber auch vereinzelt auf den Grundmoränenplatten des Barnim und des Teltow sowie der Nauener Platte, liegen Dünen, die aus Feinsanden aufgebaut sind.

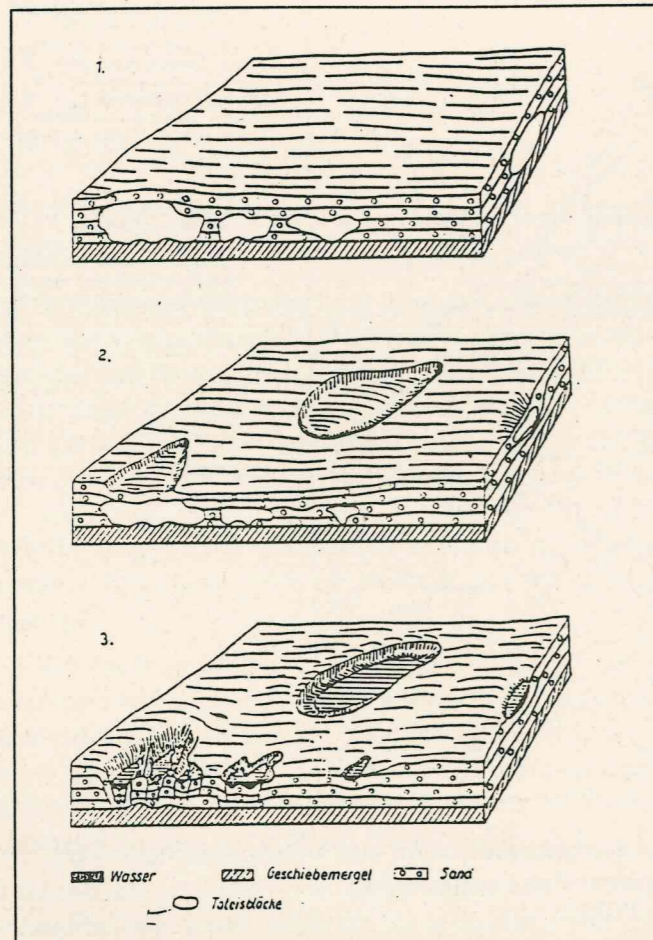
In den subglazial angelegten Senken, Rinnen, kleinen und großen Löchern lag häufig *Toteis*. Die Bedeckung mit Lockergestein bewirkte eine Isolation vor der zunehmenden Erwärmung.

Trotz des andauernden Frostes kam es in den periglazialen Bereichen zu ersten Bodenveränderungen. Durch oftmaliges Auftauen und anschließendes Wiedergefrieren (mit der

entsprechenden Ausdehnung des Wassers bzw. Eises) entstanden die charakteristischen Formen des Permafrostbodens: *Eiskeile* und *Strukturböden*, die z.T. auf Luftbildern noch heute zu erkennen sind.

Noch zur Zeit der Angermünder Staffel floß Schmelzwasser über die heutige Oranienburg-Spandauer Havelniederung in den westlichen Teil des Warschau-Berliner Urstromtals, das weiterhin von der Oder durchflossen wurde (MARCINEK 1969).

Mit dem Austauen der Toteisreste (Abb. 13) kam es zu einer weiteren Umgestaltung des Gewässersystems. Es bildeten sich abflußlose Senken, die größeren Becken wurden von den



Flüssen durchflossen. Erst jetzt bildete die Spree beispielsweise ihren weit nach Osten ausgreifenden Bogen aus (MARCINEK 1969). Die Oder bekam endgültig ihren heutigen Verlauf. Gleichzeitig verlängerte sich der Lauf der Spree. Während sie vorher in die Oder mündete, folgt sie jetzt dem Berliner Urstromtal (in dem die Oder vorher floß) bis zur Querung der Havel. Die Havel wiederum quert heute in einer zunächst durch Toteis plombierten Rinne das Berliner Urstromtal und fließt nach Süden zum Potsdamer Urstromtal.

Die abflußlosen Senken erhielten ihr Wasser meist über das auf dem umgebenden Geschiebemergel ihnen zufließende *Schichtenwasser*. Die meisten Pfuhe und Sölle sind in Toteissenken entstanden. Seltener werden diese Senken von echtem Grundwasser gespeist (Teufelssee im Grunewald oder Grunewaldseenkette).

Abb. 13: Entwicklung von Seen in Austaformen überschütteter Toteisreste

Im Laufe der weiteren Erwärmung tauten die wasserundurchlässigen Permafrostböden tiefgreifend auf und das Niederschlagswasser konnte in weit größerem Umfang als bis dahin versickern und unterirdisch abfließen. Dadurch wurde die Erosion stark vermindert. Mit der zunehmenden Erwärmung bildete sich auch eine Vegetationsdecke aus, die den Boden zusätzlich vor weiterer Erosion schützte.

Zunächst waren es hauptsächlich Sträucher und Kräuter, die das Land nach dem Rückzug der Gletscher neu besiedelten. Deren Pollen sind in den Ablagerungen wiederzufinden. Kleine Birken- und Weidengebüsche, Hahnenfußgewächse, Heidekraut u.ä. waren die ersten Besiedler vor 17.000 bis 15.000 Jahren v.h. (MÜLLER 1969).

Während der Bölling-Warmzeit (15.000 bis 12.500 J.v.h.) kamen dann die ersten Kiefern dazu, wobei nicht eindeutig auszumachen ist, ob die Kiefern die Birken verdrängten oder ob sie beide gleichzeitig auf bisher wenig bewachsenen Flächen siedelten.

Nach einer kurzen Abkühlungsphase, in der die Kiefern nur an günstigen Standorten überlebten, folgte mit dem Alleröd eine weitere Erwärmung (12.000 bis 11.000 J.v.h.). Zu dieser Zeit begann die massive Einwanderung der Kiefer vom Osten und Südosten in das nördliche und nordwestliche Mitteleuropa.

In der jüngeren Tundrazzeit (11.000 bis 10.000 J.v.h.) blieb diese Vegetation bestehen. Vor etwa 10.000 J.v.h. wird, ohne besondere Veränderungen der Vegetation im Berliner Raum, die Grenze zwischen Späteiszeit und Nacheiszeit (Holozän) gezogen. Die ersten nacheiszeitlichen Menschen zogen in unseren Raum ein. Spuren ihrer Tätigkeiten finden sich im Nikolassee und am Tegeler Fließ - geknüpft an die tiefergelegenen, wassernahen Standorte.

Während des Präboreal (auch Birken-Zeit genannt) wurden die Kiefernwälder, die vorher noch relativ licht waren, dichter. Erste Erlen und, in den Flußtälern, Ulmen und Eichen ziehen in unseren Raum ein.

Haselreiche Vegetationseinheiten ziehen im Boreal (9.800 bis 8.000 J.v.h.) über die Flußtäler auf die Grund- und Endmoränenstandorte (MÜLLER 1969). Ein trockenwarmes Klima herrscht vor und die Differenzierung der Wälder nach den unterschiedlichen Standorten nimmt zu.

Im Atlantikum (8.000 bis 5.000 J.v.h.) zogen die Laubgehölze (Eichen, Erlen, Linden, Ahorn) aus den Flußniederungen bis auf die Grund- und Endmoränen. Auf den Sanderflächen dominierten jedoch weiterhin die Kiefern. Insgesamt wird das Klima etwas feuchter. Gegen Ende des Atlantikums wandern die Buche und die Hainbuche ein.

In der ersten Hälfte des Subboreal, das insgesamt von 5.000 bis 2.500 J.v.h. dauerte, erreichte die Eichenausbreitung einen vorläufigen Höhepunkt, die Kiefern mußten sich auf die nährstoffarmen und grundwasserfernen Sander- und Talsandflächen zurückziehen. Buche und Hainbuche verdrängen Ulmen, Linden und Eschen aus den Mischwäldern. In der zweiten Hälfte des Subboreal wurde das Klima offenbar wieder kälter. Kiefern setzten sich wieder vermehrt durch. Die anthropogenen Einflüsse auf die Vegetation nehmen stark zu. Durch die Rodung auf sandigen Standorten, auf denen die Kiefern wuchsen, ist in den Pollenanalysen eine Zunahme von Laubhölzern zu verzeichnen (MÜLLER 1969).

Die Naturräume im heutigen Brandenburg und Berlin sind stark von den anthropogenen Veränderungen geprägt. Das hier betrachtete Gebiet (Berlin und Umland) ist Teil der Ostbrandenburgischen Platte, des Ostbrandenburgischen Heide- und Seengebiets, der Mittelbrandenburgischen Platten und Niederungen sowie des Luchlandes (s. Abb. 14) (SCHOLZ 1962).

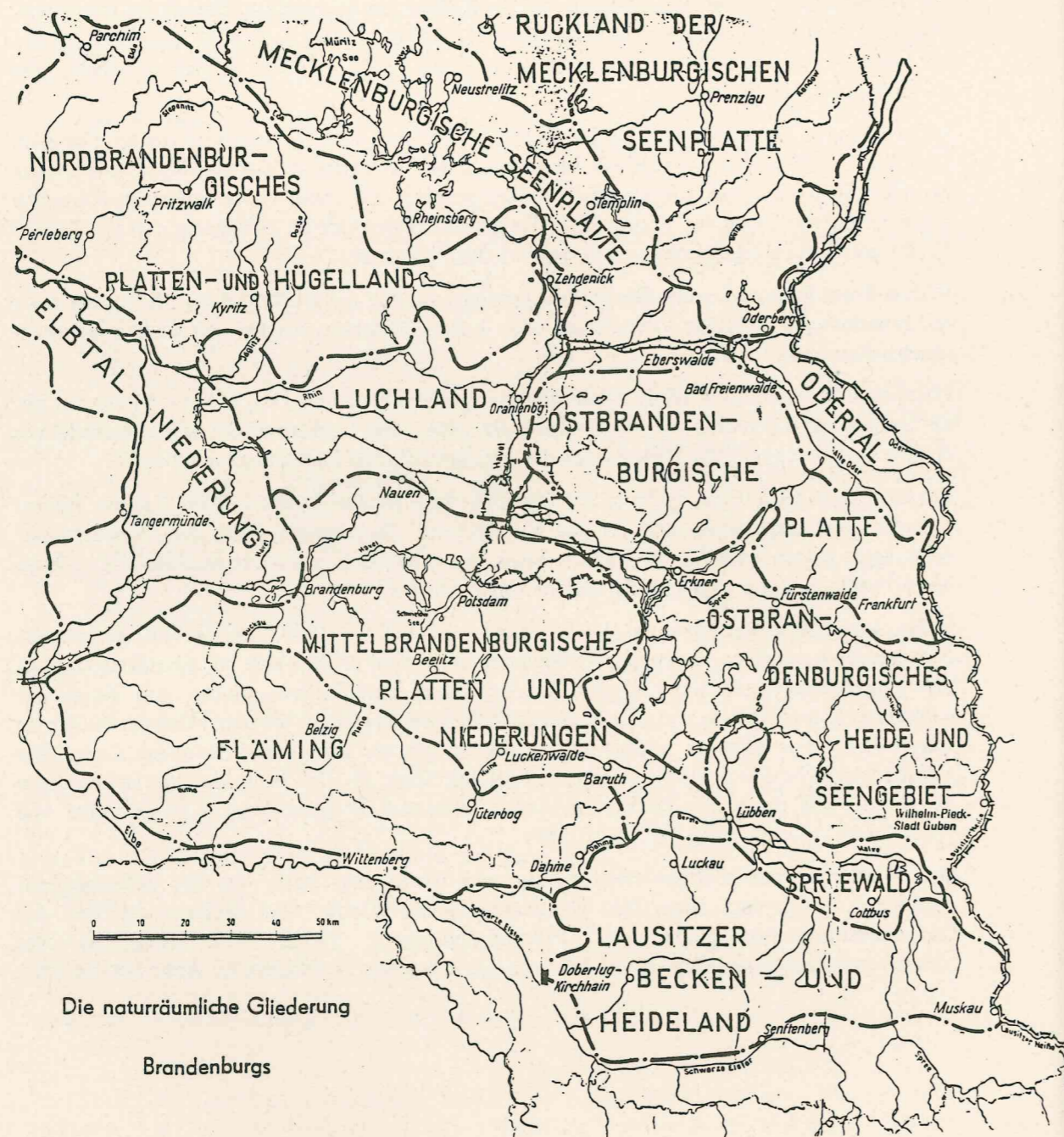


Abb. 14: Die naturräumliche Gliederung Brandenburgs (aus SCHOLZ 1962)

Der Teil der Ostbrandenburgischen Platte, der in Berlin und Umland liegt, wird nach SCHOLZ (1962) in den Westbarnim, die Barnimplatte und das Waldhügelland des Oberbarnim aufgeteilt. Die Landschaft wird hier gebildet von der Grundmoränenplatte des Weichsel-Glazials mit verschiedenen Endmoränenzügen und großen Sanderflächen, die zwischen der viel weiter südlich liegenden Brandenburger Eisrandlage und der Frankfurter Staffel abgelagert wurden. Die Endmoränenzüge der Frankfurter Staffel verlaufen von Frankfurt/Oder über Müncheberg, Buckow, Strausberg und Werneuchen bis Biesenthal. Gegliedert wird die Platte durch eine Reihe von Tälern (Briese, Tegeler Fließ, Panke, Wuhle, Erpe, Fredersdorfer Mühlenfließ, Rüdersdorfer Seenkette und Löcknitz). In den Tälern erstrecken sich oft langgezogene Seen. Während die Täler meist NE-SW ausgerichtet sind, liegen die Endmoränenzüge NW-SE. Dies hebt die periglaziale Entwässerungsrichtung vom Eisrand weg in das Berliner Urstromtal nochmals hervor. In Abb. 15 wird der wellige Hochflächencharakter des Barnim noch einmal deutlich.

Der südliche Teil des betrachteten Gebiets wird von der Hochfläche des Teltow eingenommen und ist Teil der Mittelbrandenburgischen Platten und Niederungen. Im Süden wird der Teltow von Nuthe und Notte begrenzt. Von den Autofahrern wird die deutliche Geländestufe vom Urstromtal zum Teltow kaum noch wahrgenommen. Fußgänger und Radfahrer bemerken den Anstieg beispielsweise von der Karl-Marx-Straße in Neukölln (Urstromtal: ca. 35 m NN) Richtung Flughafen Tempelhof (Teltow-Hochfläche: ca. 40 bis 50 m NN) oder auf der Hauptstraße vom Kleistpark bis zur Ecke Kolonnenstr. noch deutlich. Auf der Hochfläche liegen vereinzelt Stauchmoränenzüge, beispielsweise westlich und östlich des S-Bahnhof Attilastr. und in Steinücken südlich von Berlin. Der Teltow wird durch Täler wesentlich weniger stark gegliedert als der Barnim. Lediglich das Tal der Bäke, in das Anfang dieses Jahrhunderts ein Teil des Teltowkanals gebaut wurde, bildet einen markanten Einschnitt. Die Entwässerung erfolgt meist unterirdisch über die ausgedehnten Sanderflächen.

Westlich und nördlich der Havel und südlich des Urstromtals liegt die Nauener Platte (s. Abb. 12). Auch sie ist hauptsächlich aus Geschiebemergel aufgebaut, der aber ebenfalls in weiten Teilen von Sanden überdeckt ist. Im Gegensatz zu Teltow und Barnim sind hier jedoch die Endmoränenzüge sehr selten, und die Morphologie ist trotz der relativen Hochlage gegenüber dem Urstromtal sehr eintönig.

Das Warschau-Berliner Urstromtal bildet eine Niederung mit einer Talsohle bei etwa 30 bis 35 m NN. Darüber erheben sich einige Endmoränenreste (z.B. Müggelberge) und eine große Zahl von Dünen. Im Stadtgebiet wurde dieser Talboden weitflächig mit Bauschutt und zur Befestigung des Baugrundes mit Sand aus der Umgebung aufgeschüttet. Die hier häufig anzutreffenden Niedermoore waren nämlich als Baugrund für größere Häuser denkbar schlecht geeignet.

Die heutigen hydrologischen Verhältnisse sind durch die oben beschriebene Entwicklung des Gewässersystems nach der letzten Eiszeit weitgehend vorgezeichnet. Die Fließgewässerdichte ist, bedingt durch die starke Versickerung auf den Sanderflächen, gering. Die große Zahl der Trockentäler zeugt von einer größeren Gewässerdichte während der periglazialen Periode nach der letzten Eiszeit. Während die Grundwasserscheide auf dem Barnim sehr weit nördlich von Berlin liegt, fließt das Grundwasser schon 5 - 10 km südlich der Stadt zunächst einmal nach Süden zur Dahme, Notte und Nuthe ab, um dann von diesen Oberflächengewässern nach Norden transportiert zu werden. Noch deutlicher sind die Verhältnisse beim Oberflächenwasser, wo die Wasserscheide zwischen Spree und Havel im Norden und Nuthe im Süden, weit nach Norden in das Stadtgebiet hineinreicht.

Berlin und Umgebung

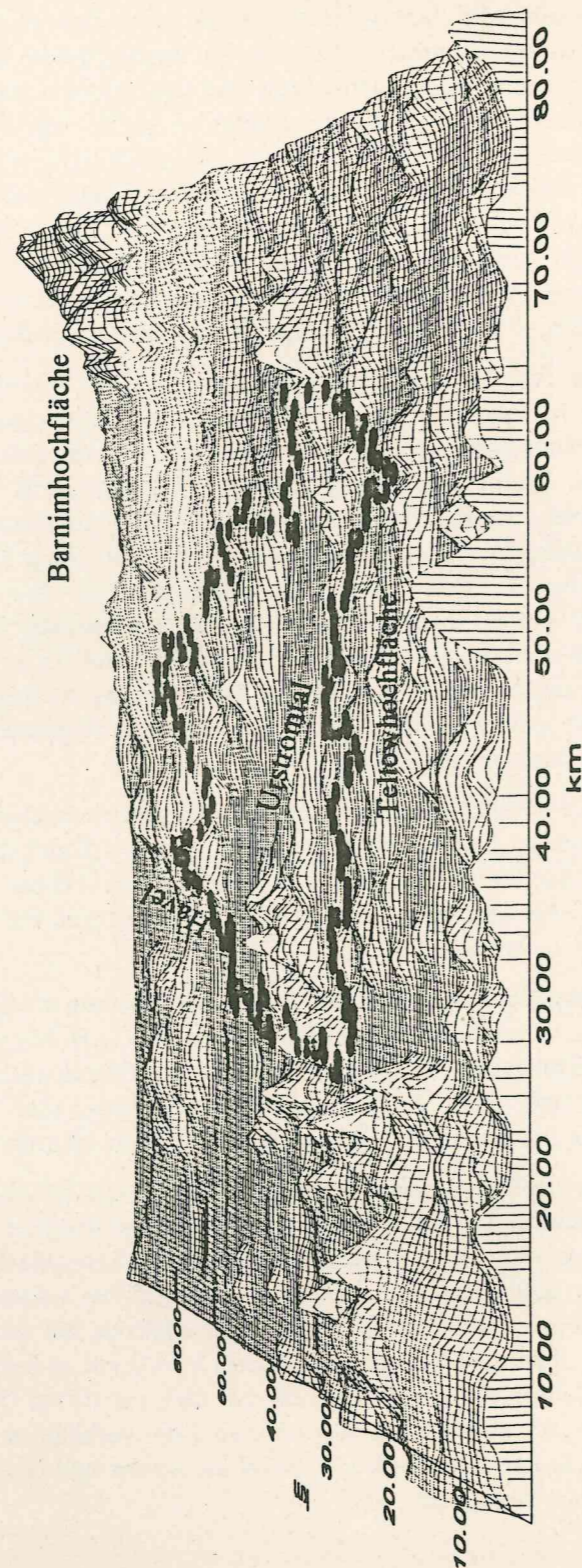


Abb. 15: Topographie von Berlin und Umgebung

© BUND Berlin 1995

Während also die Hochfläche des Barnim im Berliner Gebiet (und Umland) über Tegeler Fließ, Panke, Wuhle, Erpe und Fredersdorfer Mühlenfließ beispielsweise noch heute in weitgehend natürlichen Rinnensystemen entwässert wird, wurden zur Entwässerung des flacher als der Barnim nach Süden einfallenden Teltow eine Reihe künstlicher Gewässer angelegt (z.B. Teltowkanal), da ansonsten nur Spree, Dahme und Nuthe mit ihren Durchbruchstälem vom Baruther Urstromtal ins Warschau-Berliner Urstromtal entwässern würden. Erst durch anthropogene Eingriffe (Bau von Gräben zur Entwässerung von Pfulden, landwirtschaftlichen Nutzflächen usw.) ist die Fließgewässerdichte wieder gestiegen. Durch diese Entwässerungsmaßnahmen hat aber die Zahl der stehenden Gewässer stark abgenommen, was im Sinne der notwendigen Retention von Wasser negative Folgen hat. Aus vielen Stauäsbereichen, Pfulden und Söllen wurde das Wasser erst in diesem Jahrhundert massiv durch diese künstlichen Gewässer (insbesondere den Teltowkanal) abgeführt.

Das Grundwasser folgte natürlicherweise im wesentlichen der Abstromrichtung der Oberflächengewässer. Die Fließgeschwindigkeiten des Grundwassers dürften am Abhang des Barnim bei etwa 0,20 - 0,30 m pro Tag (m/d), am Nordabhang des Teltow bei etwa 0,20 m/d und im Urstromtal bei nur 0,01 m/d gelegen haben.

Das Grundwasser floß vor den Eingriffen des Menschen immer in die Oberflächengewässer, d.h. die *Spiegelhöhen* des Grundwassers lagen über denen des Oberflächengewässers. Eine Umkehrung dieser Fließrichtung wird im natürlichen System nur periodisch aufgetreten sein, wenn beispielsweise aufgrund von Schneeschmelze und Starkregenereignissen die Spree Hochwässer nach Berlin hereinführte, die dann aufgrund der erhöhten Wasserspiegel das Grundwasser in Berlin gespeist haben.

Die Bodenbildung nach der letzten Eiszeit führte auf den Geschiebemergelflächen (bzw. Geschiebelehmflächen) der Grundmoränenplatten zur Bildung von Parabraunerden (BLUME et al. 1981). Diese Böden bestehen im wesentlichen aus zwei Schichten (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 1989). Aus der oberen Schicht (0,2 bis 0,4 m mächtig) wurden die Feinkomanteile (Ton und Schluff) z.T. ausgeblasen (s.o.) oder in die tiefere, zweite Schicht ausgewaschen. Als obere Schicht bleibt dann der sog. Geschiebedecksand übrig. Typisch sind die z.T. tiefreichenden Sandkeile in den Geschiebemergeln, die für die Wasserwegsamkeit (und damit für die Grundwasserneubildung, den Oberflächenabfluß und den Eintrag von Schadstoffen in tiefergelegene Grundwasserleiter) eine bedeutende Rolle spielen. Die Böden sind meist an der Oberfläche (Geschiebedecksand) recht trocken, in den tieferen Bereichen jedoch feucht. Auch das Nährstoffangebot unterscheidet sich bei beiden Horizonten: Die Geschiebedecksande sind als Ausgangssubstrat für die Bodenbildung nährstoffarm, die Geschiebelehme und -mergel jedoch nährstoffreicher.

Auf den Sanderflächen und Hochflächensanden sind Rostbraunerden verbreitet (BLUME 1981). Sie zeichnen sich durch 0,8 bis 2,0 m mächtige Sande aus, die z.T. mit Tonbändern durchsetzt sind, z.T. den Geschiebelehm bedecken. Oberflächennah sind die Böden sehr trocken, nach unten (zum Geschiebelehm oder den Tonbändern hin) nimmt der Wassergehalt i.d.R. zu. Ähnlich verhält es sich mit den Nährstoffen (GRENZIUS 1987). Die Böden sind mit einem pH-Wert von 3 bis 4 sehr sauer.

