

# berlinbeach

## Erarbeitung eines Verfahrens zur Vermeidung von Einleitungen aus der Mischkanalisation in städtische Fließgewässer

Vorstudie zur Grundlagenermittlung und Untersuchung der prinzipiellen Machbarkeit aus siedlungswasserwirtschaftlicher und technischer Sicht



Autoren / Gutachter:  
Professor Dr.-Ing. Norbert Engel, FHTW  
Dr. Peter Moll, ecom.AG  
Dipl.-Ing. Ralf Steeg, Botanisches Büro Berlin

Auftraggeber: Kompetenzzentrum Wasser Berlin gGmbH

Mai 2004

**KOMPETENZ**ZENTRUM  
Wasser Berlin

Projektfinanzierung



## Vorwort

Bald wird man, wenn man über die Oberbaumbrücke fährt, in der Spree badende Kinder sehen, Büroangestellte, die aus ihrer Aktentasche eine Badehose holen, um in der Mittagspause ein wenig zu schwimmen und vielleicht Tauchschulen, die ihren Unterricht mitten in der Stadt in der Spree abhalten. Der Fluss wird nicht mehr ein unbeachtetes Gewässer sein, sondern zum Mittelpunkt der Stadt werden: Der Fluss als Garten. Es wird ein normaler Zustand sein. Und schnell wird man vergessen, dass dies 100 Jahre nicht so war.

Berlin hat sich entschlossen, den Gewässern und den an sie angrenzenden Gebieten eine zentrale Rolle in der Entwicklung der Stadt zuzuschreiben. Genannt seien hier der Wasserlagenentwicklungsplan, die Entstehung der Wasserstädte Spandau und Rummelsburger Bucht, das Wassertourismuskonzept, der Uferwegebegleitplan und nicht zuletzt und als wichtigste Punkte, die Massnahmen zur Verbesserung der Wasserqualität: Abschaltung des Klärwerks Falkenberg, der Abwasserbeseitigungsplan und der Sanierungsbescheid für die Mischkanalisation. Ist nicht die Verfolgung und Erreichung des Ziels „Badegewässerqualität“ in allen Berliner Gewässern notwendige Konsequenz?

Seit dem Jahr 2001 verfolgt das Botanische Büro, seit 2003 zusammen mit der e-com.AG Köln das Projekt berlinbeach®. Anfänglich nur dem Gedanken verfallen, dass es möglich sein müsste, die Gewässerqualität zu verbessern, tauchte schnell ein schier unüberwindliches Problem auf: Die Berliner Mischkanalisation - ehemals das modernste Abwassersystem der Welt - entlastet bei starken Regenfällen enorme Mengen hochbelastetes Abwasser in die Spree. Da die Probleme auf konventionelle Weise, besonders unter dem Gesichtspunkt der finanziellen Lage der Stadt Berlin, höchstens eingedämmt aber nicht gelöst werden konnten, galt es, neue Wege zu beschreiten:

In der Einfachheit des Lösungsansatzes spiegelt sich die Klarheit dieser Vision wieder: Dort, wo das Abwasser aus der Mischkanalisation in den Fluss überläuft, werden Tanks installiert, die das Wasser aus der Kanalisation aufnehmen.

Lässt der Regen nach und die Rohre sind wieder frei, wird es aus den Tanks wieder in die Kanalisation zurück gepumpt. Diese Lösung ist nicht nur ausgesprochen ökonomisch im Materialeinsatz – berlinbeach® schafft auf lange Sicht nutzbare und vermietbare Flächen dort, wo es am schönsten ist: auf den Tanks als Inseln im Fluss, inmitten der Stadt.

Wo Umweltprogramme oft über sehr lange Zeiträume hinweg Anstrengung und Verzicht fordern, entstehen schon im ersten Schritt sichtbare Freizeitflächen, die zum Symbol der ökologischen Veränderungen im Wasser werden. So wird sich die Vision einer Stadt am Fluss rasch mit Leben füllen.

Seit Beginn des Projektes galt es, drei Grundbedingungen zu berücksichtigen: die technische Durchführbarkeit, die Finanzierbarkeit sowie die Akzeptanz in der Bevöl-

kerung und bei den politischen Entscheidungsträgern. Die technische Machbarkeit und siedlungswasserwirtschaftliche Sinnhaftigkeit wird in der anliegenden Studie festgestellt.

Überrascht waren wir von der gesellschaftlichen Akzeptanz, die weit über das Erwartete hinaus ging. In hunderten von Gesprächen wurde den Initiatoren Kooperationsbereitschaft und Unterstützung zugesichert.

Die Erreichung der Badegewässerqualität ist für das Jahr 2007 / 2008 geplant. Bis dahin wird es noch vieler Anstrengungen bedürfen.

Sicher ist, dass berlinbeach® die Probleme nicht allein lösen kann.

Erreicht wird das Ziel, wenn die Entscheidungsträger in der Politik, Verwaltungs- und Finanzwelt sich dafür entscheiden, dass im Berlin der Zukunft ein Fluss mit klarem Wasser durch die Stadt fließen soll.

Berlin, Mai 2004  
Ralf Steeg

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b><u>Einführung</u></b>	<b>Seite 1</b>
1.1	Projektidee berlinbeach	Seite 1
1.2	Das Entwässerungssystem Berlins	Seite 1
1.3	Festlegung des Projektgebietes	Seite 4
1.4	Durchgeführte Besprechungen	Seite 5
1.5	Aufgabe und Ziel der durchgeführten Untersuchungen	Seite 5
<b>2</b>	<b><u>Generelle technische Konzeption</u></b>	<b>Seite 7</b>
2.1	Ausläufe der Mischwasserkanalisation im Projektgebiet	Seite 7
2.2	Optimierung des erforderlichen Speichervolumens	Seite 9
2.3	Wahl der maßgebenden Speichervolumina	Seite 16
2.4	Möglichkeiten der Volumenbereitstellung	Seite 16
2.5	Abschätzung des Kostenrahmens	Seite 22
<b>3</b>	<b><u>Voraussetzungen zur Erzielung der Badegewässerqualität</u></b>	<b>Seite 29</b>
3.1	Bewertung der Erreichbarkeit der Badegewässerkonformität	Seite 29
3.2	Verkehrsrechtliche Belange	Seite 35
3.3	Sonst. aktuell vorliegende Genehmigungsverfahren im Projektgebiet	Seite 38
3.4	Zuwegungsrechte und städtebauliche Belange	Seite 40
<b>4</b>	<b><u>Untersuchung konstruktiver u. hydraulischer Fragestellungen</u></b>	<b>Seite 41</b>
4.1	Konstruktive Fragestellungen	Seite 41
4.2	Hydraulische Untersuchungen	Seite 45
<b>5</b>	<b><u>Bearbeitung weitergehender technischer Einzelfragen</u></b>	<b>Seite 57</b>
5.1	Auswirkung auf die Reinigungsleistung der Klärwerke	Seite 57
5.2	Einrichtungen zur Entleerung der Speicher	Seite 62
5.3	Reinigung der Speicher	Seite 65
5.4	Geruchsproblematik, Be- und Entlüftung	Seite 65
5.5	Mess-, Steuerungs- und Regeltechnik	Seite 66
5.6	Betrieb der Anlagen	Seite 67
5.7	Sonstige Belange	Seite 68
<b>6</b>	<b><u>Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse</u></b>	<b>Seite 69</b>
<b>7</b>	<b><u>Ausblick</u></b>	<b>Seite 74</b>
<b>8</b>	<b><u>Literatur- und Quellenverzeichnis</u></b>	<b>Seite 79</b>

# 1 Einführung

## 1.1 Projektidee berlinbeach

Die Grundidee des Projektes berlinbeach ist im Rahmen einer Diplomarbeit (Berger, Steeg, 2001) im Studiengang Landschaftsarchitektur und Umweltplanung an der Technischen Fachhochschule Berlin entwickelt worden. Unter anderem aufbauend auf der Geschichte des Badens in Flüssen ist die Vision entstanden, die zukünftige Nutzung der innerstädtischen Spree als Badegewässer trotz der vorhandenen Gewässerverschmutzung zu realisieren.

Das Baden in Flüssen war bis zum Beginn des letzten Jahrhunderts in Berlin eine Selbstverständlichkeit. Zahlreiche öffentliche Flussbäder befanden sich im Bereich der innerstädtischen Spree. Erst durch die mit der beginnenden Industrialisierung und der wachsenden Bevölkerung zunehmende Verschlechterung der Wasserqualität mussten die städtischen Bäder geschlossen werden und wurden durch die auch heute noch weitgehend genutzten Strandbäder im Stadtrandgebiet ersetzt.

Die derzeitige stoffliche Belastung der Spree im Projektgebiet erfolgt durch die Einträge aus den Brandenburger Zuflüssen, dem Klarwasserablauf des Klärwerkes Münchehofe, den Einleitungen aus dem Berliner Trennsystem sowie den Mischwasserentlastungen des Berliner Mischsystems.

Es ist davon auszugehen, dass die Überläufe aus dem Mischsystem der Berliner Kanalisation eine wesentliche Verschmutzungsquelle der Spree darstellen. Vorrangiges Ziel des Projektes berlinbeach ist es daher, die Mischwasserentlastungen durch in der Spree angeordnete Speicher (Fangbecken) weitgehend zu vermeiden und dadurch die Badegewässerqualität in der innerstädtischen Spree nach Möglichkeit zu gewährleisten. Darüber hinaus ist vorgesehen, die Speicher mit entsprechenden Aufbauten zu versehen und diese zur Refinanzierung der Maßnahme zu nutzen.

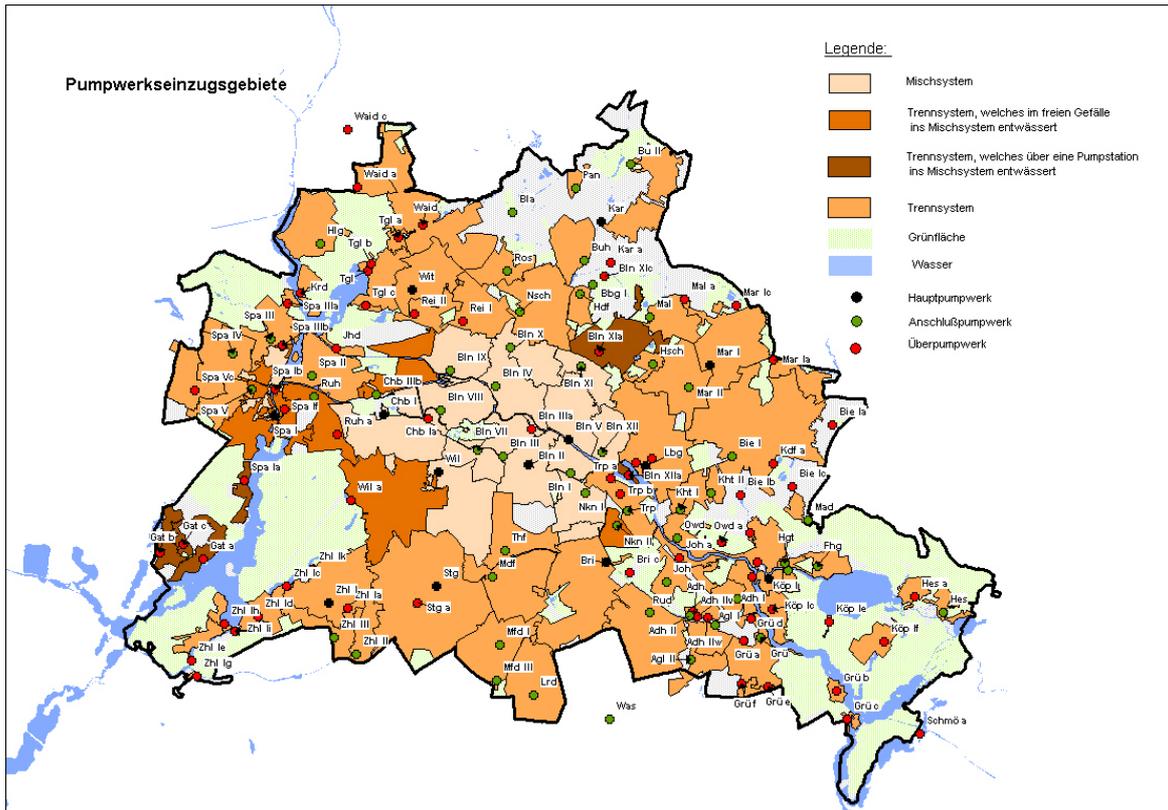
## 1.2 Das Entwässerungssystem Berlins

Die Trinkwasserförderung erfolgt in Berlin historisch gewachsen nahezu ausschließlich innerhalb der Stadtgrenzen. Berlin ist damit eine der wenigen europäischen Metropolen, deren Wasserversorgung fast vollständig aus den innerhalb des Stadtgebietes liegenden Grundwasservorräten erfolgt, und die gleichzeitig ihre Abwasserentsorgung auf dem gleichen Stadtgebiet bewältigen muss.

Die Entwässerung Berlins erfolgt sowohl im Trenn- als auch im Mischsystem. Abbildung 1-1 zeigt schematisch die Entwässerungssituation Berlins. Im Südosten tritt die Spree in Berlin ein, fließt dann durch den Großen Müggelsee und schließlich von Ost nach West durch die Stadt, um dann in der Havel zu münden, die Berlin im Westteil der Stadt von Norden nach Süden durchfließt. Im Südwesten Berlins befinden

det sich der Große Wannensee, ein Seitenarm der Havel. Der Abstrom sämtlicher nach Berlin zufließender und in Berlin entstehender Abflüsse erfolgt im Südwesten über die Havel.

Die Gesamtlänge der Kanalisation Berlins beträgt mehr als 9.000 km. Etwa drei Viertel der kanalisiert Gebiete Berlins werden im Trennsystem entwässert, während die Innenstadt, etwa ein Viertel der Gesamtfläche, im Mischsystem entwässert wird.



**Abbildung 1-1: Prinzipskizze Berliner Entwässerungssystem (BWB, 2003)**

Das anfallende Abwasser wird durch mehr als 140 Pumpwerke und über 1.000 km Abwasser-Druckrohrleitungen den sechs Berliner Kläranlagen zur Reinigung zugeführt. Dort werden im Schnitt insgesamt ca. 600.000 Kubikmeter Abwasser pro Tag gereinigt.

## Mischsystem

Die Gesamtlänge der Berliner Mischkanalisation beträgt ca. 2.000 km. Im Mischsystem werden Regen- und Schmutzwasser gemeinsam in einem Kanal abgeleitet. Besonders in der hoch verdichteten Innenstadt, wo es unter den Straßen durch unterirdische Leitungs- und Verkehrssysteme sehr eng zugeht, ist dieses System

von Vorteil. Andererseits fällt bei der Bemessung der Kanalisation der Regenwasseranteil sehr stark ins Gewicht, weil bei Regen ein Vielfaches des Abwassers abzuleiten ist als bei trockenem Wetter. Da in Klärwerken nur das Zwei- bis Dreifache des Trockenwetterabflusses mit ausreichender Reinigungsleistung behandelt werden kann, werden im Mischsystem Regenentlastungsanlagen angeordnet. Sie haben die Aufgabe, bei starken Niederschlägen das Mischwasser zu speichern und zeitverzögert dem Klärwerk zuzuleiten oder das Mischwasser in ein nahe liegendes Gewässer einzuleiten, wenn die Speicherkapazität erschöpft ist. Dies führt zwangsläufig zu erheblichen Gewässerbelastungen.



Abbildung 1-2: Prinzipskizze Mischsystem

## Trennsystem

Im Trennsystem werden Schmutzwasser und Regenwasser in zwei voneinander getrennten Kanalisationssystemen abgeleitet. Die insgesamt ca. 4.000 km Schmutzwasserkanäle in Berlin leiten das häusliche, gewerbliche und industrielle Abwasser zu den Klärwerken. Der Vorteil ist, dass das Abwasser in gleichmäßig konzentrierter

Form anfällt und die großen Regenwassermengen nicht durch die Kanäle, Druckrohre und Reinigungsanlagen transportiert werden müssen. Die mehr als 3.000 km Berliner Regenwasserkanäle nehmen die Niederschläge auf, die auf Straßen, Dächer und Höfe fallen, ebenso Kühlwasser aus Betrieben oder das Wasser von Entwässerungsgräben, und leiten diese in das nächste Gewässer. Regenwasser wird durch Abfälle, Abrieb der Straßendecke und der Autoreifen, Ölverluste und Abgase von Kraftfahrzeugen, Exkrememente von Tieren, Feststoffe von Baustellen usw. verschmutzt. Diese Stoffe werden über die Regenwasserkanäle auch in die Gewässer geleitet. Zur

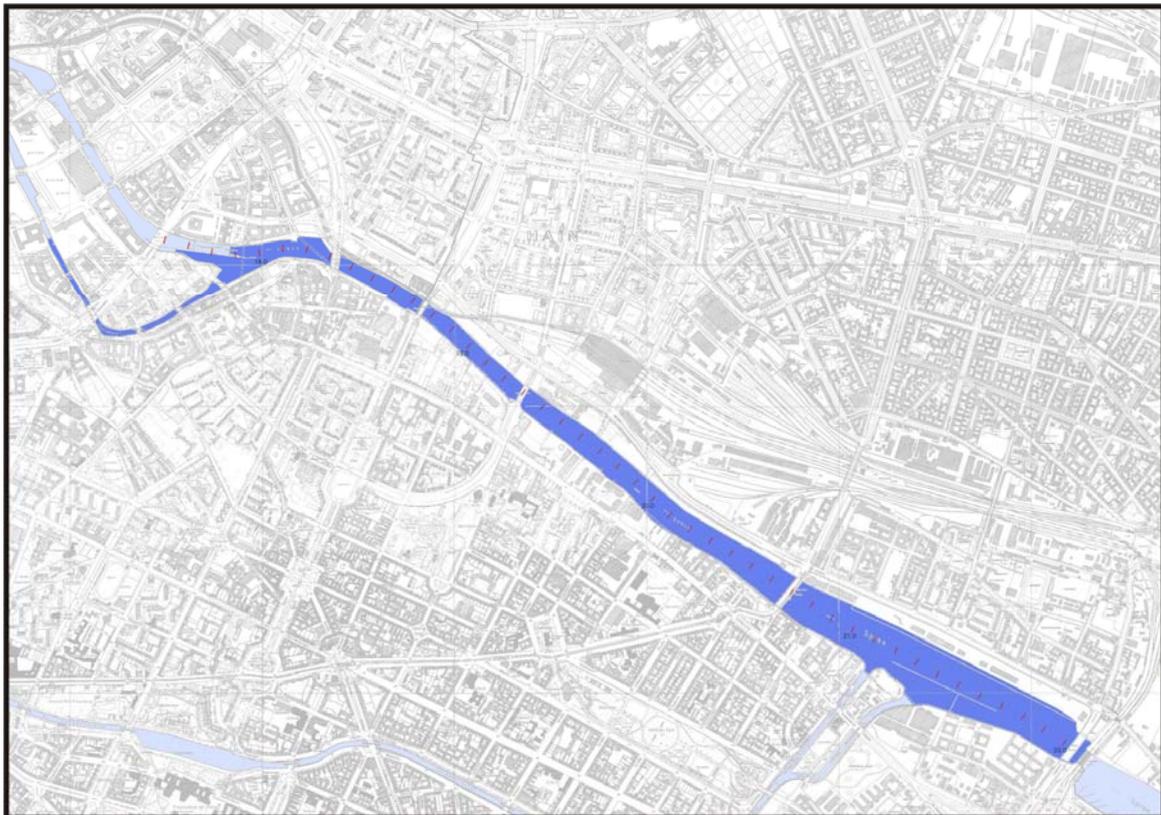


Abbildung 1-3: Prinzipskizze Trennsystem

Reinigung des Regenwassers werden deshalb an Haupteinleitungsstellen vermehrt Regenwasserbehandlungsanlagen angeordnet.

### 1.3 Festlegung des Projektgebietes

Das Projektgebiet berlinbeach befindet sich im Bereich der innerstädtischen Spree und erstreckt sich von der Eisenbrücke (Spree-km 22,1) im Osten bis zur Mühlendammschleuse im Westen (Spree-km 17,8) bzw. bis zum Wehr im Spreekanal/Kupfergraben in Höhe des Auswärtigen Amtes, s. Abb. 1-4.



**Abbildung 1-4: Übersicht Projektgebiet**

Die Gesamtlänge des Projektgebietes beträgt demnach ca. 4,3 km im Bereich der innerstädtischen Spree. Amtliche digitale Daten zur Flusskilometrierung waren nicht verfügbar, deshalb wurde die eingetragene Flusskilometrierung eigenständig konstruiert. Die Angabe dient insofern lediglich zur Orientierung und ist für liegenschaftsrelevante Angaben nicht relevant.

## **1.4 Durchgeführte Besprechungen**

Das Vorhaben berlinbeach betrifft eine Reihe von beteiligten Institutionen und deren jeweilige Zuständigkeiten. Zur Untersuchung der technischen und siedlungswasserwirtschaftlichen Machbarkeit, und insbesondere zur Abschätzung der Akzeptanz und Genehmigungsfähigkeit, wurden mehrere Abstimmungsgespräche mit folgenden Institutionen geführt.

- Berliner Wasser Betriebe, Organisationseinheit Abwasserentsorgung
- Berliner Wasserbetriebe, Organisationseinheit Netz- und Anlagenbau
- Wasserbehörde Berlin, Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Referat VIII D
- Dr. Motz, Gutachter Bakteriologie
- Ingenieurgesellschaft bpi Beratende Ingenieure, Hannover
- Referat Wasserwirtschaftliche Grundlagen VIII E, Senatsverwaltung für Stadtentwicklung
- Wasser- und Schifffahrtsamt Berlin
- Bezirksamt Kreuzberg/Friedrichshain, Stadtplanungsamt
- Landesamt für Arbeitsschutz, Gesundheitsschutz und technische Sicherheit Berlin
- Deutsche Binnenreederei, Berlin
- Dipl.-Ing. H. Wassmann, Büro für Wasserwirtschaft
- Dr. Schuhmacher – Ingenieurbüro für Wasser und Umwelt

Darüber hinaus wurden seitens der Gutachter viele Ortsbesichtigungen durchgeführt.

## **1.5 Aufgabe und Ziel der durchgeführten Untersuchungen**

Im Rahmen der vorliegenden Studie wird die grundsätzliche Machbarkeit aus technischer und siedlungswasserwirtschaftlicher Sicht untersucht. Diese Untersuchung beinhaltet die Bestandsanalyse der im Projektgebiet vorhandenen Ausläufe, der auftretenden Entlastungen sowie mögliche Speicherarten und –anordnungen.

Die Optimierung des erforderlichen Speichervolumens zur Gewährleistung der Zielsetzung Badegewässerqualität erfolgt in Abhängigkeit von den durchgeführten Schmutzfrachtberechnungen und unter Berücksichtigung technischer und wirtschaftlicher Randbedingungen.

Anschließend wird die Zielsetzung Erreichung von Badegewässerqualität im Projektgebiet aus bakteriell-hygienischer, verkehrswasserbaurechtlicher und sonstiger Sicht beurteilt. Darauf aufbauend werden konstruktive, hydraulische und technische Einzelfragen untersucht und entsprechende Empfehlungen ausgesprochen.

Abgeschlossen wird die vorliegende Machbarkeitsstudie mit einer Zusammenfassung der Ergebnisse und einer kurzen Darstellung von weiteren Lösungsansätzen und Perspektiven für das Projekt berlinbeach. Erste Abschätzungen der erforderlichen investiven Kosten werden im Rahmen der generellen technischen Konzeption angestellt.

Eine baureife Planung der Maßnahme ist nicht Gegenstand der Machbarkeitsstudie.

## 2 Generelle technische Konzeption

Die optimale Wahl des erforderlichen Speichervolumens ist aus mehreren Gründen von besonderer Bedeutung. Zum einen ist die Erreichung der Badegewässerqualität wichtige Zielstellung des Projektes, zum anderen ist die maximale Speicherkapazität aus technischen und wirtschaftlichen Gründen begrenzt. Darüber hinaus ist das maximal mögliche Entlastungsereignis aus der Mischwasserkanalisation aufgrund des stochastischen Charakters des Niederschlages nicht statistisch abgesichert vorhersehbar. Tatsächlich gibt es kein hydrologisches Ereignis, das nicht durch ein noch größeres übertroffen werden könnte.

Insofern ist die Optimierung des erforderlichen Speichervolumens unter wasserwirtschaftlichen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten mit der Zielsetzung der Gewährleistung der Badegewässerqualität ein wesentlicher Bearbeitungspunkt der vorliegenden Machbarkeitsstudie.

### 2.1 Ausläufe der Mischwasserkanalisation im Projektgebiet

Das Projektgebiet berlinbeach liegt im Bereich der innerstädtischen Spree und erstreckt sich von der Eisenbrücke im Osten bis zur Mühlendammschleuse im Westen. Aus siedlungswasserwirtschaftlicher Sicht ebenfalls relevant sind damit auch die Mischwasserentlastungen in den Spreekanal/Kupfergraben bis zum Wehr in Höhe des Auswärtigen Amtes. Durch die beiden Wehre im westlichen Bereich des Projektgebietes ist eine eindeutige hydraulische Entkopplung nach unterstrom gewährleistet, so dass die unterhalb des Projektgebietes liegenden zahlreichen Mischwassereinleitungen vernachlässigt werden können. In nachstehendem Übersichtsplan sind die relevanten Auslaufbauwerke der Mischwasserkanalisation mit der zugehörigen eindeutigen Bauwerksnummer im Projektgebiet dokumentiert.



Abbildung 2-1: Auslaufbauwerke im Projektgebiet

Die wichtigsten Kenngrößen der einzelnen Auslaufbauwerke der Mischwasserkanalisation im Projektgebiet sind in den folgenden beiden Tabellen zusammengestellt.

**Rechtes Spreeufer:**

Name	Nr.	Berechnung bpi (erf. Volumen)	EZG	DN	Bemerkung
Bödicker Straße (Elsenbrücke)	14141.001	ja	XII	390	
Rochowstraße	15156.001	ja	XII	1000	
Danneckerstraße	15153.001	ja	XII	480	
Warschauer Straße	15162.002	ja	XII	Ma 3504/ 2058h	
Straße der Pariser Kommune	16172.001	ja	V	Kasten 4500/1800h	Schwelle eingebaut
Schillingbrücke	17175.009	-	V	Ma3000/ 1700h	
Michaelbrücke	17182.002	-	V	Ma 1560/880h	
Rolandufer (Alexanderstraße)	18185.002	-	V	Kasten 4500/2300h	Aufweitung am Auslass
<i>Notauslass Bln V geschlossen !</i>					

Tabelle 2-1: Kenndaten der Ausläufe am rechten Spreeufer

**Linkes Spreeufer:**

Name	Nr.	Berechnung bpi (erf. Volumen)	EZG	DN	Bemerkung
Pfuelstraße	15161.005	-	I	500	
Schillingbrücke	17175.008	-	I	500	wird wieder instandgesetzt
Michaelbrücke	17184.001	-	I	1000	
Inselstraße	17192.004	-	II	Ei 1250h/850br	Spreekanal
Neue Grünstraße	17193.014	-	II	Ei 1100h/900br	Spreekanal
Gertraudenbrücke	17191.001	-	III	Ei 1100h/900br	Spreekanal

**Tabelle 2-2: Kenndaten der Ausläufe am linken Spreeufer (bzw. Spreekanal)**

**2.2 Optimierung des erforderlichen Speichervolumens**

Die hydrodynamische Schmutzfrachtberechnung zur Ermittlung des erforderlichen Speichervolumens in Abhängigkeit von der Wiederkehrzeit der Entlastung ist anlässlich des Projektes berlinbeach im Rahmen einer kontinuierlichen Langzeitsimulation im Auftrag der Berliner Wasserbetriebe durch die Ingenieurgesellschaft bpi Hannover für folgende Auslässe mit den entsprechenden Ergebnissen durchgeführt worden (bpi, 2002). Die angegebene Wiederkehrzeit WKZ (a) entspricht der statistischen Auftretenswahrscheinlichkeit in Jahren, d.h. eine Wiederkehrzeit von 2 a bedeutet eine statistische Auftretenswahrscheinlichkeit alle zwei Jahre.

