

Landesanstalt für Gewässerkunde im Ministerium der öffentlichen Arbeiten

Ober- und unterirdische Wasserwirtschaft im Spree- und Havelgebiet

Von

Dr.-Ing. H. Keller

Wirklicher Geheimer Oberbaurat

Als Handschrift gedruckt

Berlin, im Februar 1916

G. 42
103

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000305623

Landesanstalt für Gewässerkunde im Ministerium der öffentlichen Arbeiten.

Ober- und unterirdische Wasserwirtschaft im Spree- und Havelgebiet

Von

Dr.-Ing. H. Keller

Wirklicher Geheimer Oberbaurat

Als Handschrift gedruckt

Berlin, im Februar 1916



Inhaltsverzeichnis.

Seite

I. Notwendigkeit einer Einrichtung zur Verhütung schädlicher Wirkungen der Grundwasserentnahme.

1. Wasserhaush. Verluste durch Verdunstung. Einwirkung der Verdunstung	1
2. Beziehungen zwischen ober- und unterirdischem Abfluß	2
3. Schädigung des Abflusses durch Grundwasserentnahme	3
4. Einrichtung zur Verhütung schädlicher Wirkungen der Grundwasserentnahme	3

II. Wechselwirkung zwischen Flußwasser und Grundwasser in Groß-Berlin.

1. Bestreitung des Vorhandenseins einer Wechselwirkung zu widerlegen	4
2. Undurchlässige Einlagerungen verhindern nicht den Zusammenhang zwischen oberem und unterem Grundwasser	5
3. Übergang des Seewassers abflußloser Seen in das Grundwasser	6
4. Übergang des Flußwassers aus Wasserläufen in das Grundwasser	7
5. Vorgänge beim Absinken des Grundwassers unter Wasserläufen	9
6. Wechselwirkung zwischen Flußwasser und Grundwasser im Berliner Stadtgebiet. Umströmung der Berliner Stauanlagen	12

III. Größe des Wasserhaushalts. Der Wasserhaushalt und seine bisherigen Änderungen.

1. Art und Bedeutung der Abflußmessungen	16
2. Der Wasserhaushalt von Jahr zu Jahr. Größe des Wasserhaushalts	18
3. Der Wasserhaushalt innerhalb des Jahres. Schädengrenze für die Wasserentnahme	20
4. Bisherige Änderungen der Niederschlag- und Abflußverhältnisse	22
5. Nachteilige Änderung der Niedrigwassermengen. Kanalspeisung	25
6. Hochwassermenge und Hochwassergefahr in Groß-Berlin	27

IV. Nachteile durch Verminderung des Wasserhaushalts und Gegenmaßnahmen.

1. Nachteile der Niedrigwasserverminderung für die Spülung der Wasserläufe	29
2. Nachteile der Flußwasserentnahme und Brauchwassereinleitung in Berlin	30
3. Verluste des Wasserhaushalts. Nachteile für die Flußniederungen	31
4. Entwicklung der Wasserversorgung in Groß-Berlin	34
5. jetziger Umfang der durchschnittlichen und der größten Wasserentnahme durch die Wasserwerke	37
6. Sonstige Wasserentnahme. Ursprung und Verbleib des Groß-Berliner Abwassers	38
7. Größe der zur Schadenverhütung aufzuspeichernden Wassermassen	40

V. Schlußbemerkungen.

1. Zusammenfassung der Darlegungen in den Abschnitten I bis IV	42
2. Zukünftige Erweiterung der Anlagen	43
3. Bereicherung des unterirdischen Wasserhaushalts und künstliche Grundwassererzeugung	44

I. Notwendigkeit einer Einrichtung zur Verhütung schädlicher Wirkungen der Grundwasserentnahme.

Seitdem die großstädtische Entwicklung Berlins und seiner Vororte dazu genötigt hat, durch umfangreiche Anlagen zur Wasserversorgung täglich große Wassermengen dem Wasserschatz des Spree- und Havelgebiets zu entnehmen und sie als Abwasser wieder zu beseitigen, hat eine bedeutende Verminderung der Niedrigwassermengen der Spree und Havel stattgefunden. Größtenteils erfolgt die Entnahme aus dem Grundwasser. Nur ein geringer Teil des Trink- und Brauchwassers wird dem Flußwasser unmittelbar entzogen. Bei dieser unmittelbaren Entziehung sind Ursache und Wirkung unverkennbar. Weniger offensichtlich ist ihr Zusammenhang bei der Grundwasserentnahme. Daß er vorhanden ist, lehrt das Endergebnis: die Verminderung des Abflusses, insbesondere die schädliche Abnahme der Niedrigwassermengen. Daher bedürfen die schädlichen Wirkungen der Grundwasserentnahme im Spree- und Havelgebiet einer näheren Betrachtung.

1. Wasserschatz. Verluste durch Verdunstung. Einwirkung der Verdünerung.

Der Wasserschatz eines Flußgebietes besteht aus den Wassermassen, die alljährlich im großen Kreislauf des Wassers vom Meer auf das Festland und zurück in das Meer dem Flußgebiet als Wasserdampf zugeführt werden und aus ihm als Wasser wieder abfließen. Die Zufuhr vom Meere her entspricht im Durchschnitt einer längeren Reihe von Jahren dem Abflusse, wenn kein Verlust durch Verabung eines Teiles der Meereszufuhr zugunsten von Nachbargebieten oder kein Gewinn durch Bereicherung aus Nachbargebieten stattfindet. Erfahrungsmäßig übertrifft der Niederschlag eines Flußgebietes das Maß des Abflusses im Jahresmittel beträchtlich, weil ein erheblicher Anteil des Niederschlags von dem auf dem Festlande durch Verdunstung erzeugten und wiederum als Regen oder Schnee niedergeschlagenen Wasserdampfe herrührt. Der Unterschied zwischen Niederschlag und Abfluß richtet sich hauptsächlich nach der Größe der im Flußgebiet erfolgenden Verdunstung. Wird jedoch ein Teil des im Gebiete verdunsteten Wasserdampfes durch die vorherrschenden Winde in Nachbargebiete vertrieben, so entsteht ein Verlust und der Abfluß wird geringer als die Meereszufuhr, im umgekehrten Falle ein Gewinn und eine Vermehrung des Abflusses. Flachlandgebiete, wie das Spree- und Havelgebiet, mit günstigen Vorbedingungen für die Verdunstung und weniger günstigen Vorbedingungen für die Umwandlung des landverdunsteten Wasserdampfes in Niederschlag sind dem Verluste durch Vertreibung eines Teiles ihrer Meereszufuhr besonders ausgesetzt. Sie sind daher ärmer an Abfluß als Gebirgsgebiete, die den Luftstrom zum Aufsteigen und Ausscheiden seiner Feuchtigkeit zwingen.

Günstige Vorbedingungen für die Verdunstung bietet das Spree- und Havelgebiet infolge seiner ebenen Oberfläche und seiner Lage zu den Luftströmen, die es frei bestreichen können. Dann aber auch wegen seiner umfangreichen Niederungen, in denen das unterirdische Wasser starker Bodenverdunstung unterliegt, und wegen seiner zahlreichen Seen, die in allen Jahreszeiten ausgiebigen Stoff für die noch viel stärkere

Verdunstung von der Wasserfläche enthalten. Sogar die Landflächen mit tief gelegenem Grundwasserspiegel sind zum Teil reichlicher Verdunstung unterworfen. Überall dort, wo die flache Beschaffenheit des Geländes den schnellen Abfluß in die Wasserläufe verhindert, und wo der Boden schwer durchlässig ist. Dort geht das Absinken des versickerten Tagewassers in die schützende Tiefe so langsam vor sich, daß das Sickerwasser unmittelbar oder durch den Pflanzenwuchs mittelbar als Wasserdampf zurückgeholt werden kann. Namentlich geschieht dies in der warmen Jahreszeit, die den größten Niederschlag bringt, aber ihn durch gesteigerte Verdunstung dem offenen Abfluß oder der Versickerung bis zum Grundwasser oft wieder ganz vorenthält. Nur sehr kräftige oder sehr nachhaltige Regengüsse im Sommer und die Niederschläge der winterlichen Jahreshälfte bewirken die Versorgung der märkischen Wasserläufe mit sofort abfließendem Tagewasser und die Auffüllung des unterirdischen Wasservorrates. Auf ihn ist während der an Niederschlag Mangel leidenden Wochen und Monate die Speisung der Bäche und Flüsse gänzlich angewiesen.

2. Beziehungen zwischen ober- und unterirdischem Abfluß.

Die Beziehungen zwischen dem offen abfließenden und dem unterirdisch fließenden Wasser sind vielgestaltig. Nicht nur tritt das unterirdische Wasser aus Quellen und Grundwasserströmen in die Wasserläufe über, sondern bei genügendem Überdrucke des Oberflächenwassers (in Bächen, Flüssen, Seen und Kanälen) vermag auch sein Übergang in das Grundwasser zu erfolgen und erfolgt wirklich. Wenn dem nicht so wäre, so müßten alle Bach-, Fluß-, See- und Kanalbetten durch tonige oder schlammige Ablagerungen derart abgedichtet sein, daß das Oberflächenwasser nicht in das Grundwasser, wohl aber das Grundwasser in die Betten der offenen Gewässer gelangen kann. Denn daß letzteres geschieht, wird und kann niemand in Abrede stellen, da es die Aufgabe der Flüsse ist, als Sammelkanäle für das vom Höhenland abfließende Grundwasser zu dienen. Weil es aber geschieht, so überträgt sich unbedingt jede wesentliche Entnahme von Grundwasser auf die offenen Gewässer. Völlig undurchlässige Flußbetten sind jedoch nur selten vorhanden, sicherlich nicht dort, wo die vom Höhenland kommenden Grundwasserströme sich mit den zutage fließenden Wasserläufen ohne viele sichtbaren Quellen vereinigen. In den von der Spree und Havel durchflossenen breiten Niederungen richtet sich daher der Grundwasserstand sowohl nach dem Zuflusse des Höhenlandgrundwassers, als auch nach den Flußwasserständen und Abflußmengen.

Der oberirdische Abfluß, der durch die Wasserläufe stattfindet, und der unterirdische Abfluß, der diese Sammelkanäle noch nicht erreicht oder sie zeitweise verlassen hat, also die offenen und die verborgenen Wasserläufe, stehen miteinander in stetigem inneren Zusammenhang, den der Grundwasservorrat der Niederungen vermittelt. Beide, der unterirdische und der oberirdische Abfluß, bilden den einheitlichen Wassererschlag. Erleidet das Grundwasser im Spree- und Havelgebiet einen Verlust, so wird dieser der Spree und Havel zugefügt. Einen Verlust erleidet jedoch unzweifelhaft das aus geschützter Tiefe zutage geförderte Grundwasser, das vorzugsweise zur Wasserversorgung der Städte und Landgemeinden Groß-Berlins verwandt wird, ebenso wie das dort für gewerbliche Zwecke verschiedener Art hervorgeholte Grundwasser. Sowohl bei seiner Verwendung in den Orten, als auch bei der Abwasserbeseitigung aus den Orten, die vornehmlich durch Reinigung des Abwassers auf Rieselfeldern bewirkt wird, tritt ein bedeutendes Anwachsen des ohnehin bereits dem Spree- und Havelgebiet eigenen Verlustes durch Verdunstung ein. Nur ein Teil des vom Grundwasser stammenden oder den Wasserläufen unmittelbar entzogenen Abwassers gelangt alsbald oder aus dem Grundwasser der Rieselfelder wieder in die Wasserläufe. Ein sehr großer Teil verdunstet, wird als Wasserdampf vertrieben und dem Wassererschlag des Flußgebietes geraubt. Dieser Verlust bedeutet eine Verminderung des Abflusses der Spree und Havel.

3. Schädigung des Abflusses durch die Grundwasserentnahme.

Ein solcher Verlust ist am größten in den trockensten Monaten eines heißen und regenarmen Sommers. In ihnen erreicht die Entnahme von Grundwasser infolge des höchsten Bedarfes der Wasserversorgung ihr höchstes Maß, desgleichen die durch Wärme und Lufttrockenheit sehr verstärkte Verdunstung. Gleichzeitig führen aber auch Spree und Havel ihre kleinsten Abflussmengen und sind ausschließlich auf die natürliche Speisung aus dem Grundwasservorrat angewiesen. Durch jede Grundwasserentnahme, die mit Verlust verbunden ist, wird den Wasserläufen ein Teil des zur natürlichen Speisung notwendigen Grundwassers vorenthalten. Die Vorenthaltung macht sich nun gerade dann am stärksten geltend, wenn eine besonders kräftige Speisung erforderlich wäre. Daher wird der Abfluß geschwächt und in nicht gestauten Strecken der Wasserstand gesenkt, welcher Nachteil sich vom Orte der Entstehung weit überträgt. Im Sommer erzeugt mithin durch das Zusammentreffen von Umständen, die den Abfluß vermindern und die Abflußverminderung nachteilig machen, die großstädtische Grundwasserentnahme erheblichen Schaden für die Wasserläufe erster Ordnung in und unterhalb von Groß-Berlin. Dieser Schaden wird noch vergrößert dadurch, daß die Grundwasserentnahme auch einen Übergang von Flußwasser in den Untergrund, also eine Entziehung von offen fließendem Wasser zur Folge hat.

Einstweilen äußert sich die für den Wasserschatz schädliche Wirkung der großstädtischen Entwicklung Berlins und seiner Vororte weniger auf die Grundwasserstände, die sich meistens durch seitlichen Zufluß zurückbilden. Vielmehr verrät sie sich durch eine bedeutende Abnahme der Abflussmengen der Spree, besonders bei Wasserflemlen. Die Niedrigwasserwassermengen sind gegen die frühere Zeit in erschreckendem Maße zurückgegangen, während die aus den Weichbildern jener Orte in die weitere Umgegend geleiteten Abwassermassen gewaltig zugenommen haben und stetig anwachsen. Jetzt bereits wird von den großstädtischen Wasserwerken an heißen Sommertagen in dürrer Zeiten sekundlich etwa doppelt soviel Wasser dem Wasserschatze des Spree- und Havelgebietes entnommen, wie gleichzeitig durch die Schützen und Schleusen der Berliner Stauanlagen vom Oberwasser nach dem Unterwasser der Spree abfließt. Daß die Grundwasserströme, aus denen Groß-Berlin seinen Wasserbedarf bezieht, keineswegs unererschöpflich sind, haben Fehlschläge bei der Grundwasserversorgung und getäuschte Hoffnungen bereits dargetan. Von Jahr zu Jahr wird die Erschließung geeigneter Stellen für die notwendige Erweiterung der vorhandenen und Anlage neuer Wasserwerke schwieriger. Durch die für gesundheitliche Zwecke nötige Beschaffung reichlichen Trink- und Brauchwassers hat die gleichfalls für gesundheitliche Zwecke notwendige Spülung und Auffrischung der offenen Gewässer Groß-Berlins notzuleiden begonnen. Ebenso leiden die Flußniederungen durch die Abnahme der Niedrigwassermengen Not. Der Zeitpunkt einer Erschöpfung des unterirdischen Wasserschatzes liegt noch in der Zukunft. Die zulässige Grenze einer Einbuße des oberirdischen Wasserschatzes ist aber zur Niedrigwasserzeit in Trockenjahren schon jetzt nachteilig überschritten.

4. Einrichtung zur Verhütung schädlicher Wirkungen der Grundwasserentnahme.

Die weitere Ausdehnung der Unternehmungen zur Wasserversorgung Groß-Berlins durch Entnahme aus dem Wasserschatze des Spree- und Havelgebietes wäre denklich, und der bisherige Umfang der Wasserentziehung zur Niedrigwasserzeit würde zu beschränken sein, wenn nicht eine Einrichtung getroffen wird, die nach Möglichkeit den zunehmenden schädlichen Wirkungen der Verminderung des Wasserschatzes vorbeugt.

Woher auch das in der Nähe Berlins zutage geförderte Grundwasser ursprünglich stammen möge, ob die Grundwasserströme es aus sehr weiten Entfernungen oder vom benachbarten Höhenlande herbeibringen, in beiden Fällen ist eine planmäßige Vermehrung des Grundwasservorrats an diesen Ursprungsstätten untunlich. Eine solche

Vermehrung findet in Nähe der Entnahmestellen statt durch den verstärkten Übergang von Flußwasser in das Grundwasser, aber auf Kosten des oberirdischen Wasserschatzes. Auch ohne die Verstärkung erfolgt alljährlich während der verdunstungsarmen Monate bei reichlicher Wasserführung der Spree und Havel eine Auffüllung des Grundwasservorrates der Niederungen, aus denen die Entnahme bewirkt wird. Von dem so vergrößerten Vorrat zehrt dann der Fluß bei geringer Wasserführung in den verdunstungsreichen Monaten durch natürliche Grundwasserspeisung. In nassen Jahren überwiegt die Zunahme, in trockenen Jahren die Abnahme des Grundwasservorrates. So vollzieht sich der Wasserhaushalt im Kreislauf des Jahres und von Jahr zu Jahr. Das Gleichgewicht ist jedoch gestört worden durch die übermäßige Entziehung von Grundwasser, die eine Verminderung der Niedrigwassermengen verursacht hat.

Die Einrichtung, die zur Verhütung schädlicher Wirkungen der Grundwasserentnahme dienen soll, entsprechend den Vorschriften des Wassergesetzes, muß ermöglichen, durch künstliche Speisung in den Zeiten des Mangels an natürlicher Speisung Ersatz für das vorenthaltene Grundwasser und das entzogene Flußwasser zu schaffen. Dies läßt sich ermöglichen, wenn Staubecken im oberen Flußgebiete angelegt werden, die in den Zeiten des winterlichen Überschusses einen Teil des dann nutzlosen Abflusses zurückhalten und aufspeichern, um die Aufspeicherung nutzbar zu machen für Abgabe von Zuschußwasser in den trockensten Monaten eines heißen und regenarmen Sommers. Der Wasserschatz wird hierdurch nicht vermehrt, aber der Wasserhaushalt verbessert infolge der Umwandlung nutzlosen Abflusses in nutzbaren Abfluß. Diese Verbesserung durch die Einrichtung von Staubecken im oberen Flußgebiet verhütet die schädlichen Wirkungen des Verlustes, der dem Wasserschatz bei der Entnahme von Grundwasser und der vergrößerten Verdunstung zugesügt wird.

II. Wechselwirkung zwischen Flußwasser und Grundwasser in Groß-Berlin.

Der erste Abschnitt hat dargetan, daß die Grundwasserentnahme im Bereiche der Spree und Havel schädliche Wirkungen auf den unterirdischen und oberirdischen Wasserschatz der Flußgebiete, mithin auf den Abfluß dieser Wasserläufe ausübt. Wer den Wasserhaushalt des Spree- und Havelgebietes betrachtet, was im dritten Abschnitt geschehen soll, kann keinen Zweifel darüber hegen, daß eine innige Wechselwirkung zwischen dem offenen und dem verborgenen Abfluß, zwischen Flußwasser und Grundwasser besteht. Da aber dennoch das Vorhandensein einer solchen Wechselwirkung für Groß-Berlin und die märkischen Wasserläufe bestritten worden ist, so erscheint es notwendig, zunächst im zweiten Abschnitt diese Bestreitung zu widerlegen.

1. Bestreitung des Vorhandenseins einer Wechselwirkung zu widerlegen.

Der Zusammenhang zwischen Flußwasser und Grundwasser im Spree- und Havelgebiet innerhalb Groß-Berlins ist keine Frage, sondern eine Tatsache, die durch zahlreiche Beobachtungen und Messungen nachgewiesen ist. Bei der Anzweilung dieser Tatsache wurde folgendes angegeben:

In den hauptsächlich für die Grundwassergewinnung benutzten Urstromtälern seien die wasserführenden Schichten durch undurchlässige Einlagerungen in Stockwerke zerlegt, die nicht miteinander in Verbindung stehen. Aus den oberen Schichten, in welche die Flußbetten eingeschnitten sind, könne kein Grundwasser entnommen werden, weil die feinkörnige Beschaffenheit des Deckandes der Zuströmung des Grundwassers zu den Brunnen großen Widerstand entgegensetze. Und die in größerer Tiefe befindlichen Schichten mit gröberer Kornbeschaffenheit, aus denen die Wasserentnahme erfolgt,

seien durch jene undurchlässigen Geschiebemergel-Einlagerungen gegen das obere Grundwasser vollkommen abgeschlossen.

Aber auch zwischen diesem und dem Wasser der offenen Wasserläufe oder der Seen bestehe kein solcher Zusammenhang, daß durch eine Absenkung des Grundwasserspiegels der Wasserstand in den Seen gesenkt und die Abflußmenge in den Wasserläufen vermindert würde. Denn ihre in den feinkörnigen Decksand eingeschnittenen Betten seien durch tonige und schlammige Ablagerungen dermaßen abgedichtet, daß kein Abströmen von Fluß- oder Seewasser nach den Brunnen stattfinde. Diese Abdichtung, die das Spree- und Havelbett sowie die Wandungen der Seen und künstlichen Kanäle angeblich zu undurchlässigen Schläuchen macht, wäre bei den langsam fließenden Gewässern in der Mark Brandenburg durch die geringe Abflußgeschwindigkeit, die eine ruhige Ablagerung des Schlammes gestattet, herbeigeführt worden.

2. Undurchlässige Einlagerungen verhindern nicht den Zusammenhang zwischen oberem und unterem Grundwasser.

Zur Beurteilung der erstgenannten Angabe, die sich auf den vollkommenen Abschluß des unter einer Geschiebemergeldecke entnommenen Grundwassers gegen das obere Grundwasser bezieht, dienen die Ergebnisse zahlreicher Tiefbohrungen in Berlin und Umgegend, hauptsächlich im Gebiete der Urstromtäler. Der größte Teil Berlins und große Teile seiner Vororte liegen in einem Urstromtale, das von der geologischen Forschung als Warschau-Berliner Haupttal bezeichnet wird. Es trennt das nördlich gelegene Barnim-Höhenland vom südlich ausgebreiteten Teltow-Höhenlande. Der heutige Spreeauflauf benutzt dieses von der Oder und Weichsel in ostwestlicher Richtung zur unteren Elbe ziehende Diluvialtal innerhalb des Zweckverbandsgebiets Groß-Berlin. Nach Einmündung der Spree in die Havel, die von Spandau südwärts fließt, verfolgt der alte Talzug den Weg über Rauen nach Friesack bis zur Vereinigung mit dem Thorn-Eberswalder Haupttal, mit dem er schon vorher zwischen Oranienburg und Hennigsdorf in Verbindung steht.

Für die Wasserversorgung Groß-Berlins kommen besonders die an Grundwasser reichen grobsandigen und kiesigen Schichten in Betracht, die sich in den mindestens 30 bis 40 und oft 50 bis 60 m mächtigen Ablagerungen über der undurchlässigen Sohle des Berliner Urstromtales und in den entsprechenden durchlässigen Schichten der anschließenden Talzüge finden. Unter den undurchlässigen Tonen, die den zur Versorgung Groß-Berlins mit Trink- und Brauchwasser benutzten Grundwasserträger nach unten begrenzen, folgen abermals mächtige Sande mit wenig brauchbarem Wasser.

Die Bodenschichten jenes Grundwasserträgers unterscheiden sich nach Ursprung und Beschaffenheit von den aus der Grundmoräne des diluvialen Inlandeis hervorgegangenen Bodengebilden des Höhenlandes, die für das Eindringen und die Fortleitung des im Zuflußgebiet versickerten Wassers sehr verschiedenartige, örtlich wechselnde Widerstände bieten. Im Gegensatz zu ihnen stellen die vom fließenden Wasser der Diluvialzeit erzeugten Ablagerungen im Berliner Urstromtale jenen für die Ansammlung eines großen Grundwasservorrates günstigen Grundwasserträger dar. Daß er auch für die Weiterführung in der Talrichtung gut geeignet sei, wird oft angenommen, ist aber nicht nachgewiesen. Unter der Deckschicht aus feinem, fast geschiebefreiem Sand lagern grobkörnige, teilweise mit Steinen vermengte Sande, die vielfach auf erhebliche Tiefe in grobe Kiese übergehen.

Zahlreiche Bohrungen haben nur solche mehr oder minder gut durchlässige Schichten ergeben, während andere das Vorhandensein undurchlässiger Einlagerungen von tonig-lehmiger Beschaffenheit feststellten. Diese Reste der im übrigen ausgewaschenen und ausgespülten Grundmoräne der zweiten Inlandvereisung, ohne schichtigen Zusammenhang in weiter Ausdehnung, bilden aber keine einheitliche Zwischendecke, die das unter

ihnen befindliche Grundwasser vom oberen Grundwasser abschließen könnte. Vielmehr ist diese Decke dermaßen durchlöchert, daß das untere und obere Grundwasser miteinander in Verbindung stehen. Die wasserführenden Schichten, aus denen das Trink- und Brauchwasser in 20 bis 60 m Tiefe entnommen wird, sind eine hydraulische Einheit. Daher senkt sich bei der Dauerentnahme des unteren Grundwassers durch die Tiefbrunnen der Wasserwerke, trotz jener linsenförmigen undurchlässigen Einlagerungen, auch das obere Grundwasser stark ab.

3. Übergang des Seewassers abflußloser Seen in das Grundwasser.

Eine Abdichtung der Gewässerbetten durch Schlammablagerung in ruhigem Wasser ist am ehesten zu erwarten bei den abflußlosen Seen, die nicht zu den Wasserläufen gehören. Sie findet sich auch bei kleinen, tief eingeschnittenen Pfuhlen, denen aus nächster Nähe Regen- und Schneeschmelzwasser zufließt, das lediglich durch Verdunstung in den Kreislauf des Wassers zurücktritt. Entweder liegen diese Pfuhe in undurchlässigem Boden, oder zwar in durchlässigem Gelände, aber hoch über dem Grundwasserspiegel. Bei der Verockerung sind dann die eingeschwemmten Sinkstoffe und organischen Reste, die das während der fortschreitenden Verdunstung zurückgebliebene Wasser trüben, tief in die Poren der Betten eingedrungen und haben sie allmählich abgedichtet.

Anders verhält sich die Sache bei den in durchlässigen Boden eingeschnittenen abflußlosen Seen, deren Spiegel mit dem benachbarten Grundwasser in annähernd gleicher Höhe liegt. Hier besteht kein Anreiz zur Einschlammung der Unreinigkeiten, weil der Unterschied der Spiegelhöhen zu gering ist. Wird ein solcher See durch Ausschachtung als Grundwasserbecken künstlich hergestellt, wie z. B. die Teiche in der Kolonie Grunewald, so richtet sich sein Wasserspiegel anfangs jederzeit genau nach dem Grundwasserstand. Mit zunehmender Verunreinigung des Seewassers findet eine Verschlammung der Wandungen statt, welche die Verbindung mit dem Grundwasser erschwert, aber nicht aufhebt. Nach wie vor bleiben solche abflußlosen Seen Blänken des Grundwassers, dessen Schwankungen die Spiegelschwankungen des Sees mit einiger Verzögerung folgen. Derartige Seen ohne sichtbaren Ab- und Zufluß sind in Wirklichkeit meistens weder abflußlos noch zuflußlos. Nur vollziehen sich Zu- und Abfluß durch Vermittlung des Grundwassers.