Auf den Hochflächen bildeten sich auch die sog. Fahlerden aus. Es handelt sich dabei um Böden, die aus feinsandigen Dünen oder Flugsanden gebildet wurden, die auf Geschiebemergel liegen. Im Wasserhaushalt unterscheidet sich die Fahlerde nur wenig von den Rostbraunerden, der Nährstoffgehalt des unterlagernden Geschiebelehms oder -mergels ist jedoch wesentlich höher (GRENZIUS 1987).

Auf Dünen oder Flugsanden über Talsanden, wie sie im Urstromtal sehr verbreitet sind, bilden sich Podsole aus, die aus drei Schichten bestehen: einem humusreichen Oberboden (0,2 bis 0,3 m), einem Auswaschungshorizont und einem Ausfällungshorizont.

In den Niederungen sowohl des Urstromtals wie auch der Täler der Havel- und Spreezuflüsse dominieren Grundwasserböden (Gleye) und Niedermoore.

In den Gewässern bildeten sich Mudden. Im Spreebereich wurden diese von EYRICH (1992) eingehend untersucht. Abb. 16 zeigt die Verbreitung der Mudden in diesem Bereich. Randbedingungen für die Bildung und dauerhafte Sedimentation von Mudden sind die Tiefe der Seebecken oder Fußläufe, die Wassertiefe, die Uferkonfiguration, die Fließgeschwindigkeiten des Wassers in den Flußabschnitten, die Flußbett- oder Seegrundmorphologie und die klimatischen Verhältnisse (insbesondere Windexposition der Uferbereiche). Die Sedimentationsrate der Mude unterlag im Laufe der Zeit großen Schwankungen. EYRICH (1992) ermittelt für die Zeit seit dem 16. Jahrhundert etwa 2 mm/a, weist aber darauf hin, daß seit Beginn dieses Jahrhunderts mit größeren Sedimentationsraten aufgrund der verstärkten Nährstoffzufuhr gerechnet werden muß. Für das Atlantikum gibt er eine Sedimentationsrate von 1,3 bis 2,0 mm/a, für das Subboreal 0,8 bis 1,2 mm/a und für das Subatlantikum 0,5 bis 2,0 mm/a an. In Altwasserarmen von Havel und Spree, die im Zuge der Kanalisierung der Flüsse vom Fließgewässer abgeschnitten wurden, liegen die Sedimentationsraten zwischen 9 mm/a (keine Abwassereinleitungen) und bis zu 26 mm/a (starke Abwassereinleitungen).

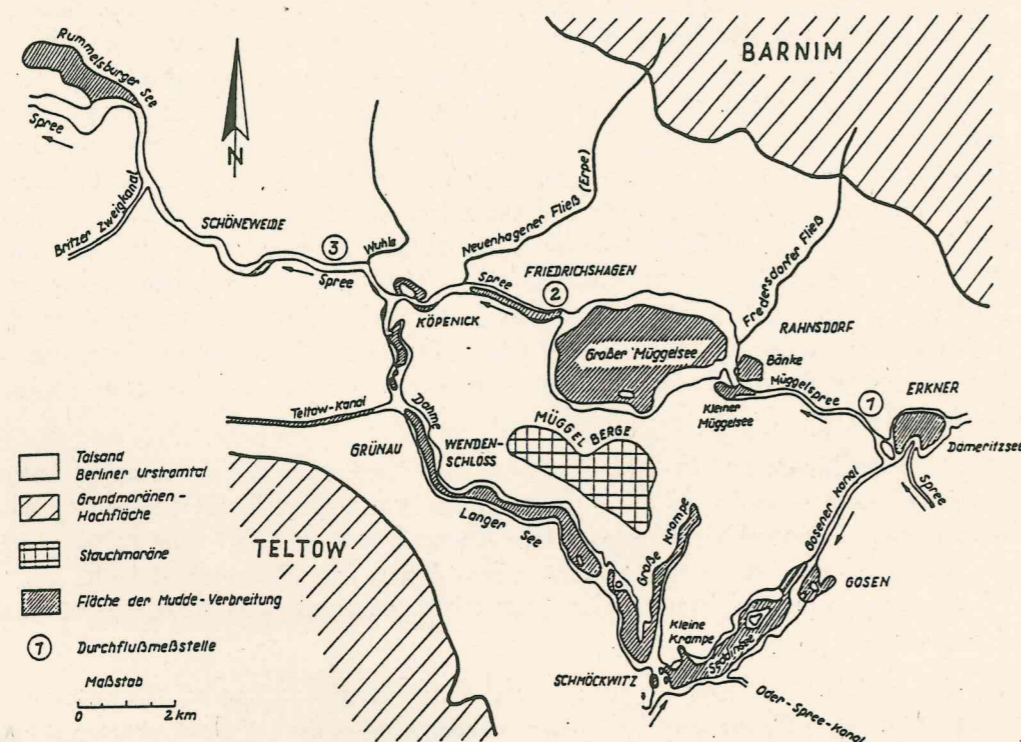


Abb. 16: Übersichtskarte der Gewässer und Verbreitung der Mudden im Südosten von Berlin (aus EYRICH 1992)

Moore bildeten sich seit dem Alleröd, spätestens seit dem Boreal, fast überall in Berlin und Umgebung. Abb. 17 zeigt die auf einer Geologischen Übersichtskarte vom Ende des letzten Jahrhunderts eingetragenen Niedermoorstandorte (BERENDT et al., genaues Datum der Karte unbekannt). Flächenmäßig vorherrschend treten in Berlin und Umland Niedermoore im Urstromtal und den Flußniederungen von Havel, Dahme, Tegeler Fließ, Panke, Wuhle, Erpe und Bäke (heute z.T. Teltowkanal) auf. Außerdem gibt es eine Reihe von kleineren und unzusammenhängenden Moorstandorten auf den Hochflächen. Es sind oft Verlandungsmoore von Pfuhlen und Söllen, sie haben sich aber auch in Kolken der kleinen Täler der Hochflächen gebildet, die nach dem vollständigen Auftauen des Permafrostbodens trockengefallen sind. Hochmoorstandorte gibt es in Berlin wegen der unter 700 mm/a liegenden jährlichen Niederschlagsmengen nicht. Die Mächtigkeit der organogenen Sedimente (meist Mudden im unteren Teil eines Bodenprofils, darüber Torfe) ist oft enorm. Aus der Bäke-Niederung sind Mächtigkeiten von 12 m beschrieben (UHLEMANN 1987), aber auch auf den Hochflächen können die Torfmächtigkeiten in Pfuhlen weit über 5 m betragen. Durch ein erhöhtes Nährstoffangebot aus der Landwirtschaft und, insbesondere auf den Hochflächen, der Rieselfeldbewirtschaftung wurde der Verlandungsprozeß anthropogen stark beschleunigt. Außerdem führte dies zu einem starken Humusverlust und Nährstoffaustrag. Andererseits ist durch die gezielte Entwässerung der Niederungsbereiche ein großer Teil der Moorböden vererdet. Im Sinne eines echten Bodenschutzes gilt es heute, die Reste dieser wertvollen und seltenen Böden zu bewahren.

Die Böden in Berlin, insbesondere die innerstädtischen Böden unterlagen im Laufe der Geschichte zahlreichen Veränderungen wie Abtragung, Aufschüttung, Umschichtung, Durchmischung, Belastung mit Unrat bis hin zum Müll heutiger Tage und Versiegelung. Diese Veränderungen wirken sich qualitativ und quantitativ auf das Grundwasser in Berlin aus. Sie führen zu chemischen Grundwasserbelastungen und Verringerungen der Grundwasserneubildung. Für das Grundwasser ist der Bodenkörper ein unerlässlicher Filter.

Boden ist prinzipiell nicht vermehrbar. Ein einmal zerstörter Boden kann in der Form, zu der er sich unter natürlichen Bedingungen in Jahrtausenden entwickelt hat, nicht wiederhergestellt werden. Diese Feststellung macht einerseits die Notwendigkeit eines effektiven Bodenschutzes deutlich, der auch die anderen Kompartimente (Luft, Grund- und Oberflächenwasser sowie Biosphäre) mit einbezieht, andererseits weist sie die kläglichen Versuche, Altlasten zu „sanieren“, in die Schranken des technisch Machbaren.

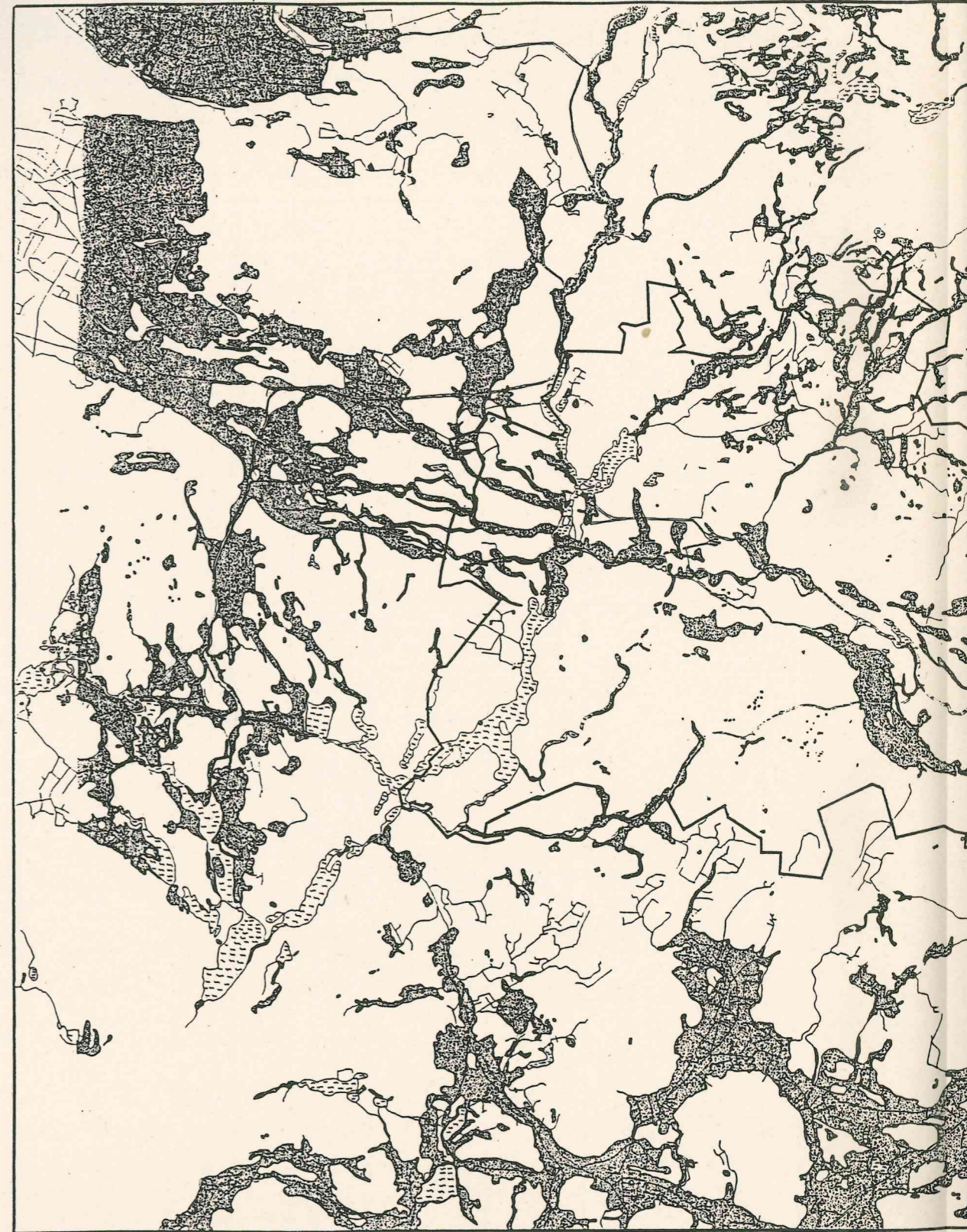
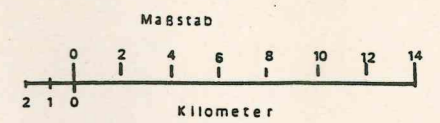


Abb. 17: Verbreitung der Niedermoore und grundwasserbeeinflussten Böden in Berlin und Umland um 1900 (nach BERENDT et al. 1899)

BERLIN



BUND BERLIN

1992

Abb. 17: Verbreitung der Niedermoore und grundwasserbeeinflussten Böden in Berlin und Umland um 1900 (nach BERENDT et al. 1899)

Jahre vor heute	Stratigraphische Bezeichnung	Kulturperiode	Morphologie	Gewässernetz	Vegetation	Boden
0 - 2.500	Subatlantikum	Histor. Zeit		Entwässerung von Feuchtgebieten, Pflühen und Söhlen, Flußbegradigungen, Uferverbau, Wasserstraßenbau, Anlage von Stauen usw..	Massive anthropogene Einfeldflüsse: Rodung, landwirtschaftliche Nutzungen, Forstwirtschaft, Siedebau usw..	Starke Bodenveränderungen durch Abtrag, Auflage, Umlagerung, Verdrichtung, Versteigerung, Kontamination usw..
2.500 - 5.000	Subborcal	Jungsteinzeit			Buche und Hainbuche wandern ein. Durch anthropogene Eingriffe geht Kiefer z.T. zurück.	
5.000 - 8.000	Atlantikum	Mittelsteinzeit			Eichen, Erlen, Linden und Ahorn ziehen aus den Flußiederungen auf die Grund- und Eindmoränen.	
8.000 - 9.800	Boreal	Mittelsteinzeit			Hasei zieht über die Flußtäler auf die Grund- und Eindmoränen.	Ausbildung der heutigen natürlichen Böden: Parabraunerden, Podsole, Fährden, Gleye, Niedermoorböden usw..
9.800 - 10.200	Präborcal	Altsteinzeit			Verdrichtung der Kiefernwälder. In den Flußtälern Ulmen und Eichen.	
10.200 - 11.000	Jüngere Tundrazzeit	Altsteinzeit, erste menschliche Spuren im Berliner Raum.				
11.000 - 12.000	Alleröd	Altsteinzeit			Massive Einwanderung der Kiefer von Osten und Südosten.	Erosion des Bodens nimmt wegen der Vegetationsdecke stark ab.
12.000 - 12.500	Ältere subarktische Zeit	Altsteinzeit		Durch das Auflauen der Sandflächen fallen viele Täler trocken, das Gewässernetz wird ausgedünnt.	Kiefern überleben nur an günstigen Standorten.	Roßböden herrschen vor.
12.500 - 15.000	Bölling-Interstadial	Altsteinzeit	Die Permafrostböden und Toteisreste tauen tiefgreifend auf und es kommt zur Bildung der vielen abflußlosen Senken (Seebecken, Pfuhle und Sölle).	Durch das Austauen der Toeisreste verlegen die Flüsse ihren Lauf, z.B. Bogen der Spree, Oder, Spree und Havel bekommen ihren heutigen Verlauf.	Erste Kiefern, auch letzte, wenig bewachsene Flächen werden bestockt.	Die Böden tauen tiefgreifend auf.
um 16.000	Pommersches Stadium	Altsteinzeit	Eisrandlage im Süden von Mecklenburg-Vorpommern (Angermünde Staffell).	Die Oder fließt zunächst weiter durch das Berliner Urstromtal. Hauptabflußbahn für die Schmelzwässer ist jedoch das Eberswalder Tal. Das Gewässernetz ist sehr dicht.	Kräuter (Hahnenfußgewächse, Heidekraut), niedere Sträucher, Birken- und Weidengebüsche.	Die Böden tauen langsam auf.
16.000 - 17.000	Blankenberg- (Lascoux-) Interstadial	Altsteinzeit	Rückschmelzen der Gletscher von der Frankfurter zur Pommerschen Eisrandlage.	Hauptabflußniederung bleibt das Berliner Urstromtal.	Weigehend vegetationslos, einige Kräuter und niedere Sträucher, Birken- und Weidengebüsche.	Permafrostboden.
17.000 - 18.000	Frankfurter Eisrandlage	Altsteinzeit	Raum Berlin wird eisfrei. Ausbildung des Grundmoränenplatten der Tellow, des Barnim und der Nauener Platte. Wegen der fehlenden Vegetationsdecke bilden sich erste Dünen.	Berliner Urstromtal wird nach einigen Nordverlegungen des Barnimer Urstromtals (Potsdamer Urstromtal, weitere kleinere Abflußbahnen) zur dominierenden Abflußniederung für die Schmelzwässer der Frankfurter Eisrandlage und der südlichen Oderzflüsse, Spree, Dahne usw..	Vegetationslos.	Permafrostboden mit der Bildung von Eiskeilen, Strukturböden usw..
18.000 - 20.000	Brandenburger Stadium	Altsteinzeit	Eisrand mit Endmoränen südlich von Berlin zwischen Beezitz-Trebzin - s. Zossen. Südlich anschließend das Barnimer Urstromtal und der südl. Landrücken (Fläming).	Barnimer Urstromtal als Abflußbahn für die Schmelzwässer des Brandenburger Stadiums und der von Süden zuströmenden Flüsse.	Südlich des Eisrandes Tundra, z.T. vegetationslos.	Südlich des Eisrandes Permafrostboden.

Tabelle 1 : Zeittafel

4 Über die Entwicklung von Wasser und Boden zu Naturressourcen der Großstadt (von B. Forner)

Wir wollen uns in den folgenden Abschnitten eingehender mit der Entwicklungsgeschichte der Wasserbewirtschaftung in der Region Berlin befassen, vor allem unter dem Aspekt der zunehmenden Ausbeutung der Gewässer und der Böden im Interesse der Stadtentwicklung.

Betrachten wir den Verlauf der Urbanisierung mit den jeweiligen wirtschaftlichen Interessenlagen in der Wassernutzung, die entsprechend den Interessenlagen getroffenen Bewirtschaftungsmaßnahmen für die Gewässer und Böden und die Auswirkungen der Maßnahmen auf den Zustand des Naturraumes.

Weniger Gewicht soll auf die historisch genaue Darstellung der wassertechnischen Entwicklung gelegt werden.

Auch sind die nachfolgenden detaillierteren Aussagen zur Vor- und Frühgeschichte der Besiedlung teilweise spekulativ. Sie können jedoch als plausible Annahmen eine logische Brücke zu den Verhältnissen in unserem industriellen Zeitalter bilden.

Der Blick in die Bewirtschaftungsgeschichte soll verdeutlichen, wie mit steigender Komplexität der Wasserbewirtschaftungsmaßnahmen Fehleinschätzungen und Fehlentscheidungen im Umgang mit Wasser und Boden zu kritischen, ja sogar zu katastrophalen Versorgungsbedingungen führten. Bezogen auf die Zukunft der Berliner Wasserbewirtschaftung besitzt gerade solche Erkenntnis eine große Bedeutung, denn besondere Gefahr für die Zukunft des Ballungsraumes Berlin entspringt der gegenwärtigen Auffassung, man könne bei der Bewirtschaftung von Wasser und Boden mit stabilen natürlichen Randbedingungen rechnen und darauf die Milliarden-Investitionen zur Sicherung der Wasserversorgung ausrichten.

Tatsächlich aber befinden sich diese beiden Naturressourcen im Berliner Raum seit über 100 Jahren in einem höchst instabilen Zustand.

RIPL (1989) beschrieb den Zusammenhang zwischen Wasser- und Bodenbewirtschaftung in einem Flußeinzugsgebiet und dessen Gesamtstoffverlusten. Dabei stellte er für West-Berlin einen Stoffaustrag über das Transportmedium Wasser fest, der gegenüber dem nicht bewirtschafteten Ökosystem um das 70- bis 180fache angestiegen ist. Danach setzt der stärkere Anstieg der Stoffverluste mit der ersten zivilen Hochkultur in unserem Gebiet - der Bronzezeit - ein, beschleunigt sich im Hochmittelalter, um im industriellen Zeitalter zu einer rasant vor sich gehenden Verarmung der Böden an organischen Substanzen, Nähr- und Mineralstoffen überzugehen (vgl. Abb. 18). Wir werden im Verlauf unserer Betrachtungen auf diese Effekte der Bewirtschaftungsmaßnahmen hinweisen.

In dem Zusammenhang werden wir auch auf die besondere Bedeutung der menschlichen Siedlungen für den sie umgebenden Naturraum hinweisen. Sie sind Ausgangspunkt und Zentrum fortschreitender Naturaneignung (BECKER 1992).

So soll der Blick in die Vergangenheit zumindest das Gefühl dafür stärken, in welchen Bereichen die großstädtischen Ansprüche an die von der Natur angebotenen Ressourcen überzogen sind.

Jahre vor heute	Stratigraphische Bezeichnung	Kulturperiode	Morphologie	Gewässernetz	Vegetation	Boden
0 - 2.500	Subatlantikum	Histor. Zeit		Entwässerung von Feuchtlebieten, Föhlen und Söhlen, Flußbegradigungen, Uferverbau, Wasserstraßenbau, Anlage von Stauen usw..	Massive anthropogene Eirflüsse: Rodung, landwirtschaftliche Nutzungen, forstwirtschaftliche Nutzung, Städtebau usw..	Starke Bodenveränderungen durch Abtrag, Anfrag, Umlagerung, Verdichtung, Versteigerung, Kontamination usw..
2.500 - 5.000	Subboreal	Jungsteinzeit			Buche und Hainbuche wandern ein. Durch anthropogene Eingriffe geht Kiefer z.T. zurück.	
5.000 - 8.000	Atlantikum	Mittelsteinzeit			Eichen, Erlen, Linden und Ahorn ziehen aus den Flußbettern auf die Grund- und Ebnmoränen.	
8.000 - 9.800	Boreal	Mittelsteinzeit			Unsel zieht über die Flußbäler auf die Grund- und Ebnmoränen.	Ausbildung der heutigen naturnahen Böden: Parabraunerden, Podsole, Fährden, Gleye, Niedermoorböden usw.
9.800 - 10.200	Präboreal	Altsteinzeit			Verdichtung der Kiefernwälder. In den Flußbälern Ulmen und Eichen.	
10.200 - 11.000	Jüngere Tundrazzeit	Altsteinzeit, erste menschliche Spuren im Berliner Raum.				
11.000 - 12.000	Alleröd	Altsteinzeit			Massive Einwanderung der Kiefer von Osten und Südosten.	Erosion des Bodens nimmt wegen der Vegetationsdecke stark ab.