Name	Nr.	Erf. Speichervolumen (m <sup>3</sup> ) für Wiederkehrzeit WKZ (a)					
		WKZ = 0,2 a	WKZ = 0,5 a	WKZ = 1 a	WKZ = 2 a	WKZ = 5 a	WKZ = 10 a
Bödicker Straße (Elsenbrücke)	14141.001	55	246	433	768	1.450	1.750
Rochowstraße	15156.001	1.883	3.865	6.162	9.064	10.700	19.000
Danneckerstraße	15153.001	608	1.221	1.981	2.883	3.500	6.300
Warschauer Straße	15162.002	4.342	11.616	22.502	32.209	52.000	63.000
Straße der Pariser Kommune	16172.001	6.233	25.444	54.266	70.916	95.000	180.000
<b>Gesamt</b>		<b>13.121</b>	<b>42.392</b>	<b>85.344</b>	<b>115.840</b>	<b>162.650</b>	<b>270.050</b>

**Tabelle 2-3: erforderliche Speichervolumina für unterschiedliche Wiederkehrzeiten**

Der Reziprokwert der Wiederkehrzeit wird als Häufigkeit n (1/a) bezeichnet. Einer Wiederkehrzeit von 2 Jahren (alle zwei Jahre einmal im statistischen Mittel) entspricht demzufolge eine Häufigkeit von n = 0,5 (1/a). Es ist zu erkennen, dass die Größe des erforderlichen Speichervolumens mit seltener werdender Wiederkehrzeit

WKZ (a) zunimmt. In der folgenden Abbildung wird dieser Zusammenhang deutlich.

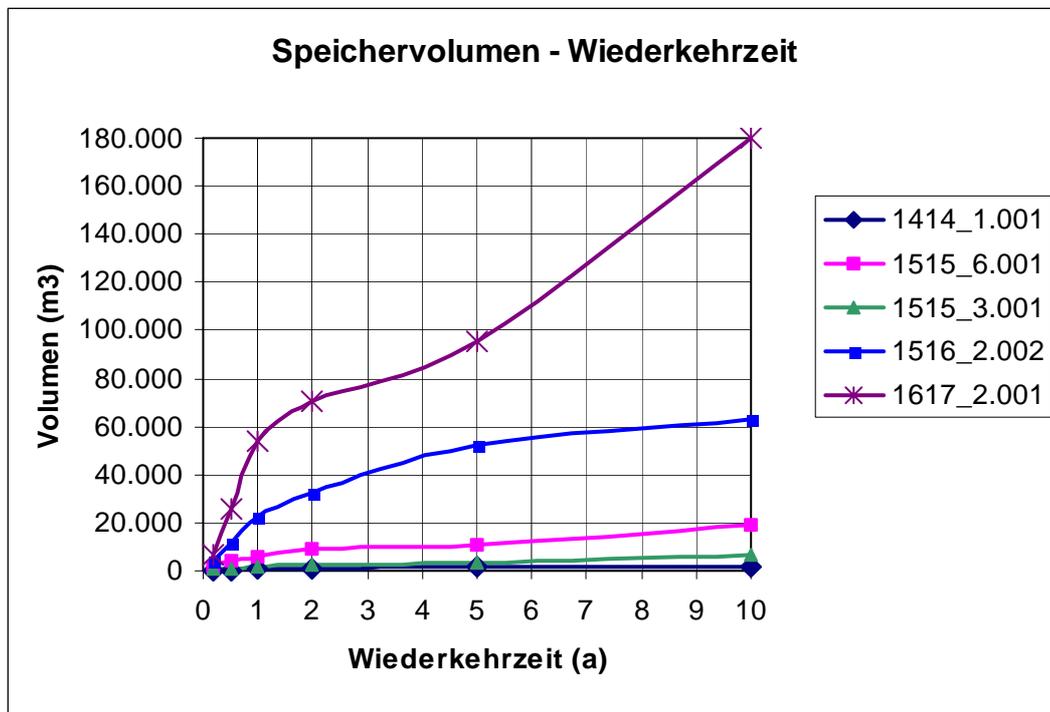


Abbildung 2-2: erf. Speichervolumina in Abhängigkeit von der Wiederkehrzeit der Überlastung (0,2a-10a)

Aufgrund des stochastischen Charakters des Niederschlages ergibt sich das Problem, dass die größte denkbare bzw. physikalisch mögliche Belastung rechnerisch nicht zuverlässig bestimmt werden kann, und darüber hinaus zu völlig unwirtschaftlichen Dimensionierungen führen würde. In dem Fall wären extrem große Speicherräume einzurichten, die im Mittel aber nur alle 10 Jahre genutzt würden, wie Abbildung 2-2 belegt.

Zur Verdeutlichung sei noch angemerkt, dass z. B. bei dem Starkregenereignis vom 7./8. August 1978 mit einer Niederschlagshöhe von  $h_N = 120$  mm innerhalb von einer Dauer  $T_N = 30$  h allein am Auslass 'Straße der Pariser Kommune' (16172.001) ein Entlastungsvolumen von ca. 300.000 m<sup>3</sup> in die Spree eingeleitet wurde, wie vorliegende Berechnungsergebnisse (bpi, 2002) zeigen. Da es grundsätzlich kein hydrologisches Ereignis gibt, das nicht von einem noch größeren übertroffen werden könnte, ist eine vollständige und absolute Vermeidung von Mischwasserentlastungen weder technisch möglich noch wirtschaftlich sinnvoll.

Im Zusammenhang mit den möglichen Auswirkungen der prognostizierten weltweiten Klimaveränderungen und globalen Erderwärmung wird seit einigen Jahren eine langfristig mögliche bzw. für einzelne Orte bereits zu beobachtende Zunahme der Auftretenswahrscheinlichkeit von Extremniederschlägen („Katastrophenereignisse“) diskutiert. Derartige Tendenzen lassen sich zum gegenwärtigen Zeitpunkt in sta-

tistischen Starkregenanalysen jedoch nicht bestätigen oder gar quantifizieren. Insofern ist der bisher praktizierte Bezug auf das zurückliegende Niederschlagsverhalten für Bemessungs- und Nachweisrechnungen unter wissenschaftlichen Gesichtspunkten derzeit noch immer der methodisch am besten abgesicherte Ansatz. Für die vorliegenden Berechnungsergebnisse ergibt sich nach derzeitigem Kenntnisstand aus diesem Zusammenhang deshalb vorerst kein Korrekturbedarf.

Da eine vollständige Vermeidung von Mischwasserentlastungen aus den vorgenannten Gründen nicht möglich ist, ist die Zielvorgabe einer maßgebenden Auftretenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit von den örtlichen Randbedingungen erforderlich. Dabei wird von einer bestimmten Versagenswahrscheinlichkeit ausgegangen, d. h. seltenere - und damit stärkere - Regen führen dann zu einer Systemüberlastung. Die nachstehende Abbildung zeigt den Zusammenhang zwischen erforderlichem Speichervolumen und Wiederkehrzeit der Überlastungen für den relevanten Bereich bis zu einer Wiederkehrzeit von  $WKZ = 0,2$  a bis  $WKZ = 2$  a.

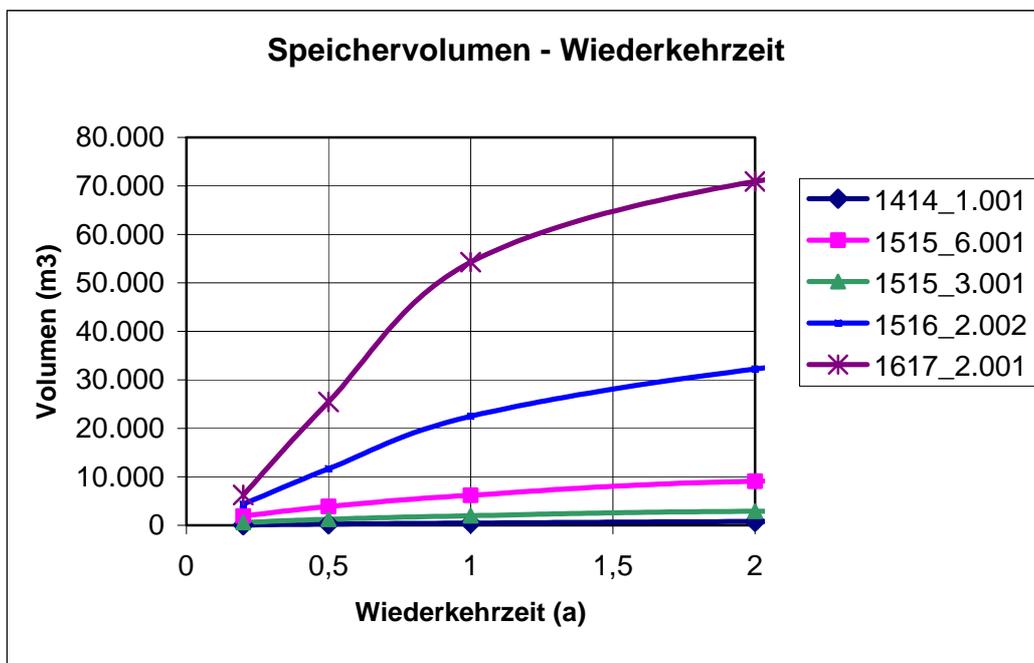


Abbildung 2-3: erf. Speichervolumina in Abhängigkeit von der Wiederkehrzeit der Überlastung (0,2a-10a)

Die Ermittlung der Berechnungsergebnisse zur Abhängigkeit zwischen erforderlichem Speichervolumen und Wiederkehrzeit der Überlastung für die übrigen Auslässe im Projektgebiet gemäß Abbildung 2-1 war nicht Gegenstand der bereits zitierten Untersuchung (bpi, 2002), deshalb liegen diese Ergebnisse nicht vor. Eine exakte Aussage ist daher nur durch weitere hydrodynamische Berechnungen dieser Einzugsgebiete mit entsprechendem Aufwand möglich.

Zur Abschätzung der erforderlichen Speichervolumina an den übrigen Auslaufstellen wird deshalb zunächst die funktionale Beziehung zwischen dem aus vorliegenden

Schmutzfrachtberechnungen (BWB, 07/2001; BWB, 06/2001/b) bekannten mittleren Entlastungsvolumen pro Auslaufbauwerk ( $\text{m}^3/\text{a}$ ) und dem für unterschiedliche maßgebende Wiederkehrzeiten gemäß Tabelle 2-3 errechneten Speichervolumen zugrunde gelegt.

Name	Nr.	mittl. jährliches Entlastungs- volumen	WKZ = 0,5a	Verhält- niswert	WKZ = 1a	Verhält- niswert	WKZ = 2a	Verhält- niswert
		( $\text{m}^3/\text{a}$ )	( $\text{m}^3$ )	(-)	( $\text{m}^3$ )	(-)	( $\text{m}^3$ )	(-)
Bödicker Straße (Elsenbrü- cke)	14141.001	1.617	246	0,152	433	0,267	768	0,475
Rochow straße	15156.001	20.017	3.865	0,193	6.162	0,307	9.064	0,453
Dannecker straße	15153.001	23.309	1.221	0,052	1.981	0,085	2.883	0,124
Warschauer Straße	15162.002	96.428	11.616	0,121	22.502	0,233	32.209	0,334
Straße der Pariser Kommune	16172.001	109.500	25.444	0,232	54.266	0,495	70.916	0,647

**Tabelle 2-4: funktionaler Zusammenhang zwischen mittlerem jährlichem Entlastungsvolumen und erforderlichen Volumina für unterschiedliche Wiederkehrzeiten**

Aus der tabellarischen Zusammenstellung sind zwei wesentliche funktionale Zusammenhänge erkennbar. Zum einen nimmt der Verhältniswert für jede Einleitungsstelle mit zunehmender Wiederkehrzeit zu. Dies ist plausibel, da seltenere Ereignisse größere Niederschlagshöhen und damit größere Entlastungsvolumina aufweisen, woraus relativ gesehen ein höherer Anteil am mittleren jährlichen Entlastungsvolumen resultiert.

Zum anderen ist ersichtlich, dass die in obiger Tabelle dargestellten funktionalen Zusammenhänge zwischen den mittleren Entlastungsvolumen pro Auslaufbauwerk und dem für unterschiedliche Wiederkehrzeiten errechneten Speichervolumen ausgesprochen hohe Variabilität aufweisen. Eine signifikante Korrelation kann daraus nicht abgeleitet werden, insofern ist es nicht möglich, aus diesen funktionalen Beziehungen auf die erforderlichen Rückhalte volumina für die übrigen Auslaufbauwerke zu schließen.

Begründet ist dies darin, dass das Jahresentlastungsvolumen abhängig von der Gesamtsituation des Einzugsgebietes ist, d. h. vom spezifischen Rückhalte volumen in

den vorhandenen Kanälen, von der Höhenlage und Verteilung der Regenüberlaufschwelen. Darüber hinaus gibt es Einzugsgebiete, die entweder volumenmäßig oder in Bezug auf die Abflussbelastung einer Begrenzung unterliegen.

Durch vorhandene Kanalnetzbewirtschaftung am Auslauf Pariser Kommune mit einem Rückhaltevolumen von  $V = 12.000 \text{ m}^3$  entlasten nur noch wenige Ereignisse pro Jahr. Insbesondere kurzfristige Starkregenereignisse mit vergleichsweise geringen Niederschlagshöhen werden weitgehend zurückgehalten.

Neben dem mittleren jährlichen Entlastungsvolumen liegt für alle Ausläufe auch das Entlastungsvolumen unter Ansatz des Berliner Modellregens MR60/n=1 vor, der als Belastungsgröße für die Kanalnetzrechnung angesetzt wird. Es handelt sich um einen synthetischen, intensitätsvariablen Regen, der aus insgesamt 12 Dauerstufen zusammengesetzt ist, die um das Maximum gruppiert werden. Für die jeweilige Häufigkeit werden einzelne Blockregen aus der Niederschlagshöhenstatistik entnommen und nach der für die Häufigkeit  $n = 1$  dargestellten zeitlichen Verteilung zusammengesetzt. Die Gesamtniederschlagshöhe des Modellregens MR60/n=1 beträgt  $h_N = 16,3 \text{ mm}$ , die Regendauer  $T_N = 1 \text{ h}$ .

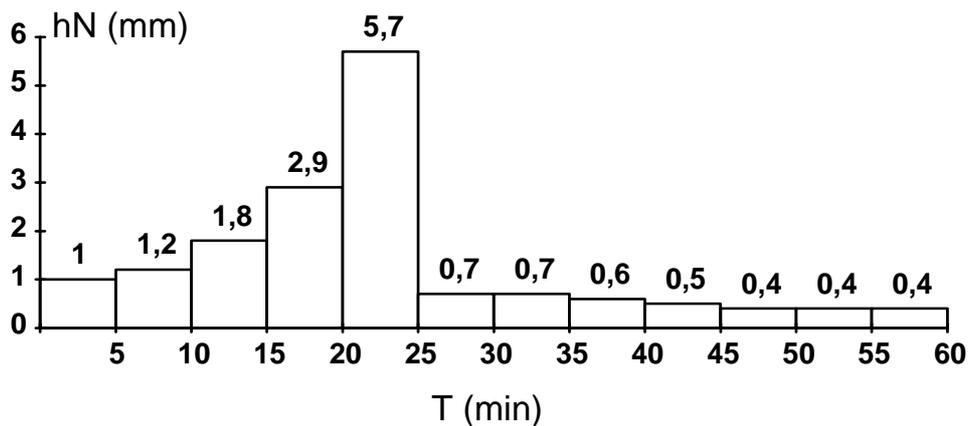


Abbildung 2-4: erf. Speichervolumina in Abhängigkeit von der Wiederkehrzeit der Überlastung (0,2a-10a)

Zur Abschätzung der erforderlichen Speichervolumina an den übrigen Auslaufstellen wird nachstehend die funktionale Beziehung zwischen dem aus vorliegenden Kanalnetzrechnungen (BWB, 07/2001; BWB, 06/2001/b) bekannten Entlastungsvolumen pro Auslaufbauwerk ( $\text{m}^3$ ) unter Ansatz der Niederschlagsbelastung MR60/n=1 und dem für unterschiedliche maßgebende Wiederkehrzeiten gemäß Tabelle 2-3 errechneten Speichervolumen abgeleitet.

Name	Nr.	Entlastungsvolumen MR60/n=1	WKZ = 0,5a	Verhältniswert	WKZ = 1a	Verhältniswert	WKZ = 2a	Verhältniswert
		(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(-)	(m <sup>3</sup> )	(-)	(m <sup>3</sup> )	(-)
Bödicker Straße (Elsenbrücke)	14141.001	338,3	246	0,727	433	1,280	768	2,270
Rochowstraße	15156.001	4.964	3.865	0,779	6.162	1,241	9.064	1,826
Danneckerstraße	15153.001	1.566	1.221	0,780	1.981	1,265	2.883	1,841
Warschauer Straße	15162.002	18.441	11.616	0,630	22.502	1,220	32.209	1,747
Straße der Pa- riser Kommune	16172.001	17.201	25.444	1,479	54.266	3,155	70.916	4,123

**Tabelle 2-5: funktionaler Zusammenhang zwischen Entlastungsvolumen für MR60/n=1 und erforderlichen Volumina für unterschiedliche Wiederkehrzeiten**

Auch in dieser Analyse ist erkennbar, dass der Verhältniswert zwischen Entlastungsvolumina für unterschiedliche Wiederkehrzeiten und dem Entlastungsvolumen unter Ansatz des Modellregens MR60/n=1 für jede Einleitungsstelle mit zunehmender Wiederkehrzeit ansteigt. Dies ist plausibel, da seltenere Ereignisse im Vergleich zum Bezugswert MR60/n=1 größere Niederschlagshöhen und damit größere Entlastungsvolumina aufweisen.

Darüber hinaus ist ersichtlich, dass die funktionalen Zusammenhänge zwischen dem Entlastungsvolumen infolge MR60/n=1 und dem für unterschiedliche Wiederkehrzeiten errechneten Speichervolumen für die ersten vier Auslaufbauwerke eine gute Korrelation aufweisen. Damit ist es möglich, aufgrund dieser Beziehungen näherungsweise auf die erforderlichen Rückhaltevolumina für die übrigen Auslaufbauwerke zu schließen, für die diese Berechnungsergebnisse nicht vorliegen. Im Zuge der baureifen Planung ist die exakte Ermittlung durch entsprechende hydrodynamische Berechnungen zwingend erforderlich.

Die Ergebnisse für das Auslaufbauwerk 16172.001 sind im Vergleich zu denen der ersten vier Ausläufe deutlich unterschiedlich. Dies ist darauf zurückzuführen, dass durch die vorhandene Kanalnetzbewirtschaftung am Auslauf Pariser Kommune mit einem Rückhaltevolumen von  $V = 12.000 \text{ m}^3$  nur noch wenige Ereignisse mit großen Niederschlagshöhen pro Jahr entlasten. Insbesondere kurzfristige Starkregenergebnisse mit vergleichsweise geringen Niederschlagshöhen werden weitgehend zurückgehalten. Insofern wird dieser Auslauf bei der Übertragung nicht berücksichtigt.

Zur Abschätzung der erforderlichen Speichervolumina wird daher das arithmetische Mittel der jeweiligen Verhältniswerte der unterschiedlichen Jährlichkeiten der ersten vier Auslaufbauwerke gemäß Tabelle 2-5 angesetzt.

Auf der Grundlage des ermittelten funktionalen Zusammenhanges zwischen dem Entlastungsvolumen unter Ansatz des Modellregens MR60/n=1 und dem für unter-

schiedliche Wiederkehrzeiten errechneten erforderlichen Speichervolumen kann für alle Auslaufbauwerke im Projektgebiet das erforderliche Speichervolumen für die maßgebenden Häufigkeiten abgeschätzt werden. Nachfolgende Tabelle zeigt die Ergebnisse unter Ansatz des arithmetischen Mittels der ersten vier Auslaufbauwerke.

#### Rechtes Ufer:

Name	Nr.	Erf. Speichervolumen (m <sup>3</sup> ) für Wiederkehrzeit WKZ (a)		
		WKZ = 0,5 a	WKZ = 1 a	WKZ = 2 a
Schillingbrücke	17175.009	3.833	6.583	10.101
Michaelbrücke	17182.002	2.630	4.517	6.931
Rolandufer (Alexanderstraße)	18185.002	14.868	25.535	39.179

**Tabelle 2-6: Abschätzung erforderlicher Speichervolumina rechtes Spreeufer**

Die ermittelten Werte für den Auslauf Rolandufer (18185.002) erscheinen im Vergleich zu den Ergebnissen der Untersuchung (bpi, 2002) für den Auslauf Straße der Pariser Kommune (16172.001) aufgrund der vergleichbaren Abmessungen gering. Zur exakten Ermittlung wird die Durchführung einer hydrodynamischen Schmutzfrachtberechnung empfohlen.

#### Linkes Ufer:

Name	Nr.	Erf. Speichervolumen (m <sup>3</sup> ) für Wiederkehrzeit WKZ (a)		
		WKZ = 0,5 a	WKZ = 1 a	WKZ = 2 a
Pfuehlstraße	15161.005	410	704	1.080
Schillingbrücke	17175.008	244	419	644
Michaelbrücke	17184.001	181	310	476
Inselstraße	17192.004	190	327	501
Neue Grünstraße	17193.014	330	567	870
Gertraudenbrücke	17191.001	1.354	2.326	3.569

**Tabelle 2-7: Abschätzung erforderlicher Speichervolumina linkes Ufer**

Im Falle der Realisierung der geplanten Maßnahmen, d. h. im Vorfeld einer baureifen Planung ist eine hydrodynamische Langzeitsimulation zur Ermittlung der erforderlichen Speichervolumina in Abhängigkeit der jeweiligen Jährlichkeit für alle Auslaufbauwerke in gleicher Form wie bislang für die ersten fünf Auslaufbauwerke vorliegend (bpi, 2002) zwingend erforderlich.

### **2.3 Wahl der maßgebenden Speichervolumina**

Die Wahl der maßgebenden Speichervolumina muss in Abwägung zwischen der Gewährleistung der Erreichung der Badegewässerqualität einerseits und den resultierenden Kosten sowie der erforderlichen Flächeninanspruchnahme andererseits getroffen werden. Ein Rückhalt mit auftretenden Entlastungen von zweimal pro Jahr im statistischen Mittel mit der Folge eines jeweils etwa einwöchigen Badeverbotes erscheint nicht ausreichend, zumal die Entlastungen in der Regel in den Sommermonaten auftreten.

In Anbetracht der Zielstellung des Projektes und unter Beachtung der örtlichen Gegebenheiten sowie der wirtschaftlichen Randbedingungen wird empfohlen, grundsätzlich einen Rückhalt in der Größenordnung von  $n = 1$  (einmal pro Jahr) anzuordnen. Dies bedeutet, dass es im statistischen Mittel im Schnitt seltener als einmal pro Jahr zu einer Überlastung der angeordneten Speicher und damit zu einer Entlastung von Mischwasser in die Spree kommt.

Bei den kleineren Auslässen im Projektgebiet können aufgrund der örtlichen Gegebenheiten größere Rückhaltevolumina in Betracht gezogen werden, so dass an diesen Auslässen grundsätzlich von noch selteneren Entlastungsereignissen auszugehen wäre.

Eine weitergehende Behandlung und Desinfektion des Entlastungsabflusses erscheint aus verfahrenstechnischen und wirtschaftlichen Gründen derzeit nicht realisierbar, hier ist weiterer Forschungsbedarf erforderlich. Eine Prüfung dieser Frage für das Projekt "Berliner Bogen" in Hamburg ergab, dass eine Behandlung der Mischwassermengen bereits in den Speicherbehältern zu deutlich zu hohen finanziellen Aufwendungen führen würde.

### **2.4 Möglichkeiten der Volumenbereitstellung**

Aus der vorstehenden Empfehlung zur Wahl der maßgebenden Speichervolumina an den jeweiligen Auslaufbauwerken kann der Platzbedarf für Speicheranlagen überschlägig ermittelt werden.

Bestandspläne wie Querprofile, Peilungen oder vergleichbare Unterlagen liegen im Projektgebiet nach schriftlicher Angabe des WSA Berlin (Schreiben vom 08.03.2004) nicht vor. Die freundlicherweise auf Vermittlung des Referates Wasserwirtschaftliche Grundlagen, SenStadt, durch die Ingenieurgesellschaft Dr. Schuhmacher – Ingenieurbüro für Wasser und Umwelt zur Verfügung gestellten Profildaten des instationären hydrodynamischen Berechnungsprogrammes für die Berliner Oberflächengewässer lassen auf mittlere Wassertiefen von ca. 2,0 m – 2,5 m im näheren Uferbereich schließen.

Für die nachfolgend durchgeführte überschlägige Ermittlung des erforderlichen Platzbedarfes wird davon ausgegangen, dass quaderförmige schwimmende Spei-

cherbehälter mit einer Fülltiefe von zwei Metern eingesetzt werden. Weiterhin wird angenommen, dass die Schwimmkörper nicht auf der Sohle der Spree aufsetzen werden, da es aufgrund heterogener Bodenverhältnisse zu unterschiedlichen Setzungen und damit zu entsprechenden Schief lagen der Aufbauten sowie zur ökologisch nachteiligen Beeinträchtigung des Gewässersedimentes kommen kann. Zusätzlich zum gespeicherten Volumen ist eine Wassertiefe von ca. 0,4 m zur Gewährleistung der erforderlichen Auftriebskraft für das Eigengewicht der Behälter erforderlich. Dies bedeutet, dass der Wasserspiegel im Behälter bei maximaler Füllung ca. 0,4 m unter dem jeweiligen Wasserspiegel der Spree liegen muss. Insofern ist eine mittlere Wassertiefe von 2,5 m im Uferbereich für die Speicherung der erforderlichen Volumina erforderlich. Zusätzlich ist noch ein Tiefpunkt zur Entleerung anzuordnen (s. Kapitel 6.2). Zur konkreten Berechnung für jedes einzelne Auslaufbauwerk sind im Rahmen der baureifen Planung entsprechende Peilungen vor Ort durchzuführen.

Bei dieser überschlägigen Flächenermittlung sind zusätzliche Auflasten infolge von Aufbauten nicht berücksichtigt. Zur Abtragung zusätzlicher Verkehrslasten muss zusätzlicher Auftrieb bereitgestellt werden, d. h. es müssen größere Flächen in Anspruch genommen werden, als in Tabelle 2-8 dargestellt (s. Kapitel 5).