Falls aber der Unterschied zwischen den Spiegelhöhen eines derartigen Sees ohne sichtbaren Abfluß und des Grundwassers beträchtlich zunimmt, etwa durch künstliche Senkung des Grundwassers, so beginnt sofort eine Senkung des Seespiegels durch Abwanderung des Seewassers in den Untergrund. Um der hiermit verknüpften stärkeren Verschmutzung des Wassers zu begegnen und die üblen Ausdünstungen der trockengelegten Uferländer zu vermeiden, war man mehrfach genötigt, Schmuckseen dieser Art aus besonderen Pumpwerken mit Grundwasser zu versorgen, oder auf andere Weise frisches Wasser in sie einzuleiten, z. B. bei den schon genannten Teichen in der Kolonie Grunewald, beim Liegensee in Charlottenburg, bei den westlichen Grunewaldseen. Hierher gehört auch die Versorgung der Tiergartengewässer durch ein besonderes Pumpwerk. Die während der künstlichen Grundwasser senkung beim Bau der ersten Groß-Berliner Untergrundbahn erfolgte Abzapfung der Teiche im Zoologischen Garten hat aufgehört, nachdem das Grundwasser in den Senkungstrichter wieder eingetreten ist. Ebenso ist der Plöhsenseespiegel wieder angestiegen nach Beendigung der Grundwasser senkung, die beim Bau der Schleuse des Großschiffahrtsweges Berlin—Stettin stattgefunden und eine Senkung des Seespiegels verursacht hatte.

Es würde zu weit führen, auf die zahlreichen Klagen einzugehen, die über Senkungserscheinungen durch Grundwasserentnahme erhoben und oft als berechtigt anerkannt worden sind. Wie bei den abflußlosen Seen, äußert sich auch bei den Hof- und Straßenbrunnen, in Parkanlagen und Gärten, bei Wiesen mit hohem Grundwasserstand usw.

die von den Grundwasserwerken herbeigeführte Absenkung des Grundwasserstandes in weitem Umkreis und wachsendem Maße. Am lebhaftesten waren die Klagen über die Senkung der Grunewaldseen durch die Charlottenburger Wasserwerke N. O. Wenn die Klagen auch größtenteils über das Ziel hinausgingen und der Grundwasserentnahme vieles zugeschrieben wurde, was auf anderen Ursachen beruht, so waren sie doch im Kerne nicht unbegründet. Eine Untersuchung der Spiegelsenkungen hat sehr wahrscheinlich gemacht, daß die westlichen Grunewaldseen viel Seewasser nach dem gesenkten Grundwasser hin abgegeben haben. Obgleich die Seen angeblich in 10 bis 20 m mächtige Ablagerungen von Faulschlamm eingebettet sind, können ihre Wandungen doch nicht als undurchlässig gelten, weil nach dem Ausweis jener Untersuchung der Faulschlamm in den oberen Teilen bis auf reichlich 3 m Tiefe weich und vollständig mit Wasser durchtränkt ist.

Der zuweilen angestellte Vergleich eines flachen Sees mit einem künstlichen Filterbecken ist nur zulässig, wenn auf das Seewasser ein ähnlicher Überdruck einwirkt wie beim Sandfilter einer Wasserversorgungsanlage. Beim langsamen Wechsel der Spiegelhöhen des Seewassers und des umgebenden Grundwassers tritt kein so großer Überdruck ein, daß durch Einschlammung feiner Trübungskörper die Poren des sandigen Bettes bis zur Undurchlässigkeit abgedichtet würden. Das Maß ihrer Durchlässigkeit wird nicht groß sein, aber doch größer als bei einer zu lange im Betriebe befindlichen Filterhaut des Filterbeckens einer Flußwasserversorgung. Die Schwierigkeiten, die für den Gesundheitszustand im Versorgungsgebiet wichtige Filterhaut gut zu entwickeln und zu erhalten, sind bekannt. Die Durchbrechung dieser schwer durchlässigen Schicht hebt die Wirksamkeit des Filters auf. Solche Durchbrechungen finden sich aber bei der Schlammsschicht eines flachen Seebeckens in großer Zahl. Schon bei einem unter stetiger Aufsicht stehenden und leicht überall zugänglichen Filterbecken lassen sie sich nicht immer vermeiden, geschweige denn bei einem Seebecken, das der Lebenstätigkeit von Tieren und Pflanzen, der Ausbildung von Gasen, den Aufwallungen des Wassers durch verschiedenartige Erwärmung, Wind und Wellen ausgesetzt ist.

Wird das Grundwasser in der Nachbarschaft eines derartigen Seebeckens künstlich abgesenkt, so gestatten jene Durchbrechungen der Schlammsschicht die Ausbildung durchgehender Wasserfäden, die eine hydraulische Verbindung zwischen dem Oberflächenwasser und Grundwasser bestehen lassen. Wo dies nicht der Fall ist, füllen sich die Poren des vom Grundwasser befreiten Untergrundes mit Grundluft, die das langsame Absinken des Seewassers nicht verhindert, das durch die schwer durchlässige, aber keineswegs undurchlässige Schicht halbflüssigen Schlammes versickert. Auf einem ähnlichen Vorgange beruht z. B. die Erzeugung künstlichen Grundwassers: Das durch die mit Grundluft gefüllten Poren des durchlässigen Untergrundes absinkende Sickerwasser nimmt bei der innigen Berührung mit der Grundluft allmählich die guten Eigenschaften des Grundwassers an. Auch in den Senkungstrichtern der Wasserfassungen von Grundwasserwerken füllt die Grundluft die Poren derart, daß die hydraulische Verbindung zwischen dem Oberflächenwasser und dem gesenkten Grundwasserspiegel aufgehoben ist, ebenso bei der Grundwasserabsenkung unter Fluß- und Kanalbetten. Soweit das Grundwasser von der Grundluft verdrängt ist, also innerhalb der Senkungstrichter, wird zwar das Abfließen in zusammenhängender Wasserschicht verhindert, aber nicht das Absinken von Sickerwasser in äußerst feiner Verteilung.

4. Übergang des Flußwassers aus Wasserläufen in das Grundwasser.

Was für die als Blänken des Grundwasserspiegels bezeichneten abflußlosen Seen nach den vorstehenden Mitteilungen gilt, trifft auch für die in durchlässigen Boden eingeschnittenen, zu den Wasserläufen gehörigen Flußseen zu. Es trifft auch zu für Bäche, Flüsse und Kanäle, deren mittlerer Wasserspiegel annähernd in Höhe des benachbarten Grundwasserspiegels liegt. Je nach dem Zustande ihrer Wasserführung und je nach dem

Grundwasserzuluß pflegt der sichtbare Wasserspiegel etwas höher oder niedriger zu liegen als der unsichtbare, geben sie also Flußwasser an das Grundwasser ab oder nehmen sie Grundwasser für ihre Speisung auf. Da schon im ruhigeren Wasser der abflußlosen Seen bei geringem Höhenunterschied zwischen See- und Grundwasserspiegel keine völlige Abdichtung der Betten durch schlammige oder tonige Ablagerungen erfolgt, so ist dies noch viel weniger zu erwarten bei Flußbetten, die dauernd durchströmt werden und Hochwasser abführen.

Freilich ist die Strömung in den breiten seeartigen Erweiterungen sehr schwach. Aber je größer die Breite eines Flußsees, um so stärker ist der Wellenschlag bei Wind und Sturm, der das Seewasser bis auf den Boden herab in Bewegung bringt und die Sohle aufwühlt. Wie die an den Ufern von den Wellen zurückgelassenen Bodenproben zeigen, lagern auf dem See Grunde der Spree- und Havelseen feinere und gröbere Sande mit Steinchen bis Bohnen- und Nußgröße. Nähere Untersuchungen haben ergeben, daß ihre Wandungen aus reinem Sand und Kies bestehen, der nur selten an geschützten Stellen mit lockeren Ablagerungen feinsten Schlammteilchen bedeckt ist. Diese sind aber in den sandigen Untergrund nicht derart eingeschlammmt, daß kein Übergang des Spree- oder Havelwassers in den Untergrund erfolgen könnte. Denn die Vorbedingung für eine dichtende Einschlammung fehlt, weil erhebliche Druckhöhen bei den geringen, sich langsam vollziehenden Schwankungen der Fluß- und Grundwasserstände nicht vorkommen. Viele Quellen in den Seen lassen die innige Verbindung des Fluß- und Grundwassers erkennen. Ihre Tiefe ist meistens gering im Verhältnis zur Spiegelfläche; bei dem 7,7 qkm großen Müggelsee beträgt sie an der tiefsten Stelle nur 8 m, wodurch leicht verständlich wird, daß der Wind keine Verschlammung des Seebodens duldet.

Bei den Fluß- und Kanalbetten wird die den Boden von Schlammablagerungen reinigende Wirkung der Windwellen ersetzt durch die im engen Bette stärkere Strömung des fließenden Wassers und durch die Dampferwellen, deren Angriffe gegen Sohle und Ufer die bauliche Unterhaltung erheblich erschweren. In den nicht seeartig erweiterten Betten der Wasserläufe kommen infolge dieser, namentlich bei Hochwasser, oft recht kräftigen Strömung solche Ablagerungen, die den überall anstehenden Sandboden abdichten könnten, nicht vor. Wie die Aufwühlung des Flußbodens durch die Dampferwellen, so verhindert auch die Baggerung, die in großem Umfange dauernd vorgenommen wird, eine abdichtende Verschlammung. Von Undurchlässigkeit der Flußbetten kann daher ebensowenig die Rede sein wie von Faulschlammablagerungen, die ohnehin bis zu reichlich 3 m Tiefe noch durchlässig sein sollen; tiefer sind aber die Betten der Flüsse und Kanäle nicht eingeschnitten. Wie schwer es fällt, das Bett eines Wasserlaufes abzudichten, hat die Erfahrung bei den märkischen Kanälen gezeigt, bei denen die mit größter Sorgfalt und hohen Kosten hergestellten Ton- oder Lehmschlammichtungen vor Ansprüchen auf Entschädigung wegen Verwässerung benachbarter Grundstücke nicht schützen konnten. Nur an besonders ruhigen und der Verunreinigung bedeutend ausgesetzten Stellen, z. B. im Oberwasser in Nähe der Stauanlagen und an den Notauslässen der kanalisierten Städte, können sich größere Ansammlungen von Schlamm ausbilden, die jedoch weder selbst undurchlässig sind, noch den Sandboden undurchlässig machen. Gründungsarbeiten in Nähe des Flußbettes haben erwiesen, daß in alten Kolken die weiche Beschaffenheit der sie ausfüllenden schlammigen Massen bis auf große Tiefe bewahrt geblieben ist.

Sicherlich ist der feinkörnige Sand, in dem die Betten der Wasserläufe größtenteils liegen, viel schwerer durchlässig als die grobkörnigen Sand- und Kiesichten, aus denen das Trink- und Brauchwasser Groß-Berlins bezogen wird. Gerade die geringe Durchlässigkeit des Decksandcs bewirkt, daß er als natürlicher Filter bei der Versickerung des Niederschlagswassers dient. Das Abwandern von Schmutzstoffen und gesundheitschädlichen Keimen von der Bodenoberfläche in das Grundwasser der tieferen Schichten wird hierdurch verhütet. Schon in einer Tiefe von wenigen Metern ist das Grundwasser völlig keimfrei,

dank der Filterwirkung des Decklandes. Wo er die Bodenoberfläche bildet, wirkt er für das Niederschlagswasser oder die beim Tau und Nebel verdichtete Feuchtigkeit als Trockenfilter, der vom Quadratmeter höchstens 1 bis 2 Sekundenliter in den Untergrund fortzuleiten vermag. Offenbar muß und kann er als Raßfilter bei dauernder Überdeckung mit der Wasserschicht des Fluß- oder Seewassers eine weitaus größere Leistung bewältigen, falls genügender Überdruck durch Entnahme von Grundwasser in Nähe des Sees oder Flusses erzeugt wird. Daß dies wirklich geschieht, wollen die Unternehmer der Wasserwerke zwar gewöhnlich nicht zugeben, legen aber doch ihre Brunnenfassungen gerne so an, daß sie aus dem in das Grundwasser übergehenden Flußwasser Nutzen ziehen können. Die Errichtung der Grundwasserwerke unmittelbar neben oder in nicht zu großer Entfernung von einem Fluß oder See bildet die Regel in Groß-Berlin. Selbst wenn die Entfernung nach Hunderten von Metern mißt, kann sich bei tiefer Absenkung in den Brunnen ein für den Zufluß im Untergrund völlig ausreichendes Gefälle einstellen.

Schon bei den 1868/69 ausgeführten Vorarbeiten für die Wasserversorgung der Stadt Berlin ist die mit einer natürlichen Filterung verbundene mittelbare Entnahme des Spree- und Havelwassers aus dem Müggelsee und Tegeler See geprüft und mit zwei anderen Arten der Wassergewinnung verglichen worden: Entnahme des Oberflächenwassers unmittelbar aus diesen Seen nebst künstlicher Filterung, sowie Entnahme des vom Höhenlande zufließenden Grundwassers. Diese Benennung war damals noch wenig gebräuchlich; im Hauptberichte von 1870 ist es als „Wasser aus den tieferen Terrainsschichten“ und im nachträglichen Berichte über die 1872 abgeschlossenen Vorarbeiten als „Untergrundwasser“ bezeichnet worden. Der Hauptbericht empfahl, die zur Grundwasserentnahme bestimmten Brunnen so anzulegen, „daß auch die Möglichkeit des Eindringens von Wasser aus den genannten Seen auf die Dauer gesichert ist“. Und die am Müggelsee vorgenommenen Pumpversuche ergaben, daß das aus den Brunnen geschöpfte Wasser zwar vorwiegend Grundwasser war, daß aber auch der See beständig Wasser in die Brunnen geliefert hat.

Als man später zur Ausführung des Wasserwerkes am Müggelsee schritt, wurde aus den im vierten Abschnitt mitgeteilten Gründen die unmittelbare Entnahme von Seewasser gewählt, auf die auch bisher noch nicht verzichtet werden konnte, obgleich inzwischen der Umbau zu einem Grundwasserwerk beschlossen und zum größten Teil ausgeführt worden ist. Beim Dauerbetrieb liefern jedoch die vom See etwas weiter entfernten Brunnen weniger Wasser als die näher am See gelegenen. Trotz oder wegen der ungenügenden Ergiebigkeit entstanden lebhaftige Klagen der Grundbesitzer in weitem Umkreis über nachteilige Grundwasserentkung. Jüngst wieder von neuem, nachdem von der Stadt Berlin eine Erweiterung des Grundwasserwerkes unter Verzicht auf die unmittelbare Entnahme von Seewasser geplant worden war. Zur Widerlegung der Besorgnisse wegen des weiteren Fortschreitens dieser Senkung teilte die Stadtverwaltung mit, sie beabsichtige neue Brunnen längs des Seeufers auf mäßige Tiefe zu bohren, bei denen die Ergänzung des geförderten Wassers ausschließlich von der Seeseite her aus dem Wasserbestande des Sees, also aus Flußwasser erfolgen würde. Das Schlussergebnis der langjährigen Erfahrungen am Müggelsee ist mithin die Rückkehr zu dem Plane einer mittelbaren Entnahme des Wassers aus dem See. Auch dies beweist, daß dessen Bett kein „undurchlässiger Schlauch“ ist, der „kein Wasser an das benachbarte Grundwasser abgeben kann“. Was aber für den Müggelsee gilt, trifft gleichfalls zu für die übrigen Wasserläufe, deren Betten ebensowenig dermaßen abgedichtet sind, daß „das Flußwasser nicht in das Grundwasser hineingelangen kann“.

5. Vorgänge beim Absinken des Grundwassers unter Wasserläufen.

Die mehrfach geäußerten Behauptungen jener Art beruhen nicht auf Nachweisen über den tatsächlichen Zustand der Flußbetten, sondern auf einigen Beobachtungen

beim Absenken des Grundwassers in nächster Nähe von Wasserläufen oder unter deren Bett. Das Verfahren, bei Gründungsarbeiten für Wasserbauten die Baugrube durch Absenkung des Grundwassers bis unter die Sohle des Bauwerkes trocken zu legen, ist neuerdings in und bei Berlin häufig angewandt worden. Seine Verwendung bei den Bauausführungen der Untergrundbahnen, namentlich bei den Tunnelbauten unter der Spree, und bei anderen Anlagen mit sehr tiefer Grundwasser senkung hat die Grundwasserstände so weitgehend beeinflusst, daß seit einiger Zeit die regelmäßigen Ablesungen an den meisten als Grundwasserpegel dienenden Standrohren im Berliner Stadtgebiet unbrauchbar geworden sind.

An die Stelle des Grundwassers, das bisher die Bodenporen im Berliner Untergrund ausfüllte, tritt während der Bauzeit innerhalb der umfangreichen Senkungsgebiete Grundluft, die nur langsam nach Aufhören der zur Senkung erforderlichen Pumparbeiten vom zufließenden und allmählich aufsteigenden Grundwasser wieder verdrängt wird. Daß bei der Absenkung des Grundwassers kein luftleerer Raum zwischen den Sandkörnern des Untergrundes bleibt, sondern die wasserfrei gemachten Poren sich schleunigst mit Luft, Wasserdampf und anderen Gasen füllen, ist eine längst bekannte und selbstverständliche Erscheinung. Sie war aber offenbar in solche Vergessenheit geraten, daß man ihre leicht erklärlichen Folgen durch die höchst unwahrscheinliche Annahme einer vollkommenen Abdichtung der Fluß- und Kanalbetten erklären zu müssen glaubte.

Am einfachsten ist folgendes Beispiel: Man hat beobachtet, daß nach Außerbetriebsetzen einer Grundwasser senkung und Überschwemmung der Baugrube mit schlammhaltigem Wasser bei Wiederaufnahme der Absenkung das eingelassene Wasser aus der Baugrube nur dann abgesaugt werden kann, wenn es mit dem unter der Sohle befindlichen Grundwasser durch besondere Bohrungen in hydraulische Verbindung gebracht wird. Nach der abermaligen Trockenlegung hat man gefunden, daß sich aus dem Schmutzwasser eine sehr dünne Schlamm schicht auf der Baugrubensohle abgesetzt hatte. Dieser Schlamm schicht wurde ohne weiteres vollständige Undurchlässigkeit zugeschrieben, weil man die angeblich seltsame Erscheinung nicht anders zu erklären wußte. Seltsam ist aber nicht diese Erscheinung, sondern das Mißverständnis, daß überhaupt erwartet wurde, der äußere Luftdruck könne das Baugrubenwasser schnell nach dem abgesenkten Grundwasserspiegel hinabdrücken. Unbeachtet blieb, daß die Bodenporen mit Grundluft von gleich großer Spannung ausgefüllt sind. Nur das Gewicht der Wasser säule, die über der Baugrubensohle steht, wirkt auf eine allmähliche Versickerung hin. Der Vorgang verläuft in derselben Weise wie beim Einlassen von Luft in einen Heber oder in das Saugerohr einer Pumpe. Läßt man genügend Luft ein, so hört die Heber- oder Saugwirkung auf.

Als die Untersuchung der Grundwasser verhältnisse noch vorzugsweise vom gesundheitlichen Gesichtspunkte aus erfolgte, wurde dem schleunigen Ertrinken des Grundwassers durch Grundluft große Beachtung geschenkt. Dies ist auch notwendig für die Erklärung der Vorgänge beim Unterfahren eines Fluß- oder Kanalbettes mit dem Senkungs trichter einer Grundwasser entnahme für wasserbauliche oder bergbauliche Zwecke. Soweit Luft, Gase und Wasserdampf an die Stelle des abgesenkten Grundwassers treten, wird die hydraulische Verbindung zwischen dem Flußwasser und dem Grundwasser unter dem Flußbett unterbrochen. Das Abfließen von oben wird dann solange verhindert, bis die Grundluft durch Ansteigen des Grundwassers wieder verdrängt ist. Nach Wiederherstellung der hydraulischen Verbindung geht im Oberwasserbereiche bei hohem Stande des Flußwasserspiegels und niedrigerem Stande des Grundwasserspiegels das Flußwasser zum Grundwasser über und umgekehrt im Unterwasserbereiche. Ehe sie wiederhergestellt ist, also während der Grundwasser absenkung, findet eine Versickerung des Flußwassers durch die Sohle des Flußbettes trotz des Widerstandes der Grundluft statt. Sie ist um so stärker, je größer die Wassertiefe, also das Gewicht

der Wassersäule über der Flußsohle, und je durchlässiger der Boden im Senkungstrichter ist.

Bei umfangreichen Senkungstrichtern nimmt der unter dem Flußbett befindliche Raum einen so kleinen Teil des Gesamtraumes des Senkungstrichters ein, daß die Sickerwassermenge von oben her zur seitlich zufließenden Grundwassermenge verhältnismäßig wenig hinzubringt, aber doch den durchsickerten Boden feucht erhält. Es ist ein Mißverständnis, wenn aus dem trockenen Zustande des Bodens der Baugrube in geringer Höhe über dem dort am tiefsten abgesenkten Grundwasserspiegel gefolgert wird, auch der außerhalb der Baugrube unter dem Fluß- oder Kanalbett befindliche Boden sei völlig trocken. Diesen Boden hat der Beobachter in der Baugrube natürlich nicht gesehen, und die Beobachtungsbrunnen zeigen nur den Stand des gesenkten Grundwassers, aber nicht den Feuchtigkeitszustand des Bodens an. In Groß-Berlin pflegt der Boden unter den Wasserlaufbetten nicht undurchlässig, aber schwer durchlässig zu sein, wodurch die Grundwasserablenkung erleichtert wird. Hätte er größere Durchlässigkeit, so wären kräftigere Pumpen und mehr Rohrbrunnen erforderlich. Die Frage, ob bei großer Durchlässigkeit des Bodens das Verfahren noch wirtschaftlich ist, entscheidet über seine Anwendung.

Zur weiteren Erläuterung noch ein Beispiel. Beim Bau der nördlichen Plözeneschleuse des Großschiffahrtweges Berlin—Stettin befand sich die Schleusenbaugrube neben dem Spandauer Schiffahrtskanal zwischen ihm und dem 300 m entfernten Plözensee. Die Grundwasserentkung wurde so tief herabgeführt, daß die Kanalsohle bei der Baustelle mehr als 4 m über dem abgesenkten Grundwasserspiegel lag. Wie behauptet wird, wäre der Sand unmittelbar unter dem Kanal, der keinen Tropfen Wasser an das Grundwasser abgegeben hätte, völlig trocken gewesen in Folge der Undurchlässigkeit des Kanalbettes, die durch Ablagerung organischen Schlammes verursacht sei. Ferner wird gesagt, der natürliche Grundwasserstand wäre wegen dieser Undurchlässigkeit vom Wasserstande des Kanals wenig beeinflusst, hinge dagegen von der Spiegelhöhe des Plözensees ab. Weshalb im unruhigen Wasser des durchströmten und verkehrreichen Kanals, aber nicht im ruhigen Wasser des abflußlosen Sees das Bett durch Schlammablagerungen abgedichtet und undurchlässig geworden sein soll, wird nicht begründet trotz der offensbaren Unwahrscheinlichkeit. Die Behauptung, der Sand unter dem Kanalbett sei trocken gewesen, beruht auf der irrtümlichen Verwechslung mit dem Zustande des Sandes in der künstlich trockengelegten Baugrube, deren kleinster Abstand vom Kanal 22 m betrug.

Tatsächlich ist das Kanalbett keineswegs undurchlässig, sondern läßt bei niedrigem Grundwasserstand Kanalwasser in der Richtung nach der Spree hin entweichen. Gewöhnlich liegt jedoch der durch Schleusen geregelte Wasserspiegel des Kanals annähernd in der Höhe des Grundwasserspiegels, der sich aber nicht nach der Spiegelhöhe des Plözensees richtet. Vielmehr hängen die Wasserstände im See, dessen Wandungen ebenfalls nicht undurchlässig sind, von den Schwankungen der Grundwasserstände im breiten Tale ab. Als das Grundwasser in der Baugrube bis zu 6,3 m unter seine damalige natürliche Spiegelhöhe abgesenkt wurde, schnitt der Senkungstrichter das Seebett derart, daß Seewasser nach den Rohrbrunnen abfloß und der Seespiegel in 2½ Monaten um 0,65 m sank. Während dieser Zeit förderten die Pumpen durchschnittlich 19000 cbm am Tage zur Freilegung und Freihaltung des Senkungstrichters. Hierin ist das dem Plözensee durch unterirdisches Abfließen entzogene Seewasser und das dem Spandauer Schiffahrtskanal durch Absickern entzogene Kanalwasser einbegriffen. Der weitaus größte Teil der nahezu 1½ Millionen Kubikmeter großen, von den Pumpen geförderten Wassermasse wird aber aus Grundwasser bestanden haben. Das Beispiel zeigt, daß bei den dortigen Bodenverhältnissen mit ziemlich geringem Aufwand eine beträchtliche Grundwasserentkung in Nähe eines Sees mit durchlässigen Wandungen und unter einem durchlässigen Kanalbett bewirkt werden konnte.

6. Wechselwirkung zwischen Flußwasser und Grundwasser im Berliner Stadtgebiet. Umströmung der Stauanlagen.

Am meisten sind die Wasserläufe in Berlin der Verunreinigung ausgesetzt, weshalb sich in den gestauten Strecken der Spree und der anderen Berliner Schiffahrtswege besonders leicht eine Abdichtung der Betten durch Schlammablagerungen ausbilden müßte. Die Grundwasserstandbeobachtungen an den schon erwähnten, über das ganze Reichbild der Stadt Berlin verteilten Standrohren haben bereits 1888 als Unterlagen gedient für eine wertvolle Untersuchung über die Beziehungen des Grundwassers zum Niederschlag, zur Verdunstung und zu den offenen Wasserläufen. Sie beschränkt sich auf eine vergleichende Betrachtung der Monatsmittel und Jahresmittel jener atmosphärischen Erscheinungen, sowie der Wasserstände des Grundwassers und der Spree. Über die hauptsächlich wichtigen Abflußmengen war damals noch zu wenig bekannt. Seitdem ist die Erforschung der Abflußverhältnisse bedeutend fortgeschritten, so daß die Ergebnisse jener Untersuchung teilweise veraltet sind. Auch haben sich die Zustände in Berlin infolge völliger Umgestaltung der Stauanlagen am Mühlendamm und durch die großstädtische Entwicklung wesentlich geändert. Immerhin ist die für den Zeitraum 1870/85 vorgenommene Untersuchung verwendbar, wenn sie auf die letzten Jahrzehnte bis 1910 ausgedehnt wird. Dabei muß man beachten, daß seit 1885 die Kanalisierung der Unterpreee zur Geltung kam, die 1888/93 nach dem Oberwasser der Mühlendamm-Stauanlage weitergeführt wurde. Die während der Bauzeit im Gange der Grundwasserstände verursachten Störungen sind seit 1910 noch viel größer geworden durch die künstliche Absenkung des Grundwassers bei Neubauten.