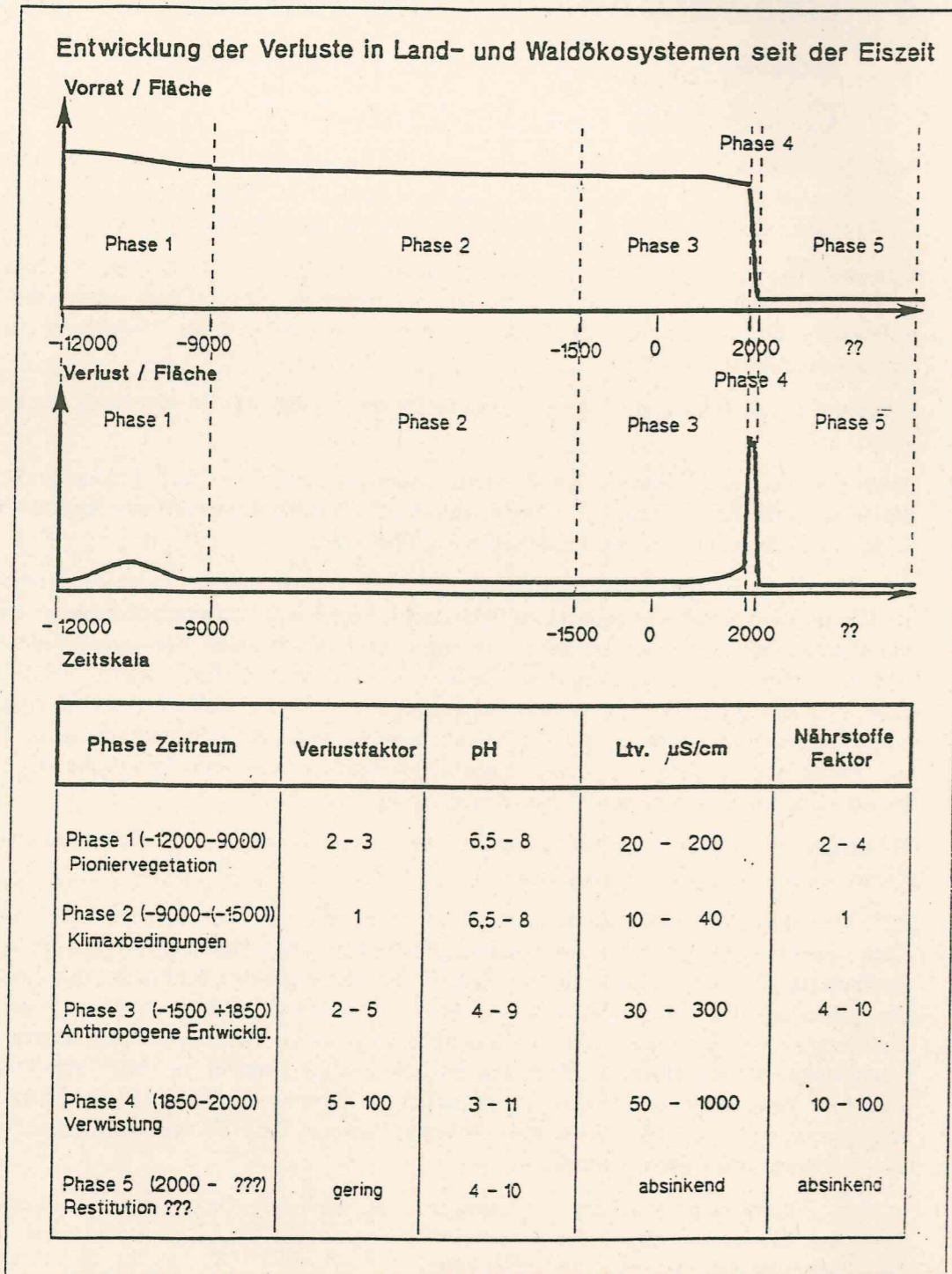


Abb. 18: Entwicklung der Verluste in Land- und Waldökosystemen seit der Eiszeit (aus RIPL 1989)

4.1 Über die Wasserwirtschaft der frühen Siedlungen

Auch während der letzten Eiszeit leben Menschen in unserem Gebiet, das außer in den Eisgebieten einen tundrenartigen Charakter aufweist. Bis zum Ende der Mittelsteinzeit, in der sich bereits Wälder etabliert haben, leben sie als Gemeinschaften nicht sesshafter Fischer, Sammler und Jäger, die vollständig in die Naturprozesse eingebunden sind. Nahrung und Gebrauchsgegenstände entstammen den wechselnden Lebensräumen und gehen als Abprodukte wieder an sie zurück. Das benötigte Wasser wird den Oberflächengewässern und Quellen entnommen und versickert auf dem Lande. Havel, Spree und Nebenflüsse dienen als Transportwege und Nahrungsquelle (Fischfang) im jetzt flächendeckenden Urwald.

Die Größe dieser Gruppen dürfte in Abhängigkeit von der Geburten- und Todesrate im wesentlichen durch die Ernährungsgrundlage der für einen bestimmten Zeitraum genutzten Region und dem für die Existenzsicherung notwendigen Arbeitsaufwand beeinflusst worden sein. Die entscheidenden Anforderungen dieser Menschengruppen an die durchstreiften Landschaften sind die Existenzsicherung und die Erhaltung einer Mindestreproduktionsrate. Dies bedeutet auch, daß Stoffentnahmen in Form von Nahrung aufgrund der nicht sesshaften Lebensweise nicht ortsgebunden und nicht über einen längeren Zeitraum anhalten. Die Möglichkeiten zur Anlage von Vorräten sind begrenzt, die Größenordnung der Abfälle ebenfalls.

Die von dieser nicht sesshaften Lebensweise ausgehenden nicht ortsgebundenen Eingriffe auf größere Landschaftsräume sind als äußerst gering anzusehen, da der nutzbare Naturraum prinzipiell unbegrenzt ist.

Das Ökosystem befindet sich in einem stabilen, hochvernetzten Zustand. Durch die Geschlossenheit seiner Prozesse minimiert es die räumlichen Stoffverluste, wodurch der Nährstoffspiegel im abfließenden Wasser sehr niedrig liegt. Die elektrische Leitfähigkeit des Wassers - als Maß für den Gehalt an echt gelösten Stoffen - beträgt 10 - 40 $\mu\text{S/cm}$ (RIPL 1989, vgl. Abb.18: Phase 2 - Klimaxbedingungen).

Vor ca. 5000 Jahren in der Jungsteinzeit beginnt im Berliner Raum ein Zeitalter der sesshaften Ackerbauern und Viehzüchter (s. Tab. 1 auf Seite 42).

Bevorzugt werden Gebiete mit fruchtbaren, leichteren Böden in der Nähe von Fließgewässern mit Höhenlagen um 35 m NN (SUKOPP 1990) besiedelt. Hier ist die Versorgung mit Wasser direkt aus der fließenden Welle, Fischerei und auch Warenaustausch mit anderen Siedlungen durch Nutzung der Flüsse als Wasserstraßen möglich. Siedler abseits der Oberflächengewässer bauen Ziehbrunnen zur Wasserversorgung aus dem Grundwasserleiter.

Im Verlauf der Besiedlungsgeschichte wechseln kulturelle Höhepunkte und Tiefpunkte einander ab (GRAMSCH 1991, KIRSCH 1991, GOLDMANN 1991, HOFFMANN 1991).

Die Besiedlungshöhepunkte - wie die Bronzezeit vor ca. 3000 Jahren - führen dazu, daß die lokal von der Natur angebotenen Ressourcen den menschlichen Ansprüchen nicht mehr genügen. So beginnt der Mensch, den Naturhaushalt nach seinen Interessen umzugestalten, d.h. zu bewirtschaften.

Als Bewirtschaftungsaufgabe steht zunächst die Ausweitung der Acker- und Weideflächen im Vordergrund, d.h. in den Flußniederungen müssen Niedermoore und Brüche entwässert und auf höheren Standorten Waldgebiete gerodet werden. In Folge der Rodungen kommt es zum großflächigen Abschwemmen der Oberböden in die Flußauen. Aus dieser Periode, der Bronzezeit,

und dann später dem Mittelalter stammen die mächtigen Auelehnhorizonte in den großen Flußtälern. Nach dem Bau von Ziehbrunnen treffen wir hiermit auf eine weitere wasserwirtschaftliche Maßnahme. Die Entwässerung und Regulierung erfolgt über Grabensysteme mit Verbindung zur Spree, um deren Vorflut ausnutzen zu können. Der Grundwasserstand auf den drainierten Flächen sinkt bis zum Niveau des mittleren Wasserspiegels der Spree.

Innerhalb der Siedlungsflächen werden die Böden und das Grundwasser durch die Dauerlagerung von Abfällen und Fäkalien punktförmig organisch belastet. Zwischen den Brunnen, Dunggruben und Misthaufen bilden sich kurzgeschlossene, nährstoffbelastete Wasserkreisläufe heraus. Die gesundheitliche Gefährdung nimmt damit zu. Alle Abprodukte, einschließlich der Aschen, dienen aber als wertvolle Dünger für die Acker- und Weideflächen.

Mit der Anlage von ersten ortsfesten Siedlungen über einen längeren Zeitraum entsteht ein neues kulturelles Element, das Auslöser für tiefgreifende Veränderungen im Landschaftsgefüge wird (s. Abb. 19). Richtete sich die nomadische Lebensweise entscheidend nach der räumlichen und zeitlichen Verfügbarkeit der in der Landschaft vorhandenen Ressourcen, so muß mit Gründung der festen Siedlungen überwiegend eine begrenzte Landwirtschaftsfläche die Existenz und Reproduktion der Gemeinschaft sicherstellen.

Um eine bestimmte Anzahl von Menschen über eine begrenzte Fläche zu ernähren, müssen einerseits die Lebensbedingungen für die sogenannten Nutzpflanzen gegenüber den „Wildpflanzen“ grundlegend verbessert und andererseits günstige Lebensbedingungen für Nutztiere, primär auf für die Pflanzenproduktion weniger nutzbaren Standorten, geschaffen werden. Auf den genutzten Flächen kommt es zu vollständig neuen, vom Menschen geprägten Landschaften - der Kulturlandschaft - mit gravierenden Folgen für die Kompartimente Wasser, Boden, Luft und Biosphäre.

Auf diesen zunächst aufwendig urbar gemachten Flächen ist jedoch ein kontinuierlicher regelmäßiger Energieeinsatz (in Form von menschlicher und tierischer Arbeitskraft) notwendig, um einerseits die Bodenfruchtbarkeit und andererseits die erforderlichen Erträge der Nutzpflanzen gegenüber den „Wildpflanzen“ und den sog. Schädlingen möglichst hoch zu halten.

Unter günstigen Bedingungen ist so die Produktion von Nahrungsmittelüberschüssen möglich, die Voraussetzungen für die Anlage größerer Vorräte nehmen stark zu. Sozusagen als „Kehrseite“ dieses Erfolgs nimmt die Menge von Abfällen/Fäkalien ebenfalls deutlich zu.

"Der Übergang zur ortsfesten Landwirtschaft bzw. Nutzung des Waldes hatte starke negative Rückwirkungen auf die Regelmechanismen der Ökosysteme. Die Stoffverluste im Einzugsgebiet stiegen erheblich an und damit der mit dem Wasser ausgetragene Mineral- und Nährstoffanteil" (RIPL 1989, vgl. Abb. 18: Beginn der Phase 3 - Anthropogene Entwicklung).

Im Laufe der Zeit spezialisieren die Mitglieder der Dorfgemeinschaften ihre Fähigkeiten. Neben der verbesserten landwirtschaftlichen Produktion gewinnt die handwerkliche Produktion in den größer werdenden Siedlungen an Bedeutung.

Diese zunehmende gesellschaftliche Arbeitsteilung fördert den Handel mit anderen Siedlungszentren. Ausgetauscht werden nun die handwerklichen Produkte, Brennstoffe, Baumaterialien und Erze.

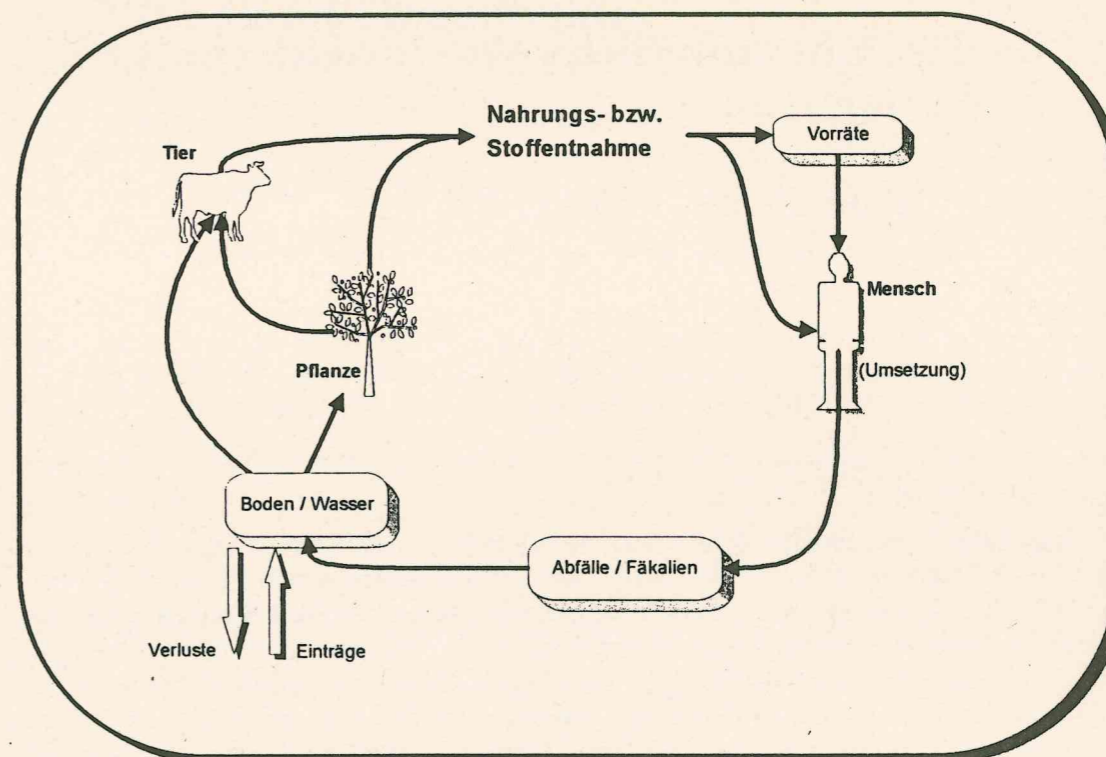


Abb. 19: Anthropogener Einfluß auf die Stoffkreisläufe

4.2 Berlin: Mittelalterliche Wasserwirtschaft bis in die Neuzeit

4.2.1 Kleine Städte - kleine Sorgen ...

Gehen wir mit unseren Betrachtungen jetzt in die Zeit der deutschen Besiedlung um das Jahr 1150.

In Brandenburg wandeln sich die Siedlungen an den Handels- und Wasserstraßen - wie Spandau, Berlin, Cölln und Köpenick - von Dörfern mit vorwiegend bäuerlicher Bevölkerung hin zu städtischen Strukturen mit immer mehr Gewerbetreibenden, Kaufleuten und Verwaltern.

Dabei verlieren diese Kleinstädte langsam bezüglich der Nahrungsgüterproduktion ihre Fähigkeit zur Selbstversorgung.

Bei gleichzeitiger Vergrößerung differenzieren sich diese Siedlungsflächen in Wohn-, Gewerbe- und Verkehrsflächen (HOFMANN 1991, SEYER 1991). Die besonders intensiv genutzten Flächen der Siedlungskerne werden zweckmäßigerweise befestigt. Diese ersten Versiegelungsmaßnahmen größerer zusammenhängender Flächen verstärken in den inneren Siedlungsbereichen den oberflächlichen Abfluß der Niederschläge in die nahe Spree bzw. Havel auf Kosten der Grundwasserneubildung. Als willkommenen Nebeneffekt spülen die Niederschläge die Straßen und Plätze von Verunreinigungen frei, wodurch die Gewässer in größerem Umfang mit Nähr- und Schmutzstoffen belastet werden.

So fällt den Flüssen eine Rolle zu, die sie bis auf den heutigen Tag nicht mehr abgeben durften: Sie müssen als Transportmittel für die Abprodukte von Siedlungszentren erhalten. Die Geschichte der Gewässereutrophierung beginnt!

Die bisher kleinräumigen, teils bewußt vom Menschen in Gang gehaltenen natürlichen Stoffkreisläufe beginnen sich zu öffnen. Die Siedlungsentwässerung trägt über die Straßenrinnsteine Abfälle mit dem Flußlauf aus dem Gebiet aus.

Im gleichen Maße wie die Flüsse Abwässer und Abfälle aufnehmen, geht aber ihre Nutzbarkeit als Trink- und Brauchwasserressource verloren.

Gleichzeitig intensivieren sich die vom Menschen verursachten künstlichen Stoffkreisläufe.

Von nun an muß man auch in den Flußsiedlungen Potsdam, Spandau, Berlin, Cölln und Köpenick private und öffentliche Brunnen bauen. Zum einen entstehen sie auf den neu erschlossenen Siedlungsflächen, die in einem größeren Abstand zum Fluß liegen. Zum anderen werden wegen der verschlechterten Flußwasserqualität die Wasserentnahmen aus der fließenden Welle zu Trink- und Waschzwecken auf Grundwasserentnahmen umgestellt.

Hier bildet sich die typische Oberlieger-Unterlieger-Beziehung in einem Fluß heraus, bei der der flußabwärts liegende Wassernutzer auf die dem Wasser mitgegebenen Abprodukte des flußaufwärtigen Wassernutzers mit der Umstellung seiner Nutzung reagieren muß - eine zwangsweise Beziehung von Wasserentnehmern und Abwassereinleitern entlang der Wasserläufe, wie wir sie praktisch an jedem bewirtschafteten Fließgewässer antreffen können.

4.2.2 Die Havel-Spree-Dressur

Bedeutende wasserwirtschaftliche Ereignisse fallen in das 13. und 14. Jahrhundert.

Fortgeschrittene Produktionsmethoden und überregionaler Handel bringen auch Berlin und Cölln beachtlichen Wohlstand. Sie werden um 1230 zu Städten erhoben (Abb. 20). Der steigende Energiebedarf zusammen mit den technischen und finanziellen Möglichkeiten schaffen die Bedingungen, um auch das Energiepotential der beiden großen Flüsse der Region - Havel und Spree - auszunutzen:

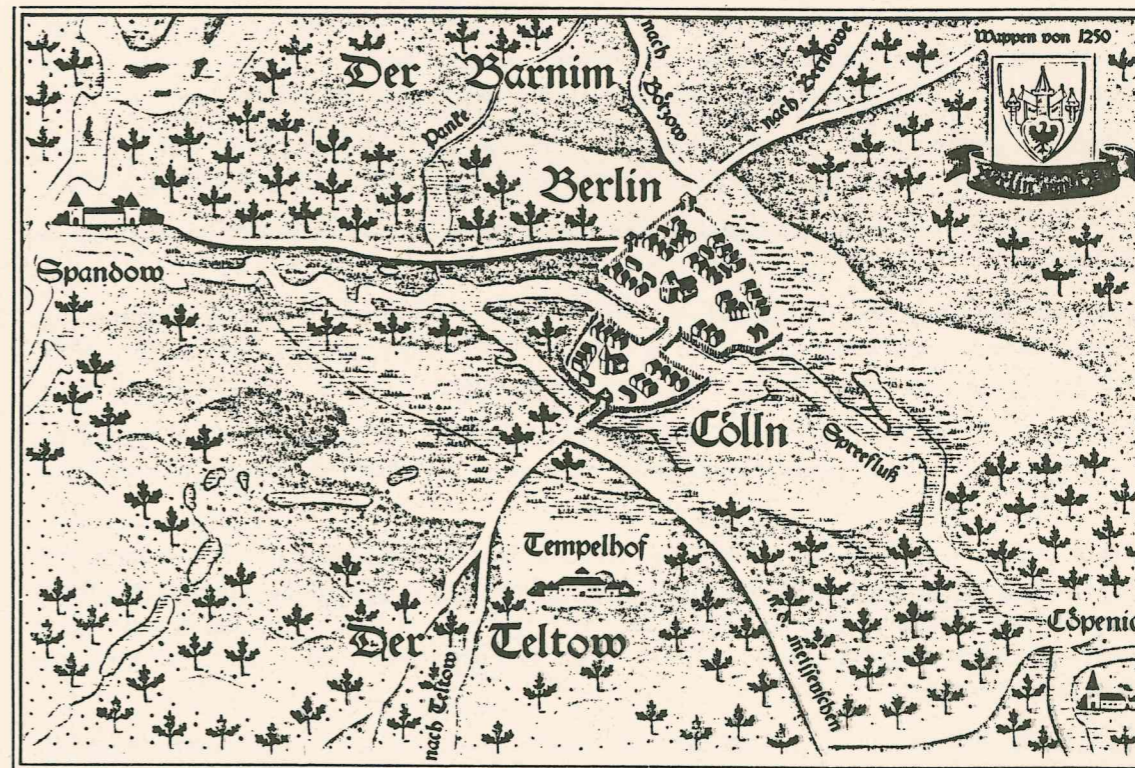


Abb. 20: Berlin und Cölln werden zu Städten erhoben 1230

Es entstehen große Wassermühlen. Um 1232 wird der Spandauer Mühlenstau, um 1285 der Mühlenstau in Berlin angelegt. Dazu kommen Stauanlagen in Rathenow (1288), Fürstenwalde (1298), Brandenburg (1309) und Oranienburg (1349) (UHLEMANN 1987).

Aber nicht nur der technische und finanzielle Aufwand zur Erstellung dieser Bauten ist bedeutend, sondern auch die Auswirkungen auf das hydrologische und ökologische Regime. Mit der Erhöhung des Flußwasserspiegels ist ein weiträumiger Grundwasseranstieg im mehrere Kilometer langen Rückstaubereich und durch Umfließen des Stauwerkes im Grundwasserleiter auch unterhalb dessen verbunden (SUKOPP 1981). Dies bringt durch die Vernässung vor allem im Oberwasserbereich erhebliche Grünlandverluste ein.

Der Berliner Mühlenstau wirkt sich beispielsweise zu der Zeit über 30 bis 40 Quadratkilometer flußaufwärts bis in den Raum Köpenick aus (UHLEMANN 1987). Bereits drainierte Niederungen

in der Umgebung Spandaus und Berlins vernässen wieder. Vermoorte Flächen werden großflächig überflutet (SUKOPP 1981).

Gleichzeitig vervielfacht der erhöhte Flußwasserspiegel den Fließquerschnitt. In gleichem Maße sinkt die Fließgeschwindigkeit, im Flußkörper entstehen seenartige Verhältnisse. Bisher von der natürlichen Strömung ausgetragene Feinsande und Schlämme lagern sich in diesen künstlichen Flußstauen ab.

Die dadurch insgesamt veränderten Lebensbedingungen im Flußsystem führen im Berliner Raum zu einer deutlichen Veränderung der Artenzusammensetzung der Fischfauna. Aufgrund des Verlustes von bestimmten Strukturen wie z.B. Kies- und Sandbänken und der zunehmenden Verschlechterung der Wasserqualität ist selbst die ursprünglich charakteristische Leitart, die Barbe, heute ein vom Aussterben bedrohter Fisch. Die Stauhaltungen von der Elbe an aufwärts, in der Regel ohne funktionierende Fischpässe, werden weder von den angestammten Wanderfischen Lachs, Aal und Flußneunauge noch von vielen Arten des Benthos überwunden.

Hierdurch zerstören die Stauhaltungen die Einheit des Biotops Fluß; die für die Ökosystemsteuerung wichtige Fischfauna in ihrer Funktion als Regulator fällt aus (RIPL 1989).

Die Mühlenstau wirken auf die Nutzbarkeit der größeren Flüsse als Wasserstraßen in zweierlei Hinsicht.

Einerseits behindern sie Transporte, da anfangs Umladen, später Flutrinnen-Treideln zur Überwindung der Stauwerke erforderlich ist (KLOOS 1981). Andererseits bringen sie Vorteile für Schwertransporte im ruhigen, tiefen Wasser der Staubereiche.

Die beachtliche Behinderung schwindet Mitte des 16. Jahrhunderts, als die Brandenburger die 150 Jahre früher in Oberitalien erfundene Kammerschleuse zu bauen lernen (Spandau und Berlin um 1550).

Damit beginnt die Phase der eindeutigen ökonomischen Überlegenheit des Wassertransports gegenüber dem Landtransport (UHLEMANN 1987). Seine Blütezeit wird die Transportschiffahrt ausgangs des 19./anfangs des 20. Jahrhunderts einhergehend mit einer exzessiven Kanalisierung der märkischen Fließgewässer erleben. Sie gehören dann zum zentraleuropäischen Wasserstraßenkreuz.