Name	Nr.	EZG	erf. Volumen (m <sup>3</sup> ) [n=1]	erf. Fläche (m <sup>2</sup> ) [t = 2 m]	erf. Länge (m) [b = 20 m]
Bödicker Straße (Elsenbrücke)	14141.001	XII	433	216,5	10,8
Rochowstraße	15156.001	XII	6.162	3.081,0	154,1
Danneckerstraße	15153.001	XII	1.981	990,5	49,5
Warschauer Straße	15162.002	XII	22.502	11.251,0	562,6
Straße der Pariser Kommune	16172.001	V	54.266	27.133,0	1.356,7
Schillingbrücke	17175.009	V	6.583	3.291,5	164,6
Michaelbrücke	17182.002	V	4.517	2.258,5	112,9
Rolandufer (Alex- anderstraße)	18185.002	V	25.535	12.767,5	638,4
Pfuelstraße	15161.005	I	704	352,0	17,6
Schillingbrücke (linkes Ufer)	17175.008	I	419	209,5	10,5
Michaelbrücke (linkes Ufer)	17184.001	I	310	155,0	7,8
Inselstraße	17192.004	II	327	163,5	8,2
Neue Grünstraße	17193.014	II	567	283,5	14,2
Gertraudenbrücke	17191.001	III	2.326	1.163,0	58,2
<b>Summe:</b>			<b>126.632,0</b>	<b>63.316,0</b>	<b>3.166,1</b>

**Tabelle 2-8: erforderliche Flächeninanspruchnahme für b = 20 m**

Abbildung 2-5 zeigt die maßstäbliche Anordnung der **theoretischen Flächeninanspruchnahme** als Rechteckgrundrisse unter der Annahme, dass eine mittlere Breite von 20 m und für alle Speicherbehältnisse gleichbleibend eine Tiefe von 2 m gemäß Tabelle 2-8 realisiert würde.

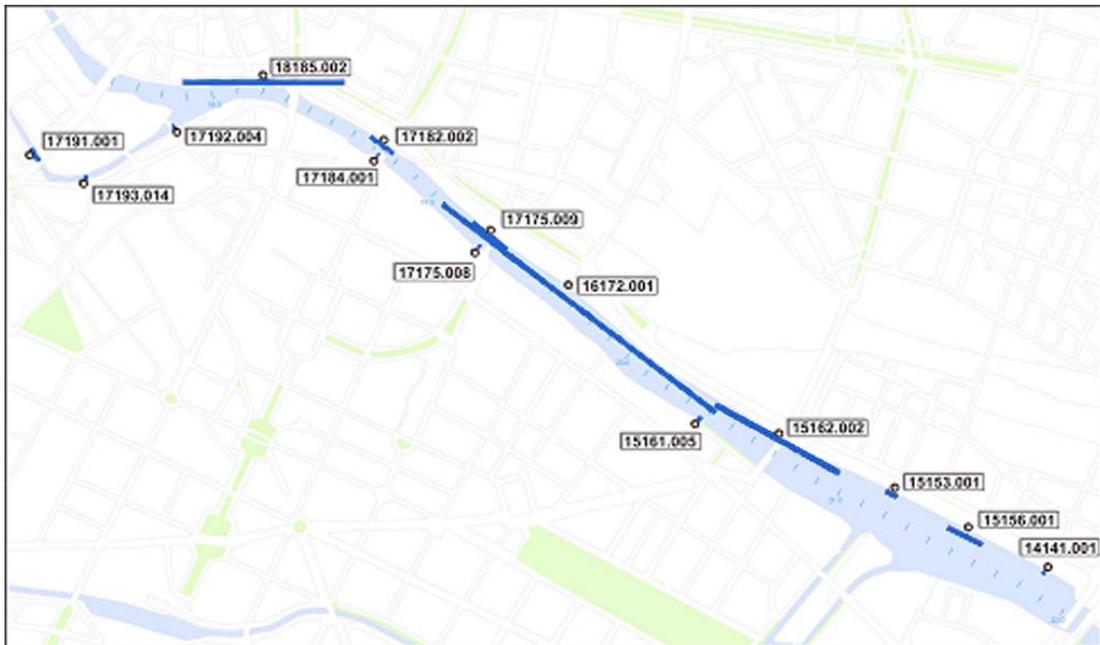


Abbildung 2-5: Flächeninanspruchnahme

**Diese Annahme ist allerdings mit großer Vorsicht zu betrachten:** Eine derartige Flächeninanspruchnahme ist ausschließlich unter den oben getroffenen Annahmen erforderlich. Sobald in die Tiefe gebaut wird und/oder feste, d. h. nichtschwimmende Speicher realisiert werden, ergeben sich deutlich andere Flächeninanspruchnahmen. **Allein bei einer Speichertiefe von 4 m würden diese sich halbieren. Ein Aushub von 8 m würde ein Fünftel der jeweils notwendigen Flächeninanspruchnahme bedeuten.** In jedem Einzelfalle wären deshalb die höheren Kosten für entsprechende Bautätigkeit gegen Nachteile der größeren Flächeninanspruchnahme abzuwägen.

Zur übersichthaften Einschätzung der erforderlichen Volumina wurden hier quaderförmige Körper mit entsprechend rechteckförmigen Flächen angeordnet. Die Platzierung erfolgte zunächst jeweils mittig am entsprechenden Auslaufbauwerk. Die Abbildung zeigt, dass die Anordnung vielfältig verbessert werden kann und muss.

Im Folgenden ist eine zweite mögliche Anordnung dargestellt, die eine Platzierung an den Auslaufbauwerken im Wasser bei insgesamt gleich bleibender Flächengröße ermöglicht. Auch diese Anordnung geht von obigen Annahmen aus, dass im Schnitt 2 m Speichertiefe realisiert und keine festen Speicherkörper gebaut werden. Dies ist aber mindestens an den drei größten Auslässen unrealistisch. Hier bietet es sich in jedem Falle an in die Tiefe zu bauen und/oder feste Speicher anzuordnen.

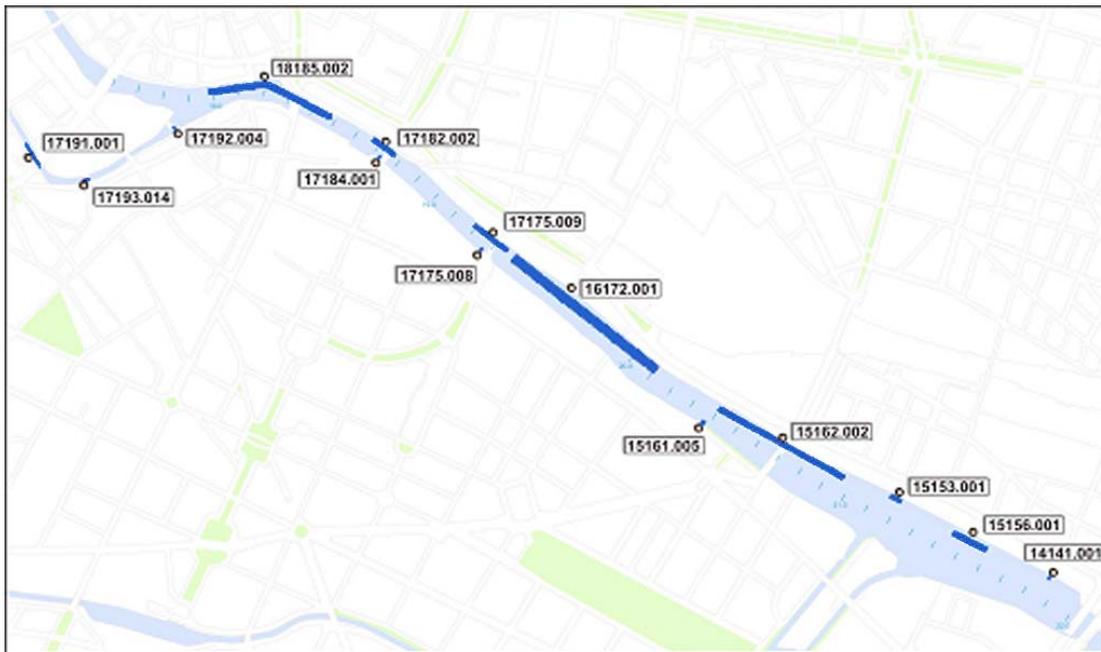


Abbildung 2-6: mögliche Anordnung ausschließlich schwimmender Speicher mit 2 m Speichertiefe

Tabelle 2-9 enthält die für diese Konstruktion erforderlichen Breiten und Längen für die einzelnen Speicherbehälter.

Name	Nr.	EZG	erf. Vo- lumen (m <sup>3</sup> ) [n=1]	erf. Fläche (m <sup>2</sup> ) [t = 2 m]	erf. Breite (m)	erf. Länge (m)
Bödicker Straße (Elsenbrücke)	14141.001	XII	433	216,5	20	11
Rochowstraße	15156.001	XII	6.162	3.081,0	20	155
Danneckerstraße	15153.001	XII	1.981	990,5	20	50
Warschauer Straße	15162.002	XII	22.502	11.251,0	20	563
Straße der Pariser Kommune	16172.001	V	54.266	27.133,0	38	715
Schillingbrücke	17175.009	V	6.583	3.291,5	20	165
Michaelbrücke	17182.002	V	4.517	2.258,5	20	113
Rolandufer (Alex- anderstraße)	18185.002	V	25.535	12.767,5	25	515
Pfuelstraße	15161.005	I	704	352,0	20	18
Schillingbrücke (lin- kes Ufer)	17175.008	I	419	209,5	20	11
Michaelbrücke (linkes Ufer)	17184.001	I	310	155,0	20	8
Inselstraße	17192.004	II	327	163,5	10	17
Neue Grünstraße	17193.014	II	567	283,5	10	30
Gertraudenbrücke	17191.001	III	2.326	1.163,0	10	118

**Tabelle 2-9: erforderliche Längen und Breiten der vorgeschlagenen Anordnung**

Auch ist hier zu erwähnen, dass zusätzliche Auflasten in den Berechnungen nicht enthalten sind und zu größeren Flächen führen würden. Andererseits könnte auch in die Tiefe gebaut werden oder mittels Kombination von verschiedenen Speicherma-  
terialien (Stahl, PE, Beton) mehr Kapazitäten für schwimmende und/oder feste Spei-  
cher geschaffen werden. Dazu bedarf es weiterer Untersuchungen. An dieser Stelle  
geht es um eine Einschätzung der Gesamtvolumina und der notwendigen Maß-  
nahmen für den Fall, dass im ersten Schritt vor allem schwimmende Speicher reali-  
siert werden. Darüber hinaus ist die vorgeschlagene Anordnung insbesondere in den  
Brückenbereichen im Zuge der baureifen Planung gesondert zu prüfen.

Die Einzelspeicher werden in der Regel beim Hersteller angefertigt und dann zum  
Einsatzort gebracht. Die maximalen Abmessungen eines Einzelspeichers sind inso-  
fern entweder durch die örtlichen Kapazitäten des Herstellers, durch die Abmessun-  
gen der Schleusen oder anderer Randbedingungen begrenzt. Daher werden bei den  
meisten Ausläufen mehrere Einzelspeicher nebeneinander und/oder hintereinander  
anzuordnen sein.

Grundsätzlich besteht die Möglichkeit, zweitgenutzte Schiffe bzw. Schubleichter zu  
verwenden. Beispielfhaft seien hier die Glattdackleichter GSP 65 (Länge: 65 m, Brei-

te: 9,5 m) und GSP 54 (Länge: 54 m, Breite: 11 m) genannt. Die Tragfähigkeit (maximale Zuladung) beträgt 1070 t (GSP 65) bzw. 960 t (GSP 54). Bei Ansatz einer Dichte von  $1000 \text{ kg/m}^3$  für das zu speichernde Mischwasser ergibt sich für eine Rückhaltung mit einer Entlastungshäufigkeit von einmal pro Jahr insgesamt eine erforderliche Anzahl von 119 Leichtern GSP 65 bzw. 132 Leichtern GSP 54 für das gesamte Planungsgebiet zwischen Elsenbrücke und Mühlendammschleuse. Auch in dieser Betrachtung sind zusätzliche Auflasten durch Aufbauten nicht berücksichtigt und führen zu einer entsprechenden Steigerung der erforderlichen Anzahl an Leichtern.

Nach Auskunft der Deutschen Binnenreederei existiert derzeit kein Markt bzw. kein Angebot an gebrauchten Schubleichtern. Aufgrund des zunehmenden Kostendruckes in der Binnenschifffahrt gibt es bei den Reedereien keine Überkapazitäten mehr, vorhandene Anlagen werden so lange wie möglich genutzt. Darüber hinaus ist nach Angaben der Deutschen Binnenreederei die Nachfrage nach gebrauchten Schiffen bzw. Anlagen durch wasserbaulich tätige Firmen deutlich größer als das Angebot. Insofern ist die Zweitnutzung gebrauchter Schubleichter im weiteren Projektverlauf noch einmal kritisch zu prüfen.

Für den überwiegenden Teil der erforderlichen Speicher empfiehlt es sich schwimmfähige Behälter neu anzufertigen. Dies hat den großen Vorteil, dass baulich oder betrieblich erforderliche Randbedingungen flexibel umgesetzt und insofern maßgeschneiderte Lösungen für die jeweiligen Auslaufbauwerke möglich sind. Als Material wird Stahl wegen seiner guten Materialeigenschaften und seiner guten Verarbeitbarkeit für Anschlüsse, Verbindungen etc. empfohlen.

Die Bereitstellung der erforderlichen Speichervolumina sollte nach Möglichkeit grundsätzlich schwimmend erfolgen, da bei dieser Ausführung die geringsten spezifischen Kosten ( $\text{€/m}^3$ ) zu erwarten sind. Nachteilig ist dabei die für schwimmende Speicher größere erforderliche Flächeninanspruchnahme. Diese kann prinzipiell durch zwei Möglichkeiten minimiert werden.

Zum einen kann erwogen werden, die schwimmfähigen Behälter für den Fall der Vollfüllung auf den Grund der Spree absinken zu lassen. Damit könnte die Fülltiefe für das zu speichernde Mischwasser von 2 m auf etwa mindestens 2,5 m erhöht werden, und die Abtragung zusätzlicher Lasten wäre möglich. Größere Fülltiefen als ca. 2,5 m würden Pumpen zur Befüllung erfordern (siehe auch Kapitel 7).

Zur Vermeidung unterschiedlicher Setzungen beim Absinken der Behälter auf den Grund der Spree werden Maßnahmen zur Gründung erforderlich, die weitergehende Baugrund- und Sedimentuntersuchungen voraussetzen und zweifelsohne kostensteigernd wirken. Darüber hinaus muss die Statik der Schwimmkörper auch auf den Lastfall des Aufsitzens auf Grund ausgelegt werden.

Zum anderen ist zu prüfen, ob feste Bauwerke in Erwägung zu ziehen sind. Durch die Möglichkeit in die Tiefe zu bauen, kann die Flächeninanspruchnahme deutlich reduziert werden. Darüber hinaus kann auf den Einbau der höhenabhängigen, fle-

xiblen Füllung verzichtet werden. Nachteilig sind jedoch die deutlich höheren Kosten im Vergleich zu schwimmfähigen Bauwerken.

Insbesondere bei den drei großen Ausläufen Warschauer Straße, Straße der Pariser Kommune und Rolandufer resultiert ein erheblicher Platzbedarf für die schwimmende Anordnung der erforderlichen Rückhaltevolumina. Die Genehmigungsfähigkeit durch die unterschiedlichen Behörden wird aufgrund der erheblichen Überbauung der Wasserflächen als sehr gering eingeschätzt. Insofern sollten für diese drei Standorte feste Speicher in konventioneller Stahlbetonbauweise in Erwägung gezogen werden. Der große Vorteil der festen Ausführung liegt darin, dass in die Tiefe gebaut werden kann, so dass gleiche Volumina bei wesentlich geringerer Flächeninanspruchnahme realisiert werden können. Nachteilig sind die in der Regel deutlich höheren spezifischen Kosten im Vergleich zu einer schwimmenden Ausführung. Darüber hinaus ist die schadlose Ableitung der maßgebenden Hochwasserabflüsse der Spree bei Einrichtung fester Einbauten im Gewässerquerschnitt zu gewährleisten.

Für alle übrigen Speicherbauwerke erscheint die schwimmende Variante grundsätzlich möglich und aus Kostengründen empfehlenswert. Die abschließende Entscheidung kann jedoch erst nach Kenntnis der zusätzlichen Auflasten für die geplanten Nutzungen erfolgen.

## **2.5 Abschätzung des Kostenrahmens**

Die Abschätzung der resultierenden Kosten kann im Rahmen der vorliegenden Machbarkeitsstudie nur sehr grob erfolgen und hat daher den Charakter eines Kostenrahmens zur Bezifferung von Größenordnungen.

Zur genaueren Quantifizierung der Kosten sind zunächst grundlegende Entscheidungen zu treffen, z. B. die Wahl zwischen schwimmenden Speichern und festen Speichern. Außerdem liegen wichtige Berechnungsergebnisse, beispielsweise die genaue Bestimmung der erforderlichen Rückhaltevolumina aus der hydrodynamischen Langzeitsimulation für die überwiegende Anzahl der Auslaufbauwerke oder die resultierenden Maximalabflüsse und Fließgeschwindigkeiten für Katastrophenregenereignisse derzeit nicht vor.

Darüber hinaus sind weitergehende detaillierte Informationen zum anstehenden Baugrund und zu sonstigen örtlichen Gegebenheiten erforderlich.

Eine weitere Voraussetzung zur genaueren Ermittlung der entstehenden Kosten ist die Kenntnis der geplanten Aufbauten und der daraus resultierenden zusätzlichen Auflasten. Bei den Kosten für die Aufbauten handelt es sich um klassische Immobilieninvestitionen und städtebauliche Entwicklungskosten, die unabhängig von den Kosten der Mischwasserspeicherung zu betrachten sind. Diese beiden Elemente werden hier von den Kosten vollständig entkoppelt. Die Kosten für die Speicherung pro m<sup>3</sup> werden hier für sich stehend ermittelt. Jede Immobiliennutzung oder Nut-

zung im Rahmen des angedachten Wassertourismus in und an der Stadtspreeterrasse könnte im Falle der Realisierung Kosten für die Mischwasserspeicherung anteilig mittragen.

Schließlich ist darauf hinzuweisen, dass die erforderliche Massenermittlung zur Ermittlung der Kosten erst im Zuge der baureifen Planung erfolgen kann und eventuelle Auflagen in Bezug auf die verfahrenstechnische Ausstattung o. ä. erst im Rahmen der Genehmigungsplanung im Detail vorliegen können.

### 2.5.1 Abschätzung der Investitionskosten

Die wesentliche Zielsetzung besteht insofern darin, den Kostenrahmen des Gesamtprojektes abzuschätzen, dabei steht die Kostenabschätzung für jede Einzelmaßnahme nicht im Vordergrund. Daher erfolgt die Abschätzung des Kostenrahmens pauschalisiert für alle Standorte mit gleichen Ansätzen, unabhängig von den jeweiligen spezifischen örtlichen Gegebenheiten und Unterschieden in den Größenordnungen der einzelnen Maßnahmen. Verschiebungen zwischen den Einzelmaßnahmen aufgrund örtlicher Randbedingungen sind daher nicht auszuschließen, der abgeschätzte Kostenrahmen des Gesamtprojektes bleibt davon jedoch weitgehend unberührt.

Die Abschätzung des Kostenrahmens erfolgt unter Ansatz spezifischer Kosten (€/m<sup>3</sup>, €/m, €/Stk., etc.). Die angesetzten spezifischen Kosten stellen empirische Werte dar, die sich aus anderen siedlungswasserwirtschaftlichen Maßnahmen, insbesondere der Berliner Wasserbetriebe, ableiten. Es handelt sich teilweise um persönliche Erfahrungswerte, die so weit möglich mit entsprechenden Fachfirmen abgestimmt wurden.

Spezifische Kosten sind immer abhängig vom Gesamtumfang der Maßnahmen. Je größer der Gesamtumfang ist, desto niedriger sind in der Regel die spezifischen Kosten. Die in vorliegender Abschätzung angesetzten Werte gelten unter der Annahme, dass alle geplanten Maßnahmen im Projektgebiet realisiert werden. Für den Fall der Realisierung einiger Einzelmaßnahmen sind höhere spezifische Kosten zu erwarten.

Weiterhin liegt der Abschätzung des Kostenrahmens die Annahme zugrunde, dass zunächst nur die zur Speicherung der auftretenden Mischwasserentlastungen erforderlichen Volumen angesetzt werden. Die zusätzlich erforderliche Volumenbereitstellung zur Abtragung zusätzlicher Auflasten (s. Kapitel 4) ist in diesem Ansatz nicht enthalten, führt aber natürlich zu einer Kostensteigerung.

Für die drei großen Auslaufbauwerke Warschauer Straße, Straße der Pariser Kommune und Rolandufer wird für die Abschätzung des Kostenrahmens zunächst von der Realisierung einer schwimmenden Lösung ausgegangen. Für den Bau fester Speicherbauwerke zur Reduzierung der Flächeninanspruchnahme sind deutlich höhere Kosten zu erwarten.

Zur Beurteilung des Unsicherheitsbereiches der Kostenabschätzung sei neben den vorstehend bereits erläuterten fehlenden Daten und Informationen ergänzend und beispielhaft auf die Entwicklung der Stahlpreise hingewiesen. Aufgrund der erfolgten Kapazitätsreduzierungen in Europa und wegen der deutlich gestiegenen Nachfrage durch den Wirtschaftsboom in China sind die Stahlpreise im vergangenen Jahr um fast 50 % gestiegen. Dies führt in der Praxis zurzeit dazu, dass Tagespreise für die Herstellung von Spundwänden angeboten werden.

Die Auswirkung dieses Sachverhaltes auf die Abschätzung des Kostenrahmens für die Behälter und die erforderlichen Spundwände für die Einlaufbauwerke ist eindeutig, die weitere Entwicklung des Stahlpreises ist jedoch nur schwierig zu prognostizieren. Die Kosten für die Herstellung einer Spundwand hängen darüber hinaus neben dem Stahlpreis in erster Linie vom Widerstandsmoment des anstehenden Bodens ab, denn die benötigte Qualität des Stahls und der Aufwand für das Rammen steigen mit dem Widerstandsmoment. Letzteres ist aber aufgrund fehlender Baugrundauswertungen nicht bekannt.

Diese beiden beispielhaft genannten Punkte zeigen eindeutig, dass im jetzigen Planungsstadium eine Reihe vereinfachender Annahmen erforderlich sind.

Der Abschätzung des Kostenrahmens liegen folgende Ansätze zugrunde:

Maßnahme / Bauteil	Spezifische Kosten
schwimmfähiger Stahlbehälter	300 €/m <sup>3</sup>
Spundwand (Länge:10 m)	1.500 €/m
Entleerungsleitung	400 €/m
mittlere Länge Entleerungsleitung	200 m/Auslaufbauwerk
Entleerungspumpen	10.000 €/Stk.
Dalben (Verankerung)	1.500 €/Stk.
Maschinentechnische Ausstattung (Reinigung, Belüftung, MSR)	75 €/m <sup>3</sup>

**Tabelle 2-10: spezifische Kosten**

Die spezifischen Kosten von 300 €/m<sup>3</sup> für die schwimmfähigen Stahlbehälter sind nicht auf das zu speichernde Entlastungsvolumen, sondern das insgesamt erforderliche Volumen der Stahlbehälter bezogen, und beinhalten auch die Zulauf- und Verbindungsleitungen sowie den erforderlichen Korrosionsschutz. Das tatsächliche Volumen der Stahlbehälter ist größer als das zu speichernde Entlastungsvolumen, da die notwendige Eintauchtiefe zur Abtragung des Eigengewichtes und das erforderliche Freibordmaß zu berücksichtigen sind.

Wird darüber hinaus zusätzliches Volumen zur Abtragung von zusätzlichen Auflasten infolge geplanter Nutzungen erforderlich, vergrößert sich das Gesamtvolumen der Stahlbehälter entsprechend, bei einer Verringerung der Fülltiefe um 0,5 m ist eine Vergrößerung um 33,3 % erforderlich.

Damit ergibt sich die in folgender Tabelle zusammengestellte Abschätzung des Kostenrahmens der erforderlichen Investitionskosten.

Auslaufbauwerk	Speicher (Mio. €)	Einlaufbau- werk (Mio. €)	Entleerung (Mio. €)	Veranke- rung (Mio. €)	Reini- gung, Lüftung, Steu- erung (Mio. €)
Bödicker Straße (Eisenbrücke)	0,20	0,07	0,10	0,02	0,05
Rochowstraße	2,78	0,10	0,13	0,08	0,70
Danneckerstraße	0,90	0,07	0,11	0,04	0,23
Warschauer Straße	10,13	0,28	0,24	0,27	2,55
Straße der Pari- ser Kommune	24,50	0,35	0,46	0,60	6,10
Schillingbrücke	2,96	0,10	0,14	0,08	0,75
Michaelbrücke	2,03	0,09	0,12	0,06	0,51
Rolandufer (Alex- anderstraße)	11,50	0,28	0,26	0,30	2,87
Pfuelstraße	0,32	0,07	0,10	0,02	0,08
Schillingbrücke (linkes Ufer)	0,19	0,07	0,10	0,02	0,05
Michaelbrücke (linkes Ufer)	0,14	0,07	0,10	0,02	0,04
Inselstraße	0,15	0,07	0,10	0,02	0,04
Neue Grünstraße	0,26	0,07	0,10	0,02	0,07
Gertraudenbrü- cke	1,05	0,09	0,11	0,03	0,27
<b>Summe:</b>	<b>57,1</b>	<b>1,8</b>	<b>2,2</b>	<b>1,6</b>	<b>14,3</b>

**Tabelle 2-11: Kostenrahmen Investitionen**

Die Abschätzung des Kostenrahmens ergibt eine Gesamtsumme der Investitionskosten von ca. 77 Millionen Euro. Bezogen auf das Gesamtvolumen der Speicherbehälter ergibt dies spezifische Kosten von 405 €/m<sup>3</sup>, bezogen auf das zu speichernde Entlastungsvolumen ergeben sich spezifische Kosten in Höhe von 608 €/m<sup>3</sup>.

Diese Kosten könnten weiter gesenkt werden, wenn an den drei größten Auslaufbauwerken eine größere Entlastungshäufigkeit in Kauf genommen würde. Würde für diese drei Standorte das erforderliche Speichervolumen für die Entlastungshäufigkeit von  $n = 2/a$  vorgesehen, so ergibt sich ein geringer ausfallender Kostenrahmen gemäß folgender Tabelle 2-12.

Auslaufbauwerk	Speicher (Mio. €)	Einlaufbauwerk (Mio. €)	Entleerung (Mio. €)	Verankerung (Mio. €)	Reinigung, Lüftung, Steuerung (Mio. €)
Warschauer Straße	5,3	0,25	0,18	0,17	1,5
Straße der Pariser Kommune	11,5	0,31	0,29	0,36	3,3
Rolandufer (Alexanderstraße)	6,7	0,25	0,20	0,21	1,9

Tabelle 2-12: Kostenrahmen Investitionen für  $n=2/a$

### 2.5.2 Abschätzung der Betriebskosten

Die Abschätzung der Betriebskosten ist zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht abschließend möglich, da die erforderlichen Berechnungsgrundlagen in der Regel nicht vorliegen.

Grundsätzlich sind folgende Kostenarten zu berücksichtigen:

- Energiekosten
- Reinigungskosten
- Wartung und Instandhaltung
- Kosten für die Einleitung Richtung Klärwerk
- Personalkosten
- Liegenschaftsrelevante Kosten (WSA); Nutzungsentgelte

Zur Abschätzung der Energie- und Reinigungskosten sind weitergehende hydrodynamische Berechnungsergebnisse zur Ermittlung von mittlerer Anzahl und Dauer der jährlichen Entlastungsereignisse erforderlich, die derzeit nicht vorliegen. Da Spülwasser aus der Spree genutzt werden kann, entstehen keine Kosten für Trinkwasser. Die Energiekosten zur Entleerung sind vergleichsweise niedrig, da nur relativ geringe Jahresvolumina zurückzuführen sind. Unter Ansatz des mittleren Gesamt-

Jahresentlastungsvolumens gemäß vorliegenden Berechnungsergebnissen von ca. 475.000 m<sup>3</sup>/a für alle Ausläufe im Projektgebiet und einer mittleren Entleerungsleistung von 30 l/s ergibt sich eine Gesamtpumpenlaufzeit von ca. 4.400 Stunden pro Jahr. Bei einem mittleren Leistungsbedarf der Pumpe von 10 kW ergeben sich ca. 44.000 kWh pro Jahr. Zusätzlicher Energiebedarf entsteht für Elektromotoren zum Antrieb der Pumpen sowie für die MSR-Technik und den Betrieb der Reinigungs- und Belüftungsanlagen.

