

**19. Wahlperiode**

## **Schriftliche Anfrage**

**der Abgeordneten June Tomiak (GRÜNE)**

vom 15. Juli 2025 (Eingang beim Abgeordnetenhaus am 16. Juli 2025)

zum Thema:

**Die Zukunft der Spree nach dem Kohleausstieg**

und **Antwort** vom 30. Juli 2025 (Eingang beim Abgeordnetenhaus am 1. August 2025)

Senatsverwaltung für  
Mobilität, Verkehr, Klimaschutz und Umwelt

Frau Abgeordnete June Tomiak (Bündnis 90/Die Grünen)  
über  
die Präsidentin des Abgeordnetenhauses von Berlin

über Senatskanzlei - G Sen -

**A n t w o r t**  
**auf die Schriftliche Anfrage Nr. 19/23330**  
**vom 15. Juli 2025**  
**über Die Zukunft der Spree nach dem Kohleausstieg**

---

Im Namen des Senats von Berlin beantworte ich Ihre Schriftliche Anfrage wie folgt:

Vorbemerkung der Verwaltung:

Die Schriftliche Anfrage betrifft zum Teil Sachverhalte, die der Senat nicht aus eigener Zuständigkeit und Kenntnis beantworten kann. Er ist gleichwohl um eine sachgerechte Antwort bemüht und hat daher die Berliner Wasserbetriebe um Stellungnahme gebeten, die bei der nachfolgenden Beantwortung berücksichtigt ist bzw. in der Antwort an den entsprechend gekennzeichneten Stellen wiedergegeben wird.

Frage 1:

Welche Erkenntnisse und Prognosen liegen dem Senat zur künftigen Wasserführung der Spree nach dem vollständigen Kohleausstieg vor?

Frage 1a:

Welche konkreten Modellierungen oder Szenarien zur Entwicklung des Wasserabflusses in der Spree nach 2038 liegen dem Senat vor? Bitte anfügen.

Frage 1b:

Mit welchen quantitativen Wasserverlusten im Berliner Raum rechnet der Senat für die Jahre nach dem Kohleausstieg? Bitte auch Grundlage der Berechnung darlegen.

Antwort zu 1, 1a und 1b:

Wesentliche Änderungen in der zukünftigen Wasserführung der Spree werden sich durch den Kohleausstieg (d.h. durch Wegfallen der Sumpfingwassermengen und durch Auffüllen der Tagebauseen), durch den damit verbundenen Strukturwandel in der Lausitz und durch mögliche klimatische Änderungen ergeben. Zur Ermittlung des Zuflusses der Spree nach Berlin liegt mit dem wasserwirtschaftlichen Großraummodell WBalMo ein etabliertes und über Jahre entwickeltes gemeinsames Planungs- und Entscheidungsinstrument der Länder Brandenburg, Sachsen und Berlin vor. Es dient der Simulation der Abflussverhältnisse in den Einzugsgebieten von Spree, Schwarzer Elster und Lausitzer Neiße und bildet die maßgebliche Grundlage für wasserwirtschaftliche Prognosen im Zuge des Braunkohleausstiegs.

Als zusätzliche fachliche Grundlage dient die vom Umweltbundesamt beauftragte Studie „Wasserwirtschaftliche Folgen des Kohleausstiegs in der Lausitz“ ([UBA-Studie](#)), welche Erkenntnisse aus bisherigen Studien zu Auswirkungen von Kohleausstieg, aber auch klimatischer Änderungen einbezieht. Diese fasst den aktuellen Wissensstand zusammen, liefert eine erste bilanzielle Betrachtung der Oberflächengewässer und sondiert aus übergeordneter Perspektive die möglichen wasserwirtschaftlichen Folgen des Braunkohleausstiegs. Es kann im Ergebnis von einer Verringerung der Wasserführung der Spree ausgegangen werden, deren Ausmaß vor allem je nach angenommenem Klimaszenario variiert. Die Studie stellt damit eine erste systematische Analyse dar, weist jedoch zugleich auf einen Weiterentwicklungsbedarf hin, da einzelne Annahmen sowohl zu Kohleausstieg (es ist nicht das aktuelle Revierkonzept enthalten) als auch zu möglichen klimatischen Änderungen (es werden keine aktuellen Klimaszenarien betrachtet) bereits überholt sind.