Die Kanäle gliedern sich oft in Kaskaden von Stauhaltungen, mit je zwei Kammerschleusen als Begrenzungen der Haltungen. Auf diese Weise können die Kanäle die natürlichen Wasserscheiden zwischen den Flußgebieten überwinden (s. Abb. 21). Je nach den spezifischen hydrologischen und bautechnischen Gegebenheiten verursachen diese Bauwerke sowohl die oben beschriebenen Stauwirkungen mit ihren lokalen Grundwasseranstiegen als auch erhebliche Gebietsentwässerungen.

Schon um 1540 existieren konkrete Vorstellungen über Wasserstraßenverbindungen von Havel und Spree mit der Oder (UHLEMANN 1987), die mit der Fertigstellung des ersten Finow-Kanals 1620 und des Müllroser Kanals verwirklicht werden. Berlin ist damit per Wasserverkehr optimal an die Wirtschaftszentren im gesamten Odergebiet angeschlossen.

Am Ende des 16. Jahrhunderts beschleunigen Berlin und Cöln ihr Wachstum. Mit der zu dieser Zeit begonnenen Kanalisierung der Rüdersdorfer Gewässer lassen sich über diesen Wasserweg günstig Kalkstein und über den Notte-Kanal Gips aus Spereberg als Baustoffe importieren. Später - im 18. Jahrhundert - baut man den Storkower Kanal für Holz- und die Ruppiner Wasserstraßen für Holz- und Torfrtransporte (UHLEMANN 1987).

Der Wasserstraßenbau ermöglicht somit die Intensivierung des Zugriffs auf die regionalen Ressourcen.

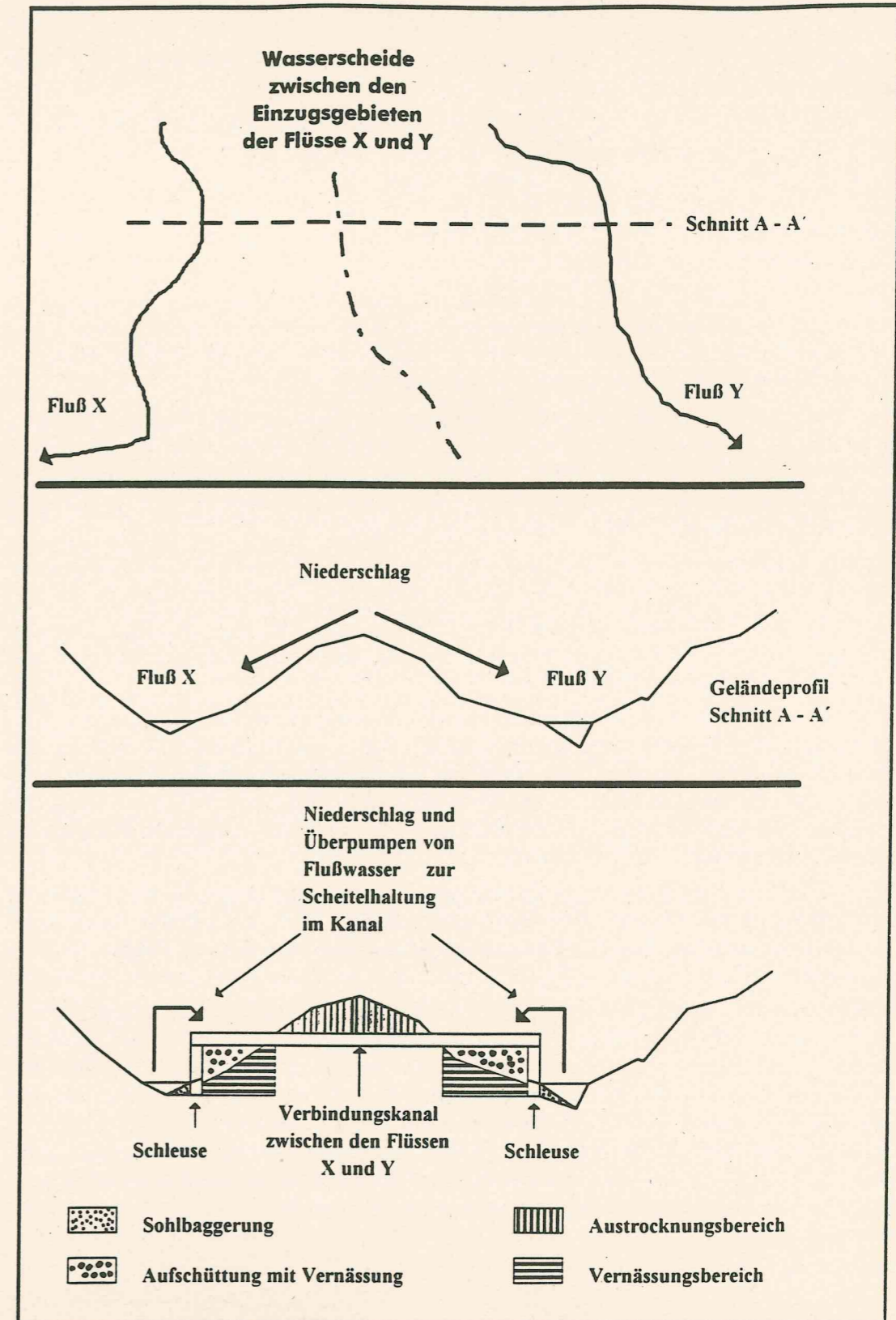


Abb. 21: Verbindungskanal zwischen benachbarten Flußtäälern

4.2.3 Berlin macht sich breit

Bei unseren Betrachtungen über die Berliner Region werfen wir noch einen Blick in das Berlin des 15. bis 17. Jahrhunderts.

Die Stadtkultur erreicht jetzt das Niveau antiker griechischer und römischer Städte (BECKER 1992). Als eine der größeren märkischen Siedlungen besitzen ihre Straßen Rinnsteine, die allerdings nicht mehr nur das mit Transportverlusten befrachtete Regenwasser in den Fluß ableiten. Der weiter gewachsene Anteil der von der landwirtschaftlichen Produktion unabhängigen Stadtbevölkerung kippt - bald gesetzlich verboten - Hausabfälle, Hausabwasser, Fäkalien und Müll in diese Rinnsteine.

Durch den Bezug von Erzen, ihre Aufbereitung und gewerbliche Verarbeitung fallen schon seit geraumer Zeit neben den ansonsten vorwiegend organischen Abprodukten und den Aschen auch schwermetallhaltige Schlacken und branchenspezifische mineral- und metallhaltige Abwässer, z.B. aus Gerbereien, Färbereien, Kupferschmieden usw., an.

1660 haben Berlin und Cölln ca. 10.000 Einwohner, 51 öffentliche und 379 private Brunnen, ausgeführt als Ziehbrunnen. Qualitative Wasserversorgungsprobleme lassen es den Großen Kurfürsten Friedrich Wilhelm angeraten erscheinen, eine erste Ordnung über die Instandhaltung der öffentlichen Brunnen und die Reinhaltung der Spree zu erlassen (KLOOS 1986). 1709 vereinigen sich die beiden Städte zum neuen, größeren Berlin.

Langsam übernehmen die die Stadt umgebenden Dörfer gemeinsam mit Zulieferungen aus entfernteren Regionen die Versorgung des Ballungsraumes mit Nahrungsmitteln.

Ein Edikt von 1704 leitet die großflächige Entwässerung der um die Stadt liegenden Sumpfbereiche (s. Abb. 17) ein (SUKOPP 1981). Nun also gesetzlich gefördert, schafft man neue Acker- und Weideflächen im Stadtumfeld.

Schon vor 1700 wird der Landwehrgraben vertieft und erweitert, der als Hauptvorfluter eines schon bestehenden Grabensystems in den Rixdorfer, Britzer und Köllnischen Wiesen mit dem Wiesengraben (später ausgebaut zum Neuköllner Schifffahrtskanal) und dem Heidekampfen Graben über die Tiergartenmühle in die Spree entwässert (SUKOPP 1981). 1705 erfolgt die Erweiterung des Grabensystems. Der Landwehrgraben wird bis zum Königlichen Holzplatz am Halleschen Tor floßbar (UHLEMANN 1987).

So entwässert man auch später das Große Hopfenbruch nordwestlich des Dorfes Schöneberg über den Hauptgraben, den Rudower Erlen-Birkenbruchwald (ab 1774), die Gatower Feuchtwiesen (ab 1780) und noch vor 1800 die Lankeniederung zwischen Lankwitz und Steglitz (SUKOPP 1981) (s. Abb. 17).

Der kontinuierliche natürliche Wasserkreislauf entzieht den durch die Bewirtschaftung gestörten Landökosystemen die freiwerdenden Mineral- und Nährstoffe. "Die elektrische Leitfähigkeit des Wassers ... von etwa 10 - 30 $\mu\text{S}/\text{cm}$ im abfließenden Wasser vor dem Eingriff des Menschen wurde ... auf etwa 150 - 250 $\mu\text{S}/\text{cm}$ angehoben. Die erhöhte Leitfähigkeit war begleitet von einer Anhebung der Phosphor- und Stickstoffkonzentrationen auf etwa das 5fache ..." (RIPL 1989), was die Biomassenproduktion (Algen) begünstigt und deshalb die Schlammabfuhr beschleunigt. EYRICH (1992) gibt für den Müggelsee ab dem Jahr 1500 eine Schlammabfuhr von 2 mm/Jahr an, im Vergleich zu 1,3 mm/Jahr im unbewirtschafteten See.

4.2.4 Städtische Stoffbilanz ohne Gleichgewicht

Bereits die frühen Siedlungen wirkten bezüglich der Stoffbilanzen negativ auf die Regelmechanismen der Ökosysteme. Die expandierenden brandenburgischen Städte sind aber jetzt immer weniger in der Lage, wenigstens ein annäherndes Gleichgewicht von Stoffeintrag und Stoffaustrag für ihre Stadtgebiete zu erreichen. Sie wirken in immer stärkerem Maße als Stoffsenken. Der durch überregionalen Handel verursachte Stoffeintrag in die Stadt, bestehend aus Nahrungsgütern, Brennstoffen, Baustoffen, Erzen, Mineralien, führt zu einer Anreicherung dieser Stoffe nach ihrem Gebrauch innerhalb des Stadtgebietes und der näheren Umgebung. Nur der Export der Handelsprodukte und die Ausbringung von organischen und mineralischen Abfällen auf die landwirtschaftlichen Flächen garantieren in diesem System noch den geregelten Stoffaustrag.

Da jedoch der Anteil der bäuerlichen Stadtbevölkerung, durch den ein nennenswerter künstlicher Stoffkreislauf in Gang gehalten wurde, stetig abnimmt, steigt der Anteil der unregelmäßig verbrachten Abprodukte entsprechend an. Dabei spielen Wind und fließendes Wasser die Rolle der Transportmittel; Böden und Gewässer werden zu Deponien - den Stoffsenken.

Die Böden im engeren Stadtkreis erhalten durch die unregelmäßige flächenhafte Überdeckung mit Schutt und Abfällen eine sogenannte Kulturschicht, was das Bodenniveau der Stadt langsam erhöht, so den Grundwasserflurabstand vergrößert (SUKOPP 1984) und das Grundwasser im oberen Grundwasserleiter qualitativ beeinträchtigt.

Der Deponierung von Abprodukten im Stadtgebiet ist jedoch eine hygienische Grenze gesetzt. Aus dem Bedürfnis heraus, die nicht mehr erträglichen Abfälle loszuwerden, entwickelt die Stadt sukzessive Entsorgungseinrichtungen.

Als die erste dieser Einrichtungen lernten wir bereits das Rinnstein-Fluß- Transportsystem kennen, das die Abprodukte kreislaufstörend in den natürlichen und künstlichen Flußseen als Schlamm abgelagert.

Auf der anderen Seite dieses Ungleichgewichtes in der Stoffbilanz stehen die Rohstoffquellgebiete. Sie sind einer kontinuierlichen Entleerung ausgesetzt. In unserem Falle sind das vor allem die Berlin versorgenden landwirtschaftlichen Nutzflächen und die Forste, Torfstiche und Tagebaue, die mit dem Wasserstraßenneubau rund um Berlin erschlossen werden.

4.2.5 Die wuchernde Stadt in der Kloake

Um 1800 hat Berlin seine Bevölkerungszahl gegenüber 1660 verzehnfacht, die Anzahl der öffentlichen Brunnen verzehnfacht (KLOOS 1986). Die große Zahl der Zuwanderer entstammt hauptsächlich der Arbeitskräfte freisetzenden Landwirtschaft in weitem Umkreis Berlins, verursacht durch die Befreiung der Bauern von den feudalen Fesseln in Preußen Anfang des 19. Jahrhunderts.

Die Kernstadt ist nun dicht umgeben von ihren kompakten Vorstädten Friedrichstadt, Sophienstadt, Dorotheenstadt und Friedrichswerder (ANONYMUS 1804, s. Abb. 22). Entsprechend dem Oberlieger - Unterlieger - Prinzip wächst ein Siedlungskeil spreeaufwärts von der Jannowitzbrücke bis zur Oberbaumbrücke am Stralauer Tor, jedoch wegen der abwasserbelasteten Spree kaum in Richtung Unterbaumbrücke vor dem Brandenburger Tor (ANONYMUS 1835, s. Abb. 23).

Die hygienischen Probleme in der Stadt spitzen sich enorm zu. Die Stadt droht an ihren Abprodukten zu ersticken.

Obwohl sie bis 1850 ihre Bevölkerung im Vergleich zu 1800 noch einmal auf über 400.000 Einwohner verdoppelt, hat sich im Umgang mit den städtischen Abprodukten wenig verändert:

"Der Hof ist zum größten Teil ungepflastert und auf die empörendste Weise verunreinigt. Die Abtritte stehen offen und verpesten die Luft. Um die Brunnen in der Mitte des Hofes häuft sich Kehrlicht und Müll. Das unreine Wasser fließt in eine dicht an den Häusern befindliche, umzäunte

Pfütze, wo es stehenbleibt und ... die nachteiligsten Dünste erzeugt... Eine Viehhalterei vermehrt noch die Unreinlichkeit und üble Ausdünstung" (KEIBEL 1826).

Stadtranddeponierung von festen Abfällen, regelmäßige Rinnsteinspülungen und das Latrinewesen mit der Abfuhr der Fäkalien in Tonnenwagen auf Dungstraßen vor die Stadt sind die kläglichen Reinigungsversuche dieser Großstadt.

Bezeichnend für die Situation ist auch der Erlaß von 1861, der das Mästen und Halten von Schweinen im Stadtgebiet verbietet.

Ein Gedicht von Friedrich Rückert aus dem Jahre 1845 charakterisiert die Belastung des Hauptvorfluters der Stadt:

**Der Spree ist weh.
 Sie kann sich nicht entscheiden,
 in Berlin hineinzufließen,
 wo die Gossen sich ergießen.
 Wer mag es ihr verdenken?
 Sie möchte lieber,
 wenn sie dürft', umkehren.
 Hindurch muß sie schwerbeklommen.
 Sie kommt bei Oberbaum herein,
 rein wie ein Schwan,
 um wie ein Schwein
 bei Unterbaum herauszukommen.**

Die Rückführung der Nährstoffe auf die Acker- und Weideflächen bricht zusammen, weil der Anteil der bäuerlichen Stadtbevölkerung nun verschwindend gering ist, die Nährstoffbelastung der umliegenden Landwirtschaftsflächen die Aufnahmekapazität übersteigt und damit die Jauchetransportwege unökonomisch lang werden.

Berlin und seine Vorstädte nehmen zu dieser Zeit etwa das Gebiet zwischen Brandenburger, Prenzlauer, Strahlauer, Cottbuser und Halleschem Tor ein (Alt-Berlin).

Die Bevölkerung leidet unter diesen Bedingungen an vielen Infektionskrankheiten, wie Typhus, Ruhr oder Cholera.

1831 beginnt eine Serie von Cholera - Epidemien, durch die bis zum Jahre 1873 ca. 400.000 Menschen in Preußen sterben. "Während der Epidemie 1831 erkrankten von den 248.628 Einwohnern Berlins 2274" (GEIST & KÜVERS 1980).

"Vor diesem Hintergrund entsteht, beeinflusst von England, Mitte des 19. Jahrhunderts auch in Deutschland eine bürgerliche Hygienebewegung, die sofortige Maßnahmen zur Städtereinigung einfordert. Darunter fällt zunächst die Einführung einer geordneten Wasserversorgung, über die vor Berlin schon London, Paris und auch andere deutsche Städte verfügen" (RÜB 1994).

Im Gegensatz zu den also bereits erprobten Konzepten zentraler Wasserversorgungsanlagen liegen noch keine überzeugenden Lösungen für eine effektive Abfallbeseitigung vor. Ab Anfang des 19. Jahrhunderts gelangen aber in Berlin immer öfter die verschiedensten Ideen an die Öffentlichkeit, wie die Spülung der Rinnsteine verbessert werden könnte. "Jahrzehntelang wird über eine den technisch - wissenschaftlichen und wirtschaftlichen Erwägungen gemäße Form der Entwässerung gestritten, wobei die Gegner der Schwemmkanalisation mit dem Verlust der Fäkalien als Düngemittel argumentieren" (RÜB 1994).



Abb. 22: Die Königliche Residenz Berlin 1773 (SCHMETTAU, SCHEUEN)

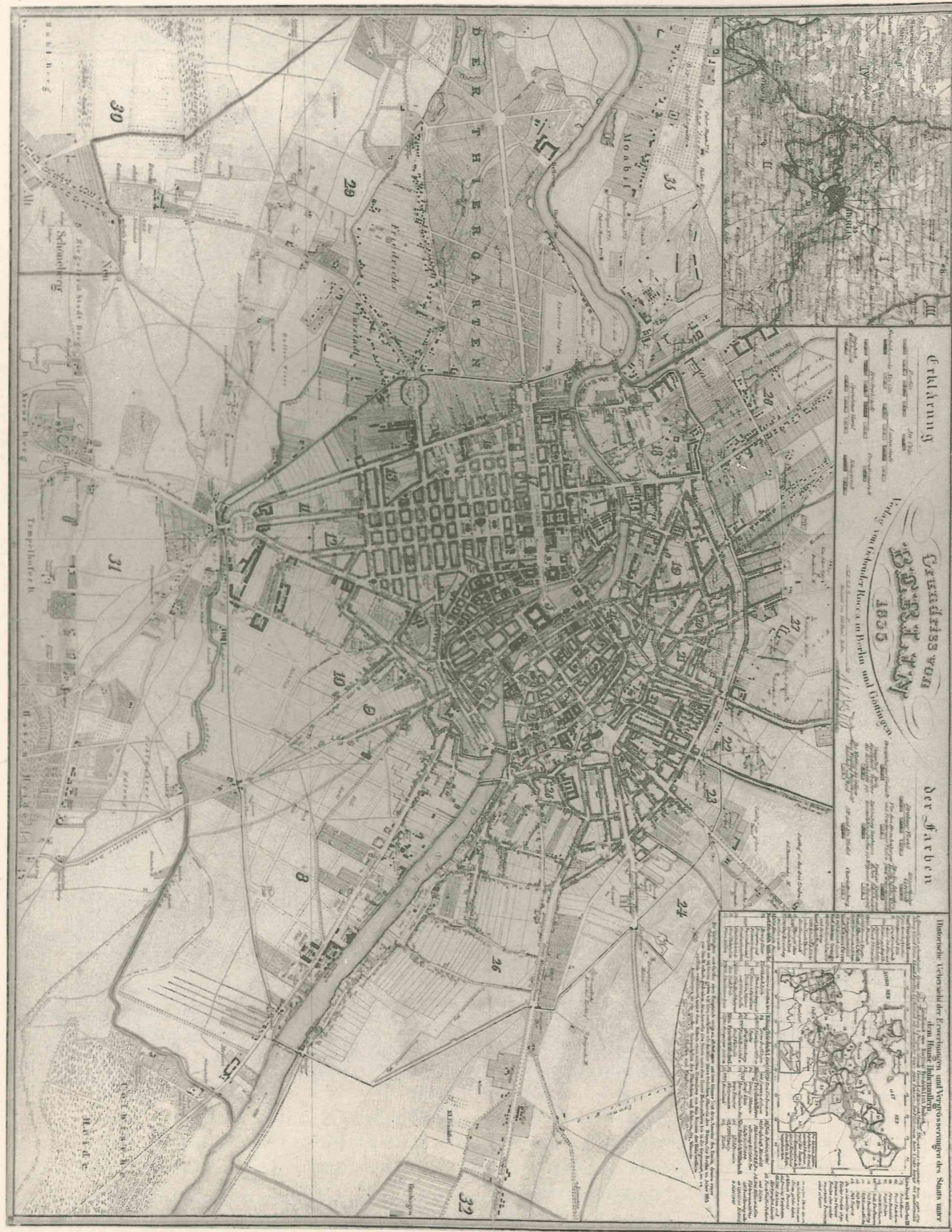


Abb. 23: Grundriß von Berlin 1835 (Gebr. ROCCA)

4.3 Die Industrialisierung der Wasserwirtschaft

4.3.1 Frisches Trinkwasser und Abwassernotstand

Die hygienische Katastrophe in der Stadt drängt den über dieses Problem höchst zerstrittenen Berliner Magistrat zum Handeln. Aber nicht die Stadt selber, sondern die Preußische Staatsregierung erzwingt den vermeintlichen Ausweg:

Eine Kommission, der auch ALEXANDER V. HUMBOLDT angehört, empfiehlt 1846 den Bau eines Wasserwerkes an der Oberspree in Höhe der Oberbaumbrücke. Kostenlos soll es Spülwasser für die Rinnsteine und Feuerlöschwasser zur Verfügung stellen. Als Gegenleistung will man die entgeltliche Lieferung von Trinkwasser an Privatkunden gestatten (KLOOS 1986). 1852 beauftragt die Staatsregierung gegen den Willen der immer noch konzeptionslosen Stadt englische Unternehmer mit dem Bau dieser Anlage. Schon 1856 geht so das Wasserwerk „Vor dem Stralauer Thor“ am Spreezulauf oberhalb der Stadt mit moderner englischer Technik in Betrieb.

Die Resonanz der wohlhabenden Bürger auf das Angebot, sauberes Trinkwasser geliefert zu bekommen, ist so groß wie der dadurch bedingte Verdünnungseffekt der bisher konzentriert anfallenden Fäkalien. Denn wie heute wird hier der größte Anteil des entnommenen Wassers nicht zum Trinken und Kochen, sondern zum Reinigen und Spülen eingesetzt. Bereits im zweiten Betriebsjahr liefert das Wasserwerk 2,5 Mio. m³ an die Stadt (KLOOS 1986).

„Lag der Verbrauch pro Person bis zur Einführung der zentralen Wasserversorgung bei ca. 15 l/d, war er bis 1867 auf über 100 l/d angestiegen - nicht zuletzt durch die in Mode gekommenen englischen „Wasserklosetts“. Daß das Wasser nicht gesondert gezahlt werden mußte, sondern lediglich Teil der Miete war, begünstigte den sorglosen Umgang mit dem kühlen Naß. Zur Verminderung der Wasservergeudung wurden am 01.10.1878 Wassermesser obligatorisch eingeführt. Der durchschnittliche Verbrauch pro Kopf und Tag wurde dadurch von 90 l auf 62 l herabgedrückt“ (ANKLAM in RÜB 1994).