Bei der älteren Beobachtungsreihe hatte sich eine gewisse Übereinstimmung zwischen Grundwasserständen und Flußwasserständen ergeben, welche die damalige Forschung zu der Schlußfolgerung führte, der Berliner Untergrund sei ein „Infiltrationsgebiet“ für das Spreewasser. Jedes Steigen der Spree müsse ein Anstauen des vom Höhenlande mit sehr geringem Gefälle zufließenden Grundwassers und einen seitlichen Übergang von Flußwasser in den Boden zur Folge haben, ein jedes Absinken der Spree ein gesteigertes Abfließen aus dem Infiltrationsgebiet nach dem Flusse hin. Andauernde Hochwasserstände hätten in den vom Oberwasser der Mühlendamm-Stauanlage beeinflussten Stadtteilen einen so erheblichen Übergang von Spreewasser in den Boden zur Folge, daß das Eintreten von Wasser in die Kellergeschosse der Häuser als gesundheitlicher Nachteil empfunden worden war. In den vom Landwehrkanal, dessen Spiegel auf Oberwasserhöhe gehalten wird, beeinflussten Stadtteilen zeige sich beständig ein solcher Übergang von Flußwasser in den städtischen Untergrund. Die Betrachtung von Jahr zu Jahr ergab, daß die Schwankungen der mittleren Grundwasserstände den Jahresmitteln der Spreewasserstände entsprochen haben.

Ein näheres Eingehen auf die Beobachtungen an den einzelnen Grundwasserpegeln lehrt, daß das Gefälle des vom Höhenlande zufließenden Grundwassers an den Talrändern früher nicht so gering war, wie die damalige Forschung angenommen hat. Vielmehr fand unverkennbar eine Bewegung von Grundwasser nach der Talmitte hin statt, die aber in größerer Nähe der Spree und des Landwehrkanals unmerklich wurde, weil hier die Einwirkung der Flußwasserstände vorherrschte. Die Übereinstimmung der Fluß- und Grundwasserstände hätte ausschließlich herrühren können vom Wechsel des Anstauens und der Beschleunigung beim Abfließen des Grundwassers, das vom Höhenlande in das Urstromtal übertritt. Es konnte sich aber auch um wechselnden Zu- und Rückgang von Flußwasser in den Boden und aus dem Boden handeln. Die damalige Sachlage ist inzwischen bedeutend umgestaltet worden. Seit den achtziger Jahren hat sich die Zuströmung von Höhenlandgrundwasser im Stadtgebiet erheblich vermindert. Der Spreewasserpiegel wird jetzt im Oberwasser dauernd auf der gewöhnlichen Stauhöhe gehalten, desgleichen in der Haltung des Charlottenburger Wehres vom Mai bis

Dezember, wogegen im Unterwasser dieses Wehres auch in den Sommer- und Herbstmonaten die Wasserstände wechseln. Die Wechselwirkung zwischen Flußwasser und Grundwasser findet jetzt derart statt, daß im Bereiche des Oberwassers ständig Flußwasser in den Grundwasservorrat und unterhalb der Berliner Stauanlagen fast immer Grundwasser in die Wasserläufe übergeht. Hieraus ergibt sich, daß die Spree und die anderen Berliner Wasserläufe keine „undurchlässigen Schläuche“ sein können. Der Beweis nach Maß und Zahl, daß sie es nicht sind, folgt am Schlusse dieses Abschnitts.

Bereits in den siebziger Jahren, namentlich aber in den letzten Jahrzehnten, hat eine dauernde Senkung des Berliner Grundwasserspiegels stattgefunden, die an einigen Stellen 2 bis 2,5 m beträgt. Minder groß ist sie in den rings von Wasserläufen umgebenen Stadtteilen zwischen der Spree, dem Landwehrkanal und dem Spandauer Schiffahrtkanal, am kleinsten im Tiergarten, dessen Grundwasserstand durch Zuführung von Wasser künstlich geregelt wird. Ihr größtes Maß erreicht die Dauersenkung im Norden der Spree längs des Barnim-Talrandes und im Süden des Landwehrkanals längs des Teltow-Talrandes. Während früher der Grundwasserspiegel im Schöneberger Stadtviertel höher als der Spiegel des Landwehrkanals lag, liegt er jetzt im Jahresmittel mehr als 1 m niedriger und würde wohl noch tiefer gesunken sein, wenn der erhebliche Überdruck des Kanalwassers nicht dessen Übergang in das Grundwasser jetzt auch nach der Südseite hin verursachte. Nach der Nordseite hin ist schon früher ständig das in Oberwasserhöhe gehaltene Kanalwasser in das Grundwasser der Innenstadt übergegangen. Unverkennbar findet eine Umströmung der Stauanlagen vom Oberwasser zum Unterwasser der Spree durch den Untergrund statt.

Eine Dauersenkung des Berliner Grundwasserspiegels, besonders im Oberwasser der Stauanlagen, war bei den 1888/93 hergestellten Bauten für die Durchführung des Schiffahrtweges und die Verbesserung der Hochwasserverhältnisse bezweckt worden. Aber die Grundwassersenkung hat sich nach Tiefe und Ausdehnung viel weiter erstreckt und muß von einer Ursache abhängen, die im ganzen Weichbild und in seiner Nachbarschaft wirksam ist. Die Vermutung, durch die Sickerleitungen der zur städtischen Entwässerung angelegten unterirdischen Kanäle sei eine Art von Trockenlegung bewirkt worden, kann nicht zutreffen. Dies findet man bis zu gewissem Grade in Städten, bei denen der Hauptkanal natürliche Vorflut nach einem Wasserlaufe unterhalb des kanalisierten Stadtgebiets besitzt. In Berlin münden jedoch die Hauptkanäle der in zahlreiche Teilgebiete gegliederten Kanalnetz nach Pumpwerken aus, von denen das in die Kanäle eingetretene Abwasser, aber nicht etwa an ihnen entlang rinnendes Grundwasser mit Druckrohren zu den Rieselfeldern befördert wird. Hier kann deshalb keine Drainagewirkung durch die Kanalisation eintreten. Vielmehr ist die Dauersenkung des Grundwasserspiegels vorzugsweise der großstädtischen Entwicklung und der Umwandlung Berlins in die wichtigste Fabrikstadt des europäischen Festlandes zuzuschreiben.

Sehr viele kleinere Pumpwerke für gewerbliche Betriebe und andere Zwecke entziehen dem Grundwasservorrat innerhalb des Berliner Weichbildes jahraus jahrein bedeutende Wassermengen, die größtenteils durch die Kanalisation nach den Rieselfeldern gebracht werden. Dies zeigt sich deutlich dadurch, daß an den Sonn- und Feiertagen die Pumpwerke der Entwässerungsgebiete erheblich kleinere Abwassermengen zu bewältigen haben als an den Arbeitstagen. Auch ist die Gesamtmasse der Abwässer weit größer als die Massen des durch die Wasserversorgung zugeführten Reinwassers und des in die Kanäle gelangten, nicht durch Notauslässe wieder entfernten Regenwassers. Beispielsweise werden von den Pumpwerken der Berliner Kanalisation anderthalbmal so große Abwassermassen aus der Stadt entfernt, wie von den Pumpwerken Reinwassermassen hineingebracht werden. Die Ergänzung des Grundwasservorrates aus der Versickerung des Niederschlagswassers ist infolge der engen Bebauung, des wasserdichten Pflasters, der Abfuhr des Schnees usw. wesentlich eingeschränkt worden.

Der Zufluß vom Höhenland hat beträchtlich abgenommen, weil auch dort die großstädtische Bebauung auf weite Gebiete der Vororte ausgedehnt worden ist und dieselben Gründe eine Verminderung des Grundwasserabflusses bewirken. Da die Entziehung von Grundwasser in Berlin nicht genügend ausgeglichen wird, obwohl der Übergang von Flußwasser in den Boden gegen früher erheblich zugenommen hat, so betrug im Zeitraum 1890/1910 die Dauerenkung des Grundwasserspiegels jährlich 3 bis 6 cm, entsprechend einer jährlichen Abnahme des Grundwasservorrates um durchschnittlich 2 bis 3 Millionen Kubikmeter.

Seit der häufigen Verwendung des Bauverfahrens mit künstlicher Absenkung des Grundwassers sind außerdem täglich 30- bis 60000 cbm, im Jahresdurchschnitt mindestens 16 Millionen Kubikmeter Wasser zur Trockenlegung der Baugruben aus dem Berliner Untergrunde herausgepumpt worden. Daß hierdurch sekundlich etwa 0,5 cbm Grundwasser den Berliner offenen Wasserläufen zugeführt worden ist, trägt zur Vergrößerung der Abflußmenge der Spree innerhalb Berlins bei. Auch bei der auf Grund besonderer Berechtigungen stattfindenden Entnahme von Flußwasser und Einleitung des gebrauchten, größtenteils aber nicht aus den Wasserläufen, sondern aus dem Grundwasservorrat stammenden Wassers erzielt die Abflußmenge innerhalb Berlins eine Vergrößerung um etwa 0,4 cbm/sek. Um rund 0,9 cbm/sek hat also in den letzten Jahren die Abflußmenge der Spree in Berlin bei jedem Zustande der Wasserführung zugenommen, was bei Niedrigwasser einen beträchtlichen Anteil der Abflußmenge ausmacht. Hiermit erhält jedoch der Fluß nur einen Teil des Abflusses zurück, der seinem Oberwasser bei der Umströmung der Stauanlagen entzogen worden ist.

Wie bereits erwähnt, wird außerdem noch viel Grundwasser auf dem Wege durch die Kanalisation aus dem Stadtgebiete weggebracht, und zwar mehr, als durch Versickerung des Niederschlagwassers in den Boden gelangt. Trotzdem hat der unterirdische Wasserschlag nicht so viel eingebüßt, wie man danach glauben könnte. Genaue Angaben über die seit 1910 eingetretene Senkung des Grundwasserspiegels lassen sich aus dem schon genannten Grunde nicht machen. Jedenfalls ist ihr jährliches Maß größer, als für 1890 bis 1910 ermittelt worden ist. Aber aus Wahrnehmungen an denjenigen Grundwasserspegeln, die durch künstliche Absenkung des Grundwassers bei Tiefbauten wenig berührt worden sind, läßt sich schließen, daß die Dauerenkung des Grundwasserspiegels in den Innenstadtteilen bisher noch in mäßigen Grenzen geblieben ist.

Der Grund hierfür liegt nahe. Jedesmal, wenn mit einer künstlichen Grundwasserabsenkung nach Fertigstellung der Tiefbauarbeiten aufgehört wird, füllt sich der Senkungstrichter allmählich wieder mit zufließendem Grundwasser. Je nach dem Rauminhalte des Senkungstrichters dauert dies mehrere Wochen oder viele Monate. Da durch Versickerung von der städtischen Oberfläche in den eng bebauten Stadtteilen höchst geringe Wassermengen zusickern, und weil der Zufluß vom Höhenlande her jetzt nicht mehr genug Grundwasser hinzubringt, so findet die Wiederauffüllung durch Zufluß in Richtung des Talgefälles statt. Dieses ist zwar durchschnittlich sehr schwach, aber gerade in der Nähe Berlins erheblich stärker als sonst, was zu der Herstellung von Stauanlagen schon in alter Zeit Anlaß gegeben hat. An diesen Stauanlagen besteht ein beträchtlicher Höhenunterschied zwischen dem Ober- und Unterwasser der Spree, der sich auch auf den Grundwasserspiegel überträgt. Je nach Lage des Senkungstrichters erfolgt mehr oder weniger langsam seine Auffüllung vom Oberwasser her aus dem dortigen Grundwasservorrat, der seinerseits ergänzt wird durch oberhalb Berlins zufließendes Höhenlandgrundwasser unter Mitwirkung des aufgestauten Oberwassers der Spree. Eine künstliche Absenkung des Grundwassers für Tiefbauten in Berlin ruft daher nicht nur bei der Freihaltung des Senkungstrichters, sondern auch während der Wiederauffüllung ein verstärktes Abströmen von Flußwasser aus der Oberspree oder dem Landwehrkanal in das Grundwasser hervor. Ähnliches gilt für alle innerhalb Berlins bewirkten Grundwasserenkungen, also auch für

die Entnahme von Grundwasser durch die gewerblichen und sonstigen Anlagen. Weil der Umfang und die Bedeutung der Grundwasserentnahme in Berlin während der letzten Jahrzehnte sehr erheblich zugenommen hat, und infolge der geänderten Stauverhältnisse ist die früher bereits vorhanden gewesene Umströmung der Stauanlagen jetzt viel größer als vor 1888.

Nach Maß und Zahl läßt sich dies beurteilen durch den Vergleich der bei Fürstenbrunn unterhalb Charlottenburg gemessenen Abflußmengen der Spree mit den Durchflußmengen, die seit 1904 zur Niedrigwasserzeit, seit 1906 aber regelmäßig Tag für Tag bei den Schützen und Schleusen der Berliner Stauanlagen festgestellt worden sind. Die Abflußmengen der Unterspree bei Fürstenbrunn entsprechen denjenigen der Oberspree und der Dahme mit Zurechnung der Beträge, die von der Dahmemündung bis unterhalb Charlottenburg infolge der Vergrößerung des Niederschlaggebiets (besonders Pankegebiet), aus den Notausläßen, von den Rieselfeldern, aus dem Spandauer Schiffahrtskanal, durch Einleitung des Abwassers gewerblicher Anlagen und bei der Grundwasserabsenkung für Tiefbauten hinzukommen. Soweit dies im Oberwasser der Stauanlagen geschieht, sind die hinzutretenden Wassermengen in den Durchflußmengen der Stauanlagen eingegriffen. Soweit es im Unterwasser geschieht, werden sie bei den Abflußmengen der Unterspree unterhalb Charlottenburg mitgemessen, die mithin etwas größer sein müssen als die Durchflußmengen. Nur ausnahmsweise, nämlich bei Niedrigwasser im Herbst, sobald der Grundwasserspiegel an der Unterspree nach langer Trockenheit sehr niedrig steht, ergeben sich bei Fürstenbrunn Abflußmengen, die kleiner als die gleichzeitigen Durchflußmengen sind. Dann findet zeitweise auch im Unterwasser ein Übergang aus dem Flusse in das Grundwasser statt, wie er stets im Staubereiche des Berliner Oberwassers zu erfolgen pflegt.

In der Regel sind jedoch die Abflußmengen bei Fürstenbrunn viel größer als die in Berlin festgestellten Durchflußmengen; sie übertreffen diese um viel mehr als 0,9 cbm/sek. Im Jahrfünft 1906/1910 hat die mittlere Abflußmenge der Unterspree bei Fürstenbrunn in der winterlichen Jahreshälfte 51,3, in der sommerlichen Jahreshälfte 30,2 und im Jahresdurchschnitt 40,7 cbm/sek betragen. Dagegen ergab sich die mittlere Durchflußmenge an den Berliner Stauanlagen zu 43,8 in der winterlichen, 24,9 in der sommerlichen Jahreshälfte und 34,3 cbm/sek im Jahresdurchschnitt. Dies entspricht Unterschieden von 7,5 in der winterlichen, 5,3 in der sommerlichen Jahreshälfte und 6,4 cbm/sek im Jahresdurchschnitt. Der weitaus größte Teil dieser Unterschiede kann nur davon herrühren, daß im Unterwasser der Stauanlagen aus dem Grundwasser ähnlich große Wassermengen in den Fluß zurückgetreten sind, wie solche im Oberwasser der Stauanlagen dem hoch angestauten Flusse nicht zufließen konnten oder aus ihm in das Grundwasser übergegangen waren. Am größten sind die Unterschiede in den besonders abflußreichen Winterhalbjahren 1906 und 1907 gewesen (10,6 und 10,5 cbm/sek). Den kleinsten Unterschied zeigt das Winterhalbjahr 1909 (2,6 cbm/sek), das in der zwanzigjährigen Reihe 1891/1910 den geringsten winterlichen Abfluß hatte. Im abflußarmen Jahrfünft 1911/15 sind die Unterschiede zwischen den Abflußmengen bei Fürstenbrunn und den Durchflußmengen in Berlin wesentlich kleiner gewesen. Bei einer mittleren Jahresabflußmenge von nur 32,0 cbm/sek in der Unterspree betragen diese Unterschiede 3,0 im Winterhalbjahr, 0,8 im Sommerhalbjahr und 1,9 cbm/sek im Jahresdurchschnitt.

Je größer die Wasserführung der Spree ist, um so mehr Wasser geht im Bereiche des Oberwassers in den Untergrund über, dessen Grundwasser immer genügende Vorflut nach dem Unterwasser der Spree bei Fürstenbrunn hin besitzt. Zum Teil erfolgt der Übergang aus dem Untergrund in den Fluß erst unterhalb Charlottenburg, zum Teil schon in der mittleren Haltung der Spree zwischen den Berliner Stauanlagen und dem Charlottenburger Wehre. Das Maß der Umströmung wird nicht allein durch die Abflußmenge der Spree bedingt, sondern auch durch die Größe des Zuflusses von

Höhenlandgrundwasser oberhalb Berlins. Denn das vom seitlichen Höhenlande herabkommende Grundwasser kann teilweise wegen des hohen Stauens nicht in das Oberwasser fließen, sondern fließt zum Unterwasser, soweit die Grundwasserwerke es nicht wegnehmen. Weil aber auch das Höhenlandgrundwasser am reichlichsten bei großer Abflußmenge der Spree und am wenigsten reichlich bei kleinster Abflußmenge ist, so bietet die Wasserführung des Flusses annähernd einen Maßstab für die Größe der Umströmung. Während der an Abflußmenge die Sommerhalbjahre stets bedeutend übertreffenden Winterhalbjahre wird der Grundwasservorrat vom Oberwasser her dermaßen aufgefüllt, daß auch in der sommerlichen Jahreshälfte die Umströmung andauert. Dann kann sogar die Abflußmenge anderthalb bis doppelt so groß werden wie die Berliner Durchflußmenge, z. B. bei der kleinsten Wasserführung in den Sommern 1904 und 1911. Die Anhebung des im Unterwasserbereich gelegenen Grundwasserspiegels findet hauptsächlich in den Monaten Oktober bis März statt, das Fallen der Grundwasserstände in den Monaten April bis September. Wie schon gesagt, vermindert sich dabei zuweilen die Verschiedenheit der Spiegelhöhen des Grund- und Flußwassers so weit, daß die natürliche Speisung aufhört, bis schließlich auch im Unterwasserbereich Flußwasser in den Untergrund übergeht.

Die beschriebenen Erscheinungen unterscheiden sich von denen in einer nicht gestauten Flußstrecke dadurch, daß in dieser der Übergang des Wassers jahreszeitlich, dagegen in der gestauten Flußstrecke örtlich wechselt. In der nicht gestauten Strecke vollzieht sich der Übergang aus dem Flusse in den Boden im Oktober/März, aus dem Boden in den Fluß im April/September. In der gestauten Strecke findet der Übergang aus dem Flusse in den Boden im Oberwasser, aus dem Boden in den Fluß im Unterwasser statt. Die jahreszeitliche Einwirkung äußert sich dabei durch Verstärkung des Vorganges im Winter und Abschwächung im Sommer.

III. Größe des Wasserchazes. Der Wasserhaushalt und seine bisherigen Änderungen.

1. Art und Bedeutung der Abflußmessungen.

Den Wasserhaushalt der Spree und Havel genau zu untersuchen, ist durch die neuerdings in genügendem Umfange vorgenommenen Messungen der sekundlichen Abflußmengen im Zusammenhalt mit den Wasserstandsbeobachtungen ermöglicht worden. Lediglich aus Beobachtungen an den Flußpegeln, die seit Jahrzehnten errichtet sind und regelmäßig abgelesen werden, kann man freilich ein ungefähr richtiges Bild über den Abflußvorgang gewinnen, das für viele Zwecke befriedigt. Aber die Ermittlung der zwischen Abfluß, Niederschlag und Verdunstung bestehenden Beziehungen setzt voraus, daß durch Abflußmessungen festgestellt worden ist und öfter nachgeprüft wird, eine wie große Abflußmenge jeder einzelnen Pegelhöhe entspricht, also eine Eichung der Pegelbeobachtungen. Rückschlüsse aus den älteren Pegelbeobachtungen auf die damaligen Abflußmengen sind nur zulässig, wenn nachgewiesen werden kann, daß die Wasserstands- und Abflußverhältnisse an der Pegelstelle unverändert geblieben sind. Zuverlässige Vergleiche zwischen einst und jetzt bedingen jedoch, daß man über die früheren Abflußmengen genügend sicheren Bescheid weiß. Weil gleichwertige Unterlagen für die Beurteilung der Einnahme und Ausgabe im Wasserhaushalte des ganzen Spree- und Havelgebiets aus neuester Zeit erst seit 1902 vorliegen, so ist die 9jährige Reihe 1902/10 der Darstellung zugrunde gelegt worden. Ihre Mittelwerte entsprechen ungefähr den langjährigen Mittelwerten, da trockene und nasse Jahre in ihr ziemlich gleichmäßig vertreten sind. Dies würde nicht der Fall sein und die trockenen Jahre würden zu sehr überwiegen, wenn man in die Darstellung auch die Zeit nach 1910 einbegreifen wollte.

Für die Spree stehen zuverlässige Angaben über die Abflußmengen aus der 22-jährigen Reihe 1851/72 und aus der 25-jährigen Reihe 1891/1915 zur Verfügung.

Hierdurch läßt sich ein Urteil über die Größe des Wasserschatzes gewinnen, das für die offenen Wasserläufe streng zutrifft und Schlußfolgerungen über deren Wechselwirkung mit dem Grundwasser gestattet. Unmittelbare Messungen der unterirdisch fließenden Grundwassermengen, die zur Ergänzung der Ergebnisse verwendbar wären, liegen leider nicht vor. Bei den vor fast 45 Jahren für die Grundwasserversorgung von Berlin ausgeführten Nachtragvorarbeiten war eine Ermittlung der Ergiebigkeit des vom Höhenlande zufließenden Grundwassers beabsichtigt. Man gedachte wenigstens annähernd „festzustellen, wie groß die natürliche Wasserbewegung, d. h. der Zufluß nach einem gewählten Punkt hin angenommen oder künstlich dauernd gesteigert werden kann, um hiernach die Größe der nötigen Anlagen bemessen zu können“. Einigermaßen ist dies auch geschehen durch eine Sonderuntersuchung über „die auf dem Terrain um Berlin oberirdisch abfließenden Wassermengen, ihr Verhältnis zu den atmosphärischen Niederschlägen und die unterirdisch zum Abfluß kommende Wassermenge“. Der dabei beschrittene richtige Weg ist aber späterhin nicht weiter verfolgt worden, obwohl seitdem die Gesetze der Grundwasserbewegung näher erforscht und geeignete Verfahren zur hydrologischen Untersuchung des unterirdisch fließenden Wassers ausgebildet worden sind.

Die geologischen Ermittlungen reichen für die Erkenntnis der Bewegung des Grundwassers nicht aus, noch weniger für den Nachweis der Beziehungen zwischen Grundwasser und Flußwasser. Als man sich entschloß, die Seewasserversorgung am Müggelsee in eine Grundwasserversorgung umzuwandeln, wurden die Ergebnisse der geologischen Forschung in bezug auf ihre Verwendbarkeit für die hydrologische Untersuchung überschätzt. Man achtete weniger auf das Zuflußgebiet des vom Höhenlande kommenden Grundwassers, wie dies bei den früheren Vorarbeiten geschehen war, und berücksichtigte die Wechselwirkung zwischen dem oberirdisch und dem unterirdisch fließenden Wasser überhaupt nicht. Vielmehr stand man völlig unter dem Eindruck, daß in den Urstromtälern der Eiszeit außerordentlich große Grundwasserströme abfließen, die unabhängig vom örtlich begrenzten Speisungsgebiete des Geländes seien, aus dem das Wasser geschöpft werden sollte. Der Umstand, daß die Ausfüllung des Berliner Urstromtales, das auf kurze Strecke vom Spreelauf benutzt wird, mit zumeist durchlässigen Bodenmassen nicht von der Spree herrührt, führte zur Unterschätzung ihrer Bedeutung für jene gegenseitigen Beziehungen zwischen dem offen und dem verborgen fließenden Wasser. Man traute dem kleinen Fluß, der in die mächtigen Ablagerungen des sehr breiten Urstromtales nur flach und auf geringe Breite eingeschnitten ist, keine wesentliche Leistungsfähigkeit gegenüber dem vermeintlich gewaltigen Grundwasserströme zu.

Dabei blieb außer acht, daß der Querschnitt des Grundwasserträgers zwar viel größer ist als der Flußquerschnitt, daß aber die Fließgeschwindigkeit im Fluße in noch weit höherem Maße die äußerst geringfügige Geschwindigkeit übertrifft, mit der sich das Grundwasser in der Richtung des gefällarmen Tales bewegt. Nur auf der gefällreicheren Strecke, in der die Berliner Stauanlagen liegen, kann sich eine für ihre Umströmung ausreichende Fließgeschwindigkeit des Grundwassers entwickeln. Die am Schluß des vorigen Abschnitts beschriebenen Verhältnisse sind jedoch eine besondere Eigentümlichkeit, veranlaßt durch die ständig hohe Lage des Berliner Oberwassers. In einigem Abstände von Berlin fließt, ähnlich wie bei freien Strecken, das vom seitlichen Höhenlande nach dem Tale gelangende Grundwasser nur zum kleinen Teile in der Talrichtung unterirdisch weiter. Der Hauptbetrag wird dagegen so hoch angestaut, daß er in das offene Flußbett übertritt und in diesem Sammelkanal als Flußwasser seinen Lauf fortsetzt. Der jahreszeitliche Wechsel in der Wasserführung des Flusses und in den Grundwasserständen bewirkt, daß abwechselnd unterirdisches Wasser im Talgrund aufgespeichert oder aus dem Grundwasservorrat an den Fluß abgegeben wird. Bei diesem Aus-

tausch zwischen Flußwasser und Grundwasser überwiegt aber beim Flusse die Einnahme über die Ausgabe um den Betrag des Höhenlandzuzusses. Wenn dagegen in Nähe des Flusses eine künstliche Entnahme von Grundwasser und natürlich gefiltertem Flußwasser durch ein Wasserwerk erfolgt, so überwiegt die Ausgabe und findet eine mittelbare Entziehung von Flußwasser statt.