Welche Kosten für die Rückleitung der zwischengespeicherten Mischwasserwasserabflüsse zur Reinigung in der Kläranlage entstehen, ist in weiterführenden Gesprächen mit dem Vorstand der Berliner Wasserbetriebe zu erörtern. Gleiches gilt auch für den Betrieb der Anlagen (Steuerung und Reinigung), der den Berliner Wasserbetrieben übertragen werden sollte.

Weitere Kosten entstehen für die Abtretung von Fischereirechten im Projektgebiet, die im Rahmen einer privatrechtlichen Einigung mit dem zuständigen Fischereiverband des Landes Berlin abzustimmen sind.

Abgeschätzt werden können die resultierenden Nutzungsentgelte für die Inanspruchnahme der bundeseigenen Wasserflächen. Nach Auskunft des Wasser- und Schifffahrtsamtes Berlin sind pro Quadratmeter genutzter Wasserfläche und pro Jahr Nutzungsentgelte in Höhe von 97 € zu entrichten.

Bei einer angenommenen Fülltiefe von 2 m zur Speicherung der Entlastungsabflüsse ergibt sich eine Gesamtfläche von 63.316 m<sup>2</sup>. Daraus resultieren jährliche Nutzungsentgelte in Höhe von ca. 6,15 Millionen Euro/ a, die an das Wasser- und Schifffahrtsamt Berlin abzuführen wären. In diesem Zusammenhang besteht zweifelsohne Abstimmungsbedarf im politischen Raum, zumal sich die angesetzten Flächen bei Berücksichtigung der zusätzlichen Auflasten deutlich vergrößern werden.

### **2.5.3 Kostenvergleich mit konventionellen Maßnahmen der Mischwasserbehandlung**

Auch bei konventionellen Regenüberlaufbecken in Stahlbetonbauweise gilt grundsätzlich, dass die spezifischen Kosten umso geringer sind, je größer der Gesamtumfang der Maßnahme ist. Insofern ist es schwierig, Mittelwerte für spezifische Kosten von Regenüberlaufbecken zu finden. Darüber hinaus variieren die jeweiligen Kosten je nach örtlichen Randbedingungen erheblich.

Zu Vergleichszwecken kann jedoch folgender Ansatz genutzt werden. Zur Abschätzung des Kostenrahmens für den Bau von Regenüberlaufbecken in Stahlbetonbauweise wird in Berlin aufgrund des erheblichen Rückganges der Baupreise inzwischen mit mittleren spezifischen Kosten von 1.500 €/m<sup>3</sup> gerechnet. Die tatsächlichen spezifischen Kosten der in der Vergangenheit hergestellten Regenüberlaufbecken lagen erfahrungsgemäß deutlich höher.

Setzt man aufgrund der Größenordnung des Projektes berlinbeach und des erheblichen Umfangs der Maßnahmen einen weiteren Abschlag von 20 % an, so verbleiben spezifische Kosten von ca. 1.200 €/m<sup>3</sup> für den Bau konventioneller Regenüberlaufbecken in Stahlbetonbauweise.

Der Vergleich zeigt, dass durch die vorgeschlagene schwimmende Anordnung eine Kosteneinsparung, vorbehaltlich der ausstehenden baureifen Planung, von rund 50 % erreichbar ist.

### **3 Voraussetzungen zur Erzielung der Badegewässerqualität**

Im vorliegenden Kapitel werden die wesentlichen Grundlagen und Voraussetzungen zur Gewährleistung der Erreichung der Zielsetzung Badegewässerqualität im Projektbereich erläutert.

#### **3.1 Bewertung der Erreichbarkeit der Badegewässerkonformität**

##### **3.1.1 Bakteriell-hygienische Belastung**

Zur Untersuchung der Möglichkeit der Erreichung der Zielsetzung Badegewässerqualität liegt ein von der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Referat Wasserwirtschaftliche Grundlagen, beauftragtes Gutachten vor (Motz, R., 2003). Frühere Untersuchungen sind im Abwasserbeseitigungsplan Berlin (SenStadt, 2001) dokumentiert.

Im aktuellen mikrobiologischen Gutachten (Motz, R., 2003) wurden sowohl die vorliegenden Messdaten aus der Überwachung der Badestellen, die nur während der Badesaison und dann im 14-Tagesrhythmus erfolgt, als auch die Ergebnisse des Landesmessnetzes zur Beurteilung der Oberflächengewässer ausgewertet, die ganzjährig einmal pro Monat erfolgen. Um die unterschiedliche Charakteristik der beiden Untersuchungsprogramme in Einklang bringen zu können, wurde ein entsprechender Vergleichsmaßstab gefunden, der die gleichwertige Berücksichtigung beider Messreihen gewährleistet. Damit sind sämtliche vorliegenden Beprobungsergebnisse in die Auswertung eingeflossen.

Dennoch sind die Anzahl der vorhandenen Messstellen und der Umfang der vorliegenden Messdaten (Ergebnisse der Probennahmen) insgesamt gering, so dass seitens des bakteriologischen Gutachters 'immissionsgleiche Gewässerabschnitte' definiert wurden, um Aussagen treffen zu können. Zur statistischen Absicherung der Aussagen sind weitere Messungen erforderlich.

Zur Beurteilung der Badegewässerqualität wurden die Kriterien des neuen EU-Vorschlages zur europäischen Badegewässerrichtlinie (EU-Badegewässerrichtlinie, 2002) zugrunde gelegt. Nach diesem Entwurf wird die Konformität künftig anhand der beiden Parameter Darmenterokokken und Escherischia Coli vorgenommen, im Vergleich zur derzeit noch gültigen Richtlinie (EU-Badegewässerrichtlinie, 1976) stellt dies insbesondere aufgrund der geänderten Auswertemethodik eine Verschärfung dar. Analysen zu Darmenterokokken standen nicht in ausreichender Form zur Verfügung, da diese im Rahmen des Landesmessnetzes der Oberflächengewässer nicht beprobt wurden. Die Aussagen des mikrobiologischen Gutachtens beziehen sich daher nur auf E.-Coli. Neben den beiden genannten Parametern werden künftig gemäß Artikel 14 des neuen Vorschlages auch die Algenentwicklung in Badege-

wässern sowie ausgewählte physikalisch-chemische Parameter beobachtet, allerdings ohne die Einführung verbindlicher Grenzwerte.

Folgende Kernaussagen lassen sich zusammenfassend darstellen:

- Sowohl das aktuelle Gutachten (Motz, R., 2003) als auch die früheren Untersuchungen (SenStadt, 2001) zeigen eindeutig auf, dass die bakteriell-hygienischen Randbedingungen zur Gewährleistung der Badegewässerqualität im Projektgebiet derzeit nicht gegeben sind. Die Konformität in Bezug auf die europäische Badegewässerrichtlinie ist aufgrund der mikrobiologischen Belastung im Zustrom der Spree unabhängig von den zusätzlich auftretenden Mischwasserentlastungen im Projektgebiet derzeit nicht gegeben.
- Die stoffliche Belastung im Zufluss der Spree bis zum Projektgebiet berlinbeach resultiert aus drei unterschiedlichen Quellen:
  - a. Einträge aus den Brandenburger Zuflüssen (Spree-Dahme-Gewässersystem)
  - b. Klarwasserabläufe Berliner Klärwerke
  - c. Einträge aus dem Berliner Trennsystem oberhalb des Projektgebietes.

Die Einträge aus den Brandenburger Zuflüssen des Spree-Dahme-Gewässersystems sind aus mikrobiologisch-hygienischer Sicht nachweisbar vernachlässigbar. Die Einleitungen des Berliner Trennsystems aus den oberhalb des Projektgebietes liegenden Stadtgebieten sind nach Aussage des mikrobiologischen Gutachters trotz der Belastung durch Hundekot, Vogelkot u.a. eher von untergeordneter Bedeutung, gezielte Messungen in direktem Zusammenhang zu auftretenden Regenwassereinleitungen liegen jedoch nicht vor. Die wesentliche bakteriell-hygienische Belastung resultiert aus den Klarwassereinleitungen der Berliner Klärwerke. Eine deutliche Entlastung um etwa 60 % ist durch die Schließung des Klärwerkes Falkenberg Anfang 2003 erfolgt, dessen Abläufe in der Vergangenheit über die Wuhle in die Spree eingeleitet wurden.

- Eine Verbesserung der Wasserqualität im Zustrom zum Projektgebiet ist in bakteriell-hygienischer Hinsicht eindeutig nachweisbar. Dies wird insbesondere durch den Vergleich der früheren bakteriell-hygienischen Untersuchungen (SenStadt, 2001) mit den aktuellen Auswertungen (Motz, R., 2003) deutlich. Diese gutachterliche Feststellung wird auch durch die Erfahrungen des Landesamtes für Arbeitsschutz, Gesundheitsschutz und technische Sicherheit (LAGETSI) Berlin bestätigt, zuständig für die Überwachung der fließenden Badegewässer und verantwortlich für die EU-Berichtspflicht für alle Badegewässer. Begründet wird die Verbesserung in erster Linie durch die veränderten hydrologischen Randbedingungen: Durch den rückläufigen mittleren Durchfluss der Spree, insbesondere in den Sommermonaten,

kommt es zu einer Verringerung der mittleren Fließgeschwindigkeit und damit zu einer Verlängerung der Aufenthaltszeit. Aufgrund der vergleichsweise hohen Wassertemperatur im Sommer und der biologischen Antagonisten im Gewässer erhöht sich die bakterielle Abbaurate der coliformen Keime, so dass die mikrobiologische Belastung abnimmt. Diese Feststellung gilt auch für die zurückliegende Zeit der bestehenden Einleitung aus dem Klärwerk Falkenberg, dessen Einleitungen über die Wuhle in die Spree gelangten. Durch die erfolgte Außerbetriebnahme des Klärwerkes zum 01.01.2003 ist eine weitere Verbesserung der bakteriell-hygienischen Situation im Zulauf zum Projektgebiet zu erwarten.

- Aus hydrologischer Sicht kann in den nächsten Jahren aufgrund des weiterhin rückläufigen Braunkohletagebaus im Einzugsgebiet von einem weiteren leichten Rückgang des mittleren Durchflusses der Spree in den Sommermonaten und damit einer Verlängerung der Aufenthaltszeit sowie infolgedessen mit einer Verringerung der bakteriell-hygienischen Belastung ausgegangen werden. Zur Abschätzung der Zeitdauer bis zur Erreichung der Badegewässerqualität sind jedoch weitere Messungen und Auswertungen erforderlich.
- Die zweifelsohne positiven Auswirkungen der Schließung des Klärwerkes Falkenberg seit Anfang 2003 auf die mikrobiologische Belastung können in den bisherigen Messungen nicht statistisch gesichert nachgewiesen werden. Weitere Messungen und zeitnahe Auswertungen werden dringend empfohlen.
- Die wesentliche mikrobiologische Belastung im Zufluss der Spree bis zum Projektgebiet erfolgt derzeit und auch zukünftig durch die Einleitung der Klarwasserabläufe des Klärwerkes Münchehofe der Berliner Wasserbetriebe über die Erpe in die Spree. Eine Desinfektion der Klarwasserabläufe von Münchehofe erfolgt zurzeit nicht, und ist nach gegenwärtigem Stand auch nicht konkret geplant. Derzeit laufen Untersuchungen zur großtechnischen Anwendung der Membranfiltration im Klärwerk Ruhleben, konkrete Ergebnisse liegen nach Angaben der Berliner Wasserbetriebe aber noch nicht vor.
- Die maßgebende Gewässerbelastung im Projektgebiet, insbesondere in mikrobiologisch-hygienischer Hinsicht, erfolgt durch die intermittierend auftretenden Entlastungen aus dem Berliner Mischsystem, die an zahlreichen Auslaufbauwerken (s. Abb. 3-1) in die Spree eingetragen werden. Die im Projekt berlinbeach verfolgten und bereits vorgestellten Maßnahmen zielen darauf ab, die Belastungen aus den Einleitungen des innerstädtischen Mischsystems weitgehend zu reduzieren. Aus den bereits genannten Gründen gelingt die Rückhaltung der Einleitungen aus den Überläufen der Berliner Mischkanalisation durch die Anordnung der entsprechenden Rückhaltevolumina innerhalb der vorgegebenen statistischen Häufigkeiten. Eine vollständige Vermeidung von Mischwasserentlastungen ist aus den bereits dargestellten Gründen nicht möglich. Aufgrund des stochastischen Charakters des Niederschlages ist darüber hinaus auch nicht auszuschließen, dass es bereits im ersten Jahr der Inbetriebnahme zu mehreren Entlastungsereignissen kommen kann, anderer-

seits ist auch das Ausbleiben jeglicher Entlastungen in den ersten Jahren möglich. Für den Fall einer auftretenden Entlastung ist nach übereinstimmender Einschätzung des bakteriologischen Gutachters und des für die Überwachung zuständigen LAGETSI mit etwa einer Woche Badeverbot zu rechnen. Zur genauen Einschätzung sind gezielte Messungen in direktem Zusammenhang mit aufgetretenen Entlastungsereignissen erforderlich.

- Nach der weitgehenden Vermeidung künftiger bakteriell-hygienischer Einträge in das Projektgebiet aus dem Zustrom und den Mischwassereinleitungen besteht noch die Gefahr der Rücklösung aus Gewässersedimenten. Aufgrund der vergleichsweise niedrigen und vor allem überwiegend konstanten Temperaturen im Flusssediment ist eine Überlebenszeit der Bakterien von bis zu 100 Tagen, im Einzelfall auch mehr, möglich. Die Gefahr der grundsätzlichen Beeinträchtigung der Badegewässerqualität durch diese Quelle wird jedoch als gering angesehen.
- Ein wesentlicher Nachteil der vorliegenden Messungen und der darauf aufbauenden Auswertungen liegt darin, dass in der Vergangenheit keine systematische Aufzeichnung des Zusammenhanges zwischen den durchgeführten Probenahmen und eventuell vorher aufgetretenen Entlastungen aus der Mischwasserkanalisation oder Einleitungen aus der Regenwasserkanalisation durchgeführt wurden. Insofern ist eine eindeutige Ursache-Wirkungs-Beziehung nicht darstellbar. Auch aus diesem Grund sind weitere Messungen und zeitnahe Auswertungen dringend anzuraten.

Eine sichere Prognose zur Gewährleistung der Erreichung der Zielsetzung Badegewässerqualität im Projektgebiet setzt sowohl Maßnahmen zur Reduzierung der Belastung im Zustrom der Spree als auch weiterführende Messungen und Auswertungen zur Beurteilung der Auswirkungen auftretender Überlaufereignisse aus der Mischwasserkanalisation im Hinblick auf die bakteriell-hygienische Belastung im Projektgebiet voraus.

### 3.1.2 Sonstige Parameter

Neben der mikrobiologischen Bewertung der Badegewässerqualität sind derzeit weitere Parameter entsprechend der europäischen Badegewässerrichtlinie (EU-Badegewässerrichtlinie, 1976) und der Berliner Verordnung über die Qualität der Badegewässer (BaGeQuaV, 1998; BaGeQuaV 2003) zu beachten. Die wesentlichen zusätzlichen Parameter sind:

- pH-Wert (6 – 9)
- Mineralöle (kein sichtbarer Film auf der Wasseroberfläche)
- Tenside (keine Schaumbildung auf der Wasseroberfläche)
- Phenol (kein spezifischer Geruch)

- Transparenz (Sichttiefe mindestens 1 m)
- Sauerstoffgehalt (80 % - 120 % der Sättigung O<sub>2</sub>)
- Teer-Rückstände und schwimmende Körper wie Holz, Kunststoff, Flaschen etc.
- Ammoniak NH<sub>4</sub>
- Pestizide
- Schwermetalle
- Cyanide
- Nitrate und Phosphate.

Im vorliegenden Gutachten zur bakteriell-hygienischen Gewässerbewertung (Motz, R., 2003) wird auf diese Parameter nicht eingegangen. Die Auswertung in der Vergangenheit vorgenommener Messungen zeigt, dass der pH-Wert der Spree im Projektbereich zwischen pH = 8,0 und pH = 8,3 schwankt und insofern innerhalb der zulässigen Toleranzgrenzen liegt.

Wie bereits erwähnt, werden nach dem vorliegenden EU-Vorschlag zukünftig im Wesentlichen die beiden bakteriell-hygienischen Parameter Darmenterokokken und Escherischia Coli berücksichtigt.

Darüber hinaus sind auch die Algenentwicklung sowie physikalisch-chemische Parameter zu beachten, für die jedoch keine Grenzwerte vorgegeben sind. Daraus folgt:

- Die Problematik der Eutrophierung der Berliner Gewässer aufgrund der Nährstoffeinträge und damit die Gefahr der Algenentwicklung im Projektgebiet besteht weiterhin. Auch der neue EU-Vorschlag beinhaltet die Beobachtung dieses Parameters. Der für die Rettung Ertrinkender wichtige Grenzwert der Sichttiefe von mindestens 1 m wird jedoch nicht mehr explizit gefordert. Darüber hinaus ist die Gefahr der toxischen Wirkung von Cyanialgen insbesondere für Kleinkinder zu beachten.
- Physikalisch-chemische Parameter, die nach (EU-Badegewässerrichtlinie, 2002) zu beobachten sind und unter Umständen zu einem kurzfristigen Badeverbot führen können, sind auf der Wasseroberfläche sichtbare Mineralölrückstände, Teer-Rückstände und schwimmende Körper wie Holz, Kunststoff, Glas, Gummi oder sonstige Abfallstoffe.
- Darüber hinaus muss der pH-Wert des Wassers bei Süßwasser-Badestellen im Bereich von 6-9 liegen, was in der Spree im Projektgebiet in der Vergangenheit gewährleistet war.

### 3.1.3 Einrichtung temporärer Badeverbote

Die Einrichtung temporärer Badeverbote ist nach derzeitigen Vorgaben gesetzlich nicht verankert. Der neue Vorschlag der EU-Kommission (EU-Badegewässerrichtlinie, 2002) bietet jedoch mehr Spielräume zur Bewirtschaftung von Badestellen. Artikel 3 des EU-Vorschlages definiert den Begriff 'Bewirtschaftungsmaßnahmen' und beinhaltet auch die Einrichtung von Überwachungssystemen. Nach Artikel 6 des vorliegenden Vorschlages ist die Erstellung eines Badegewässerprofils für jede Badestelle erforderlich, in der auch das Risikopotential für kurzzeitig auftretende Verschmutzungen behandelt wird. In Artikel 12 des neuen EU-Vorschlages wird nochmals auf die Einrichtung von Überwachungs- und Frühwarnsystemen hingewiesen.

In Analogie zur langjährig angewandten Vorgehensweise bei starken Winden und entsprechendem Wellengang in Meeresstrandbädern ist auch im vorliegenden Fall denkbar, ein temporäres Badeverbot durch das Setzen einer roten Fahne anzuzeigen. Im Sinne eines Frühwarnsystems ist anzuraten, durch wasserstandsabhängige Messungen in den Zuläufen der Entlastungsbauwerke bereits im Vorfeld einer möglichen Mischwasserentlastung ein Badeverbot auszusprechen.

Diese Bewirtschaftung setzt jedoch zwingend voraus, dass die kontinuierliche Belastung im Zufluss der Spree permanent unterhalb der maßgebenden Grenzwerte der Badegewässerrichtlinie liegt.

Darüber hinaus ist die messtechnische Erfassung der Entlastungstätigkeit, z. B. durch die Erfassung der Überlauffähigkeit durch entsprechende Druckmesssonden in den Entlastungsüberläufen zwingend erforderlich.

### 3.1.4 Untersuchung der Möglichkeit von Online-Messungen

Der Nachweis der Bakteriologie ist nur durch analytische Methoden möglich, die entsprechende Zeit für den Aufbau und die Analyse der jeweiligen Kulturen erfordern, in der Regel zwei bis drei Tage. Eine direkte Online-Messung der bakteriologischen Belastung ist daher nicht möglich.

Die auf dem Markt verfügbaren Schnelltest-Methoden sind in der Lage, bereits nach ca. 24 Stunden zu einem Ergebnis zu kommen, diese sind jedoch als Nachweis im Sinne der vorliegenden Badegewässerrichtlinie nicht zugelassen.

Unter der Voraussetzung, dass die Badegewässerqualität im Zulauf der Spree zum Projektgebiet gewährleistet werden kann, ist es durch einfache Messeinrichtungen möglich, die Entlastungstätigkeit der neuen Speicher zu registrieren, die im statistischen Mittel einmal pro Jahr auftritt. Zum einen kann dies beispielsweise durch einfache Druckmesssensoren an den Überlaufschwelen der Notentlastung geschehen.

Damit ist es möglich, das Gefährdungspotential für die Badenden im Sinne des Bewirtschaftungsansatzes der neuen EU-Richtlinie deutlich einzuschränken.

Zum anderen ist denkbar, andere Parameter als Indikatoren zu messen, die auf eine Mischwasserentlastung und damit auf eine bakterielle Belastung hinweisen können. Denkbar wäre hier der in der Praxis schon oft bewährte Einsatz der elektrolytischen Leitfähigkeitsmessung. Mit der Leitfähigkeit wird gemessen, wie viel Strom durch eine standardisierte Elektrode fließt, die in die Probe eingeführt wird. Da die elektrolytische Stromleitung in wässrigen Lösungen von der Konzentration der Ionen im Wasser abhängt, ist diese ein Maß für den Gesamtsalzgehalt des Wassers (Summenparameter). Je größer der Strom, desto größer die Leitfähigkeit, desto größer die Salzkonzentration. Die Salzkonzentration in Gewässern kann natürlichen Ursprunges sein (Verwitterungsprozesse), oder aber auf anthropogene Ursachen, insbesondere Abwasser- und Regenwassereinleitungen, zurückzuführen sein. Da die Leitfähigkeit sehr leicht zu messen ist, wird sie häufig als einfaches Signal verwendet, um Veränderungen in der Wasserzusammensetzung, insbesondere im Salzgehalt, nachzuweisen. Insbesondere der Gradient der Veränderung des Salzgehaltes lässt Schlüsse auf mögliche Mischwassereinleitungen zu.

Eine weitere Möglichkeit besteht in der Sauerstoffmessung. Hier könnte ein neuartiges Verfahren zu optischen Messung des Sauerstoffgehaltes interessant sein, das im Vergleich zu den bisherigen elektrochemischen Verfahren insbesondere große Vorteile bei der Langzeitstabilität verspricht (Häck, 2004).

Für den Fall der Einrichtung einer Online-Messung des Sauerstoffgehalts bzw. der elektrolytischen Leitfähigkeit sollte auch untersucht werden, inwiefern ein funktionaler Zusammenhang zur bakteriell-hygienischen Belastung hergestellt werden kann. Unter der Voraussetzung, dass es gelingt eine solche Korrelation aufzustellen, könnte diese Erkenntnis zum einen für die kontinuierliche Überwachung der Badegewässerqualität im Zustrom genutzt werden, zum anderen wäre zu untersuchen, ob nach einer aufgetretenen Entlastung aus der Mischwasserkanalisation die Dauer des temporären Badeverbotes bzw. die Zeitpunkte der erforderlichen Beprobung besser eingeschätzt werden können. Zur Entwicklung einer möglichen Korrelation sind entsprechende Messungen und Auswertungen erforderlich.

### **3.2 Verkehrsrechtliche Belange**

#### **Genehmigungsfähigkeit**

Die Spree ist im betrachteten Projektgebiet Bestandteil der Spree-Oder-Wasserstraße und damit eine Bundeswasserstraße gemäß (WaStrG, 1998), die dem allgemeinen Schiffsverkehr dient. Eigentümer der Bundeswasserstraßen ist der Bund, vertreten durch die Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes, in Berlin durch das Wasser- und Schifffahrtsamt WSA Berlin.

Die Schifffahrtsstraße ist im betrachteten Projektgebiet für Schubverbände mit einer Gesamtlänge von 91 m und einer Breite von 9 m ausgebaut. Der Ausbau gilt für Zweischiffigkeit, d. h. mit der Möglichkeit der Begegnung. Die maximale Fahrgeschwindigkeit beträgt 9 km/h.

Aus- oder Umbaumaßnahmen der Bundeswasserstraße sind im betroffenen Bereich seitens der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung nicht geplant.

Mit dem Begriff "Fahrwasser" bezeichnet man den nach dem jeweiligen Wasserstand für die durchgehende Schifffahrt bestimmten Teil der Wasserstraße. Die Fahrrinne ist der Teil des Fahrwassers, in dem für den durchgehenden Schiffsverkehr bestimmte Breiten und Tiefen vorhanden sind, deren Erhaltung im Rahmen des Möglichen und Zumutbaren angestrebt wird.

Die Fahrrinne reicht im unteren Bereich der Spree im Projektgebiet von der Mühlendammschleuse bis etwa zur Oberschleuse Landwehrkanal von Ufer zu Ufer; eine ständige Nutzung für Speicheranlagen, sei es fest oder schwimmend, erscheint dem WSA Berlin daher aufgrund der Beeinträchtigung der Schifffahrt gegenwärtig nicht genehmigungsfähig.

Ausgeschlossen wird die Genehmigung seitens des WSA aus Platzgründen für die geplanten Speicher an den Mischwasserausläufen im Spreekanal. Neben dem fehlenden Platzangebot ergibt sich darüber hinaus auch ein Nutzungskonflikt mit der in diesem Bereich befindlichen öffentlichen Anlegestelle für Sportboote.

### **Badeverbot**

Im Bereich von kanalisierten Bundeswasserstraßen ist das Baden gemäß Binnenschifffahrtsstraßen-Ordnung (BinSchStrO, 1998) nicht erlaubt. Als kanalisiert gilt der Spreebereich von der Mühlendammschleuse bis etwa zur Oberschleuse Landwehrkanal. Dieses Verbot leitet sich auch aus der Berliner Verordnung über das Baden in Gewässern (Badeverordnung, 2001) ab. Damit ist das Baden im größten Teil des Projektgebietes aufgrund der gesetzlichen Vorgaben derzeit nicht erlaubt.

Als nicht kanalisiert gilt der Spreebereich oberstrom der Oberschleuse Landwehrkanal. Dort ist Baden grundsätzlich erlaubt, darüber hinaus wurde die grundsätzliche Genehmigungsfähigkeit auch in Bezug auf die erforderliche Freihaltung der Fahrrinne seitens des WSA Berlin für diesen Abschnitt signalisiert. Folgende Ausnahmen sind jedoch nach (BinSchStrO, 1998) und (Badeverordnung, 2001) zu beachten.

Das Baden ist verboten:

- im Bereich bis zu 100 m ober- und unterhalb von Brücken
- an Schleusen und in Schleusenvorhöfen
- im Bereich von Wehren
- in allen Häfen

- an Schiffsanlegestellen
- sowie an allen Stellen, die von der zuständigen Behörde (WSA) kenntlich gemacht werden.

Zu beachten ist die Lage des Osthafens innerhalb des Projektgebietes. Im Bereich des Osthafens besteht bei derzeitiger Nutzung des Hafens Badeverbot gemäß (BinSchStrO, 1998).

Vorgaben zu Vorkehrungen für Havarien, z. B. infolge eines unsteuerbaren Schiffes, werden seitens des Wasser- und Schifffahrtsamtes (WSA) nicht gegeben. Die erforderliche Sicherung obliegt immer dem Veranlasser bzw. Bauherrn. Im Rahmen eines Genehmigungsverfahrens würde seitens des WSA jedoch die Gefährdung der Schifffahrt genau geprüft, z. B. infolge sich loslösender schwimmender Anlagen.