Immer noch konzeptionslose Maßnahmen, wie die Vertiefung der Rinnsteine und Stichkanäle, die zu den nächstliegenden Gewässern führen, bringen keine Entspannung der Situation. Spree und Panke verunreinigen durch den merklichen Spüleffekt des Wasserwerkes noch mehr.

Der große Bedarf an entwässerten und befestigten Flächen für neue Industrien im Stadtbereich mit Wasserstraßenanbindung lassen unterdessen den Plan von LENNÉ zur Wirklichkeit werden, den Landwehrgraben zum Kanal auszubauen.

Mit seiner Fertigstellung 1850 können nun auch Hochwässer parallel zur Spree abgeführt werden (SENSTADTUM 1984), die vorher durch den Rückstau vom Mühlendamm bis in die Abwasserstichkanäle äußerst lästig für die Abführung der Abwässer waren. Jedoch beeinträchtigt auf der anderen Seite der mit dem neuen fließbaren Landwehrkanal vergrößerte Gesamtfließquerschnitt den dringend benötigten Ausspülungseffekt zur meisten Zeit des Jahres, d.h. bei Mittel- und Niedrigwasser. Dadurch lagern sich jetzt noch größere Mengen an Schlämmen in den Gewässern ab.

4.3.2 Die Behebung des Abwassernotstandes

Wieder nur auf Druck der Preußischen Staatsregierung erhält der Geh. Baurat WIEBE Anfang der sechziger Jahre den Auftrag, einen allgemeinen Entwurf für die Entwässerung Berlins aufzustellen. Nach einer Studienreise durch westeuropäische Städte plant WIEBE die „Große Oberlieger-Lösung“. Zur Unterbindung der sich über zehn Kilometer hinziehenden Abwassereinleitungen in die Stadtspreet sollen zwei Abfangkanäle beiderseits der Spree alle

Abwässer sammeln und im freien Gefälle an den Stadtrand transportieren (heute Beusselstraße, Ecke Alt Moabit). Dampfpumpen heben die Abwässer dann von dort in den Fluß (BWB 1985).

Anhaltender Streit über die zweckmäßigste Lösung verhindert aber weiterhin eine Entscheidung.

Nach langwierigen Verhandlungen lehnt dann eine städtische Deputation der Ministerien für Gesundheit und für Landwirtschaft unter Vorsitz von RUDOLF VIRCHOW den WIEBESchen Entwurf ab. Mit der Maßgabe, die Rückführung der Dungstoffe in die Landwirtschaft zu gewährleisten und die Reinhaltung der Spree zu erreichen, befürwortet sie statt dessen den 1873 von HOBRECHT vorgelegten Plan:

Alle häuslichen und gewerblichen Abwässer einschließlich der von den befestigten Flächen ablaufenden Niederschlagswässer sollen nicht mehr über die Rinnsteine abgeführt werden, sondern in abgedeckten Kanälen unter den Straßen im freien Gefälle zu mehreren im Stadtgebiet verteilten Dampfpumpwerken fließen (Kanalisation). Ausgehend von den Pumpwerken werden dann die Abwässer über strahlenförmig aus der Stadt herausführenden Druckrohrleitungstrassen auf die Höhen des Barnim und des Teltow befördert. Auf den dort mit aufwendiger Drainage präparierten Feldern verrieselt das Abwasser (Rieselfelder). Das durch die Böden gereinigte Wasser soll schließlich sowohl als Grundwasser in die Grundwasserleiter des Urstromtals, als auch über Abzugsgräben und die natürlichen Wasserläufe als Oberflächenwasser in die Spree und Havel zurückfließen.

Obwohl sich abzeichnet, daß die Verwirklichung dieses Planes enorme Kosten verursachen wird, weist er so bedeutende Vorzüge - insbesondere hinsichtlich der Ausbaufähigkeit - auf, daß man noch im gleichen Jahr mit seiner Ausführung beginnt.

Gerade 1861 wurden nämlich die unmittelbaren Vorstädte Alt-Berlin eingemeindet. 1876 zählt die Stadt bereits eine Million Einwohner.

So stirbt der Beruf des Tonnenwagenkutschers aus; die Stadt entwickelt ein Reinigungssystem weit höherer Wirtschaftlichkeit.

Berlin erreicht mit dem HOBRECHT-System eine führende Stellung in Europa bezüglich der industriemäßigen Abwasserentsorgung von Ballungsgebieten.

4.3.3 Die Fernwasserversorgung von Charlottenburg und Alt-Berlin

Die immer noch epidemisch auftretenden Infektionskrankheiten im Ballungsraum von Berlin treiben unterdessen den Ausbau der zentralen Trinkwasserversorgung voran.

Noch ein Jahr bevor HOBRECHT seinen Plan zur Lösung des Berliner Abwasserproblems vorstellt, geht in der Nachbarstadt Charlottenburg im Jahre 1872 das Wasserwerk Grunewald in Betrieb. Die dahinter steckende wasserwirtschaftliche Strategie unterscheidet sich aber wesentlich von der des Berliner Vorgängers „Vor dem Stralauer Thor“.

Bei der Planung des Wasserwerkes „Vor dem Stralauer Thor“ glaubte man noch, wieder das Oberflächenwasser der Spree nutzen zu können, sollte doch moderne englische Wasseraufbereitungstechnik eingesetzt werden. Außerdem war man dort am Spreelauf oberliegender Nutzer zum großen Abwasserleiter Berlin. Charlottenburg am Unterlauf der Spree setzt auf diesen Fluß keine Hoffnung. Beim Bau des Wasserwerkes Grunewald greift man deshalb mit modernen Bohrbrunnen gleich auf das schon seit Jahrhunderten bewährte Grundwasser zurück; ohne sich jedoch genügend Gedanken über die Ergiebigkeit des

Grundwasserleiters in Zusammenhang mit der langfristig gewünschten Entnahme gemacht zu haben. Nach einigen Jahrzehnten Dauerbetrieb muß deshalb das Wasserwerk Grunewald zum Saisonbetrieb nur noch für die Sommermonate übergehen, da in seinem Grundwassereinzugsgebiet - ganz offensichtlich im nahen Teufelssee und Teufelsfenn - der Wasserstand wegen der Entnahme um über 3 m abfällt (SUKOPP, BÖCKER 1981).

Der große Wurf soll nun aber im Berliner Urstromtal und der Havel-Rinne mit umfangreichen Grundwasserentnahmen gelingen.

Immer noch ein Jahr vor der Einweihung des ersten Hobrechtschen Entwässerungssystems für die Friedrichstadt im Jahre 1878 pumpt zunächst ein zweites Wasserwerk sein Trinkwasser durch Berlin. Weit nordwestlich der Stadt und abseits der Kloake Spree stellen sich in Tegel Galerien von Bohrbrunnen quer vor den mächtigen Grundwasserstrom am Ausgang des Berliner Bereichs des Urstromtales.

Und schon plant man weitere Anlagen. Bereits 1893 gehen die Wasserwerke Beelitzhof und Friedrichshagen und 1897 das Wasserwerk Spandau in Betrieb.

So kann 1893 auch endlich „Vor dem Stralauer Thor“ nach 37 Betriebsjahren wegen anhaltender Rohwasser-Qualitätsprobleme aufgegeben werden. Das Wasserwerk war in die Siedlungen eingewachsen (Abb. 24). Vor allem die unkontrollierten vorstädtischen und auch die Köpenicker Abwassereinleitungen in die Oberspree lassen den ersten Berliner Versuch im industriellen Zeitalter scheitern, in großen Mengen Oberflächenwasser für die Trinkwassergewinnung zu nutzen.

Interessanterweise zwingen Probleme bei der Grundwasser-Aufbereitung die beiden Wasserwerke Tegel und Friedrichshagen erneut zur Entnahme von Seewasser und dessen Aufbereitung über Sandfilteranlagen. Erst mit Beginn des 20. Jahrhunderts entstehen die großtechnischen Möglichkeiten für die Aufbereitung dieses eisen- und manganhaltigen Grundwassers.

Der Anteil der Rohwassergewinnung des Wasserwerkes Friedrichshagen aus dem Müggelsee geht seit dieser Zeit wieder zugunsten der Grundwassergewinnung zurück. „Dies liegt daran, daß die Verunreinigungen nun auch hier zum Problem werden. Die Tendenz zu Umstellung auf Grundwasser resultiert aus der Verschmutzung von Seen und Flüssen durch Industrieabgänge, aber auch aus der Einleitung von Brauchwasser und Fäkalien...“

Als verschiedene Gemeinden im Norden Berlins bei der Preußischen Regierung die Einleitung ihrer ... Abwässer in den Tegeler See beantragen, erklärt die Regierung der Stadt, daß der Tegeler See unmöglich auf Dauer rein gehalten werden könne und Berlin deshalb der Umwandlung seines Werkes (Wasserwerk Tegel) in eine Grundwasseranlage baldmöglichst näher treten möge“ (ANKLAM in RÜB 1994).

Damit scheidet der zweite großtechnische Entnahmeversuch von Oberflächenwasser an der Verschlechterung der Gewässerqualität.

Berlin gemeindet 1920 alle umliegenden Städte und Dörfer ein, nennt sich Groß-Berlin und besitzt nun vier Millionen Einwohner. Die dichte Besiedlung wächst den Nordhang des Teltow und den Südhang des Barnim hinauf (Abb. 24).

Im Urstromtal gehen, jetzt schon am Stadtrand gelegen, weitere große Wasserwerke in Betrieb oder arbeiten bereits, wie Wuhlheide, Jungfernheide, Stolpe.

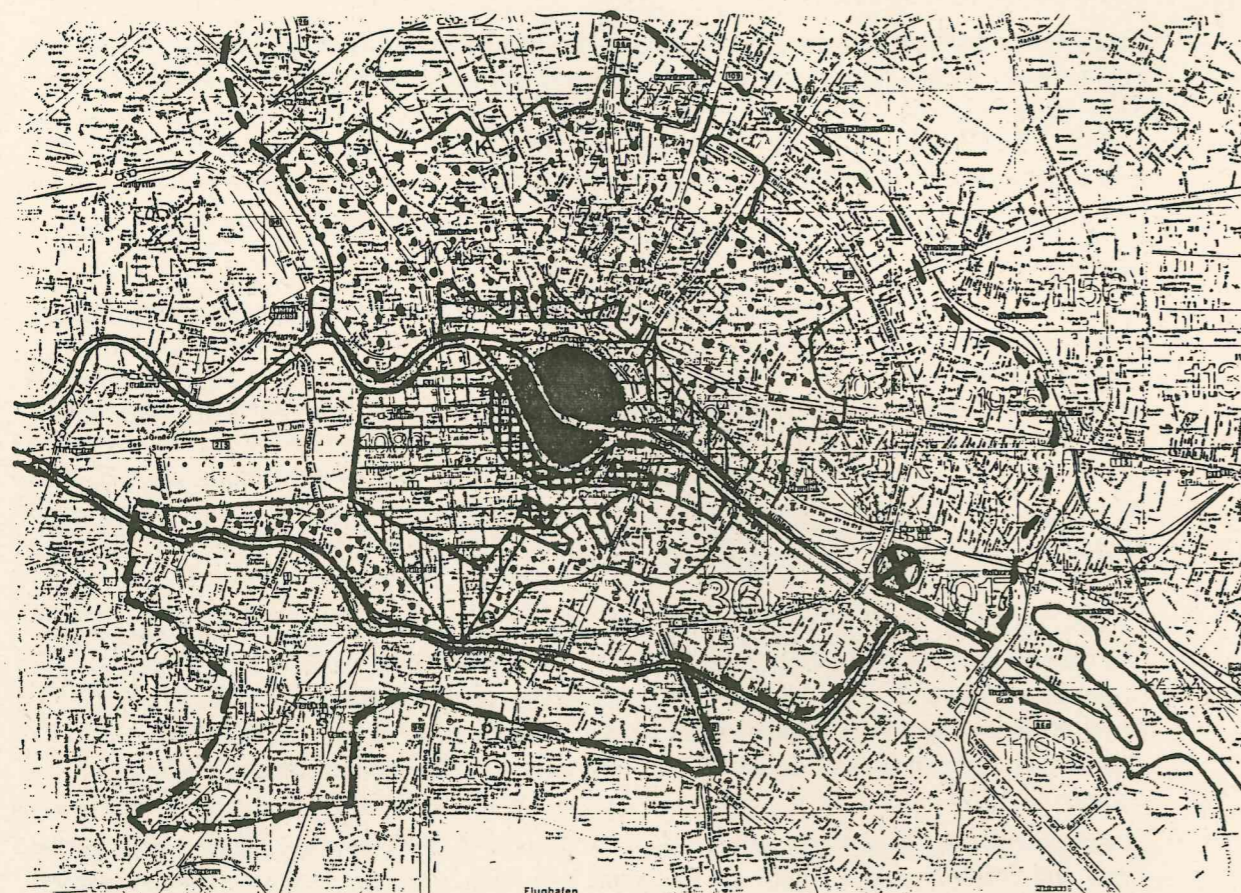


Abb. 24: Skizze des Wachstums der Siedlungsflächen Berlins zwischen 1650 und 1800.

Die Vorteile der zentralen „Fern“-Wasserversorgung liegen ja auch auf der Hand! Die über Jahrzehnte und Jahrhunderte durch Abwässer, Fäkalien und Schadstoffe verunreinigten Böden um die innerstädtischen Trinkwasserbrunnen haben schon lange ihre Filterkraft verloren. Das hier vom Grundwasserspiegel aus geringer Tiefe abgeschöpfte Trinkwasser entspricht deshalb nicht mehr den hygienischen Grundanforderungen. Ausgerüstet mit den neuen technischen Mitteln der Grundwasserförderung und Rohwasseraufbereitung, des Wassertransports und der -verteilung, verläßt man diese innerstädtische Wasserressource und zieht vor die Tore der Stadt.

Die auf den Standort Innenstadt angewiesenen Industrie- und Gewerbebetriebe mit Bedarf an Wasser höherer Qualität fördern weiter am Ort Grundwasser, jedoch aus größerer Tiefe, weil mit der steigenden Filterrohrtiefe der Brunnen die Filterstrecke und damit entsprechend die Filterleistung der Böden steigt.

4.3.4 Im Gleichschritt voran - Entwässerungssystem und Wasserstraßen

Da das neue Entwässerungssystem zur Jahrhundertwende langsam aus der Innenstadt heraus zu wirken beginnt, wird es wohl zu einer Trendwende bei der Belastung der Spree mit Abprodukten gekommen sein.

Die Abwasserlast der Fließgewässer dürfte jedoch nicht in gleichem Maße gesunken sein, wie die Rieselfelder nun mit Abwasser beschickt werden:

Denn erstens hat die Stadt ihre Einwohnerzahl gegenüber 1850 wieder vervierfacht (KLOOS 1986), was zu neuen unkontrollierten Einleitungen von Haus-, Gewerbe- und Industrieabwässern führt.

Und zweitens besitzt das neue Entwässerungssystem systematische Undichtigkeiten zur Spree und ihren Kanälen:

- die Notauslässe an den Abwasser - Pumpwerken,
- die Regenüberläufe der sogenannten Mischkanalisation in der Innenstadt, über die von der Kanalisation nicht mehr abführbare Starkregen - gemischt mit dem reinen Abwasser - in die Gewässer abgeleitet werden
- und (später, in Erweiterung des HOBRECHTSchen Systems) die Regenauslässe der Regenwasserkanäle des sogenannten Trennsystems in den Außenstädten.

Noch dominieren die Abprodukteinleitungen in die Fließgewässer, die vom explosiven städtischen Wachstum verursacht werden. Mit zunehmendem Ausbau des Entwässerungssystems gewinnen aber seine Regenüberläufe und -auslässe in dem Maße für die Gewässerbelastung an Bedeutung, wie neue Siedlungsflächen an das System angeschlossen werden. Und die wachsende Stadt besitzt noch einen unstillbaren Appetit auf solche befestigten, trockenen Siedlungsflächen. Dabei ist zu bedenken, daß der erste Wasserschwall nach einem sommerlichen Starkregen Abwasserqualität erreichen kann.

Der Ausbau des Entwässerungssystems stößt allerdings auf eine natürliche Grenze. Nach dem Entwurf von HOBRECHT benötigt dieses System eine Oberflächenstruktur, die bis zu jedem Pumpwerk Vorflut besitzt, d.h. die Abwässer müssen in freiem Gefälle zu den Pumpwerken und im Falle von Starkregen und bei technischen Havarien darüber hinaus aus dem Gelände abfließen können.

Dort wo keine oder zuwenig Vorflut natürlicherweise existiert, schafft man sie künstlich, und das dank der vielen Berliner Kanalbauprojekte großräumig. Jeder neu gebaute Kanal bietet nämlich - nicht natürliche - Vorflut für das Gelände seiner Umgebung: Der Bau des Landwehrkanals 50 Jahre vorher bildete nur den Auftakt für eine schnelle Abfolge von Verkehrswasserbauten - vornehmlich im Urstromtalbereich - mit weiteren Kanalbauten, Kanaluferbefestigungen, neuen Häfen in der Stadt, neuen Schleusen, Spreebegradigungen, Querschnittserweiterungen von Kanälen und Schleusen für Lastschiffe immer höherer Kapazität, bis hin zu Zuschüttungen von nicht mehr benötigten Kanälen und Häfen. Zum Ende des Jahrhunderts besitzt Berlin auf diese Weise 75 Binnenhäfen und Liegestellen (SUKOPP 1990). Bis zum 2. Weltkrieg hielt die Stadt hinter Duisburg Platz 2 der europäischen Binnenhafenkapazitäten. Noch heute existieren mehr als 120, z.T. nicht mehr genutzte Hafenstandorte (KLOOS 1981).

Aus diesem wasserbaulichen Exzeß ragt der Bau des Teltowkanals von 1901 bis 1906 als besonderes Ereignis heraus. Als einziger Kanal liegt er nicht im Urstromtal. Seine Hauptaufgabe ist vor allem die Schaffung künstlicher Vorflut zur Entwässerung der gesamten Landschaft des Nordhanges des Teltow.

Man feiert den Teltowkanal als äußerst erfolgreiches Projekt, schafft er doch in großem Umfang Siedlungsfläche - insbesondere Gewerbefläche mit Wasserstraßenanbindung - und dient als Transitwasserstraße zwischen Oder und Elbe. Ihm verdanken die Dörfer Britz, Tempelhof, Mariendorf, Lankwitz, Steglitz und Lichterfelde ihre Entwicklung zu Großstadtteilen bzw. Bezirken. Nach Endausbau der dem Kanal angeschlossenen Regenkanalisation wird er 140 km² Landschaft trockenlegen (SENSTADTUM 1986).

Durch die jetzt allgemein hohe Gewässerbelastung im Berliner Raum liegt die Sedimentationsrate in Spree und Havel bereits im Zufließbereich zu Berlin bei nunmehr 9 mm/Jahr (EYRICH 1992, vgl. auch Abschnitt 3.2).

4.3.5 Das Ergebnis: Wasser und Boden im industriellen Zugriff

Mit Beginn des 20. Jahrhunderts „sind die Eingriffe des Menschen in die Landschaft ... immer folgenreicher geworden. Besonders stark wirken sich die Veränderungen des Wasserhaushalts auf die Pflanzen- und Tierwelt aus“ (SUKOPP 1981). „Zu dieser Zeit trat auch der nächste große Sprung in den Stoffverlusten der Böden auf. Die Leitfähigkeit des abfließenden Wassers stieg um die Jahrhundertwende auf teilweise über 300 $\mu\text{S}/\text{cm an}$ “ (RIPL 1989, vgl. Abbildung 18: Beginn der Phase 4 - Verwüstung).

Die Wasserwirtschaft im Berliner Raum erreicht um die Jahrhundertwende eine neue Qualität im Zugriff auf Wasser und Boden.

Die Wandlung vollzog sich in drei Etappen, mit der Inbetriebnahme

- der Grundwasserwerke ab 1872,
- des städtischen Entwässerungssystems ab 1878 und
- des Teltowkanals 1906.

4.3.5.1 Wasser und Boden vor der Industrialisierung

Alt-Berlin lebte bis in die sechziger Jahre des 19. Jahrhunderts - zu diesem Zeitpunkt schon fast Millionenstadt - von aufbereitetem Spreewasser aus Stralau und von Wasser, das aus den Ziehbrunnen vom Grundwasserspiegel abgeschöpft wurde. Gemeinsam mit den von den versiegelten Flächen ablaufenden Niederschlägen gelangte das Wasser mit Abprodukten befrachtet über die Rinnsteine und Stichkanäle in die Spree oder versickerte im Stadtgebiet. Da im Urstromtalbereich das oberflächennahe Grundwasser natürlicherweise in die Spree abfließt, bestand bis dahin der städtische Einfluß auf die natürlichen Abflußverhältnisse nur in der beschleunigten Abführung der Gebietsniederschläge in die Spree.

Auch die um die Stadt verbreiteten Grabensysteme zur Entwässerung der landwirtschaftlichen Flächen konnten damals aus dem Urstromtal nur das oberflächennahe Grundwasser abziehen.

Alle Entwässerungsfaktoren zusammen senkten so den Grundwasserspiegel im Urstromtal bis maximal auf das Niveau des Mittelwasserstandes der Unterspree, mit ihr als Hauptvorfluter, also um maximal 2 m - der Höhendifferenz zwischen Ein- und Ausgang des Urstromtals im Berliner Bereich. An der Abflußsumme von Grund- und Oberflächenwasser aus dem Berliner Raum und an den generellen Fließverhältnissen hatte sich wenig geändert.

4.3.5.2 Die industrielle Ausbeutung von Wasser und Boden

Ganz anders das neue System Wasserversorgung- Stadtentwässerung- Teltowkanal:

Mit seiner Installation geht dem unteren Spreeinzugsgebiet erstmalig ein bedeutender Teil der natürlichen Wasserressource verloren. Gleichzeitig treten erstmalig im Urstromtal Grundwasserstände auf, die allgemein unter dem Spiegelniveau von Havel und Spree liegen und dieses lokal sogar wesentlich unterschreiten.

Der Teltowkanal als neuer, südlicher „Mündungsarm“ der Spree leitet einen Teil der natürlichen Berliner Oberflächenzuflüsse aus Dahme und Spree direkt in die Brandenburger Stauhaltung der Havel über. Er wirkt wie ein Bypass zum unteren Spreegebiet.

Mit diesem Wasser gehen dem Urstromtal an der Spreeemündung auch die Niederschläge verloren, die vorher den Grundwasserabstrom vom Teltownordhang speisten und nun von der großflächigen Regenkanalisation im östlichen Teil des Teltowkanals erfaßt werden.

Außerdem gehen dem Gebiet diejenigen im Urstromtal von den Wasserwerken geförderten Grundwassermengen verloren, die später vom Entwässerungssystem als Abwasser auf die Rieselfelder des Teltow befördert werden und dort außerhalb des unteren Spreeinzugsgebietes in das Nuthegebiet ablaufen.

Die so dem unteren Spreegebiet entzogenen Wassermengen sind die eigentliche Ursache der im südlichen Berliner Stadtgebiet verbreitet auftretenden Austrocknungserscheinungen. Die Folge dessen ist ein allgemein höherer Grundwasserflurabstand, auf dessen stabiles Niveau viele „Häuslebauer“ gesetzt haben.

Diese generelle Entwicklung war ein gewaltiger Eingriff in den Wasserhaushalt. „Die produktionshemmende Staunässe sowie stabile Podsolstrukturen (s. Kap. 3.2) wurden endgültig beseitigt. Der Grundwasserspiegel begann im Takt der Regenereignisse zu schwingen und ein rascher Abbau der für die Wasserrückhaltung wichtigen organischen Bodensubstanzen sowie die Ausspülung der dabei freigesetzten Schwefel- und Salpetersäure ... war die Folge“ (RIPL 1989).