Die Möglichkeit, außer dem vom Höhenlande zufließenden Grundwasser auch natürlich gefiltertes, mehr oder weniger in Grundwasser umgewandeltes Flußwasser gewinnen zu können, hat an vielen Orten und auch in Groß-Berlin die Anlage der Grundwasserwerke im Wirkungsbereich eines Flusses veranlaßt. Auf welche Ergiebigkeit hierbei mit Sicherheit zu rechnen sein würde, ist bei den Groß-Berliner Wassergewinnungsanlagen nicht gründlich oder überhaupt nicht untersucht worden, weil der im Urstromtale fließende Grundwasserstrom gewissermaßen als unerschöpflich galt. Lediglich nach Versuchsbohrungen und mehrtägigen Pumpversuchen läßt sich kein sicheres Urteil über die Ergiebigkeit bei ständig fortgesetzter Entnahme erzielen. Denn bei kurzer Dauer dieser Versuche vollzieht sich der Zufluß des Grundwassers unter weit günstigeren Verhältnissen, als er sich bei längerer Dauer der Versuche vollzieht. Aber auch ein mehrwöchiges Fortsetzen der Wasserentnahme liefert für sich allein noch keine Sicherheit dafür, daß im jahrelangen Dauerbetriebe die Ergiebigkeit der Brunnen nachhaltig sein und die Senkung des Grundwassers nicht unerschwingliche Entschädigungen hervorrufen wird. Vielmehr kann hierüber nur eine gründliche hydrologische Untersuchung befriedigende und den Erfolg verbürgende Auskunft geben. Eine solche Untersuchung für Groß-Berlin fehlt und ist jetzt schwer nachzuholen, weil die natürlichen Verhältnisse künstlich verändert sind.

2. Der Wasserhaushalt von Jahr zu Jahr. Größe des Wasserschatzes.

Da sich das Grundwasser hauptsächlich aus dem meßbaren Niederschlag ergänzt und in Form von offenen oder unsichtbaren Quellen wieder zutage tritt, so bildet der unterirdische Kreislauf des Wassers ein Glied im großen Kreislaufe, der sich durch Messungen des Niederschlags und Abflusses mit Berücksichtigung des Zwischenspiels der Verdunstung verfolgen läßt. Ein Teil des versickerten Niederschlagswassers wird nicht durch Quellen innerhalb des Flußgebietes zum Vorschein kommen. Dafür empfängt aber auch der verborgene Wasserschatz Ersatz aus Nachbargebieten und durch Flüssigwerden von Wasserdampf, der nicht als Niederschlag in das Gebiet gelangt. Was auf diese Weise verloren und gewonnen wird, kann beim Spree- und Havelgebiet nicht wesentlich in Betracht kommen gegenüber der Einnahme und Ausgabe im großen Kreislaufe des Wassers. Im Vergleich zu Gebirgsgebieten mit günstigen Vorbedingungen für den Niederschlag ist das Gebiet der Spree und Havel allerdings arm an Niederschlag und Abfluß. Aber im Vergleich zu anderen Flachlandgebieten in ähnlicher Lage und mit ähnlichem Klima hat das Spreegebiet früher keine auffallende Ausnahmestellung eingenommen, die veranlassen könnte, ihm einen namhaften Verlust oder Gewinn beim Grundwasseraustausch mit Nachbargebieten zuzutrauen. Erst während der letzten Jahrzehnte zeigt das Spreegebiet eine auffällige Verminderung der Niedrigwassermengen.

Innerhalb des Gebietes selbst erfolgt von Jahr zu Jahr und in jedem Jahre von einer zur anderen Jahreszeit ein umfangreicher Austausch zwischen dem ober- und unterirdischen Teil des Wasserschatzes. Bei jedem starken Sommerregen, der die Bodenporen aufnahmefähig für Sickerwasser findet, vollzieht sich eine kräftige Versickerung und, trotz Boden- und Pflanzenverdunstung, ein Abwandern von der Oberfläche zum Grundwasser. Dies ist eine Wohltat für die Anlieger der fließenden Gewässer, deren Grundbesitz sonst oft schädlichen Überschwemmungen während des Pflanzenwuchses unterworfen wäre. Eine Wohltat ist es auch für die Besitzer von Höhenland, deren Ädern und Wiesen das versickerte Wasser die nötige Feuchtigkeit bringt. Und wenn später lange

Dürre eintritt, so erweist sich die Erhöhung des Grundwasserstandes wohlthätig für die Speisung der Wasserläufe. Dieses Beispiel möge genügen zur Veranschaulichung der ausgleichenden Wirkung des unterirdischen Kreislaufes, soweit er innerhalb der sommerlichen Jahreshälfte stattfindet. Ohne weiteres versteht sich, daß im verdunstungsarmen Winter der verborgene Wasserschatz vergrößert wird zum Nutzen der verdunstungsreichen Sommerzeit, die aus dem unterirdischen Wasservorrat zehrt.

Wie groß diese ausgleichende Wirkung von Jahr zu Jahr ist, soll durch die Nebeneinanderstellung der Niederschlag-, Verdunstungs- und Abflußhöhen im Havel- und Spreegebiet bis Rathenow in den Jahren 1902 bis 1910 nachgewiesen werden. Die Niederschlagshöhen sind die Mittelwerte der an den verschiedenen Regenmessstellen des Flußgebietes in jedem Einzeljahre gemessenen Niederschläge. Die Verdunstungshöhen sind hieraus abgeleitet nach den für ein solches niederschlagarmes Flachlandgebiet in Mitteleuropa gültigen Beziehungen zwischen Verdunstung und Niederschlag. Die Abflußhöhen entsprechen den aus Abflußmessungen und Wasserstandsbeobachtungen ermittelten Abflußmengen, bezogen auf den 19500 qkm großen Flächeninhalt des Flußgebietes bis zur Pegelstelle Rathenow. In der letzten Zeile ist angegeben, um welche Beträge in jedem Jahre aus dem nicht verdunsteten Niederschlag der unterirdische Wasservorrat vermehrt worden ist (Vermehrung mit + bezeichnet), oder um welche Beträge er durch Speisung der offenen Wasserläufe vermindert worden ist (Verminderung mit — bezeichnet).

Wasserhaushalt von Jahr zu Jahr (Havel bis Rathenow)

Abflußjahr:	1902	1903	1904	1905	1906	1907	1908	1909	1910	1902/10
	mm									
Niederschlagshöhe ...	667	514	395	744	573	661	499	485	651	577
Verdunstungshöhe ..	460	450	441	464	454	459	449	447	459	454
Abflußhöhe	128	113	92	96	142	167	152	95	121	123
Sum Grundwasser (+)	+79	—49	—138	+184	—23	+35	—102	—57	+71	±0
Vom Grundwasser (—)										

Im neunjährigen Durchschnitt hat die Niederschlagshöhe 577, die Verdunstungshöhe 454 und die Abflußhöhe 123 mm betragen. In den Einzeljahren schwankten aber die Niederschlagshöhen zwischen 395 und 744 mm, die wenig voneinander abweichenden Verdunstungshöhen zwischen 441 und 464 mm, die Abflußhöhen zwischen 92 und 167 mm. Der Ausgleich hat sich derart vollzogen, daß in den vier niederschlagreichen Jahren durchschnittlich 92 mm nichtverdunsteter Niederschlag zum Grundwasser übergegangen ist, wogegen in den fünf niederschlagarmen Jahren durchschnittlich 74 mm aus dem Grundwasser an die Wasserläufe übergingen. Wäre keine solche Wechselwirkung vorhanden, so müßten stets in den niederschlagreichen Jahren die Abflußhöhen sehr groß, in den niederschlagarmen Jahren sehr klein sein, was aber nicht der Fall ist. Allerdings gelangt das versickernde Regenwasser größtenteils in den Untergrund, bevor es in einen Wasserlauf geflossen ist. Jedoch füllen sich gerade in den nassen Jahren, in denen der Übergang von Oberflächenwasser in Grundwasser hauptsächlich stattfindet, die Feldgräben und kleinen Gerinne am Orte des Regenfalles rasch und oft, geben aber im weiteren Laufe viel oder alles Wasser durch Versickerung ab. Aus größeren Wasserläufen und Seen geht auch in trockenen Jahren eine bedeutende Masse des oberirdischen Abflusses in den unterirdischen über, wo und wann der Grundwasserspiegel niedriger als der Spiegel des Wasserlaufes steht, namentlich im Oberwasser der gestauten Strecken bei reichlicher Wasserführung, auch in freien Strecken bei Hochwasser, das jedoch nur langsam anzuschwellen pflegt. Da sie meistens mit Stauanlagen versehen sind, so erfolgt der Übergang besonders bei Herstellung des höheren Winterstaus im Spätherbst.

Betrachtet man die einzelnen Jahre, so zeigt zwar das niederschlagärmste Jahr 1904 die kleinste Abflußhöhe (92 mm), aber das niederschlagreichste Jahr 1905 nicht die größte, sondern nur 4 mm mehr (96 mm). Die größte Abflußhöhe (167 mm) ist im Jahre 1907 eingetreten, das viel weniger Niederschlag als 1905 brachte, die zweitgrößte Abflußhöhe (152 mm) im niederschlagarmen Jahre 1908. In den Einzeljahren hängt der Abfluß in hohem Grade davon ab, ob der Grundwasservorrat in den Vorjahren durch Sickerwasser gefüllt oder durch Quellenpeisung erschöpft worden ist. Beispielsweise war er in den Jahren 1903/04 so bedeutend herabgegangen, daß im nassen Jahre 1905 fast doppelt soviel nichtverdunsteter Niederschlag zur Auffüllung des unterirdischen Wasserschatzes verbraucht wurde, wie zum Abfluß gelangte. Nur auf diese Weise läßt sich erklären, daß im nassesten Jahre ungefähr ebensoviel Wasser wie im trockensten abgeflossen ist.

Durchschnittlich beträgt in den nassen Jahren die Verdunstung 67 v. H., der Abfluß durch die Wasserläufe 19 v. H. und die Versickerung in den Untergrund 14 v. H. des Niederschlags. In den trockenen Jahren sind durchschnittlich vom Niederschlag 91 v. H. verdunstet und 9 v. H. abgeflossen, wozu jedoch noch 15 v. H. aus dem Grundwasservorrat kamen. Im Gesamtmittel verdunsteten 79 v. H. des Niederschlags und fließen 21 v. H. ab. Der Abflußhöhe 123 mm entspricht eine sekundliche Abflußmenge von 76 Kubikmeter in der Havel bei Rathenow, mithin eine Abflußmasse von 6,6 Millionen Kubikmeter am Tage oder 2400 Millionen Kubikmeter im Jahre. Dies ist die Größe des Wasserschatzes des Havel- und Spreegebietes bis Rathenow. Das Spreegebiet hat an der Einmündung der Spree in die Havel bei Spandau eine Gebietsfläche von 10100 qkm mit 122 mm Abflußhöhe, bezogen auf 1902/10. Sein Wasserschatz beträgt daher 38,8 Kubikmeter in der Sekunde, rund 3,35 Millionen Kubikmeter am Tage und 1220 Millionen Kubikmeter im Jahre.

3. Der Wasserhaushalt innerhalb des Jahres. Schädengrenze für die Wasserentnahme.

Im jährlichen Gang des Niederschlags und des Abflusses in den einzelnen Monaten des Jahres unterscheiden sich die Teilgebiete nicht wesentlich voneinander. Deshalb genügt es auch hierbei, die Mitteilung auf das Gebiet bis Rathenow zu beschränken. Die erste und dritte Zahlenreihe enthalten die monatlichen Niederschlags- und Abflußhöhen für 1902/10, sowie ihre Durchschnittszahlen für das Jahr und die beiden Halbjahre November/April (Winter) und Mai/Oktobre (Sommer). Die zweite Reihe gibt die Verdunstungshöhen, deren jährlicher Gang nach Messungen am Grimnigjee ermittelt ist. Aus den Zahlen dieser drei Reihen sind die in der vierten mitgeteilten Zugänge (+) und Abgänge (—) zum und vom Grundwasser berechnet.

Wasserhaushalt im Jahresdurchschnitt (Havel bis Rathenow)

1902/1910	Nov.	Dez.	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Winter	Sommer	Jahr
Niederschlaghöhe . . .	43	38	37	36	35	40	54	54	86	67	52	35	229	348	577
Verdunstungshöhe . . .	21	19	19	18	19	30	55	66	76	62	45	24	126	328	454
Abflußhöhe	7	10	12	13	16	15	13	8	7	7	7	8	73	50	123
Zum Grundwasser (+)	+15	+9	+6	+5	0	-5	-14	-20	+3	-2	0	+3	+30	-30	0
Vom Grundwasser (-)															

Das Vorherrschen der Sommerregen mit dem Höchstbetrag im Juli über die winterlichen Niederschläge mit dem Mindestbetrag im März wird wettgemacht durch die Verdunstung, deren sommerlicher Anteil den des Winterhalbjahres in noch höherem Maße übertrifft. In der winterlichen Jahreshälfte ist der Überschuß des Niederschlags über die Verdunstung so groß, daß 73 mm für den offenen Abfluß und 30 mm für den Übergang in das Grundwasser verbleiben. Dagegen ist in der sommerlichen Jahreshälfte der

Überschuß so gering, daß 30 mm aus dem Grundwasser hinzukommen müssen, um den offenen Abfluß auf 50 mm zu bringen. Im Jahresdurchschnitt der Beobachtungsreihe 1902/10 empfangen die unterirdischen Wasservorräte im März und September keine Vermehrung und erleiden keine Verminderung. In den Herbstmonaten, in denen der Winterstau hergestellt wird, und in den Wintermonaten, in denen die Schneeschmelze stattfindet, nimmt der verborgene Wasserschatz nach und nach zu, entsprechend 38 mm Abflußhöhe, erreicht also seinen höchsten Stand im März oder April. Im Vor sommer bei der Herstellung des niedrigen Sommerstaus und im Hochsommer nimmt er um denselben Betrag wieder ab und erreicht seinen niedrigsten Stand im September oder Oktober. Die vorübergehende Zunahme infolge der Juli regen ist im Jahresdurchschnitt nur gering.

Würde man den Haushaltplan für ein so nasses Jahr wie 1905 aufstellen, so wäre eine größere Zunahme des Grundwasservorrates im Winterhalbjahr, namentlich im Januar/März, zu verzeichnen, die nach kurzer Unterbrechung im Vor sommer sich auch in den niederschlagreichen Sommermonaten fortsetzt. Dagegen erfolgt in einem so trockenen Jahre wie 1904 im Winterhalbjahr eine kleinere Zunahme, und die im Frühjahr auftretende Abnahme erstreckt sich in verstärktem Maße über den ganzen Sommer und Herbst hinweg bis zum nächsten Winter. In solchen trockenen Jahren prägt sich die schon im Durchschnittsjahr auffallende Niedrigwasserzeit mit nur 7 bis 8 mm Abflußhöhen im Juni/November noch viel schärfer aus. Die Verdunstung übertrifft dann den manchmal einige Monate lang sehr geringen Niederschlag und zehrt auch den größten Teil des vom unterirdischen Wasserschatze zutage getretenen Wassers auf, so daß kaum die Hälfte oder ein noch kleinerer Anteil jener Abflußhöhen für die offenen Wasserläufe übrigbleibt.

Die Abflußhöhen der Niedrigwassermonate betragen in solchen Trockenjahren höchstens 4 mm, die lediglich aus dem Grundwasser stammen. Dies entspricht für das Havel- und Spreegebiet bis Rathenow einem Abfluß von 78 Millionen cbm im Monat oder 2,6 Millionen cbm am Tage oder 30 cbm in der Sekunde. Für das Spreegebiet an seiner Mündung entsprechen jene 4 mm einem Abfluß von 40 Millionen cbm im Monat oder 1,3 Millionen cbm am Tage oder 15 cbm in der Sekunde. Bei dieser geringen Abflußhöhe von 4 mm liefert das Quadratkilometer des Niederschlaggebiets durchschnittlich 4000 cbm oder 4 Millionen Liter im Monat. Da ein Monat mit 30 bis 31 Tagen 2,64 Millionen Sekunden umfaßt, so beziffert sich die zugehörige Wasserpende auf $4,00 : 2,64 = 1,5$ Sekundenliter vom Quadratkilometer (sl/qkm). Diese Zahl bezeichnet die Schadengrenze, von der ab jede Wasserentnahme, die mit Verlust verbunden ist, besonders nachteilig auf den Wasserschatz des Spree- und Havelgebietes einwirkt. Nicht nur die Entnahme aus der Spree und Havel selbst, sondern auch die Entnahme aus dem Grundwasser, weil schon bei 4 mm monatlicher Abflußhöhe die Abflußmenge dieser Flüsse allein und ausschließlich aus dem Grundwasser stammt. Jeder Verlust, den das künstlich zutage geförderte Grundwasser durch verstärkte Verdunstung erleidet, ist dann ein Verlust des oberirdischen Wasserschatzes. Er bedeutet eine Schwächung der natürlichen Speisung der Wasserläufe erster Ordnung, also eine Verminderung der ohnehin zu kleinen Niedrigwassermengen der Spree und Havel.

Die der Schadengrenze von 1,5 sl/qkm entsprechende Abflußmenge der unteren Spree bei Berlin beträgt für das dort rd. 10 000 qkm große Spreegebiet 15 cbm/sek. Wie weiter unten dargelegt wird, ist vor Anlage der einheitlichen Wasserversorgung und Kanalisation in Berlin und seinen Vororten die Wasserführung der Spree niemals unter dieses Maß herabgegangen, wogegen es jetzt bedeutend und zuweilen auf lange Dauer unterschritten wird. Daher erscheint es durchaus berechtigt, daß die Berliner Wasserpolizeibehörde schon seit langer Zeit die Genehmigung zur Wasserentnahme aus den Berliner Wasserläufen nur mit dem Vorbehalt erteilt hat, die Entnahme müsse unterbleiben, wenn die Wasserführung der Spree bis auf 15 cbm/sek gesunken ist.

Ohnehin beträgt dann die Durchflußmenge in Berlin selbst erheblich weniger, wie aus den Mitteilungen am Schlusse des zweiten Abschnitts hervorgeht. Freilich sind stets Ausnahmen in weitgehendem Maße zugelassen worden, um den Betrieb zahlreicher Unternehmungen bei Niedrigwasser nicht lahmzulegen. Jede mit Verbrauch von Wasser verbundene Ausnahme bringt aber eine Schädigung des Wasserschatzes und aller auf ihn Angewiesenen mit sich. Dieser Widerspruch kann nur gelöst werden, wenn jene Einrichtung getroffen wird, die durch künstliche Speisung der Spree zur Niedrigwasserzeit Ersatz für den Fehlbetrag schafft.

4. Bisherige Änderungen der Niederschlag- und Abflußverhältnisse.

Ein Rückblick auf die Niederschlagverhältnisse seit Mitte des vorigen Jahrhunderts zeigt, daß der für die Erhaltung des Wasserschatzes maßgebende jährliche Niederschlag in keinem anderen Jahrzehnte häufiger hinter dem langjährigen Durchschnitt weit zurückgeblieben ist als im Jahrzehnt 1904/13. Während in Berlin für die 64jährige Reihe 1851/1914 die jährliche Niederschlagshöhe im Mittel 578 mm beträgt, hat sie im nassesten Jahre 1882 um 32 v. H. mehr (763 mm) und im trockensten Jahre 1857 um 37 v. H. weniger (362 mm) betragen. Abweichungen um mehr als 13 v. H. vom Mittel fanden in je 12 sehr nassen Jahren (mehr als 650 mm) und 12 sehr trockenen Jahren (weniger als 500 mm) statt. Von den 12 sehr nassen Jahren lagen 5 im Jahrzehnt 1858/67 mit einer mittleren Niederschlagshöhe von 633 mm. Von den 12 sehr trockenen Jahren lagen 5 in dem oben genannten Jahrzehnt 1904/13 mit 559 mm mittlerer Niederschlagshöhe. Sie weicht nicht so bedeutend vom langjährigen Mittel ab, wie es bei dem nassesten Jahrzehnte der Fall ist, weil auf 1904/13 neben den 5 sehr trockenen auch 3 sehr nasse Jahre entfallen.

Aus einem allgemeinen Rückblick auf die Niederschlagverhältnisse Norddeutschlands in jenem langjährigen Zeitraume geht hervor, daß die Häufung dürrer Jahre in der neuesten Zeit im Wechsel mit sehr nassen Jahren eine klimatische Erscheinung ist, die sich auch in anderen Flußgebieten wiederfindet. Ihre Einwirkung auf die Wasserflecken, d. h. die lange Dauer niedriger Wasserstände und geringer Abflußmengen, wird noch verstärkt dadurch, daß viele Winter mit zu wenig Schneefall in der verdunstungsarmen Jahreshälfte den Abfluß beeinträchtigt und bei der Schneeschmelze nicht genug Schmelzwasser an den unterirdischen Wasservorrat abgeliefert haben. Dies machte sich doppelt empfindlich geltend, weil in den mehrfach eingetretenen Trocken Sommern viele Wochen hindurch der Abfluß ausschließlich durch Aufzehrung des verborgenen Vorrates bestritten werden mußte. Allerdings kamen im Spreegebiet auch früher zuweilen ähnliche Wasserflecken vor, z. B. in den Jahren 1857, 1868, 1874, 1886 und 1892/93. Aber seit Beginn unseres Jahrhunderts haben sie sich derart gehäuft und an Hartnäckigkeit zugenommen, auch in größerem Maße als die Niederschlagknappheit und mehr als in anderen Flußgebieten, daß offensichtlich außer der klimatischen Einwirkung noch eine zweite Ursache vorhanden sein muß, die den Wasserschatz verkümmert. Nicht nur die Einnahme des Wasserhaushalts hat durch Mangel an Regen und Schnee öfter als sonst Not gelitten, sondern auch in der Ausgabe ist eine Veränderung eingetreten durch die künstlich herbeigeführte Abnahme des Abflusses und Zunahme des Verlustes bei der Verdunstung.

Die Jahresreihe 1902/10, für welche die Verteilung der Einnahme und Ausgabe des Wasserhaushalts von Jahr zu Jahr und auf die einzelnen Monate des Durchschnittsjahres betrachtet worden ist, gehört in die Zeit der Veränderung. Insbesondere bei der Spree sind der mittlere Jahresabfluß und die Niedrigwassermengen viel geringer geworden, als sie bei älteren Ermittlungen gefunden waren. Da aber die Abnahme des Abflusses mit der bedeutenden Steigerung der Entziehung von Wasser in Groß-Berlin zusammenfällt, so ist der ursächliche Zusammenhang nicht zu bestreiten. Um

so weniger, weil die Verminderung gerade bei den Niedrigwassermengen hervortritt, auf welche die Vorenthaltung eines Teiles der natürlichen Grundwasserspeisung und die Entziehung von fließendem Wasser gleichermaßen schädlich einwirken.

Dies ergibt sich aus der vergleichenden Betrachtung der Mittelwerte für die Niederschlagshöhe, Abflußhöhe und sekundliche Abflußmenge des Spreegebietes bei Berlin in den Jahresreihen 1851/72 und 1902/10. Zur Ermittlung der Niederschlagshöhe stehen für die ältere Jahresreihe nur die in Berlin vorgenommenen Messungen zur Verfügung. Deshalb sind auch für die neuere Reihe nur die Berliner Niederschlagsmessungen benutzt worden, die aber mit dem Gesamtmittel für das Spreegebiet fast genau übereinstimmen. Die Angaben über die Abflußmengen und, hieraus abgeleitet, über die Abflußhöhen sind bei der älteren Reihe der Veröffentlichung über die Nachtragsarbeiten für die Wasserversorgung der Stadt Berlin entnommen. Bei der neueren Reihe beziehen sie sich auf die in der Unterspree bei Fürstenbrunn ausgeführten Abflußmessungen und auf den Charlottenburger Pegel, wobei das wechselnde Spreegefälle bis Spandau mitberücksichtigt worden ist. Wie einige Proberechnungen gezeigt haben, lassen sich die älteren Ermittlungen mit den neueren streng vergleichen. Beide ergeben die Abflußmengen der Unterspree unterhalb Charlottenburg, die 1851/72 von denjenigen der Oberspree oberhalb Berlin nur ganz unwesentlich verschieden waren.

Aenderung des Wasserhaushaltes von 1851/72 bis 1902/10
(Spree unterhalb Charlottenburg)

Jahresreihe	Niederschlagshöhe			Abflußhöhe			Abflußmenge		
	Winter	Sommer	Jahr	Winter	Sommer	Jahr	Winter	Sommer	Jahr
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	cbm/sek	cbm/sek	cbm/sek
1851/72	257,7	347,5	605,2	77,5	55,0	132,5	50,2	34,9	42,5
1902/10	238,9	368,3	607,2	75,2	45,7	120,9	48,7	29,0	38,8
Unterschied...	— 18,8	+ 20,8	+ 2,0	— 2,3	— 9,3	— 11,6	— 1,5	— 5,9	— 3,7

Die Niederschlagshöhen unterscheiden sich nur dadurch, daß 1902/10 im Winterhalbjahr etwas weniger und im Sommerhalbjahr etwas mehr Niederschlag gefallen ist als 1851/72. Hiernach könnte man vielleicht erwarten, daß der winterliche Abfluß 1902/10 etwas kleiner und der sommerliche etwas größer als 1851/72 gewesen wäre, wogegen der sommerliche Abfluß sehr viel kleiner war. Der nur geringe Unterschied des winterlichen Abflusses wird in + 0,8 cbm/sek umgewandelt, wenn zum Winterabfluß 1902/10 noch 2,3 cbm/sek zugeschlagen werden für die Entziehung von Speisewasser des Oder-Spree-Kanals, soweit dieses nach der Oder abfließt, und für die Ableitung von Dahme-Hochwasser durch den Teltowkanal nach der Havel, die aber erst seit 1908 stattfindet. Andererseits wird der sehr große Unterschied des sommerlichen Abflusses, worauf es bei der vergleichenden Betrachtung ankommt, durch den mit rd. 1,2 cbm/sek beim Sommerabfluß in Rechnung zu stellenden Zuschlag von — 5,9 auf — 4,7 cbm/sek ermäßigt. Diese bedeutende, über 16 v. H. des jetzigen durchschnittlichen Sommerabflusses umfassende Verminderung kann nicht lediglich auf einer Verschiedenheit der beiden Jahresreihen in Bezug auf die monatliche Verteilung des Niederschlags beruhen, die bei der Vermehrung des Winterabflusses in Betracht kommt. Unzweifelhaft ist sie zum großen Teil durch die übermäßige Wasserentnahme in Groß-Berlin verursacht, die 1851/72 noch nicht vorhanden war. Dies wird zur Gewißheit, wenn man die früheren und jetzigen monatlichen Abflußmengen miteinander vergleicht, sowie beim Vergleich der früheren und jetzigen Niedrigwassermengen.

Bevor hierauf eingegangen wird, sei noch bemerkt, daß bei Berücksichtigung der genannten Zuschläge die mittlere Abflußmenge des Jahres und die mittlere Abflußhöhe in der Jahresreihe 1902/10 den für 1851/72 ermittelten Zahlen mehr nahe kommt.