### **Genehmigungsverfahren**

Das Genehmigungsverfahren im Rahmen der baureifen Planung gemäß HOAI erfordert die Einreichung baureifer Planungsunterlagen für jeden einzelnen Standort. Dies bedeutet, dass es in jedem Fall zu einer Einzelfallprüfung kommt. Neben der Genehmigung durch das Wasser- und Schifffahrtsamt, die im wesentlichen die verkehrsrechtlichen und -technischen Belange beinhaltet, ist gleichrangig auch die Genehmigung der Wasserbehörde Berlin, Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, erforderlich. Dort werden in erster Linie Umweltbelange sowie Belange Dritter, z. B. Belange der betroffenen Bezirke, geprüft.

Neben dem ersten Genehmigungsverfahren im Zusammenhang mit der baureifen Planung ist als Auflage in der Regel im Zusammenhang mit einer zeitlichen Befristung der Genehmigung auch mit wiederkehrenden Prüfungen bzw. Genehmigungsverfahren, z. B. Dichtheit der Behälter, Schwimmfähigkeit etc., zu rechnen.

### **Nutzungsentgelte**

Der Eigentümer der Bundeswasserstraße ist berechtigt, Nutzungsentgelte für die kommerzielle Nutzung der Wasserflächen zu erheben. Für den Fall der kommerziellen Nutzung durch Geschäfte, Cafés oder Restaurants werden Nutzungsentgelte von 97,- € pro Quadratmeter Fläche und Jahr erhoben. Für nichtkommerzielle Nutzungen, z. B. reine Mischwasserspeicher, beträgt das Nutzungsentgelt 3,- € pro Quadratmeter und Jahr.

### **Fließumkehr**

In der Spree oberhalb der Schleuse Mühlendamm ist eine Fließumkehr nicht auszuschließen. Im Sommer erfolgt der Abfluss aufgrund der geringen Wasserführung in der Regel nur über die Schleuse und das Spaltwasser, der Niedrigwasserabfluss NQ liegt lediglich bei  $0,9 \text{ m}^3/\text{s}$ . Messwerte zur Belegung dieser Aussage des WSA Berlin liegen nicht vor. Ein weiteres Problem könnte durch auftretende Westwinde hervorgerufen werden. Die Windexposition kann zu einer lokalen Gegenströmung in der staugeregelten Spree führen, insbesondere bei äußersten geringen Abflüssen im

Sommer. Im Falle des zufälligen Zusammentreffens einer Entlastung und auftretenden Westwinden ist nicht auszuschließen, dass Einleitungen der Mischwasserkanalisation aus dem Bereich Mühlendammschleuse und Spreekanal nach oberstrom gelangen.

### Verkehrsaufkommen

Seitens des Wasser- und Schifffahrtsamtes wurden statistische Angaben zur Entwicklung des Verkehrsaufkommens im Projektgebiet zur Verfügung gestellt, die in Tabelle 3-1 zusammengefasst sind. Es handelt sich dabei um Schiffe, welche die Mühlendammschleuse passiert haben. Fahrgastschiffe und Sportboote, die vor der Schleuse gedreht und wieder bergwärts gefahren sind, sind darin nicht enthalten.

Jahr	Güterschiffe	Fahrgastschiffe	Sportboote	Sonstige	Summe
2000	5761	11401	7772	1782	26716
2001	4724	11301	8494	1557	26076
2002	7006	11530	9054	1451	29041
2003	4106	11673	9913	1494	27186

**Tabelle 3-1: Entwicklung des Schiffsverkehrs im Projektgebiet**

Die Auswertung zeigt, dass der Schiffsverkehr im Projektgebiet in den zurückliegenden vier Jahren leicht ansteigende Tendenz aufweist. Insbesondere das Aufkommen von Sportbooten nimmt zu, was sich mit dem Bau des neuen Sportbootanliegers (Marina) am linken Spreeufer unterhalb der Eisenbrücke künftig sicher noch verstärken wird.

Zusammenfassend ist fest zu halten, dass viele der beschriebenen Auflagen und Verbote Gegenstand einer politischen Bewertung sein können und im Einzelfalle von einer Gesamtbewertung der Maßnahme berlinbeach abhängig gemacht werden können. Hier sind im Realisierungsfalle entsprechende Gespräche zu führen.

### 3.3 Sonstige aktuell vorliegende Genehmigungsverfahren im Projektgebiet

Nach Auskunft des Wasser- und Schifffahrtsamtes und der Wasserbehörde Berlin gibt es eine Reihe weiterer aktuell laufender bzw. bereits abgeschlossener Genehmigungsverfahren für geplante Nutzungen im Projektbereich.

Name	Nr.	Spree-km	Nutzung
Bödicker Straße (Eisenbrücke)	14141.001	21,9	Nutzungsbereich Osthafen, diverse Einleitstellen, künftige Nutzungskonzepte ungeklärt, BEHALA
Rochowstraße	15156.001	21,6	Nutzungsbereich Osthafen, diverse Einleitstellen, künftige Nutzungskonzepte ungeklärt, BEHALA
Danneckerstraße	15153.001	21,2	Nutzungsbereich Osthafen, diverse Einleitstellen, künftige Nutzungskonzepte ungeklärt, BEHALA
Warschauer Straße	15162.002	20,7	Brückenbereich, schiffahrtsrechtliche Zuständigkeit WSA, stadtplanerisches Entwicklungsgebiet Friedrichshain-Kreuzberg (Anlegestelle für Sportboote)
Straße der Pariser Kommune	16172.001	19,6	stadtplanerisches Entwicklungsgebiet Friedrichshain-Kreuzberg, Brückenbauwerk geplant
Schillingbrücke	17175.009	19,3	Brückenbereich, schiffahrtsrechtliche Zuständigkeit WSA
Michaelbrücke	17182.002	18,7	Brückenbereich, schiffahrtsrechtliche Zuständigkeit WSA
Rolandufer (Alexanderstraße)	18185.002	18,2	Schiffsanlegestelle mit geplanter Erweiterung, Rangierbereich für die Fahrgastschifffahrt
Pfuelstraße	15161.005	20,4	vorhandene Restaurantplattform Pfuelstraße am linken Spreeufer
Schillingbrücke (linkes Ufer)	17175.008	19,3	Spreeport Ver.di, Schiffsanleger sowie Kühlwasserentnahme und –wiedereinleitung am linken Spreeufer
Michaelbrücke (linkes Ufer)	17184.001	18,7	Entnahmebauwerk Kraftwerk Mitte , linkes Spreeufer
Inselstraße	17192.004	Spreekanal km 1,9	Historischer Hafen, diverse Schiffs Liegeplätze
Neue Grünstraße	17193.014	Spreekanal km 1,5	temporäre öffentliche Schiffsanlegestellen, schiffahrtsrechtliche Zuständigkeit WSA
Gertraudenbrücke	17191.001	Spreekanal km 1,25	Brückenbereich, schiffahrtsrechtliche Zuständigkeit WSA Berlin

**Tabelle 3-2: konkurrierende Nutzungen im Projektgebiet (Quelle: Wasserbehörde Berlin)**

Die auf den Angaben der Wasserbehörde Berlin basierende Zusammenstellung (Tabelle 3-2) gibt eine Übersicht der laufenden bzw. bereits erteilten Genehmigungen im Projektgebiet. Aus datenschutzrechtlichen Gründen sind offenbar nicht alle

laufenden Verfahren aufgeführt. Seitens des WSA Berlin und des Stadtplanungsamtes Friedrichshain-Kreuzberg wurde im Gespräch auf ein geplantes Hotelschiff westlich der Oberbaumbrücke, ein Veranstaltungsschiff im Bereich des Auslaufs Pariser Kommune und ein Restaurantschiff im Bereich der Anschütz-Arena hingewiesen. Die bereits in Realisierung befindliche Nutzung durch das Projekt 'Spreebrücke' am linken Ufer oberhalb der Oberschleuse Landwehrkanal ist ebenfalls nicht enthalten.

### **3.4 Zuwegungsrechte und städtebauliche Belange**

Neben der Sicherung der Standorte im Gewässer ist auch die Gewährleistung der Zugänglichkeit der geplanten Anlagen vom Ufer aus sicher zu stellen. Nach Auskunft des Stadtplanungsamtes Friedrichshain-Kreuzberg ist im Bereich zwischen Schillingbrücke und Stralauer Halbinsel beidseitig der Spree ein Uferwanderweg vorgesehen, die Planungen sind bereits weit fortgeschritten. Damit wäre die fußläufige Zugänglichkeit zu den Anlagen in diesem Bereich gewährleistet.

Im Bereich von etwa 100 Metern und oberhalb der Michaelkirchbrücke bis zur Janowitzbrücke ist die Zugänglichkeit aufgrund der bis zum Wasser reichenden Stadtbahn stark eingeschränkt.

Die Frage des Lieferverkehrs ist gesondert zu untersuchen, wenn spezifische Nutzungen für die jeweiligen Standorte feststehen.

Im Falle der Inanspruchnahme ausgedehnter Wasserflächen und Uferkanten sowie insbesondere bei möglich werdenden Aufbauten auf diesen Flächen bestehen seitens des Stadtplanungsamtes Friedrichshain-Kreuzberg derzeit Bedenken in Bezug auf die Verbauung des Ufers. Diese Bedenken bestehen vor allem aus städtebaulicher Sicht. Eine damit verbundene Veränderung des Stadt- und Landschaftsbildes sowie zu erwartende Auswirkungen auf die Umwelt (Luftaustauschbahn) werden grundsätzlich kritisch gesehen. Zudem wurde in unseren diesbezüglichen Gesprächen insbesondere bezweifelt, ob die anzunehmenden Geruchsbelästigungen im Bereich der Auffangbehälter eine Nutzung des Umfeldes wie aber auch des Standortes selbst einschränken bzw. überhaupt ermöglichen.

Vorbehalte bestehen darüber hinaus auch in Bezug auf die Belange des Denkmalschutzes. Vor allem die Beeinträchtigung des Baudenkmals Oberbaumbrücke und des denkmalgeschützten Osthafens werden kritisch gesehen. Das Stadtplanungsamt Friedrichshain-Kreuzberg hat seinerseits Planungen für den Bereich Osthafen und das Ufergelände zwischen Elsen- und Schillingbrücke initiiert.

Vor Eintritt in die nächste Realisierungsphase sollten in jedem Fall Untersuchungen zur städtebaulichen und architektonischen Konzeption für das Projekt sowie grundlegende Standort- und Potenzialanalysen durchgeführt werden. Auf einer solchen Grundlage sind dann für alle Teilprojekte des Vorhabens detaillierte Abstimmungen mit den jeweils verantwortlichen Planungs- und Genehmigungsbehörden durchzuführen.

## **4 Untersuchung konstruktiver und hydraulischer Fragestellungen**

### **4.1 Konstruktive Fragestellungen**

Die Untersuchung konstruktiver Fragestellungen ist im Vorfeld einer baureifen Planung wichtige Voraussetzung zur Beurteilung der Machbarkeit des Vorhabens im Sinne einer technischen Vorprüfung. Neben den hydraulischen Fragestellungen ergeben sich hieraus die erforderlichen Erkenntnisse zur grundsätzlichen Beurteilung der technischen Machbarkeit und für die Abschätzung der Investitions- und Betriebskosten.

#### **4.1.1 Örtliche Zulaufsituation**

Die Entlastungskanäle münden weitgehend unterhalb des Wasserspiegels in die Spree, in der Regel liegt der Scheitel des Entlastungskanals nur knapp über dem mittleren Spreewasserstand. Die Auslaufkanäle wurden überwiegend Ende des 19. Jahrhunderts hergestellt. Die Entlastungskanäle stehen unter Rückstau von der Spree her, zur Durchführung einer Inspektion ist daher zunächst die spreeseitige Abspernung und dann die Entleerung der Entlastungskanäle erforderlich.

Aufgrund des damit verbundenen Aufwandes sind Inspektionen der Entlastungskanäle im rückgestauten Bereich durch die Berliner Wasserbetriebe bislang nicht erfolgt, so dass derzeit keine Informationen zum baulichen Zustand der Entlastungskanäle vorliegen. Die Ausnahme bildet der Entlastungskanal Pariser Kommune, wo eine Untersuchung im Rahmen der Planung des zwischenzeitlich realisierten Bewirtschaftungsbauwerkes durchgeführt wurde. Die Inspektion aller übrigen Entlastungskanäle ist im Vorfeld einer baureifen Planung erforderlich. Die Zuständigkeit für die Inspektion der Anlagen obliegt den Berliner Wasserbetrieben.

#### **4.1.2 Baugrunduntersuchungen**

Innerhalb des Projektgebietes liegen im direkten Bereich der Spree nach Auskunft des Wasser- und Schifffahrtsamtes Berlin weder Sediment- noch Baugrunduntersuchungen vor.

Seitens des Wasser- und Schifffahrtsamtes Berlin wurde ein Baugrundgutachten für das Grundstück Köpenicker Straße 48/49 in Berlin-Mitte zur Verfügung gestellt, das im Jahre 1995 bei der Planung der Schifffahrtsdirektion Ost erstellt wurde. Der Aufschluss erfolgte bis in eine Tiefe von 8 m unter Geländeoberkante (GOK) und zeigt im Wesentlichen anstehende Fein- und Mittelsande unter einer Aufschüttungsschicht aus Sanden mit Bauschutt und Holz- und Torfresten von ca. 1,2 m bis 4 m.

Eine weitere vom Wasser- und Schifffahrtsamt zur Verfügung gestellte Baugrunduntersuchung des VEB Baugrunduntersuchung stammt aus dem Jahr 1962. Im Bereich zwischen Michaelbrücke und Schillingbrücke wurden am linken Ufer Bohrungen auf Tiefen von bis zu 12 m unter Gelände abgeteuft. Auch hier wurden Aufschüttungsschichten mit einer Mächtigkeit zwischen 1,5 m und 3,8 m festgestellt. Darunter wurden bis zu einer Tiefe von 5 m stark organische Schichten, wie Faulschlamm und stark zersetzter Torf angetroffen, und schließlich Fein- und Mittelsande unterhalb von 5 m unter Geländeoberkante.

Die Bestandspläne der Auslaufkanäle der Berliner Wasserbetriebe wurden während der vorletzten Jahrhundertwende angefertigt und zeigen ebenfalls 'schlammigen Boden' über anstehenden Sanden im Uferbereich. Die verwendeten Pfahlgründungen der Auslaufkanäle lassen in Bezug auf die Tragfähigkeit auf einen nicht unproblematischen Baugrund schließen.

Zur Beantwortung der Frage ob grundsätzlich auch größere Gebäude in die Spree gebaut werden können oder nicht sind für jeden Einzelfall detaillierte Baugrunduntersuchungen erforderlich.

Vorliegende Baugrunduntersuchungen in der Nähe geplanter Bauwerke können immer nur eine allgemeine Einschätzung der Baugrundsituation geben. Insbesondere bei heterogenen Bodenverhältnissen besteht dabei die große Gefahr der Fehlinterpretation. Die Standsicherheit ist ohne Zweifel jedoch eine wesentliche Voraussetzung zur Bauwerksherstellung. Zur baulichen Erstellung der geplanten Einlaufbauwerke und gegebenenfalls fester Speicherbauwerke sind deshalb im Rahmen der baureifen Planung umfangreiche Baugrunduntersuchungen direkt an den örtlichen Standorten der geplanten Maßnahmen zwingend erforderlich.

### 4.1.3 Einlaufbauwerk

Zur Ableitung der auftretenden Strömungskräfte, zur Umlenkung und Beruhigung der Strömung sowie zur Gewährleistung einer den Speicherbecken vorgeschalteten Entlastungsmöglichkeit wird empfohlen, im direkten Bereich der Auslaufbauwerke ein festes Einlaufbauwerk im Wasser einzurichten. Ein weiterer Vorteil dieser Anordnung liegt darin, dass damit auch das Speichervolumen des Entlastungskanals aktiviert werden kann, so dass sich eine positive Wirkung für die Zielsetzung der Badegewässerqualität ergibt.

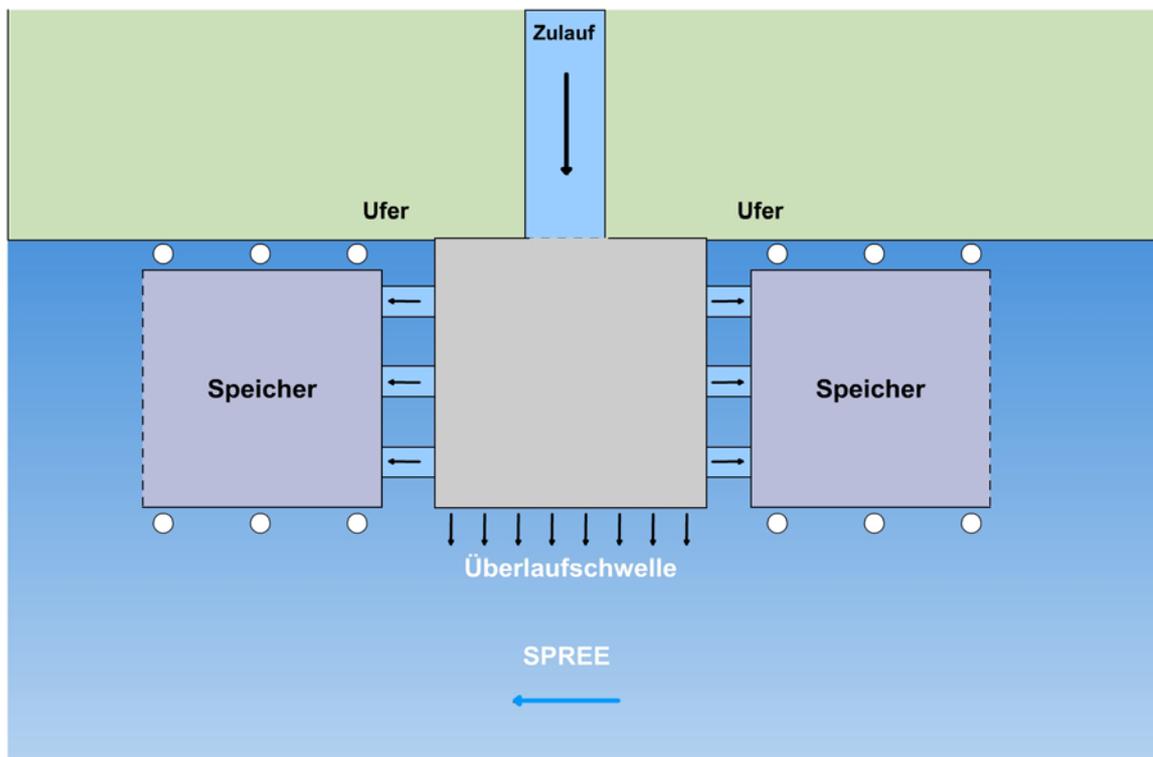


Abbildung 4-1: Schemaskizze Einlaufbauwerk

Abbildung 4-1 zeigt schematisch die Anordnung eines Einlaufbauwerkes. Vorgesprochen wird ein abgedecktes Spundwandbauwerk mit Überlaufschwelle zur Entlastung von Katastrophenereignissen.

Darüber hinaus ist es möglich, innerhalb des festen Einlaufbauwerkes auch konstruktive Vorrichtungen zum Rückhalt von Leichtflüssigkeiten anzuordnen, z. B. in Form von schwimmenden Tauchwänden. Dies ist für den Fall eines Benzinunfalls im Einzugsgebiet zu empfehlen, damit leicht entzündliche Flüssigkeiten nicht in die Behälter gelangen.

Die Anordnung eines Einlaufbauwerkes ist insbesondere zur Gewährleistung der Entlastungsmöglichkeit für auftretende Katastrophenregen mit sehr großen Spitzenabflüssen zu empfehlen. Auch für den Fall der Vollfüllung der Speicher muss eine

Möglichkeit des Abschlages der nach Vollerfüllung eventuell noch auftretenden Entlastungsabflüsse sichergestellt sein. Gleiches gilt für durchzuführende Inspektions-, Reinigungs- und Wartungsarbeiten sowie für Betriebsstörungen.

Darüber hinaus besteht bei der vorgeschlagenen Anordnung die grundsätzliche Möglichkeit, die Befüllung und Entleerung der Speicher außerhalb der Badesaison auszusetzen.

Die erforderlichen schwimmfähigen Speicherbehälter können seitlich des Einlaufbauwerkes angeordnet werden, bei Bedarf auch beidseitig. Die erforderlichen Abmessungen der jeweiligen Einlaufbauwerke ergeben sich aus der Anzahl der erforderlichen Speicherbecken, die wiederum erst nach Kenntnis der vorgesehenen Aufbauten und der daraus resultierenden Auflasten genau ermittelt werden können. Die schematische Skizze (s. Abbildung 4-1) umfasst lediglich den Einlaufbereich der Speicher, die dargestellte Strichlierung symbolisiert den vorgenommenen Schnitt und insofern die Weiterführung der Speicher.

Die direkte Einleitung der Mischwasserentlastungen in die Speicher wird aus vorstehend genannten Gründen nicht empfohlen, darüber hinaus ist sie bei größeren Auslässen höhenmäßig nicht möglich. Die Befüllung mittels Pumpen oder andere Möglichkeiten, z. B. die Befüllung mittels Hebern, wurden erwogen, werden aber ebenfalls nicht für empfehlenswert gehalten.

#### **4.1.4 Höhenabhängige Befüllung**

Bei Verwendung schwimmender Speicher ist zu beachten, dass in Abhängigkeit von der Befüllung ein entsprechender Hub entsteht. Für den Regelfall des entleerten Zustandes schwimmen die Speicher auf, mit zunehmender Befüllung sinken sie ab.

Bei Verwendung eines Glattschubleichters GSP 65 beträgt die maximale Hubhöhe nach Angabe der Deutschen Binnenreederei beispielsweise 1,82 m, ähnliche Größenordnungen sind für neu herzustellende Stahlcontainer zu erwarten. Insofern muss ein höhenflexibler Anschluss zur Befüllung gewährleistet sein.

Durch das vorgesehene Einlaufbauwerk ist es möglich, den flexiblen Anschluss zu realisieren. Dazu werden in der Seitenwand des Einlaufbauwerkes entsprechende Auslauföffnungen vorgesehen, an die ein flexibler druckdichter Verbindungsschlauch angeflanscht wird, dessen anderes Ende mit dem schwimmenden Speicher verbunden ist. Im Schiffsbau sowie in der Siedlungswasserwirtschaft (Drehbogen in Dresdner Kanalisation) werden solche flexiblen Materialien bereits vereinzelt eingesetzt. Je nach hydraulischen Anforderungen können mehrere Verbindungsleitungen pro Speicher angeordnet werden. Aufgrund der geringen Eintauchtiefe der leeren Speicher wird dies unumgänglich sein. Die Zugänglichkeit zu den flexiblen Verbindungsleitungen ist jederzeit gewährleistet, so dass eine Auswechslung aufgrund Materialverschleißes möglich ist. Ein Verknicken der Leitung ist auszuschließen.

Im Einlaufbauwerk muss ein Verschlussorgan (Schieber) angeordnet werden, um den Zulauf zum Speicher verschließen zu können. Dies ist für Reinigungs-, Inspektions- und Wartungsarbeiten erforderlich, sowie insbesondere für den Fall andauernder Entlastungsabflüsse nach Vollenfüllung der Speicher.

Für die Standorte, an denen mehrere nebeneinander angeordnete Speicher erforderlich werden, bietet sich eine kaskadenartige Füllung durch höhengestaffelte Auslauföffnungen an. Vorteilhaft ist dabei, dass bei kleineren Entlastungsereignissen nur die jeweils benötigten Speicher gefüllt und entleert sowie gereinigt werden müssen. Begrenzt wird diese Möglichkeit jedoch durch die geringe Eintauchtiefe der leeren Speicher. Abhilfe kann hier durch die Einrichtung gesteuerter Verschlussorgane geschaffen werden, die aus betrieblicher Sicht ohnehin erforderlich sind.

Die vorgeschlagene höhenabhängige Füllung unter Einsatz flexibler Verbindungen ist auch zu empfehlen, wenn mehrere Einzelspeicher hintereinander geschaltet werden.

#### **4.1.5 Verankerung der Speicher**

Seitens des Wasser- und Schifffahrtsamtes besteht die Forderung, dass für die Schifffahrt keine Gefahr durch sich losreißende schwimmende Einbauten entstehen darf. Darüber hinaus sollte die flexible Verbindungsleitung nicht durch Bewegungen des Speichers belastet werden. Insofern ist die Verankerung der Speicher wichtig.

Die Verankerung muss so gewählt werden, dass horizontale Bewegungen infolge Winddruck, Eisgang oder Wellenschlag weitgehend verhindert wird, gleichzeitig aber vertikale Bewegungen aufgrund des entsprechenden Hubes zulässig sind. Dies kann am einfachsten durch entsprechende Dalben erfolgen, die neben den Speichern in die Sohle gerammt werden (s. Abbildung 4-1).

Wenn mehrere Speicherbecken an einem Standort erforderlich werden, wird aus betrieblicher Sicht empfohlen, die Befüllung für jeden Einzelspeicher unabhängig voneinander zu ermöglichen. Dies hat jedoch zur Folge, dass die einzelnen Speicher auch unabhängig voneinander absinken. Dies ist bei der geplanten Nutzung zu beachten.

Für die möglichen Gefahren für die schwimmenden Einbauten durch unmanövrierbare Schiffe oder Ähnliches gibt es seitens des Wasser- und Schifffahrtsamtes keine Auflagen. Die Sicherung der Anlagen vor Havarien durch entsprechenden Prallschutz liegt im Verantwortungsbereich der Betreiber.

## **4.2 Hydraulische Untersuchungen**

Neben der Optimierung des erforderlichen Speichervolumens sind auch weitgehende hydraulische Untersuchungen durchzuführen. Dabei stehen insbesondere die

maßgebenden Strömungsgrößen Durchfluss und Fließgeschwindigkeit sowie die daraus resultierenden Kräfte im Vordergrund. Darüber hinaus sollen Fragen zur Schwimmfähigkeit und zur Schwimmstabilität untersucht werden.

#### 4.2.1 Maßgebende Abflüsse und Wasserstände der Spree

Die Vielzahl statistischer Werte in der Hydrologie werden zusammenfassend als Hauptwerte bezeichnet. Das Zeichen für einen Hauptwert wird dadurch gebildet, dass dem Zeichen für den betreffenden Begriff (z. B. Wasserstand W, Abfluss Q) ein Zeichen vorangestellt wird, das den statistischen Wert angibt. Es bedeuten:

**N...** niedrigster Wert in einer Zeitspanne (z. B. NQ, niedrigster Abfluss im untersuchten Zeitraum)

**H...** höchster Wert in einer Zeitspanne (z. B. HW, höchster Wasserstand im untersuchten Zeitraum)

**NN...** niedrigster überhaupt bekannter Wert (z. B. NNQ, niedrigster Abfluss seit Messbeginn an der betrachteten Stelle)

**HH...** höchster überhaupt bekannter Wert (z. B. HHW, höchster Wasserstand seit Messbeginn an der betrachteten Stelle)

**M...** arithmetischer Mittelwert aller gleichartigen Werte in einer Zeitspanne

**MN...** arithmetischer Mittelwert der kleinsten Werte in gleichartigen Zeitspannen (z. B. MNQ)

**MH...** arithmetischer Mittelwert der größten Werte in gleichartigen Zeitspannen (z. B. MHW)

Tabelle 4-1 zeigt die Hauptwerte der Abflüsse und Wasserstände für den Oberpegel Mühlendammschleuse.