Die Veränderungen im Urstromtal

Besondere Bedeutung besitzen in dem Zusammenhang die Eingriffe in den Wasserhaushalt des Urstromtals.

Mit der Installation der großen Zahl von Brunnen verlieren Spree und Havel allmählich das obere Grundwasser als ihre natürliche Speisungsquelle. Das Grundwasser findet anstelle der Flußbetten neue Entwässerungssenken in den Spiegelabsenkungen um die Wasserfassungen.

Die Entwicklung der Brunnenbau- und Wasserfördertechnik gestattet es auch bald, nicht nur das oberflächennahe Grundwasser abzusaugen (Saugpumpen - Technik), sondern den Wasserstrom in seiner ganzen Mächtigkeit von teilweise über hundert Metern zu erfassen. Filterrohrtiefen von in der Gegenwart 26 m bis zu 170 m (BWB 1990). liefern die technischen Voraussetzungen für extreme Grundwasserabsenkungen. Der Anreiz, diesen technischen Freiraum wirklich zu nutzen, war und ist durch den Bedarfsträger Großstadt immer gegeben.

So übersteigt die Entnahme von Grundwasser bald die natürliche Abflußspende, d.h. die Grundwassermenge, die natürlicherweise in die Flüsse aussickert plus der Oberflächenwassermenge, die direkt in die Gewässer fließt. Die Deckung des Bedarfs erfolgt jetzt zusätzlich durch die Inanspruchnahme des als Speicher wirkenden Grundwasserleiters. Der damit allgemein sinkende Grundwasserstand zeitigt die von SUKOPP (1981) beschriebenen Auswirkungen auf die Pflanzen- und Tierwelt, die anhand einiger Beispiele verdeutlicht werden sollen:

„Die früher weit verbreiteten Feuchtwiesen wurden von dem größten Teil ihrer Wuchsgebiete verdrängt.“ So ersetzen im Spandauer Forst Erlenbruchwälder und deren Gebüschpioniere Großseggengesellschaften. Durch Moorsackungen infolge der gefallenen Grundwasserstände z.B. an den Rändern des Teufelsbruchs erhielten die Erlen Stelzwurzeln. Waldeidechse, Ringelnatter und Moorfrosch sind hier aus demgleichen Grund in ihren Beständen gefährdet.

„Grundwasserabhängige Wälder (z.B. Forstamt Spandau und in der Jungfernheide) reagieren auf die Grundwasserabsenkungen mit Wuchsminderung und Schädlingsbefall.“ Die Schwarzerle, einst eine bedeutende Wirtschaftsholzart des Niederwaldes im Nordwesten des Spandauer Forstes, weicht ab 1880 der Sandbirke und schließlich der Waldkiefer.

„Als Folge des stetig sinkenden Wasserspiegels zeigt auch die Tierwelt des Pechsees im Grunewald erhebliche Veränderungen. Von 22 Libellenarten, die um 1970 am See beobachtet werden, bleiben 5 Jahre später noch 14 übrig. Verschwunden sind hauptsächlich Moor- und Hochmoorarten.“

Dieser Entleerung des Grundwasserleiters wirken allerdings mehrere künstlich hervorgerufene Effekte entgegen, die zu einer Stabilisierung des Systems führen.

Zum ersten erzeugen die neuen, tiefen Grundwassersenkungen durch das starke Spiegelgefälle erhöhte Fließgeschwindigkeiten in der Hauptstromrichtung des Grundwassers. Auf der „Leeseite“ der Brunnengalerien entstehen künstliche Grundwassergegenströme, die das Einzugsgebiet der Wasserfassung in diese Richtung vergrößern. Beides zusammen hat die Tendenz, die Grundwassersenkungen schnell wieder aufzufüllen.

Zum zweiten kehrt die Absenkung des Grundwasserspiegels die Beziehung zwischen Oberflächenwasser und Grundwasser um. Von nun an entwässern die Flüsse in den Grundwasserleiter des Urstromtals. Dieses Verhalten wird auch als Uferfiltration bezeichnet.

Im Lichte dieser Effekte gesehen, sind die Absenkungen um die Brunnengaleriein von den Wasserwerksbetreibern durchaus erwünscht, läßt sich doch so der Zugriff auf die Wasserressource intensivieren. Außerdem treffen wir hier mit den Uferfiltrat auf den nächsten, aber anfänglich wohl unbewußten Versuch, die Ressource Oberflächenwasser für die Trinkwasserproduktion wiederzugewinnen.

Zum dritten erzeugt das Wasserversorgungs- und Stadtentwässerungssystem einen großen künstlichen Wasserkreislauf zwischen dem Urstromtal und den Hochflächen. Das dem Urstromtal entnommene Wasser gelangt über die städtischen Wassernutzer zum größten Teil auf die ca. 20 km von der Innenstadt entfernten Rieselfelder. Die Rieselfelder auf dem Barnim entwässern vollständig und die auf dem Teltow teilweise in das Berliner Spree-Havel-Einzugsgebiet, so daß dieses Wasser den im Tal liegenden Wassernutzern sowohl über den Grundwasserleiter als infiltriertes und über die Rieselfeldabzugsgräben zu Havel und Spree als drainiertes Wasser wieder zufließt, eine in der Flußgebietsbewirtschaftung äußerst seltene Konstellation, in der nämlich sonst die egoistische Oberlieger - Unterlieger - Beziehung dominiert.

Gleichwohl kann die Tendenz, den Grundwasserspeicher zu entleeren, damit nicht kompensiert werden. Lediglich die wirtschaftlichen Krisen im Gefolge des 1. Weltkrieges und später des 2. Weltkrieges bewirken durch die über mehrere Jahre reduzierten Grundwasserentnahmen wieder eine Aufhöhung der Grundwasserstände im Urstromtal (SUKOPP 1981).

4.4 Die Intensivierungs- und Reparaturwasserwirtschaft

Berlin hat sich in seiner Wachstumsnot auf diese Weise eine effektive Wassermaschinerie zugelegt, die eine Landschaft von 2.000 km² ihren Ansprüchen unterwirft.

Mit der Inbetriebnahme beginnen auch bald Reparaturen an ihren konstruktiven Schwachstellen. Gleichzeitig muß wegen des immer weiter steigenden Versorgungsbedarfs der Großstadt die Kapazität der Maschinerie vergrößert werden.

4.4.1 Die ersten Symptome der Ressourcenüberlastung

Abgesehen von der technischen Anfälligkeit als zentrale Versorgungsanlage, insbesondere in Krisenzeiten, bemerken wir bald Havarien an den Stellen der Wassermaschinerie, wo sie das Wasser der Natur entnimmt und/oder nach dem Gebrauch zurückführt. Hier tritt eine punktuelle Ressourcen-Übernutzung auf.

Die Probleme tauchen dort zuerst auf, wo kleinen Wassereinzugsgebieten mit natürlicherweise geringer Grundwasserneubildung aus Niederschlägen das Grundwasser entzogen wird, um es einer städtischen Nutzung zuzuführen.

Nach 1908 fallen plötzlich der Riemeistersee und der Nikolassee trocken. Dabei trocknet der Riemeistersee endgültig aus. Der Seespiegel des Schlachtensees sinkt um 2 m (SUKOPP 1981). Die Ursache dieser Ereignisse liegt auf der Hand: die Grundwasserentnahmen des Wasserwerkes Beelitzhof.

Bereits 1925 gibt es Hinweise darauf, daß durch die Grundwasserentnahmen der Wasserwerke die Randzonen der Moore in einem Umkreis von 15 km um die Stadt entwässert werden (HUECK 1925).

Gleichzeitig trocknen die Kanäle vor allem im Zusammenspiel mit dem Stadtentwässerungssystem großräumig die inner- und randstädtischen Feuchtgebiete aus. Insbesondere legt der Teltowkanal nach Vollausbau seines Entwässerungssystems ca. 150 Pfuhe, das damalige gesamte Bäketal und die Lankeiederung zwischen Lankwitz und Steglitz trocken (SUKOPP 1981) (s. Abb. 17).

4.4.2 Die ersten Reparaturen - das Katastrophenmanagement beginnt

Die erste wesentliche Reparatur mit gleichzeitiger Kapazitätserhöhung der Maschinerie erfolgt bereits 1913.

Der durch die Grundwasserentnahmen des Wasserwerkes Beelitzhof im Einzugsgebiet der Grunewaldseenkette tief entleerte Grundwasserleiter muß wieder aufgefüllt werden, um den Wasserwerksbetrieb zu sichern.

Durch Überpumpen von Havelwasser aus dem Wannsee in den Schlachtensee kehrt man die natürliche Fließ- und Entwässerungsrichtung einfach um (SUKOPP 1981). Die Seespiegel der unteren Grunewaldseen steigen. Beelitzhof gewinnt dank der Filterleistung der Uferböden auf diese Weise Trinkwasser aus Oberflächenwasser der Havel, das durch die Abwassereinleitungen von Alt-Berlin stark belastet ist, als zweite Wasserressource und kann so seine Betriebskapazität weiter erhöhen.

Damit beginnt die industrielle Grundwasseranreicherung!

Es schließt sich eine Kette von Reparaturen an, die darauf zurückzuführen sind, daß dem Wasser die Rolle als Transportmedium für die städtischen Abprodukte zugewiesen wird.

Das betrifft zuerst die Böden der Rieselfelder, die einen bedeutenden Teil der Abprodukte der Großstadt in den natürlichen Stoffkreislauf zurückführen sollen.

Diese Böden sind einer weit höheren Belastung als die Uferböden ausgesetzt. Schon bald nach der Inbetriebnahme der Rieselfelder zeigt sich, daß sie die Abwasserfracht nur in geringem Maße wieder in Biomasse umsetzen können. Trotz Nachrüstung mit Vorklärbecken zur Separierung der absetzbaren Stoffe, der Entwässerung, Ausfäulung und anschließenden großflächigen Verteilung des Schlammes auf die landwirtschaftlichen Flächen der Umgebung erkennt man die Überforderung dieser Böden und gelangt Anfang der zwanziger Jahre angesichts der steigenden Frachtmengen zu der Ansicht, daß anstatt der Ausweitung und Extensivierung des Rieselbetriebes besser großtechnische Anlagen diese Abproduktmengen aufbereiten sollten. So beginnt mit der Inbetriebnahme der Vorkläranlage Waßmannsdorf im Jahre 1927 der fünfzigjährige, folgenreiche "Siegeszug" der Großklärtechnik über die Rieselfelder.

4.4.3 Neue Lasten für die Wasserwirtschaft

Komplizierend auf die Abproduktbehandlung wirkt sich eine neue technische Entwicklung aus.

Um die Jahrhundertwende nimmt auch in Berlin ein Wirtschaftszweig besonderer Art seine Produktion auf: die chemische Industrie. Sie ist in der Lage, aus Naturrohstoffen in immer größerer Vielfalt Stoffe zu generieren, die in der Natur völlig unbekannt sind. Viele dieser Stoffe sind so stabil, daß sie als künstliche Abprodukte gemeinsam mit den bis dato anfallenden organischen und schwermetallhaltigen Abprodukten und den Nährsalzen in die Natur abgegeben werden.

Die Abgabe erfolgt

- zum ersten mit Hilfe einer weiteren städtischen Neuentwicklung - der Stadtreinigung - auf Mülldeponien,
- zum zweiten über das Transportmedium Luft feinverteilt auf die Böden und Gewässer der Umgebung,
- zum dritten über das Transportmedium Wasser in die Gewässer und auf die Rieselfeldböden
- und schließlich als unmittelbare Ablagerung in die Kulturschicht der Stadtböden.

Dieser nachhaltige Kontakt mit der Umwelt bewirkt durch synergetische Effekte die Bildung weiterer Stoffe in einer unüberschaubaren Vielfalt mit ebenso unüberschaubaren Eigenschaften. Viele von ihnen sind toxisch und/oder entziehen sich ebenfalls den Abbauprozessen in der Natur. Sie verweilen so in den natürlichen und künstlichen Stoffkreisläufen und reichern sich dort an (vgl. Kap. 2.2 Systembetrachtung und Wasserkreisläufe).

Insbesondere die von der Wassermaschinerie intensiv betriebenen Wasserkreisläufe führen dazu, daß sich dieser „chemische Zoo“ mit steigender Konzentration in den Tiefen seiner Filter, den Rieselfeld- und Uferböden, ablagert.

Neben der Festlegung der natürlich nicht oder nur sehr langsam abbaubaren Abprodukte in den Böden des Berliner Raumes bemerken wir auch den Versuch der Neuaufgabe eines annähernden Stoffkreislaufes zwischen Siedlung und Land, ermöglicht durch den Betrieb des HOBRECHTSchen Entwässerungssystems.

Die langsam steigende Schadstoffbelastung der Abprodukte hätten eigentlich ihrer Ablagerung auf Deponien und der Rückführung in die Natur immer engere Grenzen setzen müssen. Die damit zusammenhängenden Auswirkungen wurden aber lange nicht erkannt und sind uns heute als Altlastenproblematik erhalten geblieben. Dies begründet den heute so lukrativen Wirtschaftszweig Altlastensanierung.

Wir erleben um die Jahrhundertwende die zwar langsamer wachsende, aber ihren Wasserbedarf, Abwasser- und Abproduktausstoß schneller steigende Großstadt Berlin, verursacht durch den steigenden Lebensstandard der Bevölkerung im Zusammenhang mit der Ausweitung der Produktion des Gewerbes und der Industrie.

Gleichzeitig sinkt der Reinigungsgrad des Entwässerungssystems, wodurch die Stoffbefrachtung von Spree und Havel zunimmt:

1. Unter der stetigen Beschickung mit Abwasser „ermüden“ die Rieselfelder, sie verlieren an Reinigungsleistung. Ca. 30% des Abwassers gelangen ungenügend gereinigt über die Abzugsgräben in die Havel und Spree.
2. Die neuen Kläranlagen Waßmannsdorf und Stahnsdorf, die die hinzukommenden Abwassermengen aufnehmen, besitzen eine bei weitem schlechtere Reinigungsleistung als die Rieselfelder in den ersten Betriebsjahren, so daß jetzt auch ihre Klarwassereinleitungen die Fließgewässer belasten.
3. Schließlich nimmt die Regenwasserkanalisation mit der zunehmenden Flächenversiegelung immer größere Mengen an Straßenschmutz auf. Diese Straßenabwässer erreichen ungereinigt, gerade über die immer weiter ausgebaute Trennkanalisation, direkt die Gewässer.

4.4.4 Die neuen Lasten einfach wegspülen

Diesen neuen Lasten begegnet die Berliner Wasserwirtschaft einerseits aktiv mit weiteren Reparaturen am technischen System, worüber später noch zu berichten ist. Andererseits läßt sie einfach der Neigung freien Lauf, die Transportkraft der Fließgewässer zum Export der problematischen Abprodukte aus dem eigenen Bewirtschaftungsgebiet auszunutzen.

Unglücklicherweise hatten die Verkehrswasserbauer aber der Spree ein „Mündungsdelta“ mit nach dem Endausbau vier Fließarmen und zwei Mündungsarmen verpaßt (s. Abb. 25).

Der gemeinsam mit dem Mühlenstau auf diese Weise extrem vergrößerte Gesamtfließquerschnitt setzt die durchschnittliche Fließgeschwindigkeit im „Delta“ so weit herab, daß der Standortvorteil als Flußoberlieger nicht mehr zum Tragen kommen kann, weil sich nun auch die Feinanteile der Wasserschwebstoffe in den eigenen Flußbetten ablagern.

Also gründet man Anfang der vierziger Jahre den Spree - Havel - Verband, dessen vornehmliches Ziel die Bereitstellung von Spülwasser für die Berliner Havel, Spree und ihre Kanäle sein soll (KLOOS 1981).

Der 2. Weltkrieg verhindert die Ausführung der zu diesem Zweck geplanten aufwendigen Speicherbauten in den oberliegenden Einzugsgebieten.

Stattdessen begnügt man sich mit der Überleitung von Oberflächenwasser aus fremden Flußeinzugsgebieten. Die Müritz muß nun über den Mirowkanal der Havel und die Oder über den Oder - Spree - Kanal der Spree beim Spülen ihrer Flußbetten behilflich sein.

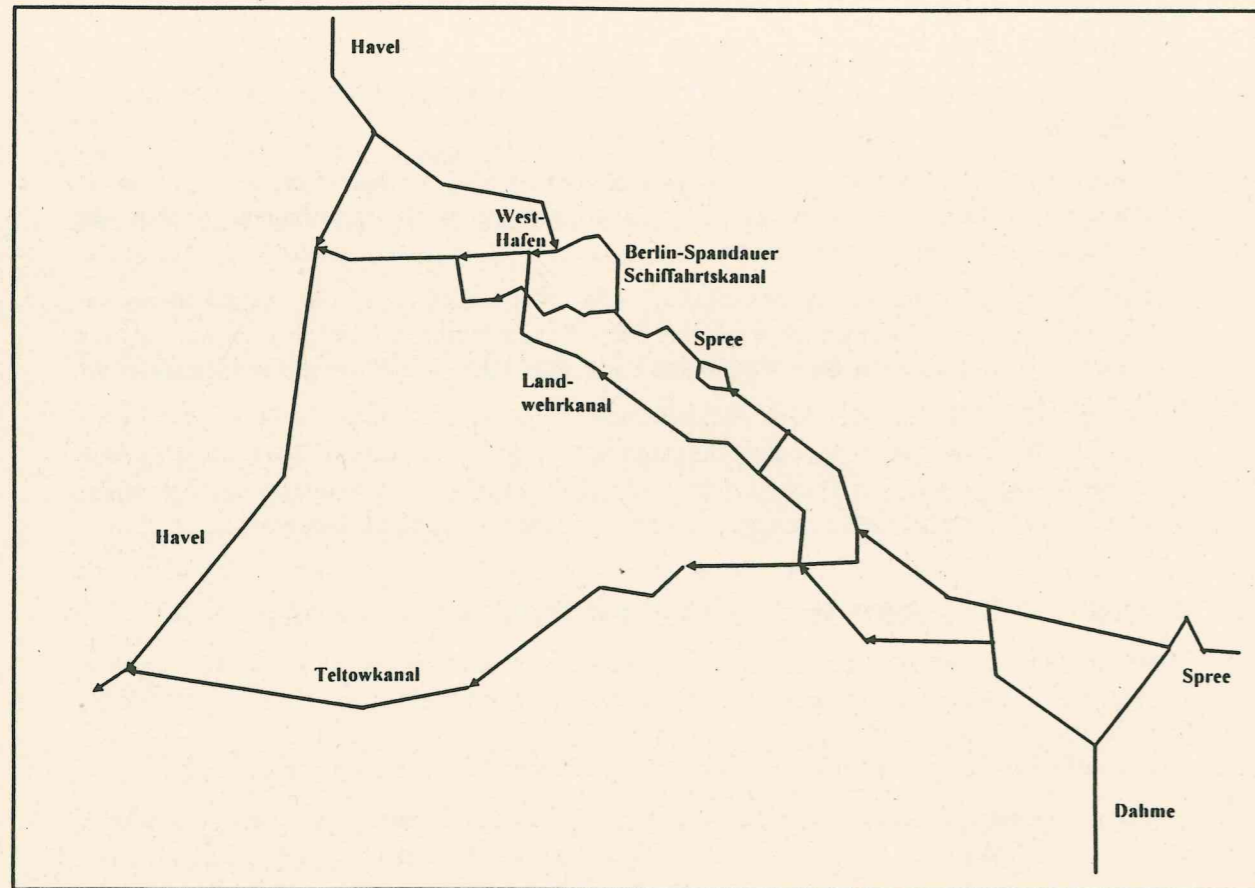


Abb. 25: Schematische Darstellung der Spree im Mündungsbereich mit ihren Abflußkanälen

4.4.5 Im politischen Bruch

Der 2. Weltkrieg zerstört einen großen Teil der oberirdischen Wassermaschinerie. Steigende Grundwasserstände und katastrophentartige Abwassereinleitungen in die Spree und ihre Kanäle über die selbstentwässernde Kanalisation sind nur vorübergehende Erscheinungen. Die Reparatur der Anlagen hat für die Stadt existentielle Bedeutung. Aber der tiefe politische Bruch, der die Stadt in Ost und West aufteilt, bedroht die Betriebsfähigkeit des nur komplex funktionierenden wasserwirtschaftlichen Anlagensystems auf Dauer.

Die Weiterentwicklung der Wasserwirtschaft im Berliner Raum wird so geprägt

- von der stillschweigenden Kooperation zwischen den politischen Gegnern, um die Betriebsfähigkeit der Wassermaschinerie aufrechtzuerhalten,
- von den um die politische Dimension erweiterten Nutzungskonflikten zwischen dem Flußoberlieger Ost-Berlin und dem Flußunterlieger West-Berlin
- und vom Autarkiestreben der nun von potentiellen Fremdwasserressourcen isolierten Inselstadt West-Berlin.

Obwohl die Gesamteinwohnerzahl Berlins nach dem Krieg um über eine Million auf 3,3 Mio. Einwohner sinkt, treten mit dem „Wirtschaftswunder“ und dem „Sozialistischen Wirtschaften“ bald wieder die schon bekannten Zugriffsprobleme auf die Naturressourcen Boden und Wasser in Erscheinung, verschärft nach ca. 20 weiteren Betriebsjahren der Wassermaschinerie.

4.4.6 Trinkwasser um jeden Preis auf Kosten der Böden

Anfang der 70er Jahre erreicht die Trinkwasserlieferung allein für die 2,1 Mio Einwohner West-Berlins die gleiche Größenordnung wie für die 4 Mio Einwohner des Berlins von 1925. Man kann in dieser Entwicklungsetappe der Berliner Wasserwirtschaft von einem Raubbau am Grundwasser sprechen (KLOOS 1981).

In der Dekade 1965 bis 1974 fördert z.B. West-Berlin 7% mehr Wasser durch alle seine Fassungsanlagen aus dem Grundwasserleiter, als sich zusammen

- natürlich als Grundwasser im Einzugsgebiet aus den Niederschlägen Neubildet,
- Uferfiltrat aus den Flüssen in den Grundwasserleiter sickert
- und Abwasser der Rieselfelder im Kreislauf dem Grundwasserleiter wieder zufließt.

Der Anteil des aus Niederschlägen gebildeten Grundwassers beträgt dabei - wohlgernekt nach künstlicher Ausweitung des Grundwassereinzugsgebietes der West-Berliner Rohwasserfassungen und einschließlich der Entleerung des Grundwasserleiters - lediglich 44%, der Anteil des Uferfiltrats bei mittleren Fördermengen 40% (KLOOS 1981).

Durch die Entleerung des Grundwasserleiters im Urstromtal und in der Havelrinne fließen jetzt Havel und Spree in der Regel oberhalb des Grundwasserspiegels in über die Jahrhunderte durch die Mühlenstau und die Abprodukteinleitungen gebildeten Schlammwannen. „Die ausgewiesenen Mächtigkeiten der ... Sedimente von allgemein mehr als 10 m in der Mitte der Seen übersteigt bisher bestehende Vorstellungen über die Mächtigkeit und Menge der Sedimente“ (EYRICH 1992). Sie dichten die Flußbetten und Seeböden nach unten gegenüber dem Grundwasserleiter weitgehend ab. „Die schwer- bis undurchlässigen Sedimente ... verhindern die Kommunikation zwischen Oberflächenwasser und Grundwasser, und die flächenhafte Verbreitung schließt die Gewinnung von uferfiltriertem Oberflächenwasser für die Wasserversorgung aus“ (EYRICH 1992). Deswegen findet die erzwungene Uferfiltration nur im Bereich der Spülsäume der Ufer statt. Dabei fällt Oberflächenwasser in der Gestalt von langgestreckten Sickerwasserfahnen an den Gewässern in die Absenkgräben der nun oft dicht an den Ufern positionierten Brunnengalerien. Die Bodenfilterstrecke des Oberflächenwassers ist in einigen Fällen gleich der Falltiefe zum Filterrohr der Brunnen.