Die jährliche Abflußmenge der neueren Reihe beträgt dann 40,6 cbm/sek und die zugehörige Abflußhöhe 126,7 mm. Das Abflußverhältnis, d. h. das Verhältnis zwischen Abflußhöhe und Niederschlaghöhe des Spreegebiets ist für beide Jahresreihen recht klein, nämlich 21,8 v. H. für die ältere und 20,9 v. H. für die neuere Reihe. Dagegen hat das mittlere Havelgebiet zwischen Spandau und Rathenow für 1902/10 etwa 132 mm Abflußhöhe bei nur 535 mm Niederschlaghöhe, also ein Abflußverhältnis von 24,4 v. H. Obgleich auch in diesem Teile des Spree- und Havelgebietes die Verdunstung kräftig wirkt, ist sie hier doch weitaus geringer als im Spreegebiet; denn die mittlere jährliche Verdunstungshöhe beträgt nur 403 gegen 480 mm, die im Spreegebiet verdunsten.

Dies läßt ohne weiteres darauf schließen, daß der Wasserschatz des Spreegebietes an einigen Stellen ungewöhnlich starke Verluste durch Verdunstung erleidet. Sieht man näher zu, so finden sich zwei Stellen, an denen die sommerlichen Abflußmengen sprungweise sehr bedeutend vermindert werden. Die erste liegt am Ende der oberen Gebietshälfte, ehe das wendische in das märkische Spreegebiet übergeht; es ist der Spreewald. Die zweite Stelle liegt am Ende des märkischen Spreegebietes; es sind die Groß-Berliner Rieselfelder. Auf diesen Rieselfeldern und im Spreewalde wird der Wasserschatz im Sommer dermaßen beraubt, daß die jährliche Abflußhöhe darunter leidet. Der Überschuß im Winter gleicht dies nicht aus. Jedoch kann man ihn verwerten, indem man den Winterabfluß durch Zurückhaltung von Wasser kleiner und den Sommerabfluß durch künstliche Speisung mit dem zurückgehaltenen Wasser größer macht.

In der folgenden Zusammenstellung sind die monatlichen Abflußmengen, außerdem die Abflußmengen der Halbjahre und im Jahresmittel, der Jahresreihe 1851/72 mit denjenigen der ganzen Jahresreihe 1891/1915 und deren letzter Hälfte 1904/15 verglichen. Die Reihen 1, 2 und 3 geben die aus den Messungen hervorgehenden Mittelwerte an. In der Reihe 4 sind die Abweichungen zwischen den neueren und den älteren Mittelwerten (Reihe 2 — Reihe 1) mitgeteilt, in der Reihe 5 die Abweichungen zwischen den neuesten und den älteren Mittelwerten (Reihe 3 — Reihe 1). Ferner enthält Reihe 6 die Mittelwerte für 1904/15 mit Hinzufügung der Zuschläge, die für den strengen Vergleich mit den älteren Werten gemacht werden müssen mit Rücksicht auf die Ableitung von Spree- und Dahmewasser, das bei Fürstenbrunn in der Unterspreewald nicht gemessen werden konnte. In Reihe 7 sind die im Sommer äußerst großen Abweichungen gegen 1851/72 (Reihe 6 — Reihe 1) aufgeführt, schließlich in Reihe 8 ihre Verhältniszahlen, abgerundet auf volle vom Hundert (v. H.) der in Reihe 1 genannten Mittelwerte für 1851/72. Die übrigen Zahlen sind in cbm/sek angegeben.

Ältere, neuere und neueste monatliche Abflußmengen der Spree unterhalb Charlottenburg

Reihe	Jahresreihe	Nov.	Dez.	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Winter	Sommer	Jahr
1	1851/72 (22)	31,9	39,5	48,9	57,3	63,3	60,4	48,9	36,6	33,3	31,5	30,0	28,9	50,2	34,9	42,5
2	1891/1915 (25)	33,6	39,8	46,1	54,2	66,6	59,7	39,9	28,0	25,2	23,3	24,8	28,4	50,0	28,3	39,1
3	1904/15 (12)	32,8	40,2	46,4	51,9	60,0	51,0	32,2	21,7	21,7	21,0	23,9	28,3	47,0	24,6	35,8
4	Reihe 2 — Reihe 1	+1,7	+0,3	-2,8	-3,1	+3,3	-0,7	-9,0	-8,6	-8,1	-8,2	-5,2	-0,5	-0,2	-6,6	-3,4
5	Reihe 3 — Reihe 1	+0,9	+0,7	-2,5	-5,4	-3,3	-9,4	-16,7	-14,9	-12,6	-10,5	-6,1	-0,6	-3,2	-10,3	-6,7
6	Reihe 3 + Zuschläge	33,6	41,0	48,7	55,2	63,3	54,3	33,4	22,9	21,9	22,2	25,1	29,5	49,3	25,8	37,6
7	Reihe 6 — Reihe 1	+1,7	+1,5	-0,2	-2,1	0	-6,1	-15,5	-13,7	-11,4	-9,3	-4,9	+0,6	-0,9	-9,1	-4,9
8	{ Verhältniszahlen Reihe 7 : Reihe 1 }	+5	+4	0	-4	0	-10	-32	-38	-34	-30	-16	+2	-2	-26	-12

Die Zusammenstellung lehrt, daß in der winterlichen Jahreshälfte, abgesehen vom Monat April, von 1851/72 bis 1904/15 keine wesentliche Änderung der Abflußmengen der Spree stattgefunden hat. Um so auffälliger ist die große Verminderung

der Abflußmengen in der sommerlichen Jahreshälfte, abgesehen vom Monat Oktober. Das Abflußjahr trennt sich also in dieser Hinsicht in zwei etwas anders geschnittene Hälften: Oktober/März und April/September. Nach der oben mitgeteilten Übersicht über den Wasserhaushalt im Jahresdurchschnitt für das Havel- und Spreegebiet überwiegt im Oktober/März der Übergang von Oberflächenwasser in den Grundwasservorrat, dagegen im April/September die natürliche Speisung der Wasserläufe aus dem Grundwasservorrat. Im Oktober/März hebt sich der Grundwasserspiegel vom niedrigsten auf den höchsten Stand, im April/September senkt er sich vom höchsten auf den niedrigsten.

Eine so außerordentlich große und während der letzten Jahrzehnte in raschem Wachsen begriffene Verminderung der monatlichen Abflußmengen um 10 bis 38 v. H. im Halbjahre April/September beweist unwiderleglich, daß seit 1872 die natürliche Speisung der Spree sehr bedeutend abgenommen hat. Der unterirdische Wasserschatz konnte im Frühjahr und Sommer 1904/15 viel weniger Grundwasser an den oberirdischen Wasserschatz abgeben, als er noch 1851/72 vermochte. Zum Teile liegt dies an den durch einige schlimme Wasserflecken gekennzeichneten natürlichen Vorgängen, an dürrer Sommern und zu trockenen oder schneearmen Wintern, deren Nachwirkung bei längerer sommerlicher Trockenheit sich kundgibt. Zum anderen Teile liegt aber die Schuld an künstlichen Eingriffen, die schon in der Jahresreihe 1891/1903 wirksam waren und eine Verminderung der Abflußmengen im Sommer herbeigeführt haben, obgleich nasse Jahre bei weitem vorherrschten. Die fortschreitende Abnahme der monatlichen Abflußmengen in der Jahreshälfte, in welcher die Wasserläufe vom Grundwasservorrat zehren, ist demnach größtenteils verschuldet durch die übermäßige und stetig wachsende Entnahme von Grundwasser in Groß-Berlin. Das durch die natürlichen Verhältnisse nicht begründete Übermaß in der Verarmung des unter- und oberirdischen Wasserschatzes wird verursacht von der Beraubung, die bei der Abwasserbeseitigung das auf die Rieselfelder und in die Kläranlagen beförderte Wasser, meistens Grundwasser, erleidet.

5. Nachteilige Änderung der Niedrigwassermengen. Kanalspeisung.

Die im Spreewald entstehenden Verluste durch Verdunstung waren von jeher vorhanden. Dagegen sind die Verluste bei Groß-Berlin eine unerfreuliche Errungenschaft der Neuzeit, eine Rehrseite der glänzenden großstädtischen Entwicklung der Reichshauptstadt, eine nachteilige Änderung der natürlichen Verhältnisse. An beiden Stellen findet eine weitgehende Verteilung großer Wassermassen und reichliche Durchfeuchtung ausgedehnten Geländes derart statt, daß Verdunstung von der Wasserfläche, Bodenverdunstung und Pflanzenverbrauch viel mehr flüssiges Wasser in Wasserdampf umsetzen, als auf trockenen Landflächen von gleichem Umfang geschieht.

Der Gewässerkunde sind solche Verzehrter der Meereszufuhr in großer Zahl und in viel größerem Maßstabe bekannt: die abflußlosen Flußgebiete. Ganz soweit hat es die Natur beim Spreewalde nicht kommen lassen, daß die Verdunstung dort den gesamten Zufluß aufzehrt. Dazu wäre höhere Temperatur, kleinerer Niederschlag und kleinerer Zufluß in der winterlichen Jahreshälfte erforderlich. Aber in dürrer Sommern ist das wendische Spreegebiet von der Abflußlosigkeit wenig entfernt, weil nahezu vier Fünftel des Niedrigwasserabflusses im Spreewalde verdunsten oder zurückgehalten werden, während nur wenig über ein Fünftel nach dem märkischen Spreegebiet weiterfließt. Dort entwickelt sich dann gewissermaßen eine neue Spree, die aber bei den Groß-Berliner Rieselfeldern abermals tüchtige Verluste erleidet. Andererseits liefert im Winter bei geringer Verdunstung das wendische Spreegebiet erheblichen Überschuß an Wassermassen. Diese in Staubecken am Beginne des märkischen Spreegebiets (Schwielochsee, Staubecken zwischen dem Neuendorfer und Scharinükelsee) aufzufangen und für die künstliche Speisung der im Sommer verarmten Spree zu verwenden, ist die Lösung der Aufgabe, die zur Verhütung der schädlichen Wirkungen der Groß-Berliner Wasserentnahme gestellt wird.

Ähnlich wie im Spreewalde gehen auch auf den Groß-Berliner Kiesfeldern und an den Kläranlagen erhebliche Wassermassen verloren, die größtenteils aus dem Grundwasserfchache neben der Spree und Havel stammen und dem offenen Abfluß entzogen oder vorenthalten werden. Diese Verluste nehmen beim sommerlichen Niedrigwasser einen wesentlichen Anteil der Abflußmengen weg. Hierdurch und durch die Wasserentnahme zur Kanalspeisung sind die Niedrigwassermengen der Spree und Havel um so mehr zurückgegangen, je mehr die Entziehung und der Verbrauch zugenommen haben. Zunächst ist festzustellen, welche Schuld dabei die Kanalspeisung trifft. Der übrige Betrag verteilt sich auf den in außerordentlich dürrer Zeiten einiger Jahre mit ungewöhnlichen Wasserflemlen entstandenen Rückgang des Abflusses, sowie auf die genannten künstlichen Eingriffe in den natürlichen Wasserhaushalt.

Eine Wasserentziehung zur Speisung von Schiffahrtskanälen erfolgt seit 1891 für den Oder-Spree-Kanal regelmäßig, ferner seit 1911 ausnahmsweise für den Teltowkanal. — Das bei Neuhaus aus der Spree gepumpte Wasser fließt in der Scheitelhaltung des Oder-Spree-Kanals zum Teil über Fürstenwalde in die Spree zurück, zum Teil über Fürstenberg nach der Oder. Bei lebhaftem Kanalverkehr werden auf diesem Wege der Spree etwa 1,4 cbm/sek, im Jahresdurchschnitt rd. 1,0 cbm/sek entzogen. Vorübergehend übertrifft die Entziehung die erstgenannte Wassermenge zuweilen beträchtlich, bleibt aber im Winter meistens erheblich unter dem Durchschnitt. Künftighin wird sie unschädlich gemacht durch ein bei Fürstenberg anzulegendes Pumpwerk, das bei geringer Wasserführung der Spree ebenso viel Wasser aus der Oder in die Scheitelhaltung des Kanals zurückbefördern soll, wie durch die Fürstenberger Schleufentreppe nach der Oder fließt. — Auch das an der Machnower Schleuse des Teltowkanals aus der Oberspree nach der Havel bei den Schleisungen übergehende Wasser soll zur Niedrigwasserzeit durch Zurückpumpen einer ebenso großen Wassermenge von der unteren in die obere Haltung ersetzt werden. Man hatte auf Grund eines geologischen Gutachtens angenommen, der Zufluß aus dem Grundwasser würde die sonstigen Verluste des Kanalwassers decken, was sich aber nicht bestätigt hat. Nach den bei der Wasserflemme im Sommer 1911 gemachten Erfahrungen wird man darauf gefaßt sein müssen, bei andauerndem Niedrigwasser für die Spülung des Kanals und die Auffrischung seines Inhaltes durchschnittlich 0,6 cbm/sek aus der Oberspree abzuleiten. Dieser Betrag geht für die Berliner Wasserläufe verloren, kommt jedoch der Havel zugute.

Nachfolgende Zusammenstellung teilt die kleinsten Abflußmengen der Spree bei und in Berlin während der ungewöhnlich hartnäckigen Wasserflemlen in den Sommern 1904 und 1911 mit. Die Zahlen beziehen sich auf Tagesgruppen zur Zeit der kleinsten Wasserführung, um von Zufälligkeiten an Einzeltagen frei zu sein. Während in den Spalten 3 bis 8 die gemessenen oder möglichst genau abgeschätzten wirklichen Abflußmengen mitgeteilt sind, enthält Spalte 9 diejenigen Beträge, die zum Abfluß gelangt wären, wenn keine Entziehung zur Kanalspeisung stattgefunden hätte. Wieviel für diesen Zweck entzogen worden ist, gibt Spalte 2 an. Schließlich bezeichnet Spalte 10 die Fehlbeträge der in Spalte 9 aufgeführten Abflußmengen gegen die Menge von 15,0 cbm/sek, die der Schädengrenze von 1,5 sl/qkm entspricht.

Niedrigwassermengen der Spree bei den Wasserflemlen
1904 und 1911

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Wasserflemme	Entziehung zur Kanalspeisung	Zugeflossene Niedrigwassermengen Spree bei Fürstenwalde	Zugeflossene Niedrigwassermengen Dahme bei Keimühl	Restgebiet bis Berlin	Abflußmengen der Oberspree	Durchflußmengen in Berlin	Abflußmengen der Unterspree	Desgleichen mit Kanalspeisung	Fehlbeträge gegen die Schädengrenze
	cbm/sek	cbm/sek	cbm/sek	cbm/sek	cbm/sek	cbm/sek	cbm/sek	cbm/sek	cbm/sek
im Sommer 1904	1,0	6,3	1,4	1,5	9,2	4,7	7,8	8,8	6,2
im Sommer 1911	2,0	4,1	1,1	1,2	6,4	3,3	6,1	8,1	6,9

Aus den Zahlen der Spalte 9 geht hervor, daß die Wasserklemme von 1911 noch etwas schärfer als die von 1904 ausgeprägt war, was auch durch andere Beobachtungen nachweisbar ist; nur war sie nicht ganz so hartnäckig. Im Sommer 1904 wurde die zur Spülung der Berliner Wasserläufe allermindestens notwendige Durchflußmenge von 6,0 cbm/sek dadurch erzielt, daß aus dem Staubecken des Oberwassers bis zu 1,3 cbm/sek als Zuschußwasser abgelassen wurden. Diese mit einer Absenkung der gewöhnlichen Stauhöhe um 22 cm verbundene künstliche Speisung der Berliner Wasserläufe durfte in obiger Zusammenstellung nicht berücksichtigt werden. Dagegen blieben im Sommer 1911 die Wehre geschlossen unter Verzicht auf die ordnungsmäßige Spülung. Der Durchfluß durch die Berliner Wasserläufe beschränkte sich daher auf das durch die Schiffschleusen und Turbinen abfließende, sowie das an undichten Stellen der Verschlussvorrichtungen entweichende Wasser. Dies war kaum mehr, als aus dem Oberwasser in den Untergrund übergang, und nicht wesentlich mehr, als dem Unterwasser seitlich zuflöß.

Die in Spalte 9 aufgeführten Niedrigwassermengen entsprechen den Wasserpenden 0,87 und 0,80 sl/qkm für das an der Mündung 10 100 qkm große Spreegebiet. In den beiden Wasserklemmen ist mithin die Schadengrenze von 1,5 sl/qkm bis um 0,7 sl/qkm unterschritten worden, also fast bis um die Hälfte. Dieser Hinweis gewinnt an Bedeutung, wenn man erwägt, daß bei den Vorarbeiten für die Wasserversorgung der Stadt Berlin das von 1821 bis 1872 nachweisbare „ganz außergewöhnlich geringste Wasserquantum“ der Spree an ihrer Mündung zu 500 Kubikfuß in der Sekunde = 15,5 cbm/sek ermittelt worden ist. Dagegen hat während der beiden schlimmsten Wasserklemmen in den Sommern 1904 und 1911 die kleinste Niedrigwassermenge (unter Zurechnung des zur Kanalspeisung abgeleiteten Abflusses) durchschnittlich 8,5 cbm/sek betragen. Sie war mithin um $15,5 - 8,5 = 7,0$ cbm/sek kleiner als jemals vor 1872.

Erwägt man ferner, daß seit 1872 mit zunehmender Häufigkeit Niedrigwasser-Erscheinungen aufgetreten sind, bei denen die Abflußmengen das ehemals geringste Maß unterschritten haben, so ist ein Zusammenhang mit den künstlichen Eingriffen in den Wasserhaushalt der Spree nicht zu bezweifeln. Denn seit jenem Jahre hat die bis dahin geringfügige Wassernentnahme für die Trink- und Brauchwasserversorgung in Groß-Berlin eine mächtige Ausdehnung angenommen, ebenso die Abwasserbeseitigung mit großen Verlusten durch Verdunstung auf den Rieselfeldern. Noch vor 20 bis 30 Jahren kamen Wasserklemmen, bei denen die Schadengrenze 1,5 sl/qkm unterschritten wurde, höchst selten vor, z. B. 1892 und 1893. In der neuesten Zeit sind sie jedoch öfter und seit 1911 alljährlich wiederkehrt.

Bis zum Betrage von 7,0 cbm/sek ist freilich die Verminderung der ehemaligen kleinsten Niedrigwassermenge in den letzten Jahren 1912 bis 1915 nicht wieder gediehen. Die Wasserklemmen in den Sommern 1904 und 1911 waren außerordentliche Ereignisse, und etwa die Hälfte jenes Betrages mag den natürlichen Einwirkungen beizumessen sein. Aber die andere Hälfte kennzeichnet die Verarmung, die der Wasserschatz des Spreegebietes durch die gemeinsame Schuld der übermäßigen Wassernentnahme und der gesteigerten Verdunstung bei der Abwasserbeseitigung erlitten hat.

6. Hochwassermenge und Hochwassergefahr in Groß-Berlin.

Die Darstellung des Wasserhaushaltes im Spree- und Havelgebiet erfordert noch ein kurzes Eingehen auf die Hochwasserhältnisse, mindestens auf diejenigen der Spree in Groß-Berlin, weil sie in enger Beziehung zu den Staubecken im oberen Spreegebiet stehen. Bei den 1888/93 für die Durchführung des Schiffahrtweges durch Berlin und zur Verbesserung der Hochwasservorflut hergestellten, mit vollständiger Umgestaltung der Stauanlagen am Mühlendamm verbundenen Bauten wurde der bisherige höchste Hochwasserstand bedeutend gesenkt: in der Oberspree um 1,65 m, in der Unterspree am Mühlendamm um etwa 1,0 m und an der unteren Weichbildgrenze um rund 0,6 m.

Für die Berechnung der Hochwasserquerschnitte und der Wehröffnungen hatte man die Messungen der Hochwasserabflusssmengen im Frühjahr 1876 zugrunde gelegt, die einen Abfluß von 83 cbm/sek im Hauptarme, 16 im Königsgraben, 34 im Kupfergraben und 29 im Landwehrkanal, zusammen 162 cbm/sek ergeben hatten. Hiervon wurden dem Hauptarme (Mühlendammwehr) 122, dem Spreekanal (Gerinne an den ehemaligen Werderschen Mühlen) 25 und dem Landwehrkanal (Wehr an der Schleuseninsel im Tiergarten) 15 cbm/sek zugewiesen. Bei dem ersten großen Hochwasser nach Beendigung der Bauten im Frühjahr 1895 konnten die mit 147 cbm/sek größter Abflusssmenge durch die Berliner Wasserläufe fließenden Wassermassen abgeführt werden, ohne den gewöhnlich gehaltenen Oberwasserstand zu überschreiten. Daß der „Berliner Normalstau“ seit Fertigstellung jener Bauten nicht überschritten worden ist, hat zum Ausblühen der Vororte an der Oberspree wesentlich beigetragen.

Die Tatsache, daß in den letzten sechs Jahrzehnten keine andere Hochflut so bedeutend wie im Frühjahr 1876 war, darf nun aber nicht zur Meinung verleiten, es seien überhaupt keine größeren Hochfluten früher vorgekommen und künftighin wieder zu erwarten. Sehr viel bedeutender war z. B. die im Februar 1830 eingetretene Hochflut. Damals hatte langanhaltender harter Frost den Boden im ganzen märkischen Spreegebiet undurchlässig gemacht, bevor ihn im Januar sehr reichliche Schneemassen bedeckten. Als sie bei plötzlich entstandenem Tauwetter schnell abschmolzen, konnte das Schmelzwasser nicht versickern und erzeugte jene große Hochflut. Ähnliches kann sich auch in Zukunft ereignen und größere Hochwassermassen als 1876 zum Abfluß bringen, deren Durchleitung durch die Berliner Wasserläufe nur möglich wäre bei sehr weitgehender Überschreitung der für Abflusssmengen wie im Frühjahr 1876 ermittelten Hochwassergrenzen, sowohl der Staugrenze im Oberwasser wie auch der Hochwasserlinien im Unterwasser.

Die Hochflut von 1830 steht auch keineswegs vereinzelt da. Ebenso hoch wie damals sind die Wasserstände der Spree im Jahre 1807 angestiegen, noch etwas höher in früheren Jahrhunderten: 1583, 1732, 1785. Über die Erscheinungen aus der Zeit vor 1830 ist jedoch nichts Näheres bekannt. Nach diesem Jahre ereigneten sich noch zweimal, nämlich in den Jahren 1850 und 1855, Hochfluten von größerer Bedeutung wie 1876, blieben aber hinter derjenigen von 1830 zurück. Zur Beurteilung der Frage, welche Maßnahmen zu treffen wären, um bei der Wiederkehr so großer Hochfluten die von ihnen abgeführten Wassermassen unschädlich durch die Berliner Wasserläufe zu leiten oder sonstwie zu bewältigen, sind die Abflusssverhältnisse der Hochfluten von 1830 und 1855 näher festgestellt worden. Die größten Abflusssmengen haben 1830 etwa 240, 1855 etwa 206 cbm/sek betragen. Durch die Spreearme sind 1830 ungefähr 200, 1855 ungefähr 176 cbm/sek abgeflossen, durch die jetzt vom Landwehrkanal benutzte südliche Flutmulde 1830 ungefähr 40 und durch den Landwehrkanal 1855 ungefähr 30 cbm/sek.

Da nach den inzwischen hergestellten Umbauten 162 cbm/sek durch Berlin unschädlich abgeführt werden können, so würde bei Wiederkehr einer Hochflut wie 1830 die anderweitige Bewältigung eines Schadenhochwassers mit $240 - 162 = 78$ cbm/sek größter Abflusssmenge erforderlich sein. Ihm entspricht eine Hochwassermasse von 149 Millionen Kubikmeter, die in 35 Tagen 50 cbm/sek mittlere Abflusssmenge gebracht hat. Wenn der Teltowkanal, der zur Entlastung der Dahme dient, in höherem Maße für die Umflut herangezogen wird, was im Notfalle ohne zu große Nachteile angängig wäre, so könnte er mit einer Durchschnittsleistung von 30 cbm/sek über die Hälfte der Schadenhochwassermasse nach der Havel abführen. Etwa 70 Millionen Kubikmeter würden dagegen in Staubecken aufzuspeichern sein, die ohnehin zur Ansammlung des Wasservorrates für die künstliche Speisung der Spree bei Niedrigwasser eingerichtet werden müssen. Bei Wiederkehr einer Hochflut wie 1855 beträgt die größte schädliche Abflusssmenge 44 cbm/sek, die zu bewältigende Schadenhochwassermasse 88 Millionen Kubikmeter in 30 Tagen mit 32 cbm/sek mittlerer Abflusssmenge, die Durchschnittsleistung

bei der Anflut durch den Teltowkanal nur 20 cbm/sek und die in Staubecken aufzuspeichernde Wassermasse 36 Millionen Kubikmeter.

Auf diese Weise steht der Hochwasserschutz Berlins und seiner an der Spree gelegenen Vororte in enger Verbindung mit der zur Sicherung des Wasserschazes nach dem Wassergesetz notwendigen Einrichtung. Mit demselben Mittel lassen sich Wasserstnot und Wasserstnot bekämpfen. Wenn die Möglichkeit, bis zu 70 Millionen Kubikmeter Schadenhochwasser im Spreegebiet oberhalb Groß-Berlins rechtzeitig zurückzuhalten, nicht geschaffen wird, so bedeutet die Wiederkehr einer Hochflut wie im Februar 1830 eine höchst bedenkliche Hochwassergefahr für die Reichshauptstadt und ihre Umgebung. Eine weitgehende Überschreitung der jetzigen Staugrenze im Oberwasser und der Hochwasserlinien im Unterwasser wäre dann unvermeidlich. Alle seit 1893 nach diesen Hochwassergrenzen bemessenen Neubauten würden bedroht werden und sehr umfangreiche Überschwemmungen entstehen. Die Schäden wären unberechenbar groß.

IV. Nachteile durch Verminderung des Wasserschazes und Gegenmaßnahmen.

1. Nachteile der Niedrigwassererminderung für die Spülung der Wasserläufe.

Der Gedanke, die bisherige und zukünftige Verminderung des Wasserschazes der Spree und Havel unschädlich zu machen durch Maßnahmen zur künstlichen Speisung dieser Flüsse, ist bei seinem vorläufigen Bekanntwerden dem Mißverständnis begegnet, die zur Verhütung von Nachteilen notwendigen Einrichtungen sollten Vorteile für den Schiffsverkehr der Wasserläufe erster Ordnung bringen. Man hat dabei wohl daran gedacht, daß neuerdings Staubecken für die künstliche Speisung von Wasserstraßen angelegt worden sind oder werden sollen, z. B. an der Eder und Diemel für die Speisung der Weser, an der Glazer Reife für die Speisung der Oder. Aber auf diese regulierten Flüsse wirken Wasserklemmen, z. B. in den Sommern 1904 und 1911, völlig anders ein wie auf kanalisierte Flüsse und Schiffahrtskanäle. Bei den regulierten Flüssen hängt die Fahrbarkeit von der die Wassertiefe bedingenden Abflußmenge ab und hört schließlich auf, wenn die Niedrigwassermenge zu klein wird. Auch bei den mit Stauanlagen schiffbar gemachten Wasserstraßen muß manchmal die gewöhnliche Stauhöhe unterschritten werden, läßt sich aber eine für den Weiterbestand des Schiffsverkehrs immer noch ausreichende Stauhöhe dauernd halten.