<b>Oberpegel Berlin – Mühlendamm (Schleuse)</b>					
<b>Jahresreihe</b>	<b>NQ (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>MNQ (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>MQ (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>MHQ (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>HQ (m<sup>3</sup>/s)</b>
1971-1990	1,31	4,98	32,1	84,1	118
1991-2000	0,90	3,75	25,7	70,9	114
1971-2000	0,90	4,57	30,0	79,7	118
<b>Jahresreihe</b>	<b>NW (NN+m)</b>	<b>MNW (NN+m)</b>	<b>MW (NN+m)</b>	<b>MHW (NN+m)</b>	<b>HW (NN+m)</b>
1971-1990	31,83	32,07	32,29	32,43	32,52
1991-2000	32,07	31,18	32,32	32,44	32,47
1971-2000	31,83	32,11	32,30	32,43	32,52

**Tabelle 4-1: maßgebende Abflüsse und Wasserstände der Spree**

Die Extremwerte betragen: NNQ = 0,000 m<sup>3</sup>/s (16.07.1964)  
 HHQ = 118 m<sup>3</sup>/s (18.01.1982)  
 NNW = NN+31,83 m (06.02.1971) und  
 HHW = NN+32,61 m (17.05.1945)

Deutlich erkennbar ist der bereits angesprochene rückläufige Durchfluss der Spree im Vergleich der Jahresreihen 1971-1990 und 1991-2000. Ebenfalls ersichtlich sind die in Bezug auf andere Flüsse vergleichsweise geringen Wasserstandsdifferenzen zwischen Niedrigwasser, Mittelwasser und Hochwasser, die zum einen auf die Stau-  
 regelung und zum anderen auf die geringen Hochwasserabflüsse der Spree zurück zu führen sind.

Die maßgebenden Wasserstände sind bei der baureifen Planung der Einzelanlagen zugrunde zu legen.

#### **4.2.2 Rückströmung aus dem Landwehrkanal**

Beim Bau der Oberschleuse Landwehrkanal ist die die Möglichkeit des Kippens der Schleusentore zur Entlastung des Landwehrkanals bei erhöhter Wasserführung eingerichtet worden. Seit kurzem ist dies aus technischen Gründen nicht mehr möglich, soll aber nach Angaben des WSA wieder hergestellt werden, da das Wehr an der Unterschleuse des Landwehrkanals das in den Landwehrkanal eingeleitete Regen- und Mischwasser nicht mehr in jedem Fall abführen kann, und es somit zu Problemen im Schiffsverkehr kommt.

Die Entlastung des Landwehrkanals würde zu einer Rückströmung in die Spree führen. Da der Landwehrkanal insbesondere durch Mischwassereinleitungen stark belastet ist, besteht zumindest kurzfristig die Gefahr eines bakteriell-hygienischen Eintrages in das Projektgebiet und damit die Möglichkeit der Beeinträchtigung des Ba-

debetriebes. Dies sollte nach Möglichkeit durch Abstimmungen mit dem Wasser- und Schifffahrtsamt verhindert werden.

### 4.2.3 Abflüsse und Fließgeschwindigkeiten an den Auslässen

Die Ermittlung der maßgebenden Abflüsse und Fließgeschwindigkeiten erfolgt durch die hydrodynamische Berechnung des Niederschlags-Abfluss-Verhaltens des jeweiligen Einzugsgebietes. Die Ergebnisse liegen nur für den Ansatz des bereits vorgestellten Berliner Modellregens MR60/n=1 vor. Es ist nicht auszuschließen, dass bei Ereignissen gleicher Häufigkeit aber unterschiedlicher Dauer größere Abflüsse und Fließgeschwindigkeiten auftreten. Darüber hinaus ist die erforderliche vorgeschaltete Entlastung auch für seltenere Ereignisse als  $n = 1/a$  zu bemessen. Für den Fall der baureifen Planung ist es erforderlich, die bislang vorliegenden Werte durch hydrodynamische Langzeitberechnungen für alle Auslaufbauwerke zu verifizieren.

Zur Abschätzung der Bemessungsgrößen wird die maßgebende Geschwindigkeit unter Anwendung der Kontinuitätsgleichung durch die Auswertung der Definitionsgleichung der mittleren Geschwindigkeit ermittelt:

$$v = \frac{Q}{A}$$

Tabelle 4-2 zeigt die Ergebnisse für die Häufigkeit  $n = 1/a$ :

Name	Nr.	EZG	$Q_{max}$ (m <sup>3</sup> /s) [MR60/n=1]	DN	v (m/s)
Bödicker Straße (Elsenbrücke)	14141.001	XII	0,235	390	2,0
Rochowstraße	15156.001	XII	1,271	1000	1,6
Danneckerstraße	15153.001	XII	0,409	480	2,3
Warschauer Straße	15162.002	XII	8,878	Ma 3504/ 2058h	1,7
Straße der Pariser Kommune	16172.001	V	9,438	Ka 4500/1800h	1,2
Schillingbrücke	17175.009	V	2,810	Ma 3000/ 1700h	0,6
Michaelbrücke	17182.002	V	1,740	Ma 1560/880h	1,3
Rolandufer (Alex- anderstraße)	18185.002	V	10,378	Ka 4500/2300h	1,0
Pfuelstraße	15161.005	I	0,371	500	1,9
Schillingbrücke (linkes Ufer)	17175.008	I	0,252	500	1,3
Michaelbrücke (linkes Ufer)	17184.001	I	0,361	1000	0,5
Inselstraße	17192.004	II	0,284	Ei 1250h/850br	0,3
Neue Grünstraße	17193.014	II	0,255	Ei 1100h/900br	0,3
Gertraudenbrücke	17191.001	III	0,543	Ei 1100h/900br	0,7

**Tabelle 4-2: resultierende Austrittsgeschwindigkeiten für MR60/n=1**

#### 4.2.4 Resultierende Kräfte

Durch die Anordnung des vorgeschlagenen festen Kammerbauwerkes im jeweiligen Auslaufbereich ist es möglich, die auftretenden Druck- und Strömungskräfte abzuleiten und die Strömung zu beruhigen. Die maßgebenden Kräfte resultieren zum einen aus dem hydrostatischen Wasserdruck (Wirkung ruhenden Wassers) und zum anderen aus den resultierenden Impulskräften des fließenden Wassers.

Entscheidend für die Ermittlung der maßgebenden hydrostatischen Druckkräfte ist der Lastfall Trockenwetter, d. h. entleertes Einlaufbauwerk (kein Wasserdruck innen) und anstehender äußerer Wasserdruck durch den Spreewasserstand. Für den Lastfall Regenwetter kommt es im Einlaufbauwerk zu einem Aufstau von entlastetem Mischwasser bei annähernd gleich bleibendem Spreewasserstand, so dass sich die hydrostatischen Druckkräfte auf die Wand des Kammerbauwerkes weitgehend aufheben.

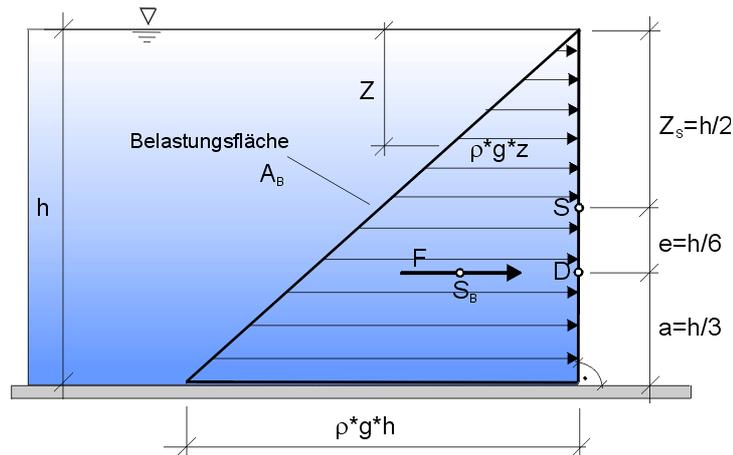


Abbildung 4-2: Ermittlung der hydrostatischen Druckkraft

Die Ermittlung der Wasserdruckkraft auf lotrechte Seitenwände erfolgt gemäß Abbildung 4-2 aus dem Produkt des hydrostatischen Druckes im Schwerpunkt der gedrückten Fläche multipliziert mit der Größe der gedrückten Fläche nach folgender Gleichung:

$$F = p \cdot A = \rho \cdot g \cdot z_s \cdot A$$

Mit der Schwerpunktordinate  $z_s = h/2$  und der Flächengröße  $A = b \cdot h$  ergibt sich damit

$$F = \rho \cdot g \cdot \frac{h}{2} \cdot b \cdot h = \rho \cdot g \cdot b \cdot \frac{h^2}{2}$$

Die genaue Ermittlung der auftretenden hydrostatischen Kräfte richtet sich nach den exakten Abmessungen der örtlich erforderlichen Einlaufbauwerke. Bei einer mittleren Wassertiefe von  $h = 2,5$  m ergibt sich für den Lastfall hydrostatischer Druck pro laufendem Meter Breite eine abzuleitende hydrostatische Druckkraft von  $F = 32$  kN/m.

Der Angriffspunkt D der resultierenden Wasserdruckkraft F liegt um die Außermittigkeit e unterhalb des Flächenschwerpunktes der gedrückten Fläche A:

$$e = \frac{h^2}{12 \cdot z_s} = \frac{h}{6}$$

Daraus errechnet sich der Abstand a des Druckmittelpunktes D von der Sohle:

$$a = h - z_s - e = h - \frac{h}{2} - \frac{h}{6} = \frac{h}{3}$$

Die Druckkraft  $F$  greift somit im Drittpunkt der Belastungsfläche an, dem Schwerpunkt des Wasserdruckdreieckes.

Neben den hydrostatischen Kräften sind auch die entsprechenden Impulskräfte zu berücksichtigen, die sich aus dem Strömungsdruck ergeben.

Die Fließgeschwindigkeit der Spree im Uferbereich kann vernachlässigt werden, so dass sich die maßgebenden Impulskräfte aus der Entlastung ergeben. Die Berechnung der auftretenden Impulskräfte erfolgt nach dem Impulssatz aus dem Produkt aus Dichte, Durchfluss und Geschwindigkeit.

$$F = \rho \cdot Q \cdot v$$

Die Dichte des Wassers kann mit  $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$  angesetzt werden, Durchfluss und Fließgeschwindigkeit liegen für die Belastung durch den einjährigen Modellregen MR60/n=1 vor. Damit können die resultierenden Impulskräfte für diesen Bemessungsfall bestimmt werden:

Name	Nr.	EZG	$Q_{\max}$ (m <sup>3</sup> /s) [MR60/n=1]	v (m/s)	F (kN)
Bödicker Straße (Elsenbrücke)	14141.001	XII	0,235	2,0	0,46
Rochowstraße	15156.001	XII	1,271	1,6	2,06
Danneckerstraße	15153.001	XII	0,409	2,3	0,92
Warschauer Straße	15162.002	XII	8,878	1,7	14,68
Straße der Pariser Kommune	16172.001	V	9,438	1,2	11,00
Schillingbrücke	17175.009	V	2,810	0,6	1,81
Michaelbrücke	17182.002	V	1,740	1,3	2,33
Rolandufer (Alexanderstraße)	18185.002	V	10,378	1,0	10,41
Pfuelstraße	15161.005	I	0,371	1,9	0,70
Schillingbrücke (linkes Ufer)	17175.008	I	0,252	1,3	0,32
Michaelbrücke (linkes Ufer)	17184.001	I	0,361	0,5	0,17
Inselstraße	17192.004	II	0,284	0,3	0,10
Neue Grünstraße	17193.014	II	0,255	0,3	0,09
Gertraudenbrücke	17191.001	III	0,543	0,7	0,40

**Tabelle 4-3: resultierende Impulskräfte für MR60/n=1**

Aufgrund der Strahlaufweitung Einlaufbauwerk wird sich die Fließgeschwindigkeit darüber hinaus entsprechend reduzieren.

Auch an dieser Stelle muss darauf hingewiesen werden, dass bei Ansatz seltenerer Regenereignisse größere Abflüsse, Fließgeschwindigkeiten und Impulskräfte auftreten. Diese Berechnungsergebnisse liegen jedoch derzeit nicht vor. Daher ist im Falle einer baureifen Planung vorab eine entsprechende hydrodynamische Kanalnetzbe-

rechnung des Gesamteinzugsgebietes der relevanten Auslaufbauwerke zwingend erforderlich.

#### 4.2.5 Erforderliche Breite der Entlastungsschwellen

Die erforderlichen Schwellenbreiten der Entlastungswehre können aus der hydraulischen Berechnung ermittelt werden. Entscheidend sind die Fließverhältnisse an der Wehrkrone, da hier ein Übergang vom strömenden zum schießenden Abfluss erfolgt. Durch Integration der Absenkungskurve im Kronenbereich und entsprechender Umformung ergibt sich die Überfallformel für vollkommenen Überfall:

$$Q = \frac{2}{3} \cdot \mu \cdot b \cdot \sqrt{2g} \cdot h_u^{\frac{3}{2}}$$

Der Überfallbeiwert  $\mu$  berücksichtigt dabei den Einfluss der Bauwerksform, d.h. die Form der Überfallkante, und wird für eine rundkronige Wehrschwelle mit  $\mu = 0,65$  angesetzt. Für die Überfallhöhe wird näherungsweise  $h_u = 0,2$  m angesetzt.

In Tabelle 4-4 sind die überschlägig ermittelten Schwellenbreiten der erforderlichen Entlastungswehre für die Belastung mit dem Modellregen MR60/n=1 und den vorstehend erläuterten Annahmen zusammengestellt.

Name	Nr.	$Q_{\max}$ (m <sup>3</sup> /s) [MR60/n=1]	b (m)
Bödicker Straße (Eisenbrücke)	14141.001	0,235	1,4
Rochowstraße	15156.001	1,271	7,4
Danneckerstraße	15153.001	0,409	2,4
Warschauer Straße	15162.002	8,878	51,7
Straße der Pariser Kommune	16172.001	9,438	55,0
Schillingbrücke	17175.009	2,810	16,4
Michaelbrücke	17182.002	1,740	10,1
Rolandufer (Alexanderstraße)	18185.002	10,378	60,4
Pfuehlstraße	15161.005	0,371	2,2
Schillingbrücke (linkes Ufer)	17175.008	0,252	1,5
Michaelbrücke (linkes Ufer)	17184.001	0,361	2,1
Inselstraße	17192.004	0,284	1,7
Neue Grünstraße	17193.014	0,255	1,5
Gertraudenbrücke	17191.001	0,543	3,2

Tabelle 4-4: erforderliche Wehrbreite der Entlastungsschwelle für MR60/n=1

Die abschließende Bemessung kann erst im Zuge der baureifen Planung nach Vorliegen der detaillierten örtlichen Angaben und Abmessungen sowie der erforderlichen hydrodynamischen Berechnungen erfolgen.

Es zeigt sich jedoch deutlich, dass sehr große Wehrbreiten für die bereits benannten drei großen Ausläufe Warschauer Straße, Straße der Pariser Kommune und Rolandufer resultieren, die in dieser Form kaum realisierbar sein werden. Im Zusammenhang mit der Herstellung einer festen Lösung in Form von Stahlbetonbecken sind für diese drei Standorte aber auch andere Lösungen denkbar, darüber hinaus ist im Einzelfall die Möglichkeit der Vergrößerung der Überfallhöhe zu prüfen.

#### 4.2.6 Schwimmfähigkeit und Schwimmstabilität

Bei der Untersuchung der Schwimmfähigkeit eines Körpers muss der Nachweis erbracht werden, dass für den Gleichgewichtszustand, bei dem die Auftriebskraft  $F_A$  die Gewichtskraft des Körpers  $F_G$  ausgleicht, ein ausreichendes Freibordmaß  $f$  des schwimmenden Körpers vorhanden ist.

Der Anteil des Körpers, welcher sich infolge der Gewichtskraft unter Wasser befindet, wird durch die Eintauchtiefe  $s$  gekennzeichnet.

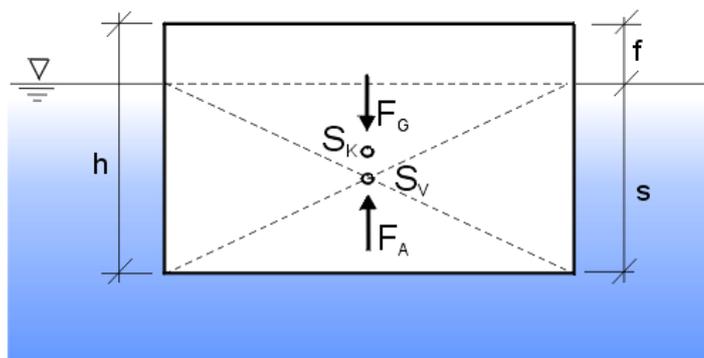


Abbildung 4-3: Prinzipskizze Schwimmfähigkeit

Abbildung 4-3 zeigt einen schwimmenden Körper, der unter dem Eigengewicht eine gewisse Eintauchtiefe aufweist. Das Körpergewicht errechnet sich über das Körpervolumen  $V_K$  und die Dichte des Körpers  $\rho_K$  zu  $F_G = \rho_K \cdot g \cdot V_K$ . Die Gewichtskraft greift im Schwerpunkt  $S_K$  des Körpers an.

Bei der Bestimmung des Auftriebs muss jedoch von dem verdrängten Wasservolumen  $V_V$  ausgegangen werden. Die Auftriebskraft berechnet sich unter Ansatz der Dichte des Wassers  $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$  zu:

$$F_A = \rho \cdot g \cdot V_V$$

Die Auftriebskraft  $F_A$  greift im Schwerpunkt  $S_V$  des verdrängten Wasservolumens an. Das oberhalb des Wasserspiegels befindliche Freibordvolumen bezeichnet man als  $V_f$ .

Aus diesen Beziehungen können unter Verwendung der Bezeichnungen nach Abbildung 4-3 in obiger Abbildung das Freibord  $f$  und die Eintauchtiefe  $s$  ermittelt werden. Es gilt:

$$\rho_K \cdot g \cdot V_K = \rho_K \cdot g \cdot (V_V + V_f) = \rho \cdot g \cdot V_V$$

Für einen quaderförmigen Speicher aus Stahl (Dichte  $\rho_{\text{Stahl}} = 7850 \text{ kg/m}^3$ ) mit abgeschlossener Decke mit den Abmessungen Länge = 50 m, Breite = 20 m, Höhe = 3 m und der Wanddicke  $d = 1,5 \text{ cm}$  resultiert ein Volumen von  $37,5 \text{ m}^3$  und daraus eine Gewichtskraft von ca. 3.000 kN.

Für einen quaderförmigen Körper errechnet sich das verdrängte Volumen  $V_V$  aus dem Produkt der Grundfläche multipliziert mit der Eintauchtiefe:  $V_V = A \cdot s$ . Mit obiger Gleichung wird daraus die Beziehung zur Bestimmung der Eintauchtiefe ermittelt:

$$\rho_K \cdot g \cdot V_K = \rho \cdot g \cdot A \cdot s$$

Für die vorstehenden Abmessungen ergibt sich daraus für den quaderförmigen Speicher im ungefüllten Zustand eine Eintauchtiefe von ca. 30 cm. Durch zusätzlich einzubringende Einbauten zur Entleerung, Reinigung und Steuerung sowie durch eventuell aus statischen Gründen erforderliche Verstrebungen kann sich die Eintauchtiefe im ungefüllten Zustand auf etwa 40 cm erhöhen. Dies bedeutet bei einer Höhe der Behälter von 3 m ein verbleibendes Freibordmaß gemäß Abbildung 4-3 von  $f = 2,6 \text{ m}$ . Die Oberfläche des ungefüllten Speichers befindet sich also ca. 2,6 m über dem Wasserspiegel der Spree.

Wird ein schwimmender Körper zusätzlich durch ein zu transportierendes Gewicht belastet, so muss diese Auflast  $F_L$  (s. Abbildung 4-4) in der Gleichgewichtsbedingung berücksichtigt werden.

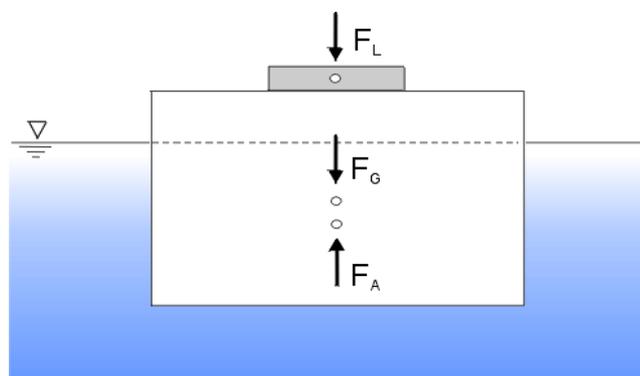


Abbildung 4-4: zusätzliche Auflast

Es gilt dann:

$$F_G + F_L = F_A \quad \rightarrow \quad \rho_K \cdot g \cdot (V_V + V_f) + F_L = \rho \cdot g \cdot V_V$$

Die zusätzliche Auflast besteht im vorliegenden Fall zum einen aus den zu speichernden Mischwasserabflüssen, zum anderen aus den geplanten Aufbauten für unterschiedliche Nutzungen.

Unter Annahme einer mittleren Wassertiefe von 2,5 m an den betroffenen Standorten in der Spree ergibt sich eine maximale Fülltiefe von 2 m für die Füllung der Speicher mit Mischwasser. Geht man näherungsweise von gleichen Dichten  $\rho$  für Spreewasser und Mischwasser aus, so ergibt sich daraus eine Absenktiefe von ca. 2,4 m und eine verbleibendes Freibord von 0,6 m.

In dieser Berechnung sind zusätzliche Auflasten aus geplanten Aufbauten nicht enthalten. Die genaue Berechnung ist erst nach Feststehen der jeweiligen Nutzungen, der vorgesehenen Aufbauten und den daraus resultierenden Eigenwichts- und Verkehrslasten möglich.

Eine grundsätzliche Betrachtung kann jedoch bereits im Vorfeld angestellt werden. Es wurde bereits ausgeführt, dass beim Ansatz der maximalen Fülltiefe von 2 m keine zusätzlichen Auflasten für schwimmfähige Speicher möglich sind. Zur Abtragung zusätzlicher Auflasten muss entsprechender Auftrieb zur Verfügung gestellt werden, indem die Fülltiefe zur Mischwasserspeicherung verringert wird.

Eine Verringerung der Fülltiefe um 10 cm ergibt bezogen auf einen Quadratmeter Fläche ein zusätzliches Verdrängungsvolumen von  $0,1 \text{ m}^3$  und damit eine zusätzliche Auftriebskraft von  $F_A = 1 \text{ kN/m}^2$ . Für einen Speicher mit den Abmessungen Länge = 50 m und Breite = 20 m ergibt sich daraus eine zusätzlich mögliche Auflast von 1000 kN. Für größere Auflasten ist eine weitere Verringerung der Fülltiefe erforderlich, je 10 cm Verringerung ergeben dabei zusätzlich mögliche Auflasten von  $1 \text{ kN/m}^2$ , bei einer Verringerung um 0,5 m ergibt sich eine mögliche Auflast von  $5 \text{ kN/m}^2$ .

Zu beachten ist, dass die Verringerung der Fülltiefe für gespeichertes Mischwasser zur Abtragung zusätzlicher Auflasten zwangsläufig dazu führt, dass zusätzliches Speichervolumen zur Verfügung gestellt werden muss, so dass sich sowohl die Flächeninanspruchnahme als auch die Kosten erhöhen.

Bei einer Verringerung der Fülltiefe um 0,5 m zur Abtragung zusätzlicher Auflasten erhöht sich die erforderliche Flächeninanspruchnahme um 33,3 %.

#### 4.2.7 Schwimmstabilität

Neben dem Schwimmvermögen muss auch die Stabilität schwimmender Körper untersucht werden, damit der Körper stabil schwimmt und nicht kentert. Bei der Konstruktion ist darauf zu achten, dass der Körperschwerpunkt unter dem Schwerpunkt des verdrängten Volumens liegt, da die Schwimmelage dann stets stabil ist. Die Schwimmstabilität ist beim Schiffsbau seitens des Herstellers nachzuweisen und zu gewährleisten.

Voraussetzung für den Nachweis der Schwimmstabilität ist die Einhaltung der stabilen Schwimmelage. Dies bedeutet, dass der Schwimmkörper nach einer Auslenkung, z. B. durch Wellenschlag oder Wind, wieder in seine Ausgangslage zurückkehrt, wenn die Ursache der Auslenkung beseitigt ist. Die Schwimmelage ist stabil, wenn bei einer Auslenkung ein rückstellendes (stabilisierendes) Moment zwischen der im Verdrängungsschwerpunkt angreifenden Auftriebskraft und der im Körperschwerpunkt anzusetzenden Gewichtskraft entsteht.

Im vorliegenden Fall ist die Schwimmstabilität der Behälter durch den Hersteller zu gewährleisten. Unterstützend kann hierbei die ohnehin erforderliche Verankerung der Speicher genutzt werden.



Für die im Projektgebiet gelegenen Auslaufbauwerke ergeben sich damit folgende Förderziele für die Rückführung der zwischengespeicherten Mischwasserentlastungen:

Auslaufbauwerk	Nr.	PW-Einzugsgebiet	Förderziel
Bödicker Straße (Elsenbrücke)	14141.001	XII	KW Schönerlinde
Rochowstraße	15156.001	XII	KW Schönerlinde
Danneckerstraße	15153.001	XII	KW Schönerlinde
Warschauer Straße	15162.002	V	KW Schönerlinde
Straße der Pariser Kommune	16172.001	V	KW Schönerlinde
Schillingbrücke	17175.009	V	KW Schönerlinde
Michaelbrücke	17182.002	V	KW Schönerlinde
Rolandufer (Alexanderstraße)	18185.002	V	KW Schönerlinde
Pfuelstraße	15161.005	I	KW Waßmannsdorf
Schillingbrücke (linkes Ufer)	17175.008	I	KW Waßmannsdorf
Michaelbrücke (linkes Ufer)	17184.001	I	KW Waßmannsdorf
Inselstraße	17192.004	II	KW Ruhleben
Neue Grünstraße	17193.014	II	KW Ruhleben
Gertraudenbrücke	17191.001	III	KW Ruhleben

**Tabelle 5-1: Förderziele für die Rückleitung der Mischwasserentlastungen**

Die Rückleitung des gespeicherten Mischwassers erfolgt für sämtliche Auslaufbauwerke des rechten Spreeufer zum Klärwerk Schönerlinde, das maximale Rückleitungsvolumen für diese Standorte beträgt ca. 125.000 m<sup>3</sup> und übersteigt damit die maximale tägliche Reinigungsleistung des Klärwerkes Schönerlinde.

Aufgrund der bereits bestehenden Problematik der Einhaltung der geforderten Ablaufwerte des Klärwerkes Schönerlinde bei Regenwetter bestehen seitens der Berliner Wasserbetriebe, Organisationseinheit Abwasserentsorgung, erhebliche Bedenken bezüglich der zusätzlichen Aufnahme der in Rede stehenden Volumina. Aufgrund der begrenzten Kapazität des Klärwerkes Schönerlinde werden entsprechend lange Aufenthaltszeiten in den Speicherbecken erwartet.

Neben der begrenzten Aufnahmekapazität der Klärwerke bestehen erhebliche Einschränkungen bei den zur Verfügung stehenden Kapazitäten der angeschlossenen Pumpwerke, insbesondere das Pumpwerk Bln V betreffend (s. Kapitel 5.1.2).

Die Rückleitung der Entlastungsabflüsse der betroffenen Auslaufbauwerke des linken Ufers zu den Klärwerken Wassmannsdorf und Ruhleben ist hinsichtlich vorhandener Kapazitäten problemlos möglich.

### 5.1.1 Maximale Entleerungsmengen

Tabelle 5-2 beinhaltet für alle Auslaufbauwerke die Empfehlung für die Wahl der aufnehmenden Mischwasserkanäle und die aus hydraulischer Sicht maximal mögliche Einleitungsmenge.