Die Absenkungen des Grundwassers erreichen ein so prekäres Ausmaß, daß sogar Dürreschäden an der Ufervegetation bemerkt werden (SUKOPP 1981). Durch die ausgeprägte Abflußsteuerung von Havel und Spree über die Stauanlagen treten auch keine den Uferbereich hin und wieder vernässenden Hochwasserwellen mehr auf.

Da der Wasserbedarf der Großstadt und der geldwerte Wille zur Trinkwasserproduktion offensichtlich die Filterleistung der Berliner Böden bezüglich der Grundwasserneubildung, der Uferfiltration und der Verrieselung übersteigen, sucht man nach neuen Wasserressourcen, aber möglichst nach qualitativ hochwertigem Grundwasser.

Die West-Berliner suchen wegen ihrer territorialen Isolation in der Tiefe nach dem tertiären Grundwasserleiter (KLOOS 1986), die Ost-Berliner eher spreeaufwärts nach oberflächennahem Grundwasser.

Dort überall recht erfolglos, greift man in der beiden gemeinsamen Versorgungsnot wieder auf das Oberflächenwasser der Spree, Havel, Oder und Müritz zurück:

Abgesehen von einem neuerlich untauglichen Versuch - diesmal im Wasserwerk Friedrichshagen - Spree/Oder-Wasser direkt aufzubereiten, gehen die Wasserwerker mit der Rohwasseranreicherung jetzt konsequent den 1913 erstmalig am Wasserwerk Beelitzhof erprobten Weg zur indirekten Nutzung der verschmutzten Oberflächengewässer. Dieses irreführenderweise auch Grundwasseranreicherung genannte Verfahren kombiniert die technische Voraufbereitung des Oberflächenwassers mit der Filterung entweder durch teilweise neu in Anspruch genommene, natürlich gewachsene Bodenkörper in unmittelbarer Nähe zu den Fassungsanlagen (Kuhlake im Spandauer Forst) oder durch eine gesteuerte Filtration über Flächenfilter (Friedrichshagen, Baumwerder, Jungfernheide). Das infiltrierende Oberflächenwasser fällt direkt in die Absenkgräben der Brunnengalerien und wird dort zu dem Rohwasser, aus dem die Wasserwerke hier in Berlin mit geringem Aufwand Trinkwasser herstellen. So sollte man den Begriff „Grundwasseranreicherung“ für die Berliner Wasserwirtschaft durch „Rohwasseranreicherung“ ersetzen.

Frische Böden - neues Glück; die Abwassermisere läßt sich zum wiederholten Male in der Geschichte des Ballungsraumes Berlin dank der Leistungsfähigkeit der Naturböden wegfiltern !

4.4.7 Der "Siegeszug" der Großklärtechnik über die Rieseltechnik

Entsprechend den Erfolgen der Wasserwerker im Verkauf von Trinkwasser an die Stadt mühen sich die Abwasserwerker mit deren verflüssigten Abprodukten.

Die seit sieben Jahrzehnten unter Höchstlast arbeitenden Bodenfilter der Rieselfelder „verweigern die Arbeit“. Die Bodenkörper haben sich in diesem Zeitraum mit erheblichen Mengen an Schadstoffen angereichert.

Von den Rieselfeldern, für die nicht rechtzeitig Ersatz durch eine Kläranlage geschaffen wird, fließt das energieaufwendig auf die Hochflächen gepumpte Abwasser im Kurzschluß dem nächsten Abzugsgraben und damit fast ungereinigt Havel und Spree zu.

In den 60-er Jahren erweitert die Haushaltschemie ihre Angebotspalette um phosphathaltige Waschmittel. Die damit erhöhte Phosphatkonzentration in den Abwässern wirkt sich unmittelbar auf den Gütezustand der Gewässer aus, da die konventionelle mechanisch-biologische Klärtechnik Phosphate nur zu einem Drittel im Klärschlamm binden kann.

Als Minimumfaktor hatte der Nährstoff Phosphat bisher das Algenwachstum in den Fließgewässern begrenzt.

Mit dem zusätzlichen Phosphat bilden sich nun aber in der Havel, der Spree und deren Kanälen, entsprechend große Mengen an Biomasse in Form von Algen, weil außer dem üppigen Nährstoffangebot weitere wachstumsfördernde Faktoren gegeben sind: langsames Fließen und gute Belichtung an der vergrößerten Wasseroberfläche durch die Stauhaltungen und Wärme insbesondere von den Kühlabwässern der Kraftwerke.

4.4.7.1 West-Berlin: Insel im Abwasserstrom

Infolge der oben skizzierten Entwicklung und wegen der in ganz Berlin weiter steigenden Abwassermenge aus dem verbesserten Sanitärstandard der Bevölkerung muß sich West-Berlin nun mit aller Kraft gegen die historisch gewachsene Abwasserstrategie wehren:

HOBRECHT ging für die nordöstlichen Entwässerungssysteme von einer ausreichenden Reinigung der Abwässer aus, so daß die technische Kreislaufführung des Wassers Urstromtal - Barnim - Urstromtal neben der Nährstoffrückführung auch zur Sicherung des Wasserdargebotes für die Wasserversorgung in Niedrigwasserzeiten beitragen konnte. Dieser willkommene Effekt - höchst ungewöhnlich für Flußwassernutzungen - verkehrt sich wegen der unzureichenden Reinigung der Abwässer zu einer drückenden Last.

Zu den sich stetig verschlechternden Rieselfeldabläufen des Nordostens in das Stadtgebiet über Wuhle, Erpe, Panke, Tegeler Fließ und Nordgraben gesellen sich die Kanalisationsabläufe und die Industrie- und Gewerbeabwässer von Oberspree und Landwehrkanal, nicht zuletzt auch die ungereinigten Abwässer der bezüglich zentraler Kanalisation bisher einfach vernachlässigten Siedlungsgebiete im Unterliegerbereich des Ballungsraumes, d.h. die Gebiete um die Spreemündung und die Havel.

Das nur spärlich besiedelte Flußgebiet der städtischen Havel avanciert jetzt für den Westteil der Stadt zur „ersten Adresse“ in Sachen Wasserversorgung und Erholung.

Im scharfen Nutzungskonflikt um diese naturnahen Flächen gebiert die West-Berliner Wasserwirtschaft mehrere „Mauerkinder“:

- 1963: Die Großkläranlage Ruhleben. Zum Erhalt der Nutzungs- und Erholungslandschaft erfaßt sie bald die Abwässer der Siedlungen des gesamten Spreemündungsgebietes, in jüngster Zeit auch die der Ortsteile Kladow, Gatow, Heiligensee, Konradshöhe und Tegelort (s. Abb 26).
- 1973: Eine Rohrleitung vom Nordgraben am Tegeler See zum Teltowkanal. Sie soll die kaum noch gereinigten Abwässer der Barnim - Rieselfelder vom Tegeler See und Wannsee fernhalten, weil man Ost-Berlin noch nicht zum Bau einer Kläranlage im Norden bewegen konnte.
- 1981: Die Phosphateliminationsanlage (PEA) Beelitzhof. Die durch die Wasserfassungen der Wasserwerke und ihre Funktion als Erholungsflächen stark belasteten Grunewaldseen leiden zusätzlich unter dem übergepumpten Wannseewasser für das Wasserwerk Beelitzhof. Um die rasante Alterung der Seen durch Eutrophierung zu stoppen, soll die PEA aus dem reichhaltigen „chemischen Zoo“ des Wannseewassers vornehmlich den Algennährstoff Phosphat entfernen.
- 1985: Die Phosphateliminationsanlage (PEA) Tegel. In seiner Funktion ähnlich den Grunewaldseen, aber für West-Berlin noch bedeutender, droht der Tegeler See innerhalb weniger Jahre an der Überlastung mit Nähr- und Schadstoffen aus dem Nordgraben und

dem Tegeler Fließ zugrundegehen. Als „letzte Rettung“ ersetzt man die unzureichende Rohrleitung von 1973 durch eine Wasseraufbereitungsanlage, ausgestattet mit in dieser Größenordnung einzigartigen Anlagen und entsprechend hohen Entwicklungs-, Investitions- und Betriebskosten.

- 1985: Eine Rohrleitung von der Kläranlage Ruhleben zum Teltowkanal mit einer Länge von 15 km und einem Rohrdurchmesser von 1600 mm (BWB 1988). Wegen ihrer großen Bedeutung für die Wasserversorgung und Erholung in West-Berlin müssen Unterhavel und Wannsee unbedingt von den Abläufen der Anlage Ruhleben entlastet werden.

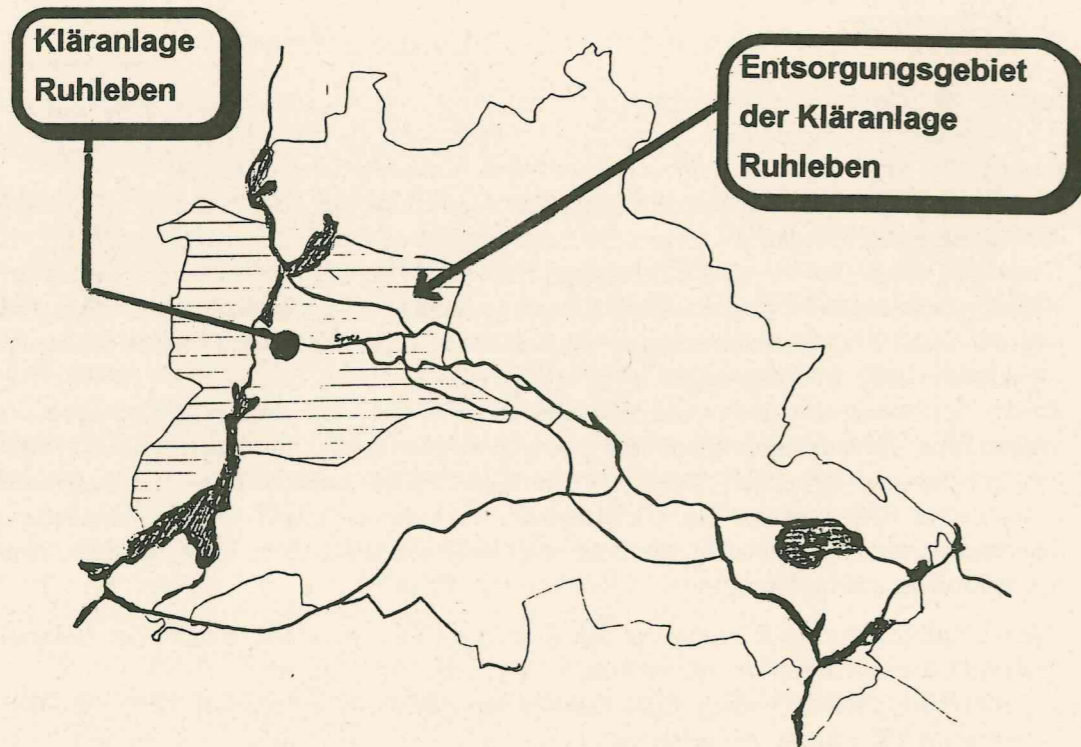


Abb. 26: Abwasserentsorgungsgebiet der Kläranlage Ruhleben

Erscheint die Kläranlage Ruhleben mit ihrem Kanalisationsnetz noch als „später Nachschlag“ auf den HOBRECHT'schen Entwässerungsentwurf, so sind die beiden Überleitungsmaßnahmen zum Teltowkanal und die beiden PEAs ein Ausdruck von Hilflosigkeit gegenüber einem von der höchsten politischen bis zur untersten wirtschaftlichen Ebene „mauernden“ Spree- und Haveloberlieger.

Mit seinem Anteil an der Berliner Wassermaschinerie verhält sich dieser besondere Oberlieger Ost-Berlin allerdings nur so egoistisch wie traditionell alle Flußoberlieger und entsprechend seinem beschränkten wirtschaftlichen Leistungsvermögen auch zweckmäßig:

Die vor dem 2. Weltkrieg entstandenen Großkläranlagen Stahnsdorf und Waßmannsdorf auf dem Teltow werden vernachlässigt, da ihr Vorfluter Teltowkanal alle Reinigungsdefizite als Problem an den Unterlieger Potsdam weiterleitet. Bevorzugt baut er Großkläranlagen für die nordöstlichen Kanalisationsgebiete der Stadt, deren Abwässer die Spree im eigenen Nutzungsbereich - also der

Oberspree - gefährden. Die neuen Großkläranlagen Falkenberg (1968) und Münchehofe (1976) entwässern dann über die Wuhle und Erpe in die Oberspree. Zuletzt geht 1985 die Großkläranlage Schönerlinde in Betrieb, wodurch schließlich alle die Berliner Oberhavel über den Nordgraben und die Unterspree über die Panke erreichenden Abwässer behandelt werden. 1982 läßt sich Ost-Berlin zu einer Gewässerschutzregelung bewegen, nach der diese Ost-Berliner Klärwerke ab 1986 mit Phosphatfällungsanlagen entsprechend dem Stand der Technik auszustatten sind.

4.4.7.2 Katerstimmung wegen der Großklärtechnik

Spätestens nach Inbetriebnahme der Ost-Berliner Anlagen zur weitergehenden Abwasserbehandlung sehen wir den Betrieb der beiden PEAs und der Ruhleben - Überleitung in einem anderen Licht. Nicht mehr Unwillen und Unvermögen des Flußoberliegers Ost-Berlin erzwingen den Betrieb dieser drei ungewöhnlichen Anlagen, sondern offensichtlich die Leistungsschwäche der modernen Großklärtechnik.

Der von der Wassermaschinerie in Gang gehaltene Wasserkreislauf zwischen Urstromtal und Barnimhochfläche führt die behandelten Abwässer jetzt nicht mehr durch Verrieselung dreigeteilt als Infiltrat dem Grundwasser, als Drainwasser den Oberflächengewässern und durch Verdunstung der Atmosphäre, sondern als Klärwerksablaufwasser nur noch direkt Havel und Spree zu. Der hohe Gehalt dieses nach dem Stand der Technik produzierten Ablaufwassers an Nährsalzen, sowie an Krankheitskeimen, Schwermetallen und vielfältigen anderen Schadstoffen belastet die Gewässer so sehr mit ihrer Funktion als Abprodukttransport- und Lagerungsmedium, daß sie den anderen Ansprüchen der Trinkwasserversorgung, der Erholung und nicht zuletzt der gewässerbezogenen natürlichen Lebensgemeinschaften ohne besondere Stützungsmaßnahmen nicht mehr gerecht werden können.

Was bleibt der West-Berliner Wasserwirtschaft anderes, als ihre drei „Mauerkinder“ mit hohem Kostenaufwand zu pflegen und zu hüten?

Und was kann die West-Berliner Wasserwirtschaft aus eigener Kraft bewegen, um die vom unwilligen Oberlieger verursachten Qualitätsprobleme der großen Fließgewässer zu mindern?

Zum einen stopft sie in ihrem Einflußbereich weitere Abwasserlöcher, zum anderen baut sie wegen der eigenen Reinigungsdefizite in Eintracht mit Ost-Berlin an der "Großen Oberliegerlösung".

Einerseits also

- verordnet man der West-Berliner Industrie und dem Gewerbe strenge Einleitungsbedingungen für deren Abwässer,
- beginnt die Straßenabwässer der Regenkanalisation und die Überläufe der Mischkanalisation vor ihrer Einleitung in die Oberflächengewässer mit Hilfe neu zu installierender Absetzanlagen mechanisch zu reinigen und
- stattet die 1976 am Nordhang des Teltow in Betrieb genommene Großkläranlage Marienfelde und auch das Klärwerk Ruhleben Schritt für Schritt mit biologischen Anlagen zur Phosphat- und Stickstoffreduzierung aus.

Andererseits läßt man die Abläufe der Kläranlage Marienfelde in das „Abfanggewässer“ Teltowkanal abfließen.

4.4.7.2.1 Die Teltowkanal-Misere

Auf diese Weise findet die Berliner Wasserwirtschaft für einen großen Teil der nicht verwerteten verflüssigten Abprodukte der Stadt im Teltowkanal noch den Abfangkanal, der dem Geh. Baurat WIEBE 100 Jahre zuvor zur Ehre gereicht hätte und die ihm damals durch HOBRECHTS Lösungsansatz verwehrt wurde.

Neben den Abwässern der Großkläranlagen Waßmannsdorf, Marienfelde, Ruhleben und Stahnsdorf leiten die Kläranlage Adlershof, die 140 km² Siedlungsfläche und diverse Gewerbe- und Industriebetriebe ihre Abwässer und schließlich drei Großkraftwerke ihre Kühlabwässer in den Kanal ein. Der Teltowkanal ist damit eines der am stärksten belasteten Fließgewässer Europas.

Der Wunsch, das hochbelastete Teltowkanalwasser möglichst schnell loszuwerden, geht jedoch nicht vollständig in Erfüllung.

Beim Bau des Teltowkanals entstand an seinem Eingang zum Griebnitzsee auch der Prinz-Friedrich-Leopold-Kanal als Durchbruch vom Großen Wannsee über die Kleine Wannsee Kette zum Teltowkanal. Der Durchbruch sollte u.a. Spülwasser aus dem Wannsee in den versumpften Mündungsbereich des Teltowkanals zwischen Griebnitzsee und Glienicke Lake überleiten (SENSTADTUM 1986).

Der Griebnitzsee entwickelte sich aber für das hochbelastete Teltowkanalwasser zu einer natürlichen Nachkläranlage, die in großen Mengen Biomasse produziert und sie als schnell wachsende Faulschlammsschicht mit einer Sedimentationsrate von 10 mm pro Jahr im Seebecken ablagert (DRIEHAUS 1988). Sie wirkt nun als hydraulische Bremse und leitet einen Teil des Teltowkanalwassers in den Wannsee über. 1989 muß die Gesundheitsverwaltung West-Berlins ein Badeverbot für die Kleine Wannsee Kette aussprechen.

Aber vor allem der Berliner Havelunterlieger Potsdam badet wie seit jeher die Folgen der Abwassermisere des Ballungsraumes Berlin aus.

Nach Wegfall der staatspolitischen Zwänge muß die zuständige Gesundheitsbehörde auch für alle Potsdamer Havelgewässer den Badebetrieb sperren.

4.4.7.2.2 Die Schlamm-Misere

Die Abwasser-Misere besitzt aber außer ihrem flüssigen noch einen festen Aspekt. Der von den Kläranlagen zurückgehaltene Anteil der ins Abwasser gelangten Abprodukte fällt - abgesehen von Faulgasen - als Klärschlamm an.

Seitdem aber die Chemieindustrie ihre stabilen „Stoffexoten“ generiert und Schwermetalle stete Begleiter des technischen Fortschritts zu sein scheinen, taugen die Klärschlämme nicht mehr für einen biologischen Stoffkreislauf. Deswegen stellte die Landwirtschaft nach und nach die Aufbringung der Schlämme auf die Äcker ein. Die Wasserwirtschaft ist gehalten, für die als Sondermüll eingestuft Klärschlämme präparierte Lagerflächen einzurichten.

Da der Ballungsraum Berlin seit kurzer Zeit wieder einen unstillbaren Appetit auf Siedlungsflächen entwickelt, wollen wir dieses lästige Abprodukt dem Transportmedium Erdatmosphäre überlassen:

Klärschlammverbrennung ist die Lösungsidee!

Und ein Endlager für die hochkonzentriert schadstoffhaltigen Aschen dürfte sich auch schon noch finden ...

Berliner Wasserwirtschaft - alles klar! ???

5 Zusammenfassung

Der Arbeitskreis Wasser des BUND Berlin stellt in Band 1 seiner „Konzeption einer ressourcenschonenden Wasserbewirtschaftung für die Region Berlin“ das zugrundeliegende Konzept sowie die geologischen und historischen Rahmenbedingungen vor.

Die Konzeption baut wesentlich auf dem Grundgedanken der Erfassung und Beschreibung regionaler Wasserkreisläufe auf. Diese umfassen sowohl die in dem betrachteten Ballungsraum stark gestörten natürlichen Wasserkreisläufe als auch die zusätzlich anthropogen eingerichteten Kreisläufe.

Die geologischen Rahmenbedingungen sind ganz wesentlich für die Berliner Wasserwirtschaft, da die Stadt sich aus ihrem eigenen Gebiet und dem direkten Umland mit Grundwasser versorgt. Die glazialen Sedimente geben darüber hinaus einen Eindruck, wie sehr das Gebiet in einem geologisch kurzen Zeitraum massiven klimatischen und hydrologischen Veränderungen unterworfen war.

Innerhalb der letzten 500.000 Jahre, einer geologisch sehr kurzen Zeitspanne, war die Region mehrfachen radikalen Umbrüchen im hydrologischen Regime ausgesetzt.

- Während der Elster-Eiszeit wurden im Untergrund des Eises, der aus Lockergestein bestand, tiefe Rinnen geschaffen. Diese Rinnen besitzen eine große Bedeutung für die Berliner Trinkwasserversorgung mit Grundwasser, da in ihnen einerseits die Mächtigkeit der gut wasserleitenden Schichten erhöht ist, andererseits die Gefahr des Aufdringens von salzhaltigem Tiefenwasser besteht.
- Die Sedimente der folgenden Warmzeit (Holstein-Interglazial) lassen auf große Seen insbesondere im Berliner Süden schließen.
- Schon die Saale-Eiszeit legte die heutige Landschaftsgliederung in Urstromtal und Hochflächen in groben Zügen an.
- Die Eem-Warmzeit hat im Berliner Raum nur wenige Spuren hinterlassen.
- Die letzte Eiszeit (Weichsel-Eiszeit) schuf die heutige Landschaft unserer Region mit ihren Hochflächen, dem Berliner Urstromtal und weiteren Urstromtälern insbesondere im Süden der Stadt sowie die Ausgangsgesteine für die Böden in diesem Raum.
- Die hydrologische Entwicklung war nach der letzten Eiszeit, die vor 10.000 Jahren zuende ging, geprägt vom Rückzug der Gletscher nach Norden und der sukzessiven Freigabe des Landes. Eine Reihe kleinerer Abflusstäler (z.B. Panke, Wuhle, Erpe) wurden in der Periglazialzeit angelegt, aus austauenden Toteisresten entstanden Pfuhle, Sölle und größere Seen.
- Nach dem endgültigen Auftauen des Bodens veränderte sich die Hydrologie ein weiteres Mal, da über die oberflächlich anstehenden Sande viel Wasser versickern konnte. Einige Täler fielen dadurch trocken.
- Die Vegetation kehrte langsam in die Region zurück: erst Sträucher und Kräuter, dann Birken, Weiden, Kiefern, Erlen, Ulmen usw.. Spuren der ersten nacheiszeitlichen Menschen können ab etwa 10.000 J.v.h. verfolgt werden. Sie siedeln als Fischer und Jäger an den tiefergelegenen, wasserreichen Standorten des Nikolassees und des Tegeler Fließes.
- Die Bodenbildung begann ebenfalls nach dem Zurückweichen des Eises und mit dem Einzug der Vegetation. Die Sande sind sehr nährstoffarm, daher ist die Vegetation hier eher karg. Die Geschiebemergelflächen sind für die landwirtschaftliche Nutzung besser geeignet und seit Jahrtausenden genutzt worden.

Vegetation hier eher karg. Die Geschiebemergelflächen sind für die landwirtschaftliche Nutzung besser geeignet und seit Jahrtausenden genutzt worden.