Wie im dritten Abschnitt erwähnt, ist während der Wasserklemme im Sommer 1911 bei den Berliner Stauanlagen nur gerade soviel Abfluß vom Oberwasser nach dem Unterwasser gelassen worden, wie für den Schleusenbetrieb notwendig war. Der äußerst geringe Zufluß erlaubte nicht, die Berliner Wasserläufe in ausreichendem Maße zu spülen. Selbst wenn man Zuschußwasser aus dem Stauvorrat des Oberwassers hinzugefügt hätte, wäre die erforderliche Spülwassermenge nicht zu erreichen gewesen. Jedenfalls nicht ohne eine sehr beträchtliche Senkung des Oberwasserspiegels, die eine Schädigung der Schifffahrt und der Anlieger verursacht haben würde. Auch auf den meisten übrigen Strecken der märkischen Wasserstraßen wurde der Schiffsverkehr nicht erheblich belästigt, weil man die Abgabe von Freiwasser beschränkte. Von wenigen Ausnahmen abgesehen, gingen die Wasserstände nicht mehr als 0,1 bis 0,2 m unter den gewöhnlichen Sommerstau herab.

Bei kanalisierten Flüssen betreffen also die Nachteile der zu kleinen Wasserführung weniger die Schifffahrt, als vielmehr die Anlieger der Flüsse und alle diejenigen, die sonstwie durch ungenügende Spülung und unzureichende Frischhaltung des Wassers der Flüsse und Kanäle geschädigt werden, z. B. die zur Fischerei und anderen Nutzungen Berechtigten. Unterbleibt auf längere Zeit die genügende Bewegung des Wassers,

so leidet seine Beschaffenheit und entstehen Fäulnisercheinungen, welche die Gesundheit gefährden.

Dieser Übelstand zeigt sich namentlich auf den der Verschmutzung am meisten ausgesetzten Strecken. Besonders in Berlin, wo bei jedem starken Regen mehr oder weniger verunreinigtes Abwasser aus den Notauslässen der Kanalisation in die offenen Wasserläufe einmündet, ist dringend eine Spülung mit nicht zu knapp bemessener Durchflußmenge erforderlich. Eingeschwemmte feste Stoffe gehen in Fäulnis über, soweit sie fäulnisfähig sind und nicht gleich wieder durch Baggerung entfernt werden. Durch Ansammlung der Schwimstoffe im stochenden Wasser und durch Ablagerung der Schweb- und Sinkstoffe wird bei ungenügendem Durchfluß der gestauten Wasserlaufstrecke das Übel noch vergrößert. Zuweilen nimmt der Sauerstoffgehalt des Flußwassers bis zur Beeinträchtigung der Lebensfähigkeit der in ihm befindlichen pflanzlichen und tierischen Lebewesen ab. Dann entsteht ein Absterben der Fische, das nicht nur die Fischerei schädigt, sondern auch den Fischhandel, der seine Vorräte lebender Fische in Dröbeln im Fluße aufbewahrt.

Erfahrungsmäßig erfordert die Spülung der Berliner Wasserläufe, um einigermaßen ausreichend wirksam zu sein, allermindestens 6,0 cbm/sek Durchflußmenge, die bei den hartnäckigen Wasserflecken der neuesten Zeit mehrfach Wochen lang nicht vorhanden war. Eine Benachteiligung der Spülkraft macht sich schon bemerkbar, wenn die Durchflußmenge unter die ehemals kleinste Niedrigwassermenge von rund 15 cbm/sek herabsinkt. Da die Durchflußmengen der Berliner Wasserläufe erheblich geringer sind als die Zuflußmengen der Oberspree und die Abflußmengen der Unterspree unterhalb Charlottenburg, so kommt eine Unterschreitung dieses Grenzmaßes jetzt sehr oft vor.

Nach den Vorschriften der Strombauverwaltung sollen von der im ganzen für die Berliner Wasserläufe verfügbaren Menge dem Hauptarme der Spree $\frac{2}{3}$ und dem Landwehrkanal $\frac{1}{3}$, aber nicht über 15 cbm/sek überwiesen werden. Von dem bei geringer und mittelgroßer Wasserführung im Landwehrkanal abfließenden Drittel wird ihm der kleine Betrag von 0,5 cbm/sek durch das Speiserohr des Luisenstädtischen Kanals zugeführt, der übrige Betrag je zur Hälfte durch die obere Freiarche des Landwehrkanals und durch den Neuköllner Kanal. Auf dem letztgenannten Wege sollen aber nicht über 5 cbm/sek zufließen, weil dieser Zufluß vorher durch die beiden östlichen Arme des Teltowkanals gehen muß. Sobald nur gerade über das Mindestmaß der Durchflußmenge verfügt werden kann, entfallen daher auf den Hauptarm der Spree 4, auf den Landwehrkanal 2, hiervon auf den Luisenstädtischen Kanal 0,5, auf die obere Freiarche 0,75 und auf den Neuköllner Kanal 0,75 cbm/sek.

Diesen geringen Durchflußmengen entsprechen, weil die Querschnitte der gestauten Berliner Wasserläufe auch bei kleiner Wasserführung ziemlich groß sind, sehr geringe Fließgeschwindigkeiten. Eine Verstärkung der Spülkraft auf das mit 15 cbm/sek Gesamtmenge zu erreichende Maß wäre recht wünschenswert. Aber wenn man soviel Zuschußwasser liefern wollte, wie hierfür erforderlich ist, so würde der Fassungsraum der Staubecken oberhalb Groß-Berlins zu groß bemessen werden müssen und in den meisten Wintern nicht vollgefüllt werden können. Vielmehr muß man sich begnügen, die Spreewassermenge außerhalb Berlins möglichst auf 15 cbm/sek zu vergrößern, und innerhalb Berlins mit dem durch die Stauanlagen fließenden Teile dieses Betrages, mit etwa 10 cbm/sek, zufrieden sein.

2. Nachteile der Flußwasserentnahme und Brauchwassereinleitung in Berlin.

Das Bedürfnis einer besseren Spülung und Auffrischung der Berliner Wasserläufe wird dadurch nicht vermindert, daß viele gewerbliche Anlagen das mit amtlicher Genehmigung aus ihnen entnommene Flußwasser als gewerbliches Brauchwasser

wieder zurückleiten, andere sogar Brauchwasser hinzubringen, das nicht aus den Wasserläufen entnommen wird, sondern aus dem Grundwasser innerhalb des Stadtgebietes. Wie im zweiten Abschnitt erwähnt, ist hiermit eine Vergrößerung der Durchflußmenge um etwa 0,4 cbm/sek verbunden. Indessen wird das gewerbliche Brauchwasser bei seinem Gebrauch teilweise verunreinigt, namentlich aber größtenteils hochgradig erwärmt und verliert seinen Sauerstoffgehalt. Die durch seine Einleitung verursachte Erhöhung der Flußwasserwärme und Verarmung an Sauerstoff begünstigen die Fäulnis der im Fluße vorhandenen fäulnisfähigen Schmutzstoffe, besonders an heißen Sommertagen. Im Winter geschieht dies weniger, wird aber die Eisbildung erschwert, also auch der Ertrag aus der Eisgewinnung vermindert. Bedenklicher sind die Nachteile, die anderen Nutzungen zugefügt werden, von denen Fischerei und Fischhandel bereits oben genannt wurden. Je mehr das Flußwasser verunreinigt wird und je größere Ablagerungen der beim Faulen unlösbar gewordenen und zu Boden gesunkenen Schmutzstoffe entstehen, um so mehr erhöhen sich die Kosten der für die Beseitigung notwendigen Baggerungen. Wirtschaftliche und besonders gesundheitliche Rücksichten bedingen daher, daß zur Niedrigwasserzeit das Flußwasser eine Verbesserung seiner Beschaffenheit erhält, die jene Verschlechterung wieder ausgleicht.

Diese Verbesserung der Beschaffenheit des Flußwassers in Berlin läßt sich dadurch bewirken, daß man für die Zwecke der Auffrischung in der Niedrigwasserzeit mindestens $\frac{1}{5}$ der eingeleiteten Brauchwassermengen als Zuschußwasser zur Durchflußmenge hinzufügt. Die Größe der Brauchwassermengen ergibt sich aus den Genehmigungsurkunden. Nach den vorläufigen Ermittlungen werden aus der Groß-Berliner Spree und den Berliner Wasserläufen 94,0 Millionen cbm jährlich entnommen, hiervon 81,8 als Brauchwasser zurückgeleitet und 12,2 als Abwasser abgeleitet oder verbraucht. Außerdem entnehmen die gewerblichen Betriebe im Groß-Berliner Spreegebiet jährlich 59,7 Millionen cbm Grundwasser, wovon 24,6 in die Wasserläufe eingeleitet und 35,1 als Abwasser abgeleitet oder verbraucht werden. Das nach dem gewerblichen Gebrauch mit dem häuslichen Abwasser der Wasserversorgung vereinigte Brauchwasser (der Hauptbetrag des Ortszuflusses) wird in derselben Weise wie dieses behandelt, also nach den Rieselfeldern oder Kläranlagen befördert. In nicht kanalisierten Orten erfolgt die Beseitigung durch Sickergruben, Abfuhr zur landwirtschaftlichen Verwendung usw., zumeist durch Versickerung mit starker Verdunstung. Dieser Anteil des Abwassers muß in gleichem Maße wie der durch die Reinwasserzufuhr hinzugebrachte Anteil ersetzt werden. Das in die Wasserläufe eingeleitete Fluß- und Grundwasser beträgt bei einer 4 Monate dauernden Wasserflemme $\frac{1}{3}$ $(81,8 + 24,6) = 35,5$ Millionen cbm. Daher sind als Zuschußwasser zur Auffrischung $\frac{1}{5} \cdot 35,5 = 7,1$ Millionen cbm bereitzuhalten.

3. Verluste des Wasserchages. Nachteile für die Flußniederungen.

Bei weitem größere Verluste für den Wasserchag erfährt das von den Wasserwerken in die einzelnen Orte Groß-Berlins geleitete Reinwasser, sowohl beim Gebrauch als auch bei der Abwasserbeseitigung. Zum Abwasser gehört das innerhalb der Orte zufließende Wasser, das als Ortszufluß bezeichnet werden soll. Der Ortszufluß setzt sich zusammen aus Brauchwasser und Regenwasser. Hierbei überwiegt in gewerbetreibenden Orten das gewerbliche Brauchwasser, das aus dem Grundwasservorrat mit besonderen kleinen Pumpwerken entnommen und nach dem Gebrauch in die Rohrnetze der Kanalisationen geführt worden ist. In weitläufig besiedelten Orten überwiegt das in diese Rohrnetze gelangte Niederschlagwasser, von dem aber bei Mischkanalisationen die während starker Regengüsse abfließenden Massen größtenteils durch die Notauslässe in die offenen Wasserläufe abgelassen werden. Die in Groß-Berlin hauptsächlich aus dem Grundwasser entnommene Gesamtmasse des Reinwassers und Ortszuflusses wird als Abwasser aus den einzelnen Orten auf die Rieselfelder oder nach anderen Anlagen für ihre Reinigung

geschafft. Eine Anzahl kleinerer Orte entbehrt bisher noch der Kanalisation und geregelten Abwasserbeseitigung. Dort wird das von Wasserwerken eingeleitete oder mit kleinen Pumpwerken im Ortsgebiete geförderte Wasser nach dem Gebrauch meistens durch Versickerung, die mit starker Verdunstung verbunden ist, in den Untergrund übergeführt.

Das Reinwasser der Wasserversorgungsanlagen erleidet schon bei seinem Gebrauch in den Orten allerlei Verluste, die nicht unerheblich sind, durch Verdunstung bei der Straßenbesprengung, bei der Bewässerung und Besprengung von Gärten, beim Wässern der Straßenbäume, bei seiner Verwendung für Springbrunnen, für Bauausführungen des Hoch- und Tiefbaues, beim Feuerlöschten und durch Schäden am Wasserleitungsnetz. In gartenreichen Vororten wachsen die Verluste dieser Art auf 30 bis 40 v. H. des gesamten jährlichen Reinwasserverbrauchs an, während der Sommermonate auf weit über die Hälfte. Auch durch die Bewässerung der Parkanlagen und Schmuckseen mit besonders für sie errichteten Pumpwerken, die bereits im zweiten Abschnitt erwähnt sind, entstehen Verdunstungsverluste zum Nachteile des Wassererschazes. Sehr viel größere werden aber bei der Abwasserbeseitigung, besonders auf den Rieselfeldern, verursacht. Schon im dritten Abschnitt wurde darauf hingewiesen, in wie hohem Grade der Spreewald und die Groß-Berliner Rieselfelder zur Beraubung des Wassererschazes des Spreegebietes beitragen.

Nach Maß und Zahl läßt sich dies für die Wasserklemme des Sommers 1904 im Ober- und Unterspreewald feststellen. Oberhalb des Oberspreewaldes bei Kottbus betrug im August/September jenes Jahres die mittlere Abflußmenge nach genauen Messungen 2,35 cbm/sek, dagegen bei Leibsch unterhalb des Unterspreewaldes wenig über 1,0 cbm/sek. Die ohnehin recht kleine Wasserspense des bis Kottbus 2330 qkm umfassenden Spreegebietes, nur 1,0 sl/qkm, hatte sich für die größere Gebietsfläche bis Leibsch auf das äußerst geringe Maß von 0,21 sl/qkm verringert. Also war der Hauptbetrag des von Kottbus kommenden Spreewassers, außerdem aber auch das aus dem Zwischengebiet zufließende Wasser im Spreewald verloren gegangen. Der Zufluß aus dem Zwischengebiet beläuft sich nach früheren Ermittlungen bei mittlerer und kleiner Wasserführung auf $\frac{7}{12}$ der Kottbuser Abflußmengen. Im August/September 1904 hätte er demnach $\frac{7}{12} \cdot 2,35 = 1,35$ cbm/sek betragen, die wohl in den Spreewald gelangt sind, aber nicht wieder heraus. Die Verminderung der Wassermengen um $(2,35 + 1,35) - 1,0 = 2,7$ cbm/sek steht mit dem Gesamtzufluß zum Spreewald im Verhältnis $2,7 : 3,7 = 77$ v. H. Dieser Verlust in den beiden trockensten Monaten rührt hauptsächlich von der sehr starken Verdunstung her. Denn auch das durch Versickerung in den Spreewaldboden übergegangene Wasser fiel größtenteils mittelbar der Verdunstung anheim. Kleinteils blieb es bis nach Ablauf der Wasserklemmenzeit im Boden, kam also jedenfalls für die Niedrigwasserspeisung nicht in Betracht. Hieraus ergibt sich, daß in solchen dürrn Zeiten an den zu starker Verdunstung neigenden Stellen, wozu auch die Groß-Berliner Rieselfelder gehören, über drei Viertel des zugeführten Wassers dem Verlust anheimfallen können.

Im Jahresdurchschnitt ist mit einem Verlust zu rechnen, der mindestens ein Viertel bis höchstens ein Drittel des auf die Rieselfelder geleiteten Abwassers betragen wird, wozu noch die Verdunstung des Niederschlagswassers kommt. Bevor die zur Abwasserbeseitigung dienenden mageren Sandäcker und sandigen Ödländereien in Rieselfelder umgewandelt waren, wird ihre jährliche Verdunstungshöhe schwerlich mehr als 325 mm betragen haben. Der Rest des 580 mm großen mittleren Niederschlags kam größtenteils der Versickerung zugute. Denn das Regen- und Schneeschmelzwasser versinkt auf derartigen Böden schnell in die Tiefe, wo es gegen starke Verdunstung geschützt ist, so daß in trockenen Zeiten der Stoff hierfür fehlt. Gegenwärtig empfangen die Rieselfelder der Stadt Berlin außer dem Niederschlag noch jährlich 1270 mm Abwasserhöhe und bleiben auch in trockenen Zeiten feucht, sind daher einer bedeutenden Mehrverdunstung

unterworfen. Infolge der selten aussetzenden Durchfeuchtung nähert sich ihre jährliche Verdunstungshöhe dem Betrage, der für freie Wasserflächen in der Mark anzunehmen ist. Nach den 1909 bis 1913 am Grimnitzsee vorgenommenen Messungen verdunsteten dort im Jahresdurchschnitt 992, in einem trockenen Jahre 1100 mm. Gering gerechnet, wird demnach im Jahresdurchschnitt die Verdunstungshöhe auf den Berliner Rieselfeldern zwei Drittel bis drei Viertel von 992 mm, also rund 660 bis 740 mm betragen. Dies entspricht einer Mehrverdunstung von $660 - 325 = 335$ bis $740 - 325 = 415$ mm, die mit der Abwasserhöhe 1270 mm im Verhältnis von 26 bis 33 v. H. steht.

In den trockensten Monaten, in denen das Abwasser reichlich zugeführt wird, steigert sich die Verdunstung in ähnlichem Maße wie beim Grimnitzsee, bei dem im Hochsommer 1,87 mal soviel wie im Jahresdurchschnitt von der freien Wasserfläche verdunstet. Dementsprechend ist der Anteil, der dem Abwasser auf den Rieselfeldern durch Verdunstung in den trockensten Monaten geraubt wird, auf $1,87 \cdot 26 =$ rund 48 v. H. bis $1,87 \cdot 33 =$ rund 62 v. H. zu schätzen. Mit Rücksicht darauf, daß die Rieselfelder einiger Vororte erheblich stärker belastet werden als diejenigen der Stadt Berlin, sowie daß bei der Reinigung des Abwassers in Kläranlagen weniger große Verluste entstehen, dürfte der Gesamtverlust der Groß-Berliner Abwassermassen näher an der unteren als an der oberen Grenze liegen, also etwa 50 v. H. betragen. In den trockensten Monaten, in denen die Spree und Havel ihre geringste Wasserführung haben, wird durch die Groß-Berliner Wasserwerke und sonstige Entnehmer dem unter- und oberirdischen Wassererschlag am meisten Wasser entzogen und größtenteils als Abwasser nach den Rieselfeldern und Kläranlagen gebracht. Hier geht die Hälfte durch Verdunstung verloren, während die andere Hälfte zum Teil in den Vorflutern nach der Spree und Havel abfließt, zum Teil nach dem Grundwasser versinkt.

Auch im Winter und in den weniger trockenen Sommermonaten treten beträchtliche Verluste ein, die den Wassererschlag des Spree- und Havelgebietes schädigen. Jedoch machen sich die Nachteile der verminderten Wasserführung nur in der Niedrigwasserzeit, die mit den trockensten Monaten zusammenfällt, empfindlich geltend. Nicht in jedem Jahre findet solche Dürre und so geringe Wasserführung statt, daß die Wasserpende im Spree- und Havelgebiet unter die Schädengrenze 1,5 sl/qkm herabgeht. Wann aber eine solche Wasserflemme stattfindet, so bedeutet jeder Verlust an dem unmittelbar oder mittelbar der Spree oder Havel entnommenen oder vorenthaltenen Wasser einen Nachteil. Je größer der Verlust durch Verdunstung auf den Rieselfeldern ist, um so weniger Wasser fließt von ihnen nach der Spree oder Havel ab, um so mehr wird die Niedrigwassermenge dieser Flüsse vermindert. Die Verminderung wirkt nachteilig ein auf den Gemeingebrauch und benachteiligt alle zum Gebrauche des Flußwassers besonders Berechtigten. Welche wirtschaftlichen und gesundheitlichen Schäden durch die Schwächung der Spülkraft und die ungenügende Auffrischung entstehen, ist schon oben dargelegt worden, ebenso die Einwirkung auf die Schifffahrt.

Die Verminderung der Niedrigwassermenge infolge jenes Verlustes kann aber ferner für die Flußniederungen bis zur Havelmündung nachteilig sein. Bei langer Dauer der Wasserflemme sinkt in den ungestauten Flußstrecken der Wasserpiegel niedriger, als für den Feuchtigkeitsbedarf der Niederungen zulässig wäre. Dies trifft auch zu für die oberen Teile der durch Staustufen getrennten Strecken, die bei geringer Wasserführung nicht mehr im Staubereich liegen, sobald der gewöhnliche Sommerstau nicht mehr gehalten werden kann. Die Senkung des Flußpiegels hat eine Senkung des Grundwasserstandes in den anliegenden Niederungen zur Folge. Allmählich überträgt sich diese auf ausgedehnte Grünlandflächen, die mit den Flußwiesen in Verbindung stehen, und auf umfangreiche Gebiete, die Vorflut nach der Havel haben. Denn wegen des schwachen Gefälles der märkischen Gewässer wirkt jede Änderung des Wasserstandes weithin zurück.

Während sich jetzt bereits das Bedürfnis zur Bewässerung der Niederungen bei langer Trockenheit gezeigt hat, würde die von Jahr zu Jahr wachsende Wasserentnahme in Groß-Berlin die Wasserführung der Havel zur Niedrigwasserzeit mehr und mehr vermindern, falls man keinen Ersatz durch künstliche Speisung schafft. Mitschuldig hieran sind alle Anlagen zur Wassergewinnung, soweit das gewonnene Wasser vor der Rückgabe an den Wasserschatz einen wesentlichen Verlust erleidet. Dauernden Schaden haben die in Groß-Berlin befindlichen Anlagen angerichtet, mögen sie zur Reinwasserversorgung oder für gewerbliche Zwecke bestimmt sein, mögen sie das Wasser aus dem oberirdischen oder dem unterirdischen Wasserschatz entnehmen. Für alle diese Anlagen besteht nach dem Wassergesetz die Verpflichtung, durch zweckmäßige Einrichtungen nachteilige Wirkungen der Wasserentnahme zu verhüten.

4. Entwicklung der Wasserversorgung in Groß-Berlin.

Bei weitem am umfangreichsten ist die Wasserentnahme durch die zur Versorgung mit Trink- und Brauchwasser angelegten Wasserwerke in Groß-Berlin, wo die Einwohnerzahl einer großen Provinz auf engem Raume wohnt und von Jahr zu Jahr mehr Wasser bedarf. Eine Betrachtung über die Entwicklung der Groß-Berliner Wasserversorgung soll dem Überblick über den jetzigen Umfang der Wasserentnahme vorausgehen.

Bis zur Mitte des vorigen Jahrhunderts versorgte sich die Bevölkerung Berlins mit Trink- und Brauchwasser schlecht und recht aus den in das Grundwasser hinabgeführten Hof- und Straßenbrunnen, aber mehr schlecht als recht, weil durch die Abortgruben das Wasser stark verunreinigt war. Die Abflüsse aus diesen Gruben flossen zusammen mit dem Regenwasser durch Rinnsteine nach der Spree. Hierdurch entstanden derartige Unzuträglichkeiten, daß die Anlage einer Wasserleitung zur besseren Spülung der Rinnsteine nötig erschien. Bei den Verhandlungen tauchten dann weitergehende Vorschläge auf zum Ersatz der offenen Rinnsteine durch unterirdische Kanäle und für eine städtische Wasserversorgung, wogegen sich die Stadtverwaltung ablehnend verhielt. Das ohne ihre Beteiligung auf Veranlassung des Polizeipräsidenten anfangs 1856 von einer englischen Aktiengesellschaft eröffnete Stralauer Wasserwerk, das Flußwasser aus der Oberspree entnahm, sollte vor allem fließendes Wasser zur Rinnsteinspülung in die Stadt schaffen. Jedoch gab es auch Trink- und Brauchwasser an die angeschlossenen Grundstücke ab, deren Zahl aber nur sehr langsam zunahm. In den sechziger Jahren gediehen die anfangs gleichfalls von der Staatsregierung bearbeiteten Entwürfe für die Reinigung und Entwässerung der Stadt Berlin zur Reife, nachdem sich endlich die Stadtverwaltung zur Ausführung der Kanalisation und Abwasserbeseitigung mit Rieselfeldern entschlossen hatte.

Vorbedingung für die Wirksamkeit dieses Unternehmens war die Einrichtung einer vollständigen Versorgung mit Trink- und Brauchwasser, wozu das Stralauer Wasserwerk weder ausreichte noch geeignet war. Seit 1867 hatte dieses Werk eine Leistungsfähigkeit von 60 000 cbm am Tage = 0,7 cbm/sek und lieferte ziemlich gutes Reinwasser, weil auf sorgfältige Filterung großer Wert gelegt wurde und die Oberspree damals noch wenig verunreinigt war. Nachdem die Stadtverwaltung es 1873 erworben hatte, blieb das Stralauer Wasserwerk noch lange im Betrieb und tat im allgemeinen seine Schuldigkeit. Eine seinen Leitungsröhren folgende Typhusseuche hatte aber schließlich berechtigte Bedenken erregt, und die Hamburger Choleraeuche gab den Anstoß, das nunmehr im Bereiche der dichten Besiedelung liegende Flußwasserwerk 1892 eingehen zu lassen.

Bei den 1868/72 ausgeführten Vorarbeiten für die Wasserversorgung der Stadt Berlin hatte man anfangs gleichfalls an Flußwasserwerke mit künstlicher Filterung gedacht. Die Anlage eines Werkes am Müggelsee zur Entnahme von 2 cbm/sek aus dem Spreegebiet und eines anderen am Tegeler See zur Entnahme von 1 cbm/sek aus dem Havelgebiet erschien empfehlenswert. Eine vergleichende Untersuchung ergab,

daß es zweckmäßiger sein könne, natürlich gefiltertes Flußwasser aus Brunnen an den Seeufnern zu gewinnen. Die weitere Verfolgung dieses Gedankens führte zum Plane von Grundwasserwerken in Nähe der Seen, die außer dem vom Höhenlande zufließenden Grundwasser auch das aus den Seen unterirdisch in die Brunnen übergehende Flußwasser fassen sollten.

Bei dem im Herbst 1877 eröffneten, zunächst auf 45 000 cbm am Tage = rund 0,5 cbm/sek Leistungsfähigkeit eingerichteten Wasserwerke am Tegeler See waren daher für die Wassergewinnung Brunnen am Seeufer hergestellt worden, die genug Wasser von scheinbar guter Beschaffenheit lieferten. Nach einiger Zeit stellten sich indessen Wucherungen von Eisenalgen in den Röhren und Behältern ein, die es unbrauchbar machten und, weil man damals das Vorbeugungsmittel der Enteisung des Grundwassers noch nicht kannte, zum Umbau des Tegeler Werkes auf unmittelbare Entnahme aus dem See und künstliche Filtration zwangen. Dieselbe Einrichtung erhielt auch die 1888 eröffnete Erweiterungsanlage, durch welche die Leistungsfähigkeit auf 86 400 cbm am Tage = 1,0 cbm/sek erhöht wurde. Obgleich man inzwischen durch Versuche im kleinen gelernt hatte, die an der Entwicklung jener Eisenalgen schuldigen gelösten Eisensalze aus dem Grundwasser zu entfernen, wollte jedoch die Verwaltung der städtischen Wasserwerke die Verantwortung für ihre Anwendung im großen nicht übernehmen.