Die Einleitungsbegrenzung leitet sich derzeit in erster Linie aus der Leistungsfähigkeit des angeschlossenen Pumpwerkes ab. Diese ist vom Betreiber, den Berliner Wasserbetrieben (BWB), vorgegeben und in der von uns durchgeführten Besprechung mit den BWB abgestimmt worden.

Diese Vorgaben sind in folgender Übersicht aufgeführt:

Auslaufbauwerk	Nr.	aufnehmender Mischwasserkanal	max. Einleitungsmenge (l/s)
Bödicker Straße (Eisenbrücke)	14141.001	DN 330, Stralauer Allee (Schacht 15145 318)	50 (Ausschaltpegel: 33,53 mNN)
Rochowstraße	15156.001	DN 480 Stralauer Allee (Schacht 15156 309)	50 (Ausschaltpegel: 33,21 mNN)
Danneckerstraße	15153.001	DN 400, Stralauer Allee (Schacht 15153 306)	50 (Ausschaltpegel: 33,05 mNN)
Warschauer Straße	15162.002	Ei 1200, Mühlenstraße oder DN 270 Mühlenstr	20
Straße der Pariser Kommune	16172.001	Ei 1700 Stralauer Platz	20
Schillingbrücke	17175.009	DN 240, Holzmarktstraße	20
Michaelbrücke	17182.002	Ei 1500/2000, Holzmarkt- straße oder DN 300 Michaelbrü- cke	20
Rolandufer (Alexander- straße)	18185.002	DN 270, Rolandufer	20
Pfuelstraße	15161.005	DN 240 Pfuelstraße	20
Schillingbrücke (linkes Ufer)	17175.008	DN 270, Engeldamm	30
Michaelbrücke (linkes Ufer)	17184.001	DN 400, Michaelkirchstraße	70
Inselstraße	17192.004	DN 300, Inselstraße	30
Neue Grünstraße	17193.014	DN 300, Wallstraße	20
Gertraudenbrücke	17191.001	DN 300, Kleine Kurstraße	15

**Tabelle 5-2: max. Einleitungsmengen zur Entleerung der jeweiligen Speicher**

Für die drei erstgenannten Auslaufbauwerke des Pumpwerkseinzugsgebietes Bln XII sind Pegelmessungen an den Regenüberlaufbauwerken erforderlich. Die Entleerung erfolgt dann unter Beachtung der angegebenen Ausschaltpegel (mNN).

### 5.1.2 Resultierende Entleerungsdauern

Unter Ansatz der vorgegebenen Entleerungsleistungen kann für die jeweiligen Standorte die Entleerungsdauer ausgerechnet werden. Dabei wird das erforderliche Speichervolumen der Häufigkeit  $n = 1/a$  angesetzt. Bei der Wahl kleinerer Häufigkeiten und damit größerer erforderlicher Speichervolumina werden entsprechend längere Entleerungsdauern benötigt, umgekehrtes gilt natürlich für größere Häufigkeiten ( $n=2/a$  und höher).

Darüber hinaus weisen wir an dieser Stelle darauf hin, dass grundsätzlich vier Faktoren für die Entleerungsdauern von Relevanz sind: Die Leistungsfähigkeit der Pumpen, die zur Entleerung der Mischwasserspeicher eingesetzt werden, die hydraulische Leistungsfähigkeit der aufnehmenden Kanalisation, die Kapazität der anzusteuern Pumpwerke und Abwasserdruckrohrleitungen der BWB sowie die Aufnahmekapazitäten der betroffenen Klärwerke. Unsere Berechnungen gehen vom derzeitigen Stand der Technik der Pumpwerke der BWB, der aktuellen Rohrleitungen und der derzeitigen Aufnahmekapazitäten der Klärwerke aus. Diese Faktoren sind grundsätzlich veränderbar. Sie bedingen aber weitere Investitionen in das System der BWB, die hier nicht angenommen werden und für eine Realisierung der Maßnahme berlinbeach auch nicht zwingend erforderlich sind.

Unter Zugrundelegung der aktuellen Technik ergeben sich folgende Entleerungsdauern:

Auslaufbauwerk	Nr.	erf. Volumen (m <sup>3</sup> ) [n=1]	max. Einleitungs- menge (l/s)	Entleerungsdauer (d)
Bödicker Straße (Elsenbrücke)	14141.001	433	50	0,1
Rochowstraße	15156.001	6.162	50	1,4
Danneckerstraße	15153.001	1.981	50	0,5
Warschauer Straße	15162.002	22.502	20	13,0*
Straße der Pariser Kommune	16172.001	54.266	20	31,4*
Schillingbrücke	17175.009	6.583	20	3,8
Michaelbrücke	17182.002	4.517	20	2,6
Rolandufer (Alexander- straße)	18185.002	25.535	20	14,8*
Pfuelstraße	15161.005	704	20	0,4
Schillingbrücke (linkes Ufer)	17175.008	419	30	0,2
Michaelbrücke (linkes Ufer)	17184.001	310	70	0,1
Inselstraße	17192.004	327	30	0,1
Neue Grünstraße	17193.014	567	20	0,3
Gertraudenbrücke	17191.001	2.326	15	1,8

**Tabelle 5-3: resultierende Entleerungsdauern für die jeweiligen Speicher**

\*: siehe unten stehende Anmerkungen

Für den überwiegenden Teil der geplanten Speicherbauwerke ergeben sich unkritische Entleerungsdauern im Bereich eines Tages oder deutlich darunter. Problematisch einzuschätzen sind Entleerungsdauern von mehreren Tagen. Zum Einen steht das erforderliche Speichervolumen während dieser Zeit für auftretende Entlastungsereignisse nicht in vollem Umfang zur Verfügung, so dass es zur Beeinträchtigung des Badebetriebes kommen kann, zum Anderen sind erhebliche Geruchsbelästigungen aufgrund der langen Standzeiten die Folge, insbesondere bei sommerlichen Temperaturen.

Die Entleerungsdauern im Einzugsgebiet Bln V resultieren im Wesentlichen aus der vorhandenen Stauraumbewirtschaftung in der Straße der Pariser Kommune. Für die erforderliche Entleerung dieses Speichers ist dadurch bereits ein Teil der Kapazität der Pumpwerksleistung ausgeschöpft. Die in diesem Pumpwerkseinzugsgebiet insgesamt mögliche Einleitungsmenge von 100 l/s ist auf die fünf Standorte gleich verteilt worden. Eine andere Aufteilung innerhalb der begrenzten Gesamtkapazität ist möglich.

**Zur Lösung dieser Problematik** ist entweder ein aufwendiger und kostenintensiver Ausbau der Leistungsfähigkeit des Pumpwerkes, der Druckrohrleitungen und der Kläranlage erforderlich. Alternativ besteht die Möglichkeit der Entleerung über das

am anderen Spreeufer gelegene Pumpwerkseinzugsgebiet Bln I zum Klärwerk Wassmannsdorf. Dafür ist der Bau einer Duckrohrleitung zur Unterquerung der Spree unter Beachtung der in der Spree verlaufenden Gashochdruck-Leitungen erforderlich. Die zur Verfügung stehende Kapazität des Pumpwerkes Bln I beträgt nach erster Einschätzung ca. 100 l/s. Unter der Voraussetzung eines leistungsfähigen Mischwasserkanals auf der linken Spreeseite gegenüber der Pariser Kommune könnte die Entleerungsdauer für diesen Standort bei einer Entleerungsmenge von 100 l/s auf 6,3 Tage reduziert werden. Die dann frei werdende Kapazität von 20 l/s kann auf die übrigen beiden großen Standorte aufgeteilt werden. Für den Standort Warschauer Straße ergibt sich bei einer Entleerungsmenge von 30 l/s eine Entleerungsdauer von 8,7 Tagen, und für den Standort Rolandufer bei einer Entleerungsmenge von 30 l/s eine Entleerungsdauer von 9,9 Tagen.

## **5.2 Einrichtungen zur Entleerung der Speicher**

### **5.2.1 Entleerungsleitungen**

Die Entleerungsleitung vom Speicher zum aufnehmenden Mischwasserkanal ist neu herzustellen. Zur Minimierung der erforderlichen Baukosten ist es wichtig, nach Möglichkeit den nächstgelegenen Mischwasserkanal zur Einleitung zu nutzen. Darüber hinaus muss jedoch auch die hydraulische Leistungsfähigkeit des zur Verfügung stehenden Mischwasserkanals für die Aufnahme der Entlastungsvolumina aus den Speichern ausreichend sein. Diese Kriterien sind bei der Auswahl der Einleitungspunkte gemäß Tabelle 5-2 bereits beachtet.

Wichtig für die spätere Zugänglichkeit ist auch die Nutzung vorhandener Trassen und Leitungsrechte, nach Möglichkeit in öffentlichen Straßen, in denen in der Regel auch die Regenüberlaufkanäle liegen. Aus diesem Grund wird vorgeschlagen, die Entleerung im Bereich der jeweiligen Auslaufbauwerke anzuordnen. Vorteilhaft ist dabei auch, dass die erforderlichen festen Einbauten als Pumpenstandort genutzt werden können und die Entleerung der bewirtschafteten Entlastungskanäle damit ebenfalls gewährleistet ist.

Zu beachten ist darüber hinaus, dass die Verlegung der erforderlichen Entleerungsleitungen bei den Auslassbauwerken im Bereich der Brücken aufgrund der anstehenden Bebauung schwierig ist, im Rahmen der baureifen Planung sind dazu gesonderte Untersuchungen erforderlich.

### **5.2.2 Tiefpunkt im Behälter**

Zur Entleerung der Speicher ist ein Tiefpunkt im Behälter erforderlich, an dem die gespeicherten Mischwasserabflüsse sowie das zur Reinigung erforderliche Spülwasser im freien Gefälle zusammenfließen und abgepumpt werden können. Aus Gründen der Schwimmstabilität und zur Vermeidung von Schief lagen wird empfohlen,

den Tiefpunkt (Pumpensumpf) jeweils mittig in den einzelnen Speichern anzuordnen.

Die Sohle des Speichers sollte zur Gewährleistung des freien Abflusses und zur Möglichkeit der Spülung mit einem moderaten Gefälle von beiden Seiten zum mittigen Tiefpunkt ausgebildet werden.

### 5.2.3 Entleerungspumpen

Die Anforderungen an die auszuwählenden Entleerungspumpen richten sich nach den angegebenen Entleerungsmengen. Die erforderlichen Förderhöhen zur Rückleitung in den nächstgelegenen Mischwasserkanal errechnen sich aus dem geodätischen Höhenunterschied zwischen dem Pumpensumpf im Speicher und der Ordinate des einleitenden Mischwasserkanals sowie den hydraulischen Verlusthöhen aufgrund der lokalen und kontinuierlichen Reibungsverluste.

Der Leistungsbedarf von Pumpen - auch Aufnahmeleistung genannt - wird benötigt, um die Größe der Antriebsaggregate zu bestimmen und den Energiebedarf verschiedener Pumpen und Antriebsmotoren zu vergleichen.

Der Leistungsbedarf wird aus der allgemeinen Definition der Leistung P ermittelt:

$$P = \frac{F \cdot s}{t} \quad \left[ \frac{N \cdot m}{s} = W \right]$$

Darin bedeuten:

F = Kraft in Wegrichtung, wird aus der Beziehung  $F = V \cdot \rho \cdot g$  [kg·m/s<sup>2</sup> = N] ermittelt

V = Volumen der Flüssigkeit

$\rho$  = Dichte der Flüssigkeit

g = Erdbeschleunigung (9,81 m/s<sup>2</sup>)

s = Weg; hier: Förderhöhe H (m)

t = Zeiteinheit

Damit gilt:

$$P = \frac{V \cdot \rho \cdot g \cdot H}{t} \quad [W]$$

Da der Quotient V/t der Fördermenge Q entspricht, ergibt sich die Förderleistung  $P_p'$  - so genannte Pumpenleistung - der Pumpe zu

$$P_p' = Q \cdot \rho \cdot g \cdot H \quad [W]$$

Unter Berücksichtigung des Wirkungsgrades  $\eta_p$  erhält man den Leistungsbedarf der Pumpe:

$$P_p = \frac{P_p'}{\eta_p} = \frac{Q \cdot \rho \cdot g \cdot H}{\eta_p} \quad [W]$$

Der Wirkungsgrad  $\eta_p$  von Kreiselpumpen wird vom Hersteller angegeben und liegt in der Regel bei  $\eta_p = 0,50 - 0,85$ .

Nachstehende Tabelle zeigt die Ermittlung von Pumpenleistung und Leistungsbedarf zur Entleerung der jeweiligen Speicher unter Ansatz eines Wirkungsgrades  $\eta_p = 0,65$ . Die erforderliche Förderhöhe setzt sich aus dem zu überwindenden geodätischen Höhenunterschied und den auftretenden hydraulischen Verlusthöhen zusammen. In der vorliegenden Berechnung (Tabelle 5-4) wurde generell eine mittlere Förderhöhe von  $H = 15$  m für alle Speicherbauwerke angesetzt der sowohl den geodätischen Höhenunterschied als auch die zu erwartenden hydraulischen Verluste berücksichtigt.

Auslaufbauwerk	Nr.	max. Einleitungs- menge (l/s)	Pumpenleistung (kW)	Leistungsbedarf (kW)
Bödicker Straße (Elsenbrücke)	14141.001	50	7,5	11,5
Rochowstraße	15156.001	50	7,5	11,5
Danneckerstraße	15153.001	50	7,5	11,5
Warschauer Straße	15162.002	20	3,0	4,6
Straße der Pariser Kommune	16172.001	20	3,0	4,6
Schillingbrücke	17175.009	20	3,0	4,6
Michaelbrücke	17182.002	20	3,0	4,6
Rolandufer (Alexander- straße)	18185.002	20	3,0	4,6
Pfuelstraße	15161.005	20	3,0	4,6
Schillingbrücke (linkes Ufer)	17175.008	30	4,5	6,9
Michaelbrücke (linkes Ufer)	17184.001	70	10,5	16,2
Inselstraße	17192.004	30	4,5	6,9
Neue Grünstraße	17193.014	20	3,0	4,6
Gertraudenbrücke	17191.001	15	2,3	3,5

**Tabelle 5-4: Leistungsbedarf der Pumpen**

### **5.3 Reinigung der Speicher**

Zur Vermeidung von Geruchsbelästigungen sowie zur Verhinderung der Korrosion sind Einrichtungen zur Spülung bzw. Reinigung der Speicher erforderlich. Dazu stehen vielfältige Möglichkeiten zur Verfügung, die bei einigen konventionellen Regenüberlaufbauwerken bereits in unterschiedlicher Ausführung verwendet werden.

Zum einen werden je nach Verschmutzungsgrad in der Regel etwa einmal jährlich sorgfältige Reinigungen durch eingesetztes Betriebspersonal durchgeführt.

Die regelmäßige Spülung der Speicher sollte jedoch nach Möglichkeit selbsttätig und ohne Personaleinsatz erfolgen. Die Spülung der Sohle könnte z. B. durch Spülkippen erfolgen, die nach erfolgter Entleerung mit Spreewasser gefüllt werden können und durch plötzliches Kippen einen entsprechenden Spülschwall erzeugen, so dass die mit moderatem Gefälle zum mittigen Tiefpunkt geneigten Sohlen aufgrund der auftretenden Schubspannung gut gereinigt werden können. Alternativ können Wirbeljets angeordnet werden.

Für die Reinigung der Wände werden Drehsprenger vorgeschlagen, die im Deckenbereich der Speicher angebracht werden können.

Sowohl für die vorgeschlagenen Spülkippen als auch für die geplanten Drehsprenger kann Wasser aus der Spree zur Spülung verwendet werden, was sowohl aus ökologischer als auch aus ökonomischer Sicht Vorteile bietet.

Zur Vermeidung von Korrosion sind für die Speicherbehälter geeignete Anstriche oder Beschichtungen z. B. gemäß (ATV-DVWK M 263, 2003) erforderlich.

### **5.4 Geruchsproblematik, Be- und Entlüftung**

Aufgrund der geplanten Nutzung der Aufbauten durch Geschäfte, Restaurants, Cafés etc. kommt der Problematik auftretender Geruchsbelästigungen eine besondere Bedeutung zu. Bei den zu speichernden Entlastungsabflüssen handelt es sich um Abwasser, genauer gesagt um eine Mischung von häuslichem bzw. gewerblichem Schmutzwasser und Regenwasser. Das Mischungsverhältnis beträgt je nach Auslaufbauwerk etwa 1:7 bis 1:15.

Zur besseren Einschätzung der Geruchsproblematik wird empfohlen, gezielte Beprobungen an den Auslaufbauwerken mit entsprechender Analytik vorzunehmen.

Die vorgesehenen Behälter müssen geruchsdicht abgeschlossen werden, da ansonsten die geplanten Nutzungen aufgrund der großen Entleerungsdauern und der daraus resultierenden Aufenthaltszeiten nicht möglich sein werden. Der geruchsdichte Verschluss erfordert wiederum entsprechende Einrichtungen zur Be- und Entlüftung.

Zum einen wird bei der Befüllung durch das zu speichernde Mischwasser Luft aus den Behältern verdrängt. Diese Luft muss nach oben entweichen können, da aufgrund der komprimierten Luft ansonsten ein Luftüberdruck entsteht, der das Befüllen der Behälter verhindert.

Zum anderen bilden sich während des zum Teil mehrtägigen Aufenthalts des Mischwassers in den Speichern entsprechende Gase, die zur Verhinderung der Geruchsbelästigung und zur Vermeidung von Explosionen (z. B. Methan) und Vergiftungen (z. B. Kohlenmonoxid) ebenfalls schadlos abgeführt werden müssen. Dazu sind sowohl die Einrichtung und der Betrieb eines Eintrages von Frischluft (Zuluft) als auch der entsprechenden Abluft erforderlich.

Zur erforderlichen Abführung der Luft aus den geruchsdicht verschlossenen Behältern sind Aufbauten und geeignete Entlüftungsschächte erforderlich. Die erforderliche Höhe richtet sich zum einen nach der geplanten Nutzung auf den Plattformen, zum anderen nach der Höhe der vorhandenen Bebauung in unmittelbarer Nähe der Anlagen. In der Regel werden Entlüftungsschornsteine über die höchste anstehende Bebauung hinaus geführt.

Zusätzliche Möglichkeiten bestehen in der Anordnung von Geruchsfiltern, die jedoch entsprechende Abmessungen erfordern, oder in der chemischen Behandlung des gespeicherten Mischwassers, welche jedoch bezüglich der Einleitung in die Klärwerke mit den BWB abzustimmen ist. Eine andere Möglichkeit, die allerdings in der Siedlungswasserwirtschaft unseres Wissens bis heute nicht erprobt wurde und eine entsprechende Entwicklungszeit bedingen würde, wäre das Absaugen von Gasen aus den Speichern und dessen Komprimierung. Dieses Verfahren wird in Mülldeponien eingesetzt.

Eine Kohlefilteranlage wurde beim Hamburger Mischwasser-Projekt "Berliner Bogen" von Anfang an mit eingebaut. Nach Auskunft des Betreibers, Hamburger Elektrizitäts- und Wasserwerke (HEW), wird diese Anlage aber kaum genutzt, da die Geruchsproblematik in der Praxis bisher deutlich geringer ist als vermutet.

Temporäre Geruchsbelästigungen sind trotz entsprechender Entlüftung nicht vollständig auszuschließen. Zum einen stellt die Entlastungsschwelle im Einlaufbauwerk eine notwendige Öffnung dar, zum anderen kann je nach Windverhältnissen eine Beeinträchtigung durch die Entlüftung nicht ausgeschlossen werden.

Auch für diesen Sachverhalt wäre es wichtig, wertvolle Erfahrungen durch ein Pilotprojekt sammeln zu können.

## **5.5 Mess-, Steuerungs- und Regeltechnik**

Zur Gewährleistung eines zuverlässigen und sicheren Betriebes sind die Anlagen mit Mess-, Steuer- und Regeltechnik (MSR-Technik) auszustatten. Diese ist zur Überwachung und Steuerung der Befüllung, der Entleerung sowie der Reinigung und der

Be- und Entlüftung erforderlich. Darüber hinaus sind Absperrvorrichtungen zum Verschluss der Beckenzuläufe erforderlich.

Unterschiedliche Anforderungen an die MSR-Technik im Vergleich zu konventionellen Regenüberlaufbecken entstehen aus der gestaffelten Befüllung und Entleerung der Einzelspeicher, ansonsten sind vergleichbare Anforderungen zu erwarten. Die anzuordnende MSR-Technik entspricht insofern weitgehend dem Stand der Technik für die terrestrische Speicherung bzw. für den industriellen Einsatz von MSR-Technik.

## **5.6 Betrieb der Anlagen**

Aufgrund der erheblichen Speichervolumina und der vorgesehenen Rückleitung zu den Berliner Klärwerken können die im Projekt berlinbeach vorgesehenen Speicherbecken nicht isoliert vom bereits erläuterten gesamten Berliner Entwässerungssystem betrachtet werden. Vielmehr handelt es sich aus betrieblicher Sicht um integrale Bestandteile des Gesamtsystems, vergleichbar mit der bisherigen Handhabung von konventionellen Regenüberlaufbecken.

Die Steuerung der Entleerung muss in Abhängigkeit vom Betrieb der angeschlossenen Pumpwerke, sonstiger Speichereinrichtungen wie z. B. der Stauraumbewirtschaftung Pariser Kommune, und selbstverständlich in Abstimmung mit den aktuellen Kapazitäten der betroffenen Klärwerke und der Regelverteilung der Berliner Wasserbetriebe erfolgen.

Außerdem ist zum Betrieb entwässerungstechnischer Anlagen entsprechendes Fachwissen erforderlich, zum einen in technisch-betrieblicher Hinsicht, aber auch hinsichtlich einzuhaltender Arbeitsschutz- und Unfallverhütungsvorschriften zur Vermeidung von Explosionen und Unfällen.

Darüber hinaus werden derzeit seitens der Berliner Wasserbetriebe große Anstrengungen zur Optimierung des Betriebes und der Bewirtschaftung des Gesamtentwässerungssystems unternommen (Projekte ISM und LISA).

Insofern wird empfohlen, die Anlagen durch die Berliner Wasserbetriebe zu betreiben. Seitens der Organisationseinheit Abwasserentsorgung der Berliner Wasserbetriebe ist vorbehaltlich der Kostenregelung in den hierzu durchgeführten Gesprächen bereits grundsätzliche Zustimmung signalisiert worden.

Die frühzeitige Einbindung des späteren Betreibers in die baureife Planung ist dringend zu empfehlen.

Die Regelung des entstehenden Aufwandes und der resultierenden Kosten ist gesondert abzustimmen.

## 5.7 Sonstige Belange

Die bauliche Errichtung der vorgesehenen Einlaufbauwerke sollte nach Möglichkeit außerhalb des Sommers erfolgen, da in dieser Zeit infolge der sommerlichen Starkregenereignisse die größten Entlastungsabflüsse und damit Beeinträchtigungen der Baumaßnahme zu erwarten sind.

Für die konkrete Bemessung der Anlagen in Rahmen der baureifen Planung ist auch der Belastungsfall Eisgang in der Spree zu berücksichtigen.

Weiterhin zu beachten sind einzelne Regenwasserkanäle im Projektgebiet, die als Sonderkanäle im Mischsystem vorhanden sind und ebenfalls im betrachteten Projektbereich in die Spree münden. Im Zuge der baureifen Planung ist die schadlose Einleitung des Regenwassers trotz eingebauter Speicherbe

## **6 Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse**

Wesentliche Zielsetzung des Projektes berlinbeach ist die Gewährleistung der Badegewässerqualität im Projektgebiet zwischen Elsenbrücke und Mühlendammschleuse.

Zur Erreichung dieser Zielsetzung ist vorgesehen, die Entlastungsabflüsse des innerstädtischen Mischsystems durch die Anordnung von Speicherbecken in der Spree weitgehend zu vermeiden. Zu einer zumindest anteiligen Refinanzierung der Maßnahmen sind darüber hinaus kommerzielle Nutzungen der im Wasser entstehenden Flächen grundsätzlich denkbar und von den Initiatoren der Maßnahme berlinbeach angedacht.

Im Ergebnis des vorliegenden technischen und siedlungswasserwirtschaftlichen Gutachtens ist zusammenfassend besonders auf folgende Sachverhalte hinzuweisen.

### **Wirksamkeit der Lösung berlinbeach**

Grundsätzlich ist fest zu halten, dass die Maßnahme berlinbeach aus technischer und siedlungswasserwirtschaftlicher Sicht die gestellten Ziele erreicht: Die erforderlichen Speichervolumina zur Rückhaltung erheblicher Mischwasseranteile bei Starkregenereignissen, können off shore, d. h. in der Spree realisiert werden. Eine solche Speicherlösung kann im Vergleich zur terrestrischen Speicherung deutlich kostengünstiger ausfallen. Es ist darüber hinaus unstrittig, dass die Rückhaltung der Mischwasserentlastungen aus der Berliner Kanalisation im untersuchten Projektgebiet auf die zukünftige Wasserqualität grundsätzlich positive Wirkungen entfaltet. Das Ziel Badegewässerqualität kann durch die Maßnahme berlinbeach allein zwar nicht erreicht werden (s. u.), wohl aber im Zusammenspiel mit einer Desinfektion des Klarwasserablaufs des Klärwerkes Münchehofe. Werden am Klärwerk Münchehofe entsprechende Maßnahmen realisiert, würde das Spreewasser in das Projektgebiet in Badewasserqualität fließen und durch die Maßnahme berlinbeach über einen Großteil des Jahres im Projektgebiet zwischen der Elsenbrücke und der Mühlendammschleuse diese Qualität beibehalten.

In diesem Zusammenhang ist fest zu halten, dass die Maßnahme berlinbeach vor dem Hintergrund des Ziels Erreichung von Badewasserqualität in der Innenstadtspree an einem strategisch wichtigen Punkt ansetzt. Unter den genannten Voraussetzungen könnte von der Elsenbrücke an stromabwärts die Maßnahme sukzessive durch die Innenstadt Berlins weiter "verlängert" werden. Wenn andererseits in diesem Abschnitt der Spree nichts geschieht, kann weiter stromabwärts eine entsprechende Wasserqualität auf Dauer nicht erreicht werden.

### **Bakteriologische Belastung im Spreezufluss**

Die bakteriell-hygienischen Randbedingungen zur Gewährleistung der Badegewässerqualität sind im Zufluss der Spree zum Projektgebiet (Elsenbrücke) derzeit – un-

abhängig von den Einleitungen aus der Mischwasserkanalisation - nicht gegeben. Die wesentliche bakteriell-hygienische Belastung im Zulauf resultiert aus der Klarwassereinleitung des Klärwerkes Münchehofe über die Erpe in die Spree. Die seit Anfang 2003 aufgrund der Schließung des Klärwerks Falkenberg eingetretene Verbesserung der Wasserqualität im Zustrom zum Projektgebiet ist in bakteriell-hygienischer Sicht eindeutig nachweisbar.

Darüber hinaus ist für den Fall der nicht auszuschließenden Entlastung aus dem Mischsystem nach Anordnung der erforderlichen Speicher für die Dauer von etwa einer Woche mit einem Badeverbot zu rechnen.

### **Verkehrsrechtliche Belange**

Die Spree im Projektgebiet ist eine Bundeswasserstraße. In kanalisierten Bereichen der Bundeswassertrassen ist das Baden grundsätzlich verboten, in nicht kanalisierten Bereichen mit Einschränkungen (z. B. im Bereich des Osthafens und an Brücken) möglich. Darüber hinaus ist die Anordnung von festen oder schwimmenden Einbauten nach derzeitiger Auskunft des WSA Berlin an den elf Auslaufbauwerken im kanalisierten Bereich der Spree und im Spreekanal aus Platzgründen zur Zeit nicht genehmigungsfähig. Hier sind weitere Gespräche erforderlich, die unter anderem die tatsächlich benötigten Breiten der Wasserstraßen und der genehmigungsfähigen Speichergößen zum Gegenstand haben müssten.