Begünstigt durch die klimatischen Veränderungen beginnt der Mensch in diesem Gebiet sesshaft zu werden. Im Verlaufe der Besiedlung wechseln kulturelle Höhepunkte und Tiefpunkte einander ab. Die kulturellen Höhepunkte führen dazu, daß die lokal von der Natur angebotenen Ressourcen den menschlichen Ansprüchen nicht mehr genügen; der Mensch beginnt den Naturhaushalt nach seinen Interessen umzugestalten, dh. ihn zu bewirtschaften.

Mit dem Blick in die Geschichte der Wasserbewirtschaftung dieser Landschaft dokumentieren wir die Meilensteine der Ausbeutung von Wasser und Boden durch den Menschen.

Die schrittweise vollzogenen Eingriffe in den Naturhaushalt führten zu einer ungewollten Dynamisierung der ihm zugrundeliegenden Prozesse, so daß die Entwicklung der Siedlungen immer öfter mit unerwarteten kritischen natürlichen Randbedingungen konfrontiert wurde.

Wir erkennen folgende historische Meilensteine der Wasser- und Bodenbeanspruchung:

- Die Entstehung ortsfester Siedlungen zu Beginn der Jungsteinzeit ca. 5500 J.v.h. im Zusammenhang mit dem Beginn der Wald-, Weide- und Ackerwirtschaft. Auf den genutzten Flächen entstanden vollständig neue, vom Menschen geprägte Landschaften - die Kulturlandschaft - mit gravierenden Folgen für die Kompartimente Wasser, Boden, Luft und Biosphäre.
- Die Bildung von Kleinstädten in Brandenburg ab ca. 1150 mit der Versiegelung größerer zusammenhängender Flächen in den Innenstadtbereichen. Deren Rinnsteinkanalisation spülte mit den Niederschlägen die Straßen und Plätze von Verunreinigungen frei, wodurch die Gewässer in größerem Umfang mit Nähr- und Schmutzstoffen belastet wurden. Seither dienen die Fließgewässer als Transportmedium für Abprodukte von Siedlungszentren.
- Der Bau von Mühlenstauwerken in den großen Fließgewässern ab 1232 (Spandau) mit weiträumigen Grundwasseranstiegen und erheblichen Grünlandverlusten durch Vernässung in ihren Staubereichen. Im Flußkörper der Staubereiche entstanden seenartige Verhältnisse. Die Einheit des Biotops Fluß wurde zerstört.
- Die Einführung des Kammerschleusen-Prinzips in Brandenburg ab ca. 1550 (Spandau und Berlin), wodurch die Jahrhunderte andauernde ökonomische Überlegenheit des Wassertransportes über den Landtransport begründet wurde. Entsprechend den wirtschaftlichen Interessen kam es so zu einem exzessiven Kanalbau in Brandenburg. Die Kanäle bewirkten ebenfalls erhebliche Vernässungen der umliegenden Landschaften, aber auch Gebietsentwässerungen im Durchstichbereich der Kanäle zwischen benachbarten Flußgebieten.
- Ein Edikt von 1704 leitete die großflächige Entwässerung der um die Stadt liegenden Sumpfgebiete ein, so daß die stadtnahen Dörfer verstärkt zur Nahrungsmittelproduktion der schnell wachsenden Stadt beitragen konnten.
- Durch den Bau von Grundwasser-Werken ab 1872 (Wasserwerk Grunewald) begann die Ausbeutung der Grundwasserleiter in ihrer ganzen Mächtigkeit, wohingegen bis zu diesem Zeitpunkt Grundwasser stets nur vom Grundwasserspiegel abgeschöpft werden konnte.
- Die stufenweise Inbetriebnahme des HOBRECHT'schen Stadtentwässerungssystems ab 1878 im Zusammenhang mit der Entwicklung des Kanalnetzes im Unterlauf der Spree, insbesondere des Teltowkanals ab 1906. Dieses System hält bedeutende künstliche Wasserströme in Gang.

Sie wirken zum größeren Teil als Bypass zum Spreemündungsbereich in das unterliegende Havelgebiet und müssen deshalb als ein wesentlicher Faktor der Austrocknung des Stadtgebietes und seiner Umgebung angesehen werden.

Zum geringeren Teil führt es aber auch die erfaßten kommunalen Abwässer und Regenwässer über die Abwasserbehandlungsanlagen im Bereich der Barnim-Hochfläche erneut dem städtischen Nutzungsbereich zu. Eine in der Wasserbewirtschaftung allgemein höchst ungewöhnliche Konstellation: die regionale Kreislaufführung von genutztem Wasser.

Gleichzeitig begann 1878 die mehrere Jahrzehnte andauernde Befruchtung der Rieselfeldböden mit Abwasserschadstoffen, so daß alle (ehemaligen) Rieselfelder heute als Altlastenverdachtsflächen anzusehen sind.

- Um die Wende zum 20. Jahrhundert nahm die Chemische Industrie ihre Produktion auf. Sie ist in der Lage, aus Naturrohstoffen in immer größerer Vielfalt langlebige künstliche Stoffe zu generieren. Sie werden nach ihrem Gebrauch in die Natur abgegeben, wo sie sich in den Böden, Gewässern und in der Atmosphäre ablagern. Insbesondere die von der Wasserwirtschaft intensiv betriebenen Wasserkreisläufe lagern den "chemischen Zoo" mit stetig steigender Konzentration in den Tiefen der Gewässer- und Rieselfeldböden ab.
- Die dauerhafte Absenkung des Grundwasserspiegels im Urstromtal unter das Mittelwasserniveau von Spree und Havel, verursacht durch die über die Grundwasserneubildung hinausgehende Rohwasserförderung der Grundwasser-Werke. Spätestens 1908, als Riemeistersee und Nikolassee wegen der Wasserförderung des Wasserwerkes Beelitzhof trockenfielen, wurde offensichtlich, daß hier Uferfiltration von Oberflächenwasser in das Grundwasser einsetzte, also die Umkehrung der natürlichen hydraulischen Verhältnisse im Bereich der Gewässerbetten bei mittlerer und niedriger Wasserführung der Flüsse.
Damit begann die Nutzung der Uferböden als Filter für die Produktion von Trinkwasser. Die Uferfiltration liefert heute der Berliner Wasserwirtschaft mindestens 60% des Rohwassers für ihre Trinkwasserproduktion.
- Die technisch gezielte Infiltration von Oberflächenwasser in die Grundwasserleiter, beginnend 1913 mit der Überleitung von Havelwasser aus dem Wannsee in die Grunewaldseenkette, um die Förderkapazität des Grundwasser-Werkes Beelitzhof ausweiten zu können.
Die Ausweitung der Infiltrationsflächen nach dem 2. Weltkrieg auf Gebiete abseits der Uferbereiche der Fließgewässer (Spandauer Forst, Baumwerder, Friedrichshagen, Jungfernheide) bedeutet die Inanspruchnahme zusätzlicher Naturböden als Filter für die Trinkwasserproduktion.
- Die stufenweise Einstellung des Rieselfeldbetriebes und die ersatzweise Installation der Großkläranlagen-Technik ab 1927. Die Kläranlagen halten die Abwasserinhaltsstoffe weit schlechter zurück als die Rieselfelder zu Beginn des Rieselbetriebes. Infolge dieser Leistungsschwäche stieg die direkte Belastung der Berliner Fließgewässer mit Nähr-, Schad- und Schmutzstoffen weiter an.
- Die Ausbeutung fremder Oberflächengewässer (Müritz, Oder) durch die Überleitung von Wasser in das Havel - Spree - Gebiet nach dem 2. Weltkrieg, um die großen Mengen ungenügend gereinigten Abwassers aus den städtischen Fließgewässern ausspülen zu können.

6 Glossar

—A—

Auskolkungen Trichter- oder kesselförmige Vertiefungen, hier im Untergrund von Gletschern, sie können aber auch in Flüssen oder am Meer auftreten. Sie werden durch strudelndes Wasser verursacht, das das Gestein mitreißt. 22

—D—

Dauerfrostböden sind Böden, die das ganze Jahr über tiefgründig gefroren sind. Oberflächennah können sie jedoch kurzzeitig auftauen. 31

—E—

Eiskeile Als Eiskeile bezeichnet man Spalten im Boden, die durch oftmaliges Auftauen und Wiedergefrieren entstehen. Im Permafrostbereich ist der Eiskeil mit Eis gefüllt, nach dem Auftauen wird er meist mit nachfallenden oder eingewehten Sanden oder Kiesen gefüllt. 32

Endmoränen bilden sich vor dem Rand der Gletscher während einer längeren Stillstandsperiode beim Vor- oder Zurückschmelzen. 26

erosiv Erosion ist der (hier mechanische) Vorgang, der zur Abtragung von Gestein führt. 24

—G—

Geschiebemergel sind sehr heterogen zusammengesetzte, meist dichte und gering wasserdurchlässige Lockergesteine. Sie bestehen aus einer Mischung von Schluff und Ton, Sand und meist schlecht kantengerundeten Steinen verschiedener Größe (bis hin zum Findling). Entstanden sind sie unter der Einwirkung des Eises. Unter dem Eis zerreibt der Gletscher das Gestein durch seine hohe Auflast. Die relativ dünne Schicht bildet dann die Grundmoräne. Andere, fein zerriebene Teile werden im und auf dem Gletscher mittransportiert. Beim Abtauen des Eises werden sie auf der Grundmoräne abgelagert und bilden so einen zusätzlichen Teil des Geschiebemergels. 21

glaziär Vom Eis gebildete Sedimente nennt man glaziär. Darunter fallen die Geschiebemergel, aber auch die besondere Mischung von Sanden, Kiesen und Resten von Geschiebemergeln in den End- und Seitenmoränen. 21

Grundmoränenplatten sind die Landschaftsteile, die als flachwellige Hochebenen nach dem Gletscherrückzug zurückgeblieben sind. Ihr Untergrund besteht meist aus dem Rest der Grundmoräne, dem Geschiebemergel, wird aber großflächig von Sandern überdeckt. 26

—H—

Hohlformen Glaziale Hohlformen sind Mulden und Senken. 26

—I—

Interstadial Die Warmzeiten zwischen den Vereisungsstadien einer Eiszeit. 23

—K—

klastisch Als klastische Gesteine werden die Gesteine bezeichnet, die aus der mechanischen Zerstörung anderer Gesteine stammen. 23

—L—

limnisch Limnische Sedimente werden in Süßwasserseen gebildet. 24

—M—

mäandrieren Das Hin- und Herpendeln eines Flusses in flachem Gelände wird als Mäandrieren bezeichnet. 24

mesozoisch während des Erdmittelalters (ca. 290 bis 65 Mio a vor heute) gebildet. 22

Miozän Das Miozän ist ein Zeitabschnitt des Tertiär, der von vor etwa 25 Mio a bis etwa vor 7 bis 8 Mio a reichte, und in dem die letzten Braunkohlen gebildet wurden. 21

—O—

Oligozän Das Oligozän ist die Zeit, in der die meisten Braunkohlen entstanden sind und in der in ganz Norddeutschland ein Ton abgelagert wurde, der für die Hydrogeologie in Berlin als Trennschicht zwischen dem salzhaltigen Grundwasser in den tieferen Schichten und dem Süßwasser in den darüberliegenden Schichten große Bedeutung hat. 21

Organogene Sedimente sind Gesteine, die aus pflanzlichen oder tierischen Resten mit einem hohen Anteil an organischer Substanz (im chemischen Sinne) bestehen. 23

Oszillation Vor- und Zurückbewegung des Gletschers. Sie wird durch leicht wechselnde klimatische Bedingungen hervorgerufen. 27

—P—

Periglazialstrukturen sind Bodenformen, die charakteristisch für den Wechsel zwischen oberflächlichem Auftauen und anschließendem Wiedergefrieren sind. 28

—Q—

Quartärbasis Als Quartärbasis wird die Unterkante der quartären Lockergesteine bezeichnet. 22

—R—

Rupelton Der Rupelton ist ein mariner Ton, der während des Tertiär (Oligozän) gebildet wurde. Er ist in Berlin i.d. R. 70 bis 100 m mächtig. 22

—S—

Sanderflächen werden von dem Sand gebildet, den die Schmelzwässer aus dem Gletscher in Richtung des nächst größeren Flusses (Urstromtäler) transportierten 26

Schichtenwasser Grundwasser, das temporär und über dem eigentlichen Grundwasserspiegel auftritt. Es wird durch das kleinräumige Auftreten von gering durchlässigen Schichten im Untergrund hervorgerufen. 33

Spiegelhöhen Die Grundwasserspiegelhöhe bezeichnet die Höhe (in m NN), bis zu der das Grundwasser in einem Bohrloch oder in einer Grundwassermeßstelle steht. Sie ist nicht immer gleich dem Grundwasserstand, da dieser durch die Bedeckung eines Grundwasserleiters durch einen gering leitenden Horizont (z.B. Geschiebemergel) auf die vertikale Erstreckung des Grundwasserleiters beschränkt sein kann. 35

Strukturböden Sehr charakteristische eiszeitlich geprägte Böden. Strukturböden entstehen dadurch, daß beim Auftauen und Wiedergefrieren die Bodenbestandteile sortiert werden. Es entstehen so Vieleck- oder Rundformen (Netzrißböden, Steinnetzböden, Wabenböden usw.) 32

subglaziale Exaration Als subglaziale Exaration bezeichnen die Geologen Vorgänge, die unter dem Gletschereis zur Ausbildung tiefer Rinnen führen. Diese Rinnen entstehen nicht unbedingt durch das feste Eis sondern können auch durch das unter der Auflast des Eises flüssig gewordene Wasser aus einem Untergrund aus Lockergestein ausgespült werden. 21

subpolar Die subpolare Klimazone weist ein Wechselklima mit warmen und polaren Luftmassen auf, die keinen deutlich ausgeprägten jahreszeitlichen Verlauf haben sondern unregelmäßig aufeinander folgen. 28

—T—

Tertiär Als Tertiär bezeichnen die Geologen den Zeitraum, in dem beispielsweise die Braunkohlen vom Niederrhein, im Gebiet von Halle und in der Lausitz entstanden sind. Die Zeit reichte vom Aussterben der Dinosaurier vor etwa 60 Mio a bis zum Beginn des Eiszeitalters vor etwa 2 Mio a. Am Nordrand der europäischen Mittelgebirge dehnten sich große subtropische Sümpfe aus, die vielleicht mit den heutigen Everglades in Florida verglichen werden können. Das Klima war dementsprechend subtropisch feucht-warm. 21

Toteis Als Toteis wird das Eis bezeichnet, das in die Bewegung des Gletschers nicht mehr mit einbezogen wird. Es liegt meist in schattigen Nischen oder unter Bedeckung vor dem Rand des Gletschers. 32

7 Literaturverzeichnis

- AG WASSER (1991): Bericht zur Situation und Entwicklung der Öffentlichen Trinkwasserversorgung des Landes Berlin und der Städte und Gemeinden des Landes Brandenburg im Umland von Berlin (Umlandkonzeption Wasserversorgung).-Berlin.
- ASSMANN, P. (1957): Der geologische Aufbau der Gegend von Berlin.- [HRSG. SENBAUWOHN]; Berlin.
- BACHMANN & SOLLING (1981): Ergebnisbericht „Tiefe Grundwasserleiter Berlin“.- Berlin.
- BECKER, J. (1992): Wege und Möglichkeiten einer ökologischen Stadtplanung.- Hamburg.
- BERLINER WASSERBETRIEBE [HRSG.] (1985): Berliner Wasser - Alles klar. Berliner Entwässerungswerke.- 2. Auflage; Berlin.
- BERLINER WASSERBETRIEBE [HRSG.] (1988): Klärwerk Ruhleben.- Berlin.
- BERLINER WASSERBETRIEBE [HRSG.] (1990): Klares Wasser - klare Information.- 2. Auflage; Berlin.
- BLUME, H.P., & HORBERT, M., & SUKOPP, H., & BRANDE, A., & HORN, R. (1981): Exkursionsführer zu Jahrestagung der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft und eines internationalen Symposiums über bodenkundliche Probleme städtischer Verdichtungsräume in Berlin (West).- Mitteiln. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 31: 1-352; Berlin.
- DRIEHAUS, W. (1988): Schwermetalle in Sedimenten des Teltowkanals.- Dipl.-Arb. TU Berlin; Berlin.
- EYRICH, A. (1992): Hydrographische und limnogeologische Untersuchungsergebnisse aus Gewässern des östlichen Bereiches von Berlin. DGM, 36 (1): 19-31; Berlin.
- FREY, W. (1991): Holstein-Warmzeit.- In: LIMBERG, A. (1991): Geologische Karte von Berlin 1:10 000 Blatt 425 und 426:16-18; Berlin.
- GENESER, K. (1962): Neue Daten zur Flußgeschichte. Eiszeitalter und Gegenwart, 13: 141-156; Öhringen.
- GEIST & KÜVERS (1980): Das Berliner Mietshaus 1740 - 1862.- 1; München.
- GOLDMANN, K. (1991): Bronzezeit.- In: KERND'L, A.: Berlin und Umgebung; Stuttgart.
- GRAMSCH, B. (1991): Alt- und Mittelsteinzeit.- In: KERND'L, A.: Berlin und Umgebung; Stuttgart.
- GREENPEACE [HRSG.](1992): KLUGE, T., & SCHRAMM, E.: Wasser in den neuen Bundesländern; Hamburg.
- GRENZIUS, B. (1987): Die Böden Berlins (West).- Diss. TU Berlin: 521; Berlin.
- HOFFMANN, M. (1991): Die Slaven.- In: KERND'L, A.: Berlin und Umgebung; Stuttgart.

- HUECK, K. (1925): Vegetationsstudien auf brandenburgischen Hochmooren.-
Beiträge zur Naturdenkmalpflege, 10:311-408.
- KALLENBACH, H. (1980): Abriß der Geologie von Berlin.- In: Berlin. Klima,
geologischer Untergrund und geowissenschaftliche Institute,
Beilage zu den Tagungsunterlagen des Internationalen Alfred-
Wegener-Symposiums und der Deutschen Meteorologen-Tagung
1980: 15-21; Berlin.
- KEIBEL (1826): Bericht über die Von Wülcknitz'schen Familienhäuser vor dem
Hamburger Tor.- In: GEIST & KÜVERS: Das Berliner Mietshaus
1740 - 1862 (1); München.
- KIRSCH, E. (1991): Jungsteinzeit.- In: KERNDL, A.: Berlin und Umgebung;
Stuttgart.
- KLOOS, R. (1981): Die Verkehrswasserwirtschaft.- Hrsg.: SenBauWohn; Berlin.
- KLOOS, R. (1986): Das Grundwasser in Berlin - Bedeutung, Probleme,
Sanierungskonzeptionen.- Besondere Mitteilungen zum
gewässerkundlichen Jahresbericht des Landes Berlin, Hrsg.
SENSTADTUM: 1-165; Berlin.
- LIMBERG, A. (1991): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Berlin 1:10 000,
Blatt 425 und 426.- Berlin.
- MANIA, D. & STECHEMESSER, H. (1970): Jungpleistozäne Klimazyklen im
Harzvorland.- Pet. geogr. Mitt., Erg.-H. 274: 39-55;
Gotha/Leipzig.
- MARCINEK, J. (1969): Das Havel-Spree-Einzugsgebiet zwischen dem Nördlichen
und dem Südlichen Landrücken.- Wiss. Abhandlgn d. Geograph.
Gesell. d. DDR, 10: 85-112; Leipzig.
- MARCINEK, J., & NITZ, B. (1973): Das Tiefland der Deutschen Demokratischen
Republik.- Gotha/Leipzig.
- MÜLLER, H. M. (1969): Die spätpleistozäne und holozäne Vegetationsentwicklung
im östlichen Tieflandsbereich der DDR zwischen Nördlichem
und Südlichem Landrücken.- Wiss. Abhandlgn d. Geograph.
Gesell. d. DDR, 10: 155-165; Leipzig.
- ODUM, E. P. (1980): Grundlagen der Ökologie (in 2 Bänden). Stuttgart, New York.
- RIPL, W. (1989): Die Rolle des Energie und des Wasserkreislaufs im ökologischen
Gewässerschutz.- Vorläufiges Manuskript zur Veröffentlichung
in AMBIO, Vortrag bei der BWK-Tagung 1989, Hannover.
- ROCCA, Gebrüder: Grundriß von Berlin 1835.- Landesarchiv Berlin
- RÜB, R. (1993): Müll und Stadthygiene um die Jahrhundertwende - Über Entstehung
und Entsorgung eines neuen Problems.- In: PROJEKT
UMWELTGESCHICHTE AM INSTITUT FÜR
GESCHICHTSWISSENSCHAFTEN DER TU BERLIN [Hrsg.]: Müll
von gestern?.- Berlin.
- RÜB, R. (1994): Wasser für Berlin - Abwasser für die Mark.- In: KREUZBERG
MUSEUM [HRSG.]: Der Stoff, aus dem Berlin gemacht ist:
Entdeckungsreisen zu den Industriedenkmalen Brandenburgs;
Berlin.
- SCHEFFER, F., & SCHACHTSCHABEL, P. (1989): Lehrbuch der Bodenkunde.-
10.Aufl., Stuttgart.

- SCHMETTAU & SCHEUEN (1775): Die königliche Residenz. Berlin 1773.-
Landesarchiv Berlin
- SCHOLZ, E. (1962): Die naturräumliche Gliederung Brandenburgs.- Potsdam.
- SCHOLZ, E. (1989): Landschaftsgliederung des Bezirkes Potsdam.- Geographische
Berichte, 131(2):117-127; Gotha.
- SENSTADTUM [HRSG.] (1984): Der Landwehrkanal.- Bes. Mitt. zum
Gewässerkundl. Jahresbericht des Landes Berlin; Berlin.
- SENSTADTUM [HRSG.] (1986): Der Teltowkanal.- Bes. Mitt. zum Gewässerkundl.
Jahresbericht des Landes Berlin, 2. Aufl.; Berlin.
- SENSTADTUM [HRSG.] (1992): Konzept zur zukünftigen Wasserver- und -
entsorgung von Berlin.- Arbeitshefte Berliner
Gewässer+Bodenschutz 12: 91; Berlin.
- SEYER, H. (1991): Entstehung und Anfänge der Doppelstadt Berlin-Cölln.- In:
KERNDL, A.: Berlin und Umgebung; Stuttgart.
- SUKOPP, H. (1981): Grundwasserabsenkungen Ursachen und Auswirkungen.- In:
Die technisch-wissenschaftlichen Vorträge auf dem Kongreß
Wasser Berlin, 1.1; Berlin.
- SUKOPP, H. (1984): Die Einwanderer verschwinden wieder.- In: KÖHLER, A.
[HRSG.]: Naturraum Menschenlandschaft.- München.
- SUKOPP, H. (1990): Stadtökologie-Das Beispiel Berlins.- Berlin.
- SUKOPP, H., & BÖCKER, R. (1981): Das Naturschutzgebiet Teufelssee mit
Teufelsfenn.- Wissenschaftl. Untersuchungen in Berliner Natur-
und Landschaftsschutzgebieten; Berlin.
- UHLEMANN, H. J. (1987): Berlin und die Märkischen Wasserstraßen.- Berlin.
- WAGENBRETH, O., & STEINER, W. (1989): Geologische Streifzüge. Landschaft und
Erdgeschichte zwischen Kap Arkona und Fichtelberg.- Leipzig.
- WALTER, R. (1992): Geologie von Mitteleuropa.- Stuttgart.
- WOLDSTEDT, P., & DUPHORN, K. (1974): Norddeutschland und angrenzende
Gebiete im Eiszeitalter.- Stuttgart.
- WURL, J. (1994): Die geologischen, hydraulischen und hydrochemischen
Verhältnisse in den südwestlichen Stadtbezirken von Berlin.-
Diss. FU Berlin: 1-151; Berlin.