Deshalb wurde auch bei dem im Herbst 1893 eröffneten ersten Teile des Wasserwerkes am Müggelsee mit einer Leistungsfähigkeit von 86 400 cbm am Tage oder 1,0 cbm/sek die Entnahme von Flußwasser aus dem See nebst künstlicher Filtration vorgezogen. Dies gilt gleichfalls für das dritte Viertel dieses Werkes, mit dessen Bau sofort begonnen worden ist, nachdem die Erscheinungen bei der Hamburger Choleraepidemie 1892 Besorgnisse erregt hatten, weiterhin das Flußwasser so nahe bei der Stadt wie in Stralau aus der Oberspree zu entnehmen. Freilich war das Hamburger Leitungswasser, das ohne Filtration aus der Elbe an einer gegen Verunreinigung keineswegs geschützten Stelle geschöpft wurde, nicht zu vergleichen mit dem gut gefilterten Wasser des Stralauer Werkes oder gar demjenigen der Seewasserwerke bei Tegel und Friedrichshagen. Indessen hatten jene Erscheinungen eine so allgemeine Mißstimmung gegen die Verwendung von Oberflächenwasser für die städtische Wasserversorgung erregt, daß bereits bei der Anlage des dritten Viertels des Müggelseewerkes viele Wünsche laut geworden waren, man möge auf die Grundwasserversorgung zurückkommen. Die Vorbedingung hierfür, die Enteisung des Grundwassers, hatte sich inzwischen anderorts im großen als zweckmäßig erwiesen.

Hierzu kam die Notwendigkeit, die Einleitung der in Kläranlagen und auf Kieselfeldern gereinigten Abwässer in wachsendem Maße genehmigen zu müssen, je dichter die Vororte bebaut wurden. Weil der Gemeinde Reinickendorf die natürliche Vorflut in den Tegeler See für ihre gereinigten Abwässer nicht genommen werden konnte, weil es aber andererseits bedenklich erschien, weiterhin in Nähe der Einleitungsstelle das Seewasser für die Wasserversorgung zu entnehmen, so wurde 1901 der ältere Teil des Tegeler Wasserwerkes wieder zum Grundwasserwerk umgewandelt und ein Kieselergebäude für die Enteisung hinzugefügt. Die im Anschlusse daran hergestellte neue Anlage von Tiefbrunnen im Tegeler Forste ist im Frühjahr 1903 in Betrieb genommen und die Entnahme von Seewasser ganz eingestellt worden. Im ersten Betriebsjahre lieferte das Tegeler Werk anfangs mehr als 1,0 cbm/sek im Durchschnitt. Diese hohe Ergiebigkeit ist aber beim Dauerbetrieb auf etwa 0,8 cbm/sek zurückgegangen und läßt sich kaum mehr für die größte Tagesförderung vorübergehend erreichen.

Als im April 1904 ein Bericht über die Grundwasserversorgung der Stadt Berlin durch Erweiterung des Tegeler Werkes und Umbau des am Müggelsee gelegenen Friedrichshagener Wasserwerkes erstattet wurde, war man noch hoffnungsvoll infolge jener anfänglichen großen Leistungsfähigkeit der Tegeler Tiefbrunnen. Wie im zweiten

Abchnitt mitgeteilt, ist die vermeintliche „außerordentliche Größe des zur Verfügung stehenden Grundwasserstroms“ im Berliner Urstromtale bestimmend gewesen, von der damals geplanten Grundwasserfassung mit Tiefbrunnen am Müggelsee ebenfalls eine hohe Ergiebigkeit zu erwarten. Diese Erwartung hat sich jedoch nicht bestätigt. Statt der angenommenen Leistung von 1,75 cbm/sek im Durchschnitt und 2,5 cbm/sek im Höchsthalle konnte die ausgeführte Anlage beim Dauerbetrieb nur wenig über 1,0 cbm/sek im Durchschnitt und knapp 1,6 cbm/sek im Höchsthalle leisten. Man war daher bald gezwungen, das schon abgängig gewordene Seewasserwerk wieder instanzzusetzen, um mit seiner Hilfe die durchschnittliche Tagesförderung bei Friedrichshagen auf 1,5 cbm/sek und die größte Tagesförderung auf 2,6 bis 2,7 cbm/sek ergänzen zu können. Daß man für die notwendige Erweiterung auf Brunnen am Seeufer, die natürlich gefiltertes Flußwasser aus dem See liefern sollen, zurückzukommen gedenkt, ist im zweiten Abschnitt mitgeteilt. Von den außerdem erforderlichen Neuanlagen in der Wuhlheide neben der Spree und am Heiligensee neben der oberen Havel ist das Grundwasserwerk in der Wuhlheide vollendet, aber erst teilweise in Betrieb genommen. Die Brunnen- und Maschinenanlagen dieses Werkes sind für eine Tagesförderung von 120 000 cbm = rund 1,8 cbm/sek eingerichtet. Seine vorläufige Leistung wird auf durchschnittlich 18 000 cbm am Tage = 0,2 cbm/sek angegeben.

Im ganzen liefern die Wasserwerke der Stadt Berlin in das Versorgungsgebiet, das auch einige Vororte umfaßt, gegenwärtig rund 77,5 Millionen cbm im Jahre oder 213 000 cbm am Tage = 2,47 cbm/sek. Die größte Tagesförderung beträgt 336 000 cbm = 3,9 cbm/sek, wovon 1,0 aus dem Havelgebiet und 2,9 aus dem Spreegebiet entnommen werden. Die Vermehrung des täglichen Bedarfes in den Zeiten des größten Verbrauchs auf $\frac{1}{2}$ Million cbm wird für eine nahe Zukunft zu erwarten sein. Dem die im Höchsthalle notwendige Tagesabgabe hat seit 20 Jahren um durchschnittlich 8500 cbm von Jahr zu Jahr, aber in steigendem Maße zugenommen. Die gesamte Jahresabgabe bezifferte sich 1874 auf 13,7, 1884 auf 25,9, 1894 auf 41,9 Millionen cbm und ist in den letzten beiden Jahrzehnten um 35,6, d. h. jährlich um 1,5 bis 2 Millionen cbm gewachsen.

Während bei der Berliner Wasserversorgung der Bezug aus Flußwasser oder Grundwasser schwankte und das Flußwasser immer noch als Bezugsquelle für 17 v. H. des durchschnittlichen, 27 v. H. des größten Tagesbedarfes dient, haben die Vororte ihre Wasserversorgung ausschließlich auf den Bezug aus Grundwasser eingerichtet. An Bedeutung zunächst steht die Wasserversorgung der südlichen Vororte durch die Charlottenburger Wasserwerke Aktiengesellschaft. In dritter Reihe folgt die Wasserversorgung der Stadt Charlottenburg, die nicht mehr von dieser Aktiengesellschaft bewirkt wird, sondern das Unternehmen einer Gesellschaft mit beschränkter Haftpflicht, tatsächlich ein städtisches Unternehmen ist.

In den „Gründerjahren“ nach 1871 war von der Baugesellschaft Westend ein kleines Grundwasserwerk am Teufelsee im Grunewald angelegt worden, das allmählich für die Versorgung von Charlottenburg und des Berliner Westens erweitert werden sollte. Aus dem Zusammenbruch des gut gedachten, aber falsch durchgeführten und damals noch verfrühten Unternehmens ging 1878 die Aktiengesellschaft Charlottenburger Wasserwerke hervor, die 1883 von der Gemeinde Schöneberg und 1884 von der Stadt Charlottenburg die Genehmigung zur Rohrverlegung und Wasserabgabe in den Ortsbezirken erhielt. Trotz völligen Umbaues genügte das Teufelsee-Wasserwerk den Anforderungen bald nicht mehr, nachdem in den achtziger Jahren noch eine Anzahl anderer Vororte angeschlossen waren, obwohl die 1891 hergestellte Enteisungsanlage den Klagen über die Beschaffenheit des Wassers endgültig abhalf. Ein zweites kleines Grundwasserwerk bei Belitzhof in Nähe des Wannsees kam dem älteren nicht genügend zu Hilfe, so daß im trockenen Sommer 1893 ein mehrere Monate anhaltender Wassermangel eintrat. Abhilfe

konnte erst geschaffen werden durch die 1893/94 erfolgte Anlage eines neuen Wasserwerkes bei Belitzhof, dessen Brunnenanlage unmittelbar an den Wannsee herangeführt wurde und inzwischen bedeutend erweitert worden ist. Auf Andringen der Stadt Charlottenburg wurde 1895 noch ein viertes Wasserwerk im Norden der Spree in der Jungfernheide am Nonnendamm angelegt. Dieses und das Teufelseewerk dienen nunmehr zusammen für den Bedarf Charlottenburgs und sind an jene Gesellschaft m. b. H. übergegangen, jetzt im Eigentum der Stadt. Dagegen hat die Aktiengesellschaft für den östlichen Teil des ihr verbliebenen und inzwischen erheblich ausgedehnten Versorgungsgebietes noch ein Wasserwerk in Nähe der Oberspree bei Johannistal angelegt.

Die durchschnittliche Tagesförderung der Charlottenburger Wasserwerke A. G. beträgt 117 400, diejenige der städtischen Charlottenburger Wasserwerke rund 45 600 cbm, also im Jahre 43,0 und 16,9 Millionen cbm. Die größte Tagesförderung hat sich in den letzten Betriebsjahren auf rund 208 000 und 73 000 cbm gestellt. Dies entspricht im Durchschnitt einer Entnahme von etwa 1,36 und 0,53 cbm/sek, im Höchstfalle von 2,4 und 0,84 cbm/sek. Hiervon entnehmen aus dem Spreegebiete: die Aktiengesellschaft durchschnittlich 0,46 und bei der größten Tagesförderung 0,76 cbm/sek, ferner die städtische Wasserversorgung durchschnittlich 0,46 und bei der größten Tagesförderung 0,74 cbm/sek. Aus dem Havelgebiete werden entnommen: von der Aktiengesellschaft durchschnittlich 0,90 und bei der größten Tagesförderung 1,64 cbm/sek, ferner von der städtischen Wasserversorgung durchschnittlich 0,07 und bei der größten Tagesförderung 0,10 cbm/sek. Die gesamte Jahresabgabe bezifferte sich 1879 auf 231 000, 1884 auf 685 000, 1894 auf rund 7,0 Millionen cbm. In den beiden letzten Jahrzehnten ist sie für das erheblich vergrößerte Versorgungsgebiet der Aktiengesellschaft und für die städtische Wasserversorgung Charlottenburgs um 52,8, also jährlich um mehr als 2,6 Millionen cbm gewachsen.

Gegen diese sehr großen Anlagen treten die Wasserversorgungsanlagen für eine Reihe von anderen Orten im Groß-Berliner Zweckverbandsgebiet, die zum Teil gruppenweise zusammengefaßt sind, jede einzeln zurück, haben aber doch zusammen erhebliche Bedeutung. Einzelne sind auch für sich ziemlich bedeutend, namentlich die Anlagen von Lichtenberg, Spandau, Pankow und Reinickendorf mit rund 6,5 bis 1,3 Millionen cbm Jahresmenge. Im ganzen liefern die 24 mittelgroßen und kleineren Wasserwerke in ihre Versorgungsgebiete rund 20,6 Millionen cbm im Jahre oder 57 000 cbm am Durchschnittstage = 0,66 cbm/sek, ferner 112 000 cbm als größte Tagesförderung = 1,30 cbm/sek. Aus dem Spreegebiet werden entnommen: rund 9,8 Millionen cbm im Jahre oder 27 000 cbm am Durchschnittstage = 0,31 cbm/sek; ferner 51 000 cbm als größte Tagesförderung = 0,59 cbm/sek. Auf das Havelgebiet entfallen: rund 10,8 Millionen cbm im Jahre oder 30 000 cbm am Durchschnittstage = 0,35 cbm/sek; ferner 61 000 cbm als größte Tagesförderung = 0,71 cbm/sek.

5. Zeitiger Umfang der durchschnittlichen und der größten Wasserentnahme durch die Wasserwerke.

Aus der Zusammenfassung der vorstehenden Angaben über die im Zweckverbandsgebiet Groß-Berlin befindlichen Wasserwerke und ihren Betrieb im gegenwärtigen Umfange ergibt sich umstehende Tabelle.

Zu den Angaben über die größte Tagesförderung ist zu bemerken, daß nicht alle Wasserwerke gleichzeitig ihre stärkste Inanspruchnahme erfahren. Aber das Durchschnittsverhältnis zwischen der größten und mittleren Leistung von 1,7 : 1 findet sich mit Unterschieden von 1,5 bis 1,9 : 1 bei den meisten Versorgungsgebieten und Werken. Auch liegen die Tage mit der größten Wasserabgabe überall in den Niedrigwassermonaten, gewöhnlich im Juli oder Juni. Nahezu wird die auf 729 000 cbm am Tage angegebene Summe im trockenen Frühsommer 1915 wohl schon erreicht worden sein und sicherlich bald über-

Wasserentnahme der Groß-Berliner Wasserwerke

Wasserwerke		Jahres- menge	Durchschn. Tages- förderung	Durchschn. Entnahme	Größte Tages- förderung	Größte Entnahme
		Millionen cbm	cbm	cbm/sek	cbm	cbm/sek
Spreegebiet	Berlin	52,40	144 000	1,67	250 000	2,90
	Charlottenbg. Wasserw. A. G. .	14,40	39 400	0,46	66 000	0,76
	Charlottenburg	14,51	39 600	0,46	64 000	0,74
	Sonstige Wasserwerke	9,80	27 000	0,31	51 000	0,59
Havelgebiet	Berlin	25,12	69 000	0,80	86 000	1,00
	Charlottenbg. Wasserw. A. G. .	28,60	78 000	0,90	142 000	1,64
	Charlottenburg	2,35	6 000	0,07	9 000	0,10
	Sonstige Wasserwerke	10,82	30 000	0,35	61 000	0,71
Im ganzen	Berlin	77,52	213 000	2,47	336 000	3,90
	Charlottenbg. Wasserw. A. G. .	43,00	117 400	1,36	208 000	2,40
	Charlottenburg	16,86	45 600	0,53	73 000	0,84
	Sonstige Wasserwerke	20,62	57 000	0,66	112 000	1,30
Spreegebiet		91,11	250 000	2,90	431 000	4,99
Havelgebiet		66,89	183 000	2,11	298 000	3,45
Im ganzen		158,00	433 000	5,01	729 000	8,44

schritten werden. Der mittlere Tagesbetrag für die Wasserentnahme bei längerer Dürre im trockensten Monat mag etwa in der Mitte zwischen dem Jahresdurchschnitt und der größten Tagesförderung, daher im ganzen auf 581 000 cbm am Tage = 6,73 cbm/sek anzunehmen sein. Bei einigen Wasserwerken, für welche die monatlichen Leistungen bekannt sind, stimmt diese Annahme mit den Betriebsberichten überein.

6. Sonstige Wasserentnahme. Ursprung und Verbleib des Groß-Berliner Abwassers.

Vergleicht man mit den Angaben über die Reinwassermengen die Mitteilungen über die Abwassermengen, die aus den kanalisierten Stadt- und Gemeindegebieten nach den Rieselfeldern oder Kläranlagen zur Abwasserreinigung gebracht werden, so sind die jährlichen Massen des Abwassers durchweg größer als die des Reinwassers; denn zu diesen tritt der Ortszufluß hinzu. Aber die zum genauen Vergleiche nötigen Angaben fehlen zum Teil; teilweise sind sie überhaupt nicht zu beschaffen, weil die Gebiete der Kanalisation und Wasserversorgung sich vielfach nicht decken. Wie schon erwähnt, besteht der Ortszufluß aus Brauchwasser, das innerhalb des Ortsgebietes gefördert wird, und aus Niederschlagswasser, das nicht durch Notauslässe oder bei Trennkanalisationen durch besondere Kanäle in die natürlichen Vorfluter abgeleitet worden ist. Man muß zur Schätzung greifen, um überschlägig zu ermitteln, wie groß der Ortszufluß in den nach ihrer Wasserversorgung in vier Gruppen geteilten Gebietsflächen etwa sein wird.

Die Summe der Reinwasserlieferung (Reihen 1 bis 3 der Zusammenstellung) und des Ortszuflusses (Reihen 4 bis 7 der Zusammenstellung) ergibt die Abwassermenge (Reihen 7 bis 9 der Zusammenstellung) für die Wasserversorgungsgebiete der Stadt Berlin, der Charlottenburger Wasserwerke A. G., der Stadt Charlottenburg und der sonstigen Wasserwerke. Dabei wird der Anteil des Ortszuflusses wohl etwas größer sein, als die Zusammenstellung anzeigt. Denn die dort mitgeteilten Zahlen sind aus den besser bekannten Angaben über die Abwasser- und Reinwassermassen abgeleitet. Ein Teil des Reinwassers geht aber nicht in das Abwasser über, sondern verdunstet innerhalb der Orte. Für den Endzweck der Zusammenstellung kommt jedoch diese Ungenauigkeit

Ursprung und Verbleib des Groß-Berliner Abwassers

Nr.	Flußgebiet	Berlin	Charlittbg. Wasser- werke A. G.	Char- lotten- burg	Sonstige Wasser- werke	Im ganzen	Durchschnitt im trockensten Monat
		cbm/sek	cbm/sek	cbm/sek	cbm/sek	cbm/sek	
1	Spreegebiet	2,28	0,61	0,60	0,45	3,94	Reinwasserlieferung der Wasserwerke
2	Havelgebiet	0,90	1,27	0,09	0,53	2,79	
3	Zusammen	3,18	1,88	0,69	0,98	6,73	
4	Spreegebiet	1,28	0,15	0,13	0,06	1,62	Ortszufluß durch Regen und Grundwasser
5	Havelgebiet	—	0,07	—	0,02	0,09	
6	Zusammen	1,28	0,22	0,13	0,08	1,71	
7	Spreegebiet	3,56	0,76	0,73	0,51	5,56	Abwasser nach seinem Ursprung
8	Havelgebiet	0,90	1,34	0,09	0,55	2,88	
9	Zusammen	4,46	2,10	0,82	1,06	8,44	
10	Spreegebiet	2,63	1,39	—	0,50	4,52	Abwasser nach seiner Vorflut
11	Havelgebiet	1,83	0,71	0,82	0,56	3,92	
12	Zusammen	4,46	2,10	0,82	1,06	8,44	
13	Spreegebiet	1,31	0,70	—	0,25	2,26	Abfluß u. Versickerung des Abwassers im trockensten Monat
14	Havelgebiet	0,92	0,35	0,41	0,28	1,96	
15	Zusammen	2,23	1,05	0,41	0,53	4,22	
16	Spreegebiet	2,25	0,06	0,73	0,26	3,30	Verlust für den Abfluß auf den Ursprung bezogen
17	Havelgebiet	— 0,02	0,99	— 0,32	0,27	0,92	
18	Zusammen	2,23	1,05	0,41	0,53	4,22	

wenig in Betracht. Alle Zahlen beziehen sich auf Sekunden-Kubikmeter (cbm/sek) im trockensten Monat eines Wasserflemlenjahres, um den Vergleich mit der Niedrigwasserführung der Spree und Havel leicht zu ermöglichen.

Eine weitere Schwierigkeit, die gleichfalls nur mit Zuhilfenahme der Schätzung zu überwinden war, beruht darin, daß das durch Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung in Bewegung gebrachte Wasser verschiedene Wege nimmt. Zum Teil geht das dem Spreegebiet entnommene Reinwasser und der Ortszufluß der im Spreegebiet gelegenen Orte bei der Abwasserbeseitigung in das Havelgebiet über. Ebenso findet teilweise ein Übergang von Reinwasser und Ortszufluß aus dem Havelgebiet in das Spreegebiet statt. Denn die Kieselfelder liegen größtenteils nicht in demselben Gebietsteile, aus dem das Abwasser stammt. Besonders entnimmt Berlin dem Spreegebiet erheblich mehr Wasser, als es nach den in ihm befindlichen Kieselfeldern befördert, und Charlottenburg schafft alles Abwasser aus dem Spree- in das Havelgebiet. Dagegen wird im Versorgungsgebiet der Aktiengesellschaft aus dem Spreegebiet weniger Wasser entnommen, als nach den Kieselfeldern gebracht wird, deren Vorfluter in die Spree münden. Außer den Reihen 7 bis 9, die eine Übersicht über den Ursprung des Abwassers aus dem Spree- oder Havelgebiet gewähren, enthält daher die Zusammenstellung in den Reihen 10 bis 12 eine Übersicht darüber, wie sich das nach den Kieselfeldern oder Kläranlagen beförderte Wasser bezüglich der Vorflut auf das Spree- oder Havelgebiet verteilt.

Aus den Reihen 10 bis 12 ergeben sich die in den Reihen 13 bis 15 aufgeführten Zahlen unter der oben begründeten Annahme, daß im trockensten Monat eines Wasserflemlenjahres nur die Hälfte des Abwassers in den Vorflutern offen abfließt oder auf den Kieselfeldern nach dem tieferen Untergrunde versickert. Die andere Hälfte geht durch Verdunstung verloren. Um nun zu sehen, in welchen Beziehungen Ursprung und Verbleib des Abwassers zueinander stehen, muß man die bei der Abwasserbeseitigung verdunsteten Abwassermengen von den nach dem Ursprung geordneten Mengen (Reihen 7 bis 9) abziehen. Die verdunsteten Mengen sind ebenso groß wie diejenigen, die von den Kieselfeldern usw. abfließen oder dort versickern. Zieht man die Zahlen der Reihe 13 von denen

der Reihe 7 ab, so ergeben sich in Reihe 16 die Beträge des Verlustes für den Abfluß, den das aus dem Spreegebiet stammende Abwasser erleidet. Beim Abzug der Zahlen in Reihe 14 von denen in Reihe 8 ergeben sich in Reihe 17 die Beträge des Verlustes, den das Abwasser aus dem Havelgebiet erfährt. Die in Reihe 18 aufgeführten Unterschiede zwischen den Zahlen der Reihen 15 und 9 bezeichnen den Gesamtverlust, die Hälfte des gesamten Abwassers.

Beim Verbleib des nach seinem Ursprung in den Reihen 7 bis 9 geordneten Abwassers erzielt das Havelgebiet einen Vorteil gegenüber dem Spreegebiet. Von dem aus dem Spreegebiet stammenden Abwasser, das nicht verdunstet, verbleiben $2,78 - 2,26 = 0,52$ cbm/sek nicht in diesem, sondern gehen in das Havelgebiet über, das einen Gewinn von $1,96 - 1,44 = 0,52$ cbm/sek empfängt. Dieser Gewinn kommt der Havel unterhalb Spandau zugute. Oberhalb Spandau wird die Niedrigwassermenge der Havel, ähnlich wie diejenige der Spree, durch die Wasserentnahme und den Verdunstungsverlust bei der Abwasserbeseitigung bedeutend vermindert. Dies äußert sich offensichtlich dadurch, daß der früher festgesetzte Sommerstau bei Spandau jetzt gewöhnlich nicht gehalten werden kann. Der Zusammenhang mit der Grundwasserentnahme läßt sich klar erkennen im Unterwasser der Pinnower Schleuse, wo stets eine Senkung des Wasserstandes wahrgenommen wird, sobald die Pumpen des Pankower Grundwasserwerkes zu arbeiten beginnen. Unterhalb Spandau würde die in der oberen Havel entstandene Verminderung der Niedrigwassermenge durch Zufluß von den Berliner und Charlottenburger Kieselfeldern teilweise ausgeglichen werden, wenn nicht die Spree bedeutend weniger als früher hinzubrächte. Da das aus dem Spreegebiet herrührende Abwasser $3,30$ cbm/sek Verlust erleidet, so wird der Verlust des aus dem Havelgebiet stammenden Abwassers von $0,92$ cbm/sek auf $4,22$ cbm/sek Gesamtverlust für die Niedrigwassermenge der Havel unterhalb Spandau erhöht.

Bei Betrachtung der Änderungen, welche die Niedrigwassermengen der Spree bisher erfahren haben, ist die seit 1872 eingetretene Verminderung, soweit sie durch künstliche Eingriffe verschuldet ist, oben (Seite 27) auf $\frac{1}{2} \cdot 7,0 = 3,5$ cbm/sek geschätzt worden. Dies stimmt nahezu überein mit der vorstehenden Ermittlung von $3,3$ cbm/sek Verlust im trockensten Monat. Man wird daher annehmen dürfen, daß bei der Wiederkehr von ähnlichen Wasserflecken, wie solche in den Sommern 1904 und 1911 stattgefunden haben, eine künstliche Speisung mit rund $3,4$ cbm/sek Zuschußwasser den Schaden ausgleichen würde, der durch die großstädtische Entwicklung Berlins und seiner Vororte am Wasserrechte des Spreegebiets verursacht worden ist.

7. Größe der zur Schadenverhütung aufzuspeichernden Wassermassen.

Um künftighin die Schäden zu verhüten, die infolge der übermäßigen Wasserentnahme und des gesteigerten Verlustes durch Verdunstung bereits eingetreten sind, ist die Lieferung von Zuschußwasser erforderlich, sobald die Wasserführung im Spree- und Havelgebiet unter die Schadengrenze $1,5$ sl/qkm zu sinken beginnt. Die zur künstlichen Speisung nötigen Wassermassen sollen hauptsächlich in Staubecken im Spreegebiet oberhalb Groß-Berlins aufgespeichert werden, für deren Anlage die Vorarbeiten im Gange sind. Ein Teil des Bedarfes läßt sich auch durch vorübergehende Absenkung der Stauhöhe im Berliner Oberwasser und in der Dahme bei Neue Mühle gewinnen. Die Größe des gesamten Bedarfes für die Wiederherstellung des Zustandes, der bis 1872 vorhanden war, ergibt sich aus der folgenden Betrachtung.

Im dritten Abschnitt ist die Verminderung der kleinsten Niedrigwassermenge, die sich bei den scharf ausgeprägten und hartnäckigen Wasserflecken in den Sommern 1904 und 1911 ergeben hat, auf $7,0$ cbm/sek nachgewiesen worden. Hiervon fallen $3,4$ den Entnehmern von Trink- und Brauchwasser in Groß-Berlin zur Last, während $3,6$ cbm/sek der ungewöhnlichen Wassernot in jener Zeit zur Last gelegt werden müssen.