### **Perspektivische Entwicklungen**

Die Notwendigkeit zur Anordnung von Speichern zum Rückhalt der Mischwasserentlastungen zur Gewährleistung der Badegewässerqualität im Projektgebiet wird aller Voraussicht nach auch in den kommenden Jahrzehnten bestehen. Langfristig mögliche Abkopplungen von derzeit an der Mischwasserkanalisation angeschlossenen befestigten Flächen sind in hochverdichteten Stadtgebieten aus technischen und wirtschaftlichen Gründen nur begrenzt möglich. Andererseits ist die Zunahme sommerlicher Starkregenereignisse aufgrund möglicher Klimaänderungen nicht auszuschließen, ja sogar relativ wahrscheinlich. Auch eine mögliche Reduzierung des Schmutzwasserabflusses infolge zurückgehender Einwohnerzahlen im Einzugsgebiet oder durch den weiterhin sinkenden Wasserverbrauch der Einwohner führt nicht zu einem zukünftigen Verzicht auf die erforderlichen Speichervolumina. Insofern ist nach heutigen Erkenntnissen davon auszugehen, dass die erforderlichen Speicherbauwerke in den nächsten 50 Jahren benötigt werden.

### **Auswirkungen auf die Reinigungsleistungen der Berliner Klärwerke**

Die Rückleitung des gespeicherten Mischwassers erfolgt für sämtliche Auslaufbauwerke des rechten Spreeufer zum Klärwerk Schönerlinde, das maximale Rückleitvolumen für diese Standorte beträgt für das einjährige Entlastungsereignis

ca. 125.000 m<sup>3</sup> und übersteigt damit die maximale tägliche Reinigungsleistung des Klärwerkes Schönerlinde. Hier wären also Lösungen erforderlich, die z. B. den Einbezug der übrigen Klärwerke im Abfluss der Mischwasser aus dem Projektgebiet möglich machen. Unkritisch ist die Rückleitung der Entlastungen der Auslaufbauwerke des linken Ufers zu den Klärwerken Wassmansdorf und Ruhleben.

### **Entleerungsdauern**

Die Dauer der Entleerung der Speicher ergibt sich aus der maximalen Leistungsfähigkeit des aufnehmenden Mischwasserkanals respektive den Leistungsreserven des angeschlossenen Pumpwerkes und des aufnehmenden Klärwerkes. Insbesondere die Leistungsreserve des Pumpwerkes Bln V ist stark eingeschränkt, so dass sich zum Teil erhebliche Entleerungsdauern ergeben würden. Die Entleerungsdauer ist für die Thematik der Geruchsbelästigung und für den erforderlichen Spülbetrieb von Bedeutung, darüber hinaus steigen die Kosten für Be- und Entlüftung mit zunehmender Entleerungsdauer. Hier sind weitere technische Lösungen und/oder die Umleitung von Mischwassermengen zu den Klärwerken Wassmansdorf und Ruhleben gefordert und besonders für einen störungsfreien Betrieb von wassertouristischen Einrichtungen an den drei größten Auslässen im Projektgebiet (Straße der Pariser Kommune, Warschauer Straße, Rolandufer) wahrscheinlich zwingend notwendig.

### **Sonstige Nutzungen im Projektgebiet**

Die seitens der Wasserbehörde Berlin vorgelegte Zusammenstellung aktueller Genehmigungsverfahren im Projektgebiet weist auf konkurrierende Nutzungen an den Standorten der bestehenden Auslaufbauwerke hin. Darüber hinaus wurden in Gesprächen mit dem WSA Berlin und dem Stadtplanungsamt Friedrichshain-Kreuzberg weitere Genehmigungsverfahren im Projektgebiet erwähnt, die in der vorliegenden Liste noch nicht enthalten sind. Die frühzeitige Aufnahme von Abstimmungsgesprächen mit sonstigen Nutzern wird sehr empfohlen.

### **Geruchsproblematik / Be- und Entlüftung**

Durch die geplante Nutzung der Aufbauten hat die Geruchsproblematik eine besondere Bedeutung. Probleme können zum einen beim Befüllen der Behälter, zum anderen durch die teilweise sehr langen Entleerungsdauern entstehen. Kurzfristige Geruchsbelästigungen sind nicht vollkommen auszuschließen. Hier sind weitergehende Untersuchungen sowie die Durchführung eines Pilotprojektes sehr zu empfehlen.

## Kosten

Die Abschätzung des Kostenrahmens des Gesamtprojektes ergab Investitionskosten von ca. 77 Mio. € für das gesamte Projektgebiet und die Errichtung von Speichern an allen 14 Mischwasserauslässen. Bezogen auf das Gesamtvolumen der Speicherbehälter ergibt dies spezifische Kosten von 405 €/m<sup>3</sup>, bezogen auf das zu speichernde Entlastungsvolumen ergeben sich spezifische Kosten in Höhe von 608 €/m<sup>3</sup>. Auf die zugrunde liegenden Annahmen sowie die Erhöhung der Kosten bei zusätzlichen Auflasten sowie im Falle fester Speicherbauwerke wurde hingewiesen. Bei einer Verringerung der Fülltiefe um 0,5 m zur Abtragung zusätzlicher Auflasten erhöht sich die erforderliche Flächeninanspruchnahme beispielsweise um ein Drittel. Andererseits können die spezifischen Speichervolumina durch Bauen in die Tiefe bei festen Speicher deutlich erhöht und die notwendige Inanspruchnahme von Flächen deutlich verringert werden. Für die Form der festen Speicher sind aber gesondert Kosten zu ermitteln. Erste Erfahrungen damit wurden in Hamburg gesammelt (Mischwasserprojekt und Bürohaus "Berliner Bogen").

Mit Bezug auf die Betriebskosten ist insbesondere auf die Nutzungsentgelte für die Inanspruchnahme der bundeseigenen Wasserflächen in Höhe von ca. 6,15 Mio. € pro Jahr hinzuweisen. Hier wären mit Verweis auf die hohe gesellschaftliche und ökologische Bedeutung des Projekts angemessene Lösungen zu erarbeiten.

## Sicherung der Wasserqualität in Berlin

Für die Akteure der Berliner Wasserwirtschaft sollte aus mehrerer Hinsicht Interesse an dem Projekt berlinbeach bestehen.

Zum einen ist nicht auszuschließen, dass die Anforderungen an zulässige Entlastungsgrenzwerte im Lichte neuer Erkenntnisse künftig verschärft werden könnten, z. B. durch zukünftig durchzuführende Messprogramme im Berliner Mischsystem, oder durch entsprechende Untersuchungsprogramme im Zusammenhang mit der Umsetzung der europäischen Wasserrahmenrichtlinie.

Zum anderen ist zu prüfen, inwiefern der dem Projekt berlinbeach zugrunde liegende methodische Ansatz in anderen, noch sanierungsbedürftigen Einzugsgebieten interessant sein könnte. Aufgrund der möglichen Kosteneinsparungspotentiale im Vergleich zur terrestrischen Bauweise von Rückhalteräumen und wegen der möglichen Zweitnutzung durch entsprechende Aufbauten lassen sich wirtschaftliche Vorteile darstellen. Darüber hinaus ist der Platzbedarf für die Errichtung der erforderlichen Speicherbauwerke in einzelnen Einzugsgebieten nicht oder nur schwer realisierbar.

Darüber hinaus sollte der mögliche Imagegewinn bei Erreichung der Zielsetzung Badegewässerqualität zweifelsohne von großem unternehmerischem Vorteil für die Berliner Wasserbetriebe sein. Eine vergleichbare Zielsetzung ist durch die Hambur-

ger Stadtentwässerung unter großer öffentlicher Aufmerksamkeit und letztlich erfolgreich umgesetzt worden.

Die langfristige und nachhaltige Sicherung der Trinkwasser-Gewinnung in Berlin ist für die Berliner Wasserbetriebe von größtem Interesse. Da der Anteil des Uferfiltrats an der Gesamtjahresmenge des Trinkwassers im Schnitt mehr als 60% beträgt, ist die Verbesserung der Qualität der Oberflächengewässer für die langfristige Trinkwasserversorgung grundsätzlich von hoher Bedeutung.

### **Sonstiges**

Auf die Notwendigkeit weiterer Messungen und hydrodynamischer Berechnungen wurde im Bericht an vielen Stellen hingewiesen. Dies bezieht sich nicht zuletzt auf die dargelegte Möglichkeit von Rückströmungen von belastetem Wasser durch Windeinfluss. Hierzu liegen keine Daten vor. In regelmäßigen Abständen durchgeführte Durchfluss-Messungen wären für das Ergreifen von Vorkehrungen grundlegend und sehr wünschenswert.

Wegen der Komplexität des Projektes ist die Durchführung eines Pilotprojektes sehr zu empfehlen.

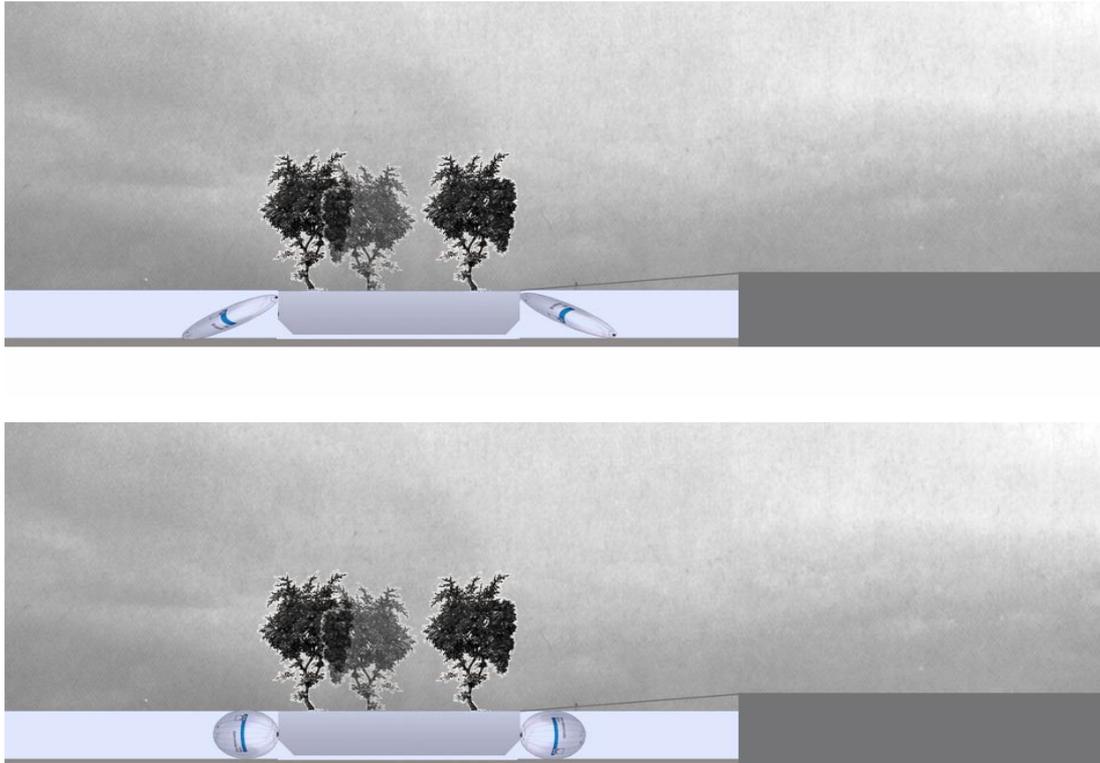
## 7 Ausblick

Auf Grundlage der Analysen zur technischen Umsetzbarkeit des Ansatzes berlinbeach wird im Folgenden der Frage der nächsten, sich anbietenden Realisierungsschritte nachgegangen. Welche Lösungswege bieten sich an? Gibt es noch offene Forschungsfragen und welche sind dies? Wie könnte die Projektidee konkret weiter verfolgt werden? Dies geschieht im Sinne eines Ausblickes und der Benennung weiterer anstehender Aufgaben.

### **Lösungsansätze für die Speicherproblematik**

Die in Kapitel 2 geschilderte Speicherproblematik ist im Fortgang der Untersuchungen zu ergänzen. Hier können technische Lösungen zusätzliche Möglichkeiten eröffnen, die im Rahmen eines Pilotprojekts getestet werden sollten. Grundsätzlich ist eine Kombination zwischen schwimmenden und festen Speichern denkbar. Aber auch innerhalb des Segments der schwimmenden Speicher gibt es noch viele Möglichkeiten. So sind zum Beispiel Lösungsansätze, die aus einer Kombination von verschiedenen Materialien bestehen können (Stahlcontainer, PE-Schlauch wie beim Projekt "Moby Dick" in Hamburg, Betonspeicher...) denkbar.

Eine Kombination zwischen den Materialien Stahl und PE könnte z. B. so aussehen:



**Abbildung 7-1 grafische Darstellung Stahlcontainer mit PE-Elementen außen - Abb 1: in Leerzustand / Abb 2: in gefülltem Zustand**

Ein derartiger Speicher ist u. U. deutlich kostengünstiger als eine reine Stahllösung. Das Projekt "Moby Dick" in Hamburg hatte spezifische Kosten pro gespeichertem  $m^3$  Mischwasser von etwa 200 EUR. Würden sämtliche Stahlcontainer mit einer zusätzlichen Gummiblase ausgerüstet, ergäbe sich eine zusätzlich mögliche Kostenreduktion von mindestens 200 EUR /  $m^3$ .

Denkbar sind auch deutlich erweiterte Speicherkapazitäten durch tiefere bzw. höhere Speicherbauwerke mit Füllständen bis zu ca. 3,20 / 3,40 m. Mittels leistungsstarker Pumpen könnte das Mischwasser in eine zweite Ebene über dem Spreewasserstand hoch gepumpt werden. Dabei würde ein Überstand von 50 - 70 cm über der Wasseroberfläche entstehen, der dem optischen Eindruck von die Spree befahrenden Schiffen entspricht.

### **Nutzungsabhängigkeit**

Grundsätzlich ist der Bau von Speichern im Zusammenhang mit der durch die Aufbauten zu realisierenden Nutzung zu denken. Sobald ein Aufbau behördlich genehmigungsfähig ist und dieser aus immobilienwirtschaftlicher Sicht sinnvoll erscheint, stehen die Kosten für den zu realisierenden Speicher unter anderen Vorzeichen. So wurde in Hamburg beim Projekt "Berliner Bogen" in einem Zulaufkanal der Außenalster ein sehr kostenintensiver Mischwasserspeicher realisiert. In der Gesamtbetrachtung für das Bürohaus Berliner Bogen spielt der Speicher finanziell aber eine

fast nachgeordnete Rolle. Der Baugrund konnte zudem über dem Wasser zu sehr günstigen Konditionen erworben werden. Dies führte insgesamt zu einer Mischkalkulation bei der der Mischwasserspeicher ein Element ist, das die Vermarktungsfähigkeit des Gebäudes gegenüber der Stadt und den Investoren sogar noch erhöht hat.

### **Sukzessive Realisierung des Projekts berlinbeach**

Aufgrund des erheblichen Umfangs des Gesamtprojektes ist aus vielfältigen Gründen bei der Umsetzung eine Priorisierung der einzelnen Maßnahmen erforderlich. Im Rahmen eines Pilotprojektes können wichtige Erfahrungen insbesondere zu technischen und betrieblichen Belangen gesammelt werden. Darüber hinaus ist darauf hinzuweisen, dass die Ermittlung der erforderlichen Speichervolumina auf der Grundlage hydrodynamischer Simulationsrechnungen (bpi, 2002) für die einzelnen Pumpwerkseinzugsgebiete beruht. Jede Simulationsrechnung erfordert wiederum Abschätzungen und Annahmen für unterschiedliche Berechnungsparameter, im vorliegenden Fall insbesondere für die angeschlossenen befestigten Flächen. Messungen zum tatsächlichen Entlastungsverhalten der betroffenen Ausläufe liegen nicht vor. Insofern wird hier empfohlen, auch das auftretende Entlastungsverhalten im Rahmen eines Pilotprojektes systematisch auszuwerten.

### **Aufgaben eines Pilotprojekts**

Ingenieurtechnische Entwicklung und Praxistest der technischen Lösungen

Im Rahmen eines Pilotprojekts wären insbesondere Untersuchungen zu folgenden Praxisfragen durchzuführen und folgende Aspekte zu testen:

- Art der Befestigung / Verankerung der Schiffe bzw. Pontons
- weitere Konkretisierung von möglichen Optionen für die Variante der festen Speicherkörper
- exakte Bestimmung der Größe der Speicher unter Berücksichtigung der abzufangenden Starkregenereignisse / statische Konstruktion der Anlage, der Aufbauten sowie der Behälter
- Festlegung von Größe und Drucklasten für die Pumpen sowie der übrigen technischen Anlagen für Einleitung, Abpumpen und ggfls. Verwirbelung des Mischwassers, Drucklastberechnungen vor Ort, spezifisch für die einzelnen Einleiter
- genaue Konstruktion der Zuläufe und der Entlastungswege vor Ort
- Konstruktion der Entlüftungs- und Belüftungsschächte
- notwendige Baumaßnahmen für die Druckleitungen zu den Einleitungspunkten: Konstruktion und Berechnungen sowie Ausführung an den drei ersten Einlässern.

### **Überprüfung sämtlicher betrieblicher Belange:**

Nutzung und Auslastung der Anlagen, Nutzungsmöglichkeiten der Spree als Badegewässer, Funktion der technischen Installationen wie der Pumpen, der Speicherzulaufe, der Reinigungsanlagen etc., Überprüfung der Geruchsproblematik.

### **Testen von unterschiedlichen Nutzungen und den damit zusammenhängenden Speicherkonstruktionen.**

An den drei Einlassern könnten drei verschiedene Nutzungen realisiert werden. Z. B. - um nur einige Möglichkeiten zu nennen - in Form eines Cafés, eines Volleyballfeldes oder einer einfachen, schilfbewachsenen Grünfläche. Diese Nutzungen bedingen unterschiedliche Auflasten. Im Falle einer Bebauung ist das Absenken des Speichercontainers auf den Grund sowie dessen Verankerung vorzusehen. Hier sind vorab Untersuchungen zur Beschaffenheit des Spreegrundes durchzuführen. Ein Praxistest für diese sehr unterschiedlichen Nutzungsvarianten bringt neue Erkenntnisse für die technische Weiterentwicklung der Speicher, zu deren Statik und der Zulaufsituation aber auch Anregungen für immobilienwirtschaftliche und städtebauliche Nutzungsvarianten und damit zur Wirtschaftlichkeit der Gesamtmaßnahme.

### **Auswirkungen der Maßnahmen auf die Spree:**

- Entwicklung eines Überwachungs- und Messsystems bezüglich der Belastung der Spree. Zu prüfen wären insbesondere seit einigen Jahren operative Online-Messmethoden.
- Auswertung des gegenwärtigen Belastungszustandes der Spree (Eutrophierungsgrad / bakteriologische Belastung) unter Berücksichtigung der Abschaltung des Klärwerks Falkenberg
- Schaffung eines Systems zur Auswertung der Ergebnisse. Eventuell ist ein Sensorensystem einzubauen, das Daten zu folgenden Parametern liefern könnte: Geruch, Ein- und Rückströmungen in den Speichern, Füllstand bzw. Höhe über dem Wasserstand.

### **Standortüberlegungen zu einem möglichen Pilotprojekt**

Sowohl aus wasserwirtschaftlicher Sicht wie auch hinsichtlich der Genehmigungsfähigkeit empfehlen sich als Standorte für ein Pilotprojekt die ersten drei Ausläufe Böldicker Straße, Rochowstraße und Danneckerstraße.

Für diese drei Ausläufe ist die Anordnung schwimmender Speicher gut möglich, die genaue Größe ist abhängig von Art und Umfang der vorgesehenen Aufbauten und den daraus resultierenden Auflasten.

Durch ein solches Pilotprojekt könnte bei gleichzeitiger Gewährleistung der erforderlichen Maßnahmen im Zustrom der Spree zum Projektgebiet und unter der Voraussetzung der Genehmigungsfähigkeit eine Badegewässernutzung auf ca. 1,3 km Länge zwischen Eisenbrücke und Oberbaumbrücke realisiert werden. Es liegen weder schwerwiegende rechtliche Bedenken noch technische bzw. siedlungswasserwirtschaftliche Hemmnisse vor, die einer Realisierung in diesem Projektabschnitt entgegen stünden.

## 8 Literatur- und Quellenverzeichnis

ATV A 128, 1992

Richtlinien für die Bemessung und Gestaltung von Regenentlastungen in Mischwasserkanälen, ATV-Arbeitsblatt A 128, ATV, Hennef, 1992

ATV-DVWK A 134, 2000

Planung und Bau von Abwasserpumpwerken, ATV-DVWK Arbeitsblatt A 134, ATV-DVWK, Hennef, 2000

ATV-DVWK A 156, 2000

Kanalbetrieb: Regenbecken und Entlastungen, ATV-DVWK Arbeitsblatt A 156, ATV-DVWK, Hennef, 2000

ATV M 108, 1994

Maßnahmen gegen gefährdende Stoffe in Abwasseranlagen – Hinweise für eine Betriebsanweisung, ATV Merkblatt M 108, ATV, Hennef, 1994

ATV-DVWK M 154, 2003

Geruchsemissionen aus Entwässerungssystemen - Vermeidung oder Verminderung, ATV-DVWK Merkblatt M 154, ATV-DVWK, Hennef, 2003

ATV M 168, 1998

Korrosion von Abwasseranlagen, ATV Merkblatt M 168, ATV, Hennef, 1998

ATV M 205, 1998

Desinfektion von biologisch gereinigtem Abwasser, ATV Merkblatt M 205, ATV, Hennef, 1998

ATV-DVWK M 263, 2003

Empfehlungen zum Korrosionsschutz von Stahlteilen in Abwasserbehandlungsanlagen durch Beschichtungen und Überzüge, ATV-DVWK Merkblatt M 263, Hennef, 2003

Badeverordnung, 2001

Verordnung über das Baden in den Berliner Gewässern (Badeverordnung) vom 14.07.1964, zuletzt geändert im Juli 2001, Gesetz- und Verordnungsblatt für Berlin, 2001

BaGeQuaV, 1998

Verordnung über die Qualität der Badegewässer, Badegewässerqualitätsverordnung – BaGeQuaV, July 1998, Gesetz- und Verordnungsblatt für Berlin, 54. Jahrgang, Nr. 28, S. 222

BaGeQuaV, 2003

Erste Verordnung zur Änderung der Badegewässerqualitätsverordnung, Dezember 2003, Gesetz- und Verordnungsblatt für Berlin, 59. Jahrgang, Nr. 44, S. 585

Berger, Steeg, 2001

BERLINBEACH, Diplomarbeit am Studiengang Landschaftsarchitektur und Umweltplanung an der Technischen Fachhochschule Berlin, 2001

**BinSchStrO, 1998**

Verordnung zur Einführung der Binnenschiffahrtsstraßen-Ordnung (BinSchStrO) vom 8. Oktober 1998, Bundesgesetzblatt Teil I, 1998, aktualisiert in 2000, 2001 und 2002

**Bpi, 2002**

Langzeitsimulation in den Einzugsgebieten HPw Friedrichshain, Holzmarktstraße (Bln V) und APw Friedrichshain, Rudolfstraße (Bln XII) und Ermittlung von Speichervolumina an den Auslaufstellen im Rahmen des Projektes „Baden in der Spree“, bpi Hannover, Mai 2002

**BWB, 4/2001**

Kanalnetz- und Schmutzfrachtberechnung, Entwässerungsnetz im Einzugsgebiet des APw Kreuzberg, Paul-Linke-Ufer (Bln I), Istzustand, BWB/bpi, April 2001

**BWB, 10/2001**

Kanalnetz- und Schmutzfrachtberechnung, Entwässerungsnetz im Einzugsgebiet des APw Kreuzberg, Paul-Linke-Ufer (Bln I), Sanierungszustand, BWB/bpi, Oktober 2001

**BWB, 6/2001/a**

Kanalnetz- und Schmutzfrachtberechnung, Entwässerungsnetz im Einzugsgebiet des HPw Kreuzberg, Gitschiner Straße (Bln II), Istzustand, BWB/bpi, Juni 2001

**BWB, 11/2001**

Kanalnetz- und Schmutzfrachtberechnung, Entwässerungsnetz im Einzugsgebiet des HPw Kreuzberg, Gitschiner Straße (Bln II), Sanierungszustand, BWB/bpi, November 2001

**BWB, 04/1995**

Kanalnetz- und Schmutzfrachtberechnung, Entwässerungsnetz im Einzugsgebiet des HPw Berlin V, Friedrichshain, Holzmarktstraße (Bln V), Istzustand, BWB/bpi, April 1995

**BWB, 07/2001**

Kanalnetz- und Schmutzfrachtberechnung, Entwässerungsnetz im Einzugsgebiet des HPw Berlin V, Friedrichshain, Holzmarktstraße (Bln V), Sanierungszustand, BWB/bpi, July 2001

**BWB, 12/2000**

Kanalnetz- und Schmutzfrachtberechnung, Entwässerungsnetz im Einzugsgebiet des APw Friedrichshain, Rudolfstraße (Bln XII), Istzustand, BWB/bpi, Dezember 2000

**BWB, 06/2001/b**

Kanalnetz- und Schmutzfrachtberechnung, Entwässerungsnetz im Einzugsgebiet des APw Friedrichshain, Rudolfstraße (Bln XII), Sanierungszustand, BWB/bpi, Juni 2001

**EU-WRRL, 2000**

Richtlinie 2000/60/EG des europäischen Parlamentes und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik, Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaft

**EU-Badegewässerrichtlinie, 1976**

Richtlinie 76/160/EWG des Rates vom 08. Dezember 1975 über die Qualität der Badegewässer, ABl. Eg 1976, Nr. L31, S.1

EU-Badegewässerrichtlinie, 2002

Vorschlag für eine Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates über die Qualität der Badegewässer (von der Kommission vorgelegt), KOM(2002) 581

Häck, M., 2004

Ein neues optisches Verfahren zur Messung der Sauerstoffkonzentration im Wasser, Korrespondenz Abwasser, Heft 3, 2004

Jahn, D., 1998

Das Gewässersystem von Spree, Dahme und Havel – Anforderungen an Wassermenge und Wassergüte, Tagungsband zum Symposium ´Zukunft Wasser´ der Senatsverwaltung Stadtentwicklung, Umweltschutz und Technologie, Berlin, 1998

Motz, R., 2003

Vorstadtspreet und Dahmeseen, ein Beitrag zur bakteriell-hygienischen Gewässerbewertung, Gutachten im Auftrag des ILAT Berlin, Berlin, 2003

SenStadt, 1998

Wasserbehördliche Sanierungserlaubnis für die Mischwassereinleitungen der Berliner Wasserbetriebe, Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Umweltschutz und Technologie, Berlin, 1998

SenStadt, 1994

Wasserwirtschaftlicher Rahmenplan Berlin und Umland, Entwurf, Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz, Berlin, 1994

SenStadt, 1999

Änderung der Wasserbehördliche Sanierungserlaubnis für die Mischwassereinleitungen der Berliner Wasserbetriebe, Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Umweltschutz und Technologie, Berlin, 1999

SenStadt, 2001

Abwasserbeseitigungsplan Berlin unter besonderer Berücksichtigung der Immissionszielplanung, Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Abteilung VIII, Berlin, Oktober 2001

SenStadt, 2002

Spreerraum Friedrichshain-Kreuzberg, Leitbilder und Konzepte, Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Berlin, 2002

WaStrG, 1998

Bundeswasserstraßengesetz, Fassung vom November 1998, Bundesgesetzblatt 1998, Teil I, aktualisiert 2002