Um der Wiederkehr eines für die gesundheitlichen Verhältnisse der Reichshauptstadt und ihrer Vororte bedenklichen Notstandes vorzubeugen, und für andere Aufgaben des öffentlichen Wohles wird es nötig sein, vollständigen Ersatz zu schaffen. Auch beim Zuschuß von 7 cbm/sek erreicht die Durchflußmenge in Berlin selbst öfters nicht das Maß von 15 cbm/sek, das zur Erzielung einer ausgiebigen Spülkraft wünschenswert wäre. Wie schon gesagt, muß man sich begnügen, die Zuflußmenge des Berliner Oberwassers auf dieses Maß zu ergänzen, bei der Durchflußmenge aber mit dem Anteil vorlieb nehmen, der nicht in den Untergrund übergeht und die Stauanlagen umströmt.

Nach den Erfahrungen von 1904 und 1911 ist mit einer mindestens 4 Monate langen Dauer des Bedarfes von 3,4 cbm/sek Zuschußwasser und mit einer $2\frac{1}{2}$ Monate langen Notstandszeit zu rechnen, während deren der Zuschuß von 3,4 auf 7,0 cbm/sek erhöht werden muß. Die Gesamtdauer der Wasserflemme umfaßt 10,6, die Notstandszeit 6,6 Millionen Sekunden. Wenn man $3,4 \cdot 10,6 = 36,0$ Millionen cbm aufspeichert, so ist gleichzeitig Vorsorge getroffen für die bei der Aufspeicherung und Zuleitung entstehenden Verluste durch Versickerung und Verdunstung. Dasselbe gilt für den Mehrbetrag, der während jener Notstandszeit hinzugefügt werden muß, in Höhe von $3,6 \cdot 6,6 = 23,8$ Millionen cbm. Die Summe würde ausreichen, um bei Wasserflemmen wie 1904 und 1911 die Niedrigwassermengen ständig auf 15,0 cbm/sek zu ergänzen.

Hierzu kommen noch zwei Beträge für die Bestreitung des Wasserbedarfes zur Auffrischung des Teltowkanals und der Berliner Wasserläufe. Die Auffrischung des Teltowkanals ist nur bei sehr langer Dauer der Wasserflemme notwendig, etwa während der Notstandszeit, und erfordert dann 0,6 cbm/sek, verlangt also einen Speichervorrat von $0,6 \cdot 6,6 = 4,0$ Millionen cbm. Der durch den Teltowkanal gehende Abfluß kommt den Berliner Wasserläufen nicht zugute, wohl aber der Havel. Für die Auffrischung der Berliner Wasserläufe zur Verhütung der Nachteile, die durch die Flußwasserentnahme und Brauchwassereinleitung in Berlin bei sehr geringer Wasserführung erzeugt werden, genügt die Bereithaltung von 7,1 Millionen cbm, wie bereits oben nachgewiesen ist. Auch dieser Speisewasserbetrag dient, nachdem er seinen örtlichen Zweck in Berlin erfüllt hat, für die Ergänzung der Niedrigwassermenge in der Havel unterhalb Spandau.

Der Bedarf hierfür ist auf 4,22 cbm/sek ermittelt worden, entsprechend einem Speichervorrat von $4,22 \cdot 10,6 = 44,9$ Millionen cbm. Während der Gesamtdauer einer hartnäckigen Wasserflemme werden aber künftighin infolge der künstlichen Speisung der Spree mindestens 36,0 Millionen cbm an die untere Havel abgegeben, außerdem jene soeben genannten 7,1 Millionen cbm und in der Notstandszeit noch 4,0 Millionen cbm aus dem Teltowkanal. Dies ergibt 43,1 Millionen cbm während der Gesamtdauer der Wasserflemme oder 47,1 Millionen cbm innerhalb der Notstandszeit. Hiermit lassen sich die der unteren Havel zugefügten Nachteile ausgleichen, soweit diese durch die künstlichen Eingriffe in Groß-Berlin verschuldet sind. Eine weitergehende Abhilfe, die als Aufgabe des öffentlichen Wohles erscheint, wird auch bei der unteren Havel durch das Ablassen von 23,8 Millionen cbm Zuschußwasser aus den Spree-Staubedden in der Notstandszeit bewirkt.

Mithin ist die Größe der zur Schadenverhütung aufzuspeichernden Wassermassen auf mindestens $36,0 + 7,1 + 4,0 = 47,1$ oder rund 48 Millionen cbm zu bemessen. Für deren Beschaffung sind diejenigen Beteiligten heranzuziehen, denen nach dem Wassergesetz eine Einrichtung zur Verhütung schädlicher Wirkungen ihrer Unternehmen obliegt. Ferner erfordert die Pflege der öffentlichen Wohlfahrt als Aufgabe des Staates die weitere Bereithaltung von 23,8 oder rund 24 Millionen cbm Zuschußwasser. Die Herstellung eines Stauraumes von im ganzen $48 + 24 = 72$ Millionen cbm gewährt außerdem die Möglichkeit, für den Hochwasserschutz von Berlin und seinen an der Spree

gelegenen Vororten den im dritten Abschnitt auf 70 Millionen cbm bezifferten Teil des Schadenhochwassers zurückzuhalten.

In denjenigen Jahren, in denen eine solche Zurückhaltung im Winterhalbjahr erfolgt, wird hierdurch ohne weiteres der Bedarf an Zuschußwasser für das folgende Sommerhalbjahr gedeckt, also doppelter Nutzen erzielt. Vermutlich wird sich in manchen Abflußjahren mit wasserarmen Wintern, wie z. B. 1909 und 1912, die Auffpeicherung von 72 Millionen cbm nicht voll ermöglichen lassen. Dennoch empfiehlt sich dringend, den Stauraum so groß zu machen, damit nicht der Zweck der Einrichtung in sehr trockenen Sommern nur deshalb verfehlt wird, weil im vorangegangenen Winter reichlich verfügbar gewesene Wassermassen aus Mangel an Stauraum unbenutzt geblieben waren. Dies wäre z. B. im Abflußjahr 1911 bei ungenügender Bemessung der Staubeden eingetreten, da auf einen besonders wasserreichen Winter ein besonders wasserarmer Sommer gefolgt ist. Daß genügender Raum für die Auffpeicherung von 72 Millionen cbm Wasservorrat im Spreegebiet mit erschwinglichen Kosten gewonnen werden kann, läßt sich nach den bisherigen Untersuchungen erwarten. Näheres werden die im Gange befindlichen Vorarbeiten und Entwürfe ergeben.

Wie schon bemerkt, ist die der unteren Havel bisher bereits zugefügte Schädigung durch die Auffpeicherung von Zuschußwasser im Spreegebiet und dessen Verwendung zur künstlichen Speisung bei Wasserflemlen auszugleichen. Die an der Havel oberhalb Spandau bisher entstandenen Schäden sind zwar empfindlich, aber einstweilen noch erträglich. Bei weiterem Fortschreiten der Wasserentnahme aus dem oberen Havelgebiet wird auch dort eine Einrichtung ähnlicher Art unerläßlich sein.

V. Schlußbemerkungen.

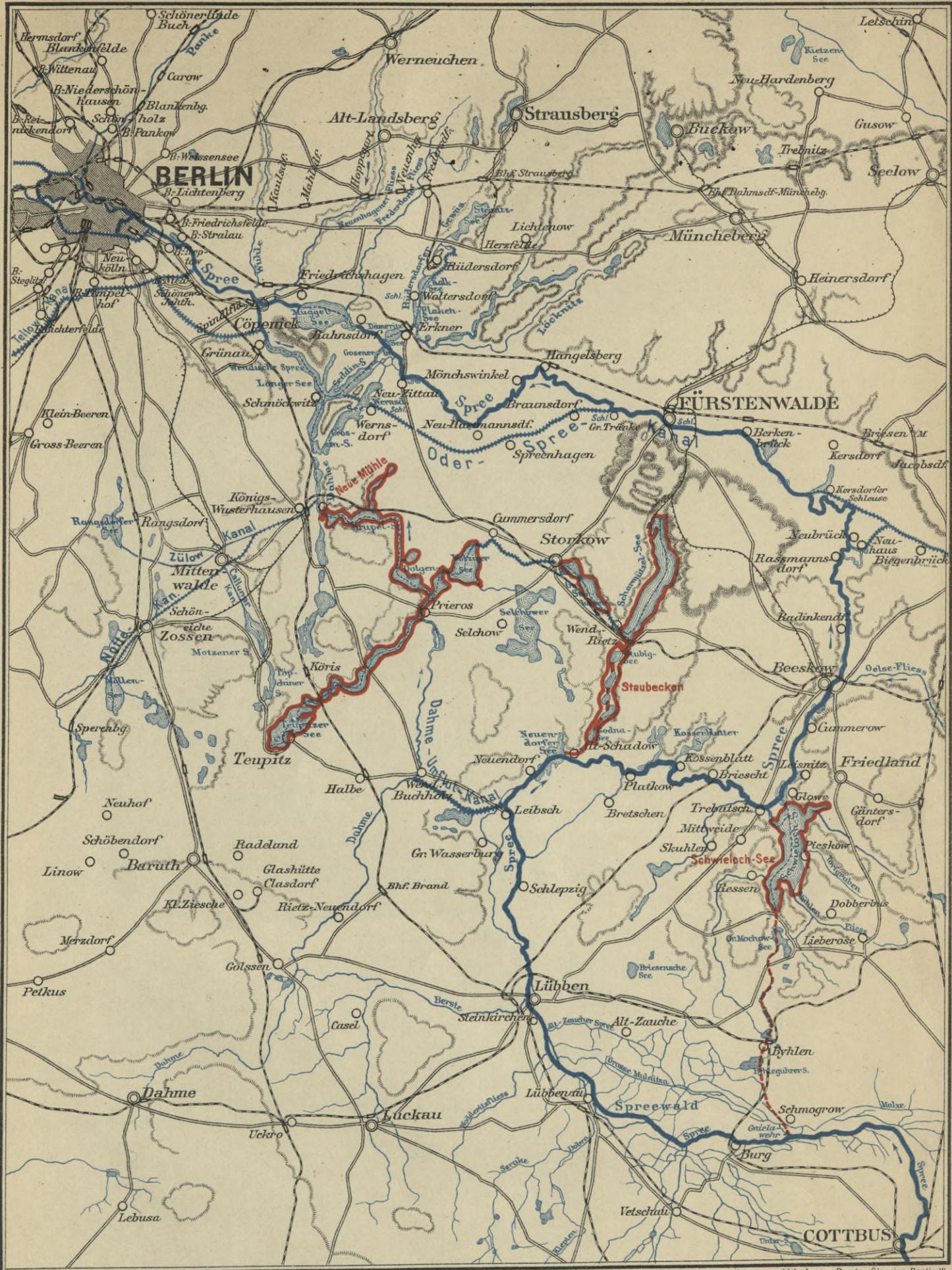
1. Zusammenfassung der Darlegungen in den Abschnitten I bis IV.

Im ersten Abschnitt ist die Notwendigkeit wasserwirtschaftlicher Maßnahmen zur Verbesserung des Wasserhaushaltes im Spree- und Havelgebiet im allgemeinen erörtert. Die unverkennbare Verminderung der Niedrigwassermengen, besonders auffallend in und bei Berlin, deutet darauf hin, daß die umfangreiche Entnahme von Grundwasser in der Niedrigwasserzeit die auf das Grundwasser angewiesene natürliche Speisung der Wasserläufe schädigt und den Übergang von Flußwasser in den Untergrund begünstigt. Der zweite Abschnitt widerlegt die öfters geäußerte Meinung, ein solcher Übergang sei nicht möglich, weil von den Wasserwerken Groß-Berlins das Grundwasser aus tiefen, durch undurchlässige Zwischendecken vom oberen Grundwasser abgeschlossenen wasserführenden Schichten entnommen würde, und weil die Betten der märkischen Wasserläufe und Seen durch schlammige Ablagerungen zu undurchlässigen Schläuchen abgedichtet wären. Er zeigt, daß beide Angaben nicht zutreffen, daß vielmehr in Groß-Berlin und bei den märkischen Wasserläufen tatsächlich eine innige Wechselwirkung zwischen Flußwasser und Grundwasser besteht.

In welchem Maße der ganze Wasserhaushalt des Spree- und Havelgebietes auf dieser Wechselwirkung beruht, lehrt der dritte Abschnitt durch Ermittlung der Größe des Wasserhaushaltes mit Hilfe einer Betrachtung des Wasserhaushaltes von Jahr zu Jahr und im Kreislaufe des Jahres. Sodann wird nachgewiesen, daß bei der großstädtischen Entwicklung der Reichshauptstadt und ihrer Vororte, insbesondere seit Einführung der Wasserversorgung und Kanalisation, eine wesentliche Änderung der Niedrigwassermengen stattgefunden hat. Das Maß der Schadengrenze, bei der jede Vorenthaltung von Grundwasser für die natürliche Speisung der Wasserläufe und jede Wasserentziehung ohne gleichwertige Zurücklieferung des entzogenen Wassers nachteilig auf die Abflußmengen einwirkt, entspricht einer Wasserpende von 1,5 sl/qkm. Als schädlich entzogen

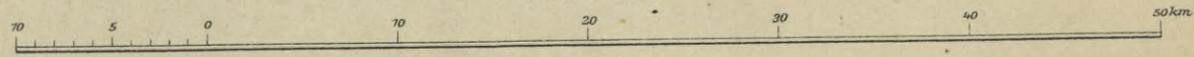
Aufspeicherung von Wasser in Ausgleichbecken des Spreegebiets oberhalb Berlin.

Zur Denkschrift vom 28. November 1913.



Lith. Anst. v. Bogdan Gisevius, Berlin W.

1 : 400 000.





muß daher diejenige Wassermenge gelten, die in den Zeiten, in denen die Wasserführung der Spree und Havel weniger als 1,5 Liter in der Sekunde vom Quadratkilometer Niederschlagsgebiet beträgt, dem Wasserschatz des Flußgebietes durch Anlagen zur Wassergewinnung entnommen und nicht wieder in unschädlichem Zustande zurückgeführt wird.

Im vierten Abschnitt wird dargelegt, worin die Nachteile der Verminderung des Wasserschatzes bestehen, und wodurch die Abnahme der Niedrigwassermengen verschuldet ist. Er berichtigt den Irrtum, die zum Ausgleich der bisherigen und zukünftigen Schäden notwendige künstliche Speisung der Spree und Havel in Zeiten des Mangels sei hauptsächlich für die Zwecke der Schifffahrt erforderlich. Er zeigt die Notwendigkeit der künstlichen Speisung für die aus gesundheitlichen und wirtschaftlichen Rücksichten gebotene Spülung der Wasserläufe und Auffrischung ihres Wassers, besonders auch in Berlin. Ferner hebt er hervor, daß durch die Abnahme der Niedrigwassermengen in Groß-Berlin schädliche Einwirkungen nicht nur dort, sondern auch am weiteren Laufe der Havel entstanden sind. Durch künstliche Speisung mit Zuschußwasser aus Staubecken im Spreegebiet oberhalb Groß-Berlins würden die Schäden wieder gutgemacht werden können.

Nach einem Überblick über die Entwicklung der Wasserversorgung in Groß-Berlin wird mitgeteilt, wieviel Trink- und Brauchwasser gegenwärtig im Jahresdurchschnitt und bei der größten Tagesförderung die Wasserwerke entnehmen. Weiterhin wird gezeigt, wieviel Wasser in den Orten selbst noch hinzukommt, und was mit dem Abwasser geschieht. Dabei ergibt sich die Verteilung des bei der Abwasserbeseitigung eintretenden Verlustes auf das Spreegebiet und das Havelgebiet. Der für die Spree nachgewiesene Verlust im trockensten Monat ist ebenso groß wie die Abnahme ihrer kleinsten Abflußmenge seit 1872, soweit diese nicht durch außerordentliche Verhältnisse bei den schlimmsten Wasserflemlen verursacht wurde. Ursache und Wirkung stimmen überein. Die für den Verlust gefundenen Zahlen sind dazu verwandt, die Größe des Ersatzes zu schätzen. Zum Ausgleich der bisherigen Schädigung durch künstliche Eingriffe genügt einstweilen die Aufspeicherung von 48 Millionen cbm Zuschußwasser. Als Aufgabe der öffentlichen Wohlfahrtspflege wird die Vergrößerung auf 72 Millionen cbm notwendig sein, um die noch weiter gehende Verminderung der kleinsten Abflußmengen zu verhüten, und um Schadenhochwasser zurückzuhalten.

2. Zukünftige Erweiterung der Anlagen.

Die für Wohlfahrtzwecke notwendige Vergrößerung des Speicherraums bietet die Zubericht, noch für eine Reihe von Jahren die bei Vermehrung der Wasserentnahme drohenden Schäden ausgleichen zu können. Falls die im trockensten Monat geförderte Wassermasse und der entsprechende Verlust des Wasserschatzes von Jahr zu Jahr um 3 v. H. zunehmen, so wäre in etwa 15 Jahren die Aufspeicherung von 72 Millionen cbm lediglich für den Ausgleich aller Schäden notwendig. Innerhalb dieser Zeit nimmt dann allmählich die Größe der über das jetzige Ausgleichmaß hinaus verfügbaren Aufspeicherung ab. Wenn keine ungewöhnliche Wasserflemme während dieser Jahre eintritt, so wird der Sicherheitraum mehr und mehr in den zur Schadendeckung nötigen Ausgleichsraum umgewandelt.

Nach etwa 15 Jahren müßte an die Erweiterung des Speicherraums herangetreten werden, falls nicht schon früher durch Vermehrung der Wasserentnahme im Havelgebiet oberhalb Spandau die Anlage von Staubecken im oberen Teile dieses Gebietes erforderlich geworden ist. Im Spreegebiet wird sich eine bedeutende Erweiterung des Speicherraums kaum bewirken lassen, weil die zur Aufspeicherung erforderlichen Wassermassen erheblich über den Betrag von 72 Millionen cbm hinaus in wasserarmen Wintern zu häufig fehlen würden. Aber die im oberen Obergerbiete geplanten Staubecken könnten vermutlich benutzt werden, um neben ihren sonstigen Zwecken auch Zuschußwasser für die künstliche Speisung der Spree aufzuspeichern. Ähnlich wie im Wesergebiete, wo das

Speisewasser für den Rhein—Weser-Kanal beim Durchfließen der Weser ihre Schiffbarkeit verbessert und dann bei Minden in den Kanal gepumpt wird, wäre das im Odergebiet aufzuspeichernde Spree-Zuschußwasser für die Schiffbarkeit der Oder dienstbar zu machen und bei Fürstenberg in die Spree überzuleiten.

Der Zeitpunkt einer Erweiterung läßt sich jedoch vielleicht länger hinausschieben. Noch vor 30 bis 40 Jahren war eine Wasserführung, bei der die Wasserspense im Spreegebiet bis auf etwa 1,5 sl/qkm herabging, ein äußerst seltener Ausnahmefall. Die damals kleinste Abflußmenge von 15,5 cbm/sek bei Berlin ist im 48jährigen Zeitraum 1821/68 nur drei- bis viermal auf je einige Tage erreicht worden; sonst war stets mehr Niedrigwasser vorhanden. Seitdem die Wasserentnahme in Groß-Berlin mit Riesenschritten vorangegangen ist, hat sich dies freilich erheblich geändert. Im Jahrfünft 1891/95 wurde die Schadengrenze in zwei Jahren unterschritten, aber 1896/1900 in keinem Jahre. Im Jahrfünft 1901/05 fand nur in einem Jahre eine, jedoch überaus gründliche Unterschreitung statt. Im Jahrfünft 1906/10 reichten drei Jahre nahe an die Schadengrenze heran. Im letzten Jahrfünft 1911/15 ist sie in jedem Jahre auf lange Dauer unterschritten worden. Dieser Mißstand, dem durch die künstliche Speisung abgeholfen werden soll, hat seinen Grund nicht ausschließlich in der Beraubung des Wasserschatzes durch die fortschreitende Wasserentnahme, sondern zum Teile in einer durch Klimaschwankung verursachten Häufung von Trockenjahren. Im Wesen dieser Schwankungen liegt es, daß auf die Reihe vorwiegend trockener Jahre wieder eine Reihe mit vorwiegend nassen Jahren folgt. Indessen tut man gut, sich nicht auf diese Fürsorge der Natur allein zu verlassen, sondern nach Möglichkeit selbst für die Bereicherung des unterirdischen Wasserschatzes zu sorgen.

3. Bereicherung des unterirdischen Wasserschatzes und künstliche Grundwassererzeugung.

Eine Bereicherung des unterirdischen Wasserschatzes erfolgt durch den Übergang von Flußwasser in den Untergrund auf Kosten des oberirdischen Wasserschatzes, also auch durch denjenigen Teil des Zuschußwassers, der während der künstlichen Speisung in das Grundwasser übergeht. Weil die Stauhöhe des Berliner Oberwassers nicht erhöht, mithin der Höhenunterschied zwischen Fluß- und Grundwasserspiegel nicht vergrößert wird, so ist nicht zu erwarten, daß künftighin der unterirdische Wasserschatz dort wesentlich mehr als bisher bereichert würde. Ähnliches gilt auch für andere gestaute Strecken. Eine solche selbsttätige Bereicherung des unterirdischen Wasserschatzes hätte nur nebensächlichen Wert und wäre nachteilig für den Hauptzweck der künstlichen Speisung. Jedenfalls muß bei Wasserflemlen das Augenmerk hauptsächlich auf die Verstärkung des oberirdischen Wasserschatzes gerichtet sein, indem man den aufgespeicherten Wintervorrat benutzt, um die unter das Schadengrenzmaß herabgegangenen Niedrigwassermengen auf 15 cbm/sek zu ergänzen. Es gibt aber auch Jahre und Jahresreihen, in denen hierzu kein Bedarf vorliegt, weil die geringste Abflußmenge des Jahres größer als 15 cbm/sek bleibt. Geschieht dies, so steht der im Winter aufgespeicherte Wasservorrat zur anderweitigen Verfügung und kann verwandt werden, um mit besonderen Einrichtungen (Sickergräben, Sickerleiche) den Grundwasserschatz in Nähe der jetzigen und zukünftigen Wasserwerke zu bereichern ohne Nachteil für den Hauptzweck der künstlichen Speisung. Allerdings erfordert das Überpumpen des Flußwassers in die Gräben oder Leiche beträchtliche Kosten.

Man würde daran denken können, den in Jahren ohne Bedarf einer künstlichen Speisung gesparten Speicherinhalt in den Staubecken bis zum nächsten Winter aufzubewahren, und wenn dieser trocken ausfällt, sogar bis zum darauffolgenden Sommer. Die Zurückhaltung eines gewissen Teiles der aufgespeicherten Wassermassen von Jahr zu Jahr empfiehlt sich sicherlich. Denn ein derartiger eiserner Bestand gleicht die Ver-

chiedenheit der Wasserführung der einzelnen Jahre einigermaßen aus. Was jedoch darüber hinaus im Spätsommer, sobald keine Wasserflemme mehr zu befürchten ist, anderweit verfügbar bleibt, kann man für die Auffüllung der Senkungstrichter bei den Grundwasserwerken oder für die Erzeugung künstlichen Grundwassers benutzen. Gerade die Monate August/Oktober eignen sich am besten für die Aufnahme von Oberflächenwasser in den Untergrund, weil in ihnen der Grundwasserspiegel am niedrigsten zu stehen pflegt.

Im November/Dezember wächst der Grundwasserstand beträchtlich, da in diesen Monaten viel Flußwasser aus den zahlreichen gestauten Bächen, Flüssen und Seen der Mark in das Grundwasser übergeht. In dieser Zeit wechseln die Besitzer der Stauanlagen den niedrigen Sommerstau in den hohen Winterstau um, werden die Fischteiche gefüllt usw., wobei erhebliche Wassermassen vorübergehend dem freien Abfluß entzogen werden. Mit der wachsenden Druckhöhe vermehrt sich der Anreiz für das Flußwasser, nach dem anfangs noch sehr niedrig stehenden Grundwasser zu entweichen. Wie die im dritten Abschnitt mitgeteilte Darstellung des Wasserhaushaltes der Havel zeigt, findet im November der Übergang in das Grundwasser reichlicher statt als in allen übrigen Monaten. Auch dadurch kommt die erwähnte Erscheinung zum Ausdruck, daß die Niedrigwassermengen weit über die Zeit der starken Verdunstung hinaus bis zum Winteranfang anhalten.

Durch geeignete Einrichtungen läßt sich der Übergang des Flußwassers in den zur Wasserversorgung dienenden Grundwasserstrom regeln oder sogar künstliches Grundwasser erzeugen, das die guten Eigenschaften besitzt, die das Grundwasser vor dem gereinigten Flußwasser auszeichnen. Solange die Spree reichlich viel Wasser führt, kann ihr unbedenklich Wasser für diesen Zweck entnommen werden. Ist die Wasserführung knapp, so müßte eine Unterbrechung eintreten, die jedoch aufhören darf, sobald Zuschußwasser abgelassen wird. Nur während scharf ausgeprägter Wasserflemmen bleibt kein Wasser für die Erzeugung künstlichen Grundwassers verfügbar. Bei den bisherigen Versuchen der Berliner Wasserwerks-Verwaltung ist es noch nicht gelungen, das zum Versickern gebrachte Flußwasser in gutes Grundwasser umzuwandeln, was einen äußerst langsamen Übergang erfordert. Wohl aber hat man eine Bereicherung des zu sehr ausgebeuteten Grundwasserträgers erzielt. Ob ein Verfahren nach den in Schweden und besser noch in Frankfurt a. M. vorhandenen Vorbildern sich auf die andersartigen Verhältnisse bei den Groß-Berliner Wasserwerken mit Vorteil übertragen läßt, würde durch Versuche festzustellen sein.

Vielleicht sind die Kosten, die zur Auffüllung der Senkungstrichter oder zur Erzeugung künstlichen Grundwassers aufgewandt werden müßten, höher als die Kosten, die künftighin für die Erweiterung der Staubeckenanlagen oder die Speisewasserentnahme aus dem Obergelände erforderlich sind. Andernfalls würde sich die Erweiterung lange hinauschieben lassen, wenn es gelingt, die Aufspeicherung des winterlichen Überschusses auch in den Jahren mit weniger trockenen Sommern für die Verstärkung des Grundwasserchokes nutzbar zu machen. Wird der in solchen Jahren nicht gebrauchte Wasservorrat je nach den örtlichen Verhältnissen der Wasserwerke zur Bereicherung des Grundwasserträgers oder zur Erzeugung künstlichen Grundwassers verwandt, so bildet diese Verwendung ein Glied in der Kette einer sorglichen ober- und unterirdischen Wasserwirtschaft.



Gedruckt in der Königl. Hofbuchdruckerei von C. S. Mittler & Sohn
Berlin SW 68, Kochstraße 68-71.

19.5

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA

III 33428
L. inw.

Kdn., Czapskich 4 — 678. 1. XII, 52. 10.000

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000305623