Daher wird das Modell WBalMo aktuell im Rahmen der Arbeitsgruppe „Flussgebietsbewirtschaftung Spree, Schwarze Elster und Lausitzer Neiße“ (AG FGB) fortgeschrieben. Ziel ist es, belastbare Aussagen zur zukünftigen Wasserführung der Spree nach dem vollständigen Kohleausstieg - insbesondere ab dem Jahr 2038 - zu ermöglichen. Im Zentrum der Weiterentwicklung stehen die Aktualisierung der Datengrundlagen, die Integration des aktualisierten Braunkohle-Revierkonzepts, die Ergänzung um aktuelle Klimakomponenten sowie die Überarbeitung des Spreewaldbausteins. Parallel dazu erfolgt eine aktualisierte Ermittlung des natürlichen Wasserdargebots. Ergänzend sind Machbarkeitsstudien zur Speicherbewirtschaftung sowie zu möglichen Wasserüberleitungen (u. a. aus Oder, Neiße und Elbe) beauftragt bzw. geplant. Mit ersten Ergebnissen der Modellfortschreibung ist in 2027 zu rechnen.

Die Wasserführung im Berliner Raum wird im Rahmen des Masterplans Wasser mit dem Berechnungs- und Informationssystem Berliner Oberflächengewässer (BIBER) betrachtet. Da keine aktuellen abgestimmten Ergebnisse zu zukünftigen Zuflüssen der Spree vorliegen, basieren die im Rahmen des Masterplans Wasser durchgeführten Szenarienrechnungen daher

nicht auf entsprechenden Modellergebnissen bzw. Prognosen, sondern auf ausgewählten Szenarien zur Reduktion der Zuflüsse (z. B. über Spree und Havel), um das Verhalten des Gewässersystems unter extremen Bedingungen zu analysieren (Worst-Case-/Sensitivitätsanalyse). Zur modellgestützten Analyse der Auswirkungen von Klimawandel, Kohleausstieg, Bevölkerungswachstum und baulichen Maßnahmen auf die hydraulischen Verhältnisse im Berliner Gewässersystem wurden im Rahmen des Masterplans Szenarien berechnet. Diese bauen stufenweise aufeinander auf:

- Szenario S0: (bilanzkorrigierter) Istzustand 2019
- Szenario S0.2050: S0 und Veränderungen im Wasserbedarf
- Szenario S1: S0 und klimabedingte/bergbaubedingte Veränderungen
- Szenario S2: S1 und bauliche Veränderungen/Veränderung von Ableitwegen
- Szenario S3: S2 und Veränderungen des Wasserbedarfs und Abwasseranfalls
- Szenario S4: S3 und Sonderbetrachtungen

Untersucht wurden die drei zentralen Stauhaltungen Spandau, Mühlendamm und Brandenburg. Die Ergebnisse wurden im Rahmen des [Masterplans Wasser](#) veröffentlicht. Die detaillierten Annahmen und Ergebnisse enthält der Bericht „Modellgestützte Berechnung der Effekte verschiedener Szenarien des Wasserdargebots und der Wassernutzung im Berliner Gewässersystem“ (siehe Anlage). Die Untersuchungen sind als Einstieg in eine systematische Vulnerabilitätsbetrachtung zu verstehen und müssen bei Vorliegen neuer Erkenntnisse aktualisiert und weiterentwickelt werden.

Frage 1c:

Welche direkten und indirekten Auswirkungen erwartet der Senat auf die Trinkwasserversorgung Berlins – insbesondere hinsichtlich Wasserverfügbarkeit, Qualität und Versorgungssicherheit? Bitte ausführlich darlegen.

Antwort zu 1c:

Die Antwort der Berliner Wasserbetriebe lautet:

„Es wird erwartet, dass trotz der zurückgehenden Abflüsse in der Spree der Wasserstand in den Staustufen der Spree und der Unteren Havel gehalten werden kann. Das bestehende System der Förderung von Grundwasser für die Trinkwasserversorgung, welches zum großen Anteil aus Uferfiltrat aus Spree und Havel gespeist wird, kann aufrechterhalten werden. In Folge der zurückgehenden Abflüsse wird der Anteil des gereinigten Abwassers aus den Kläranlagen in Spree und Havel im Berliner Raum ansteigen. Ohne Gegenmaßnahmen würde es zu höheren Konzentrationen von Spurenstoffen (z.B. Arzneimittelrückstände) im Oberflächenwasser, im geförderten Grundwasser und schließlich im Trinkwasser kommen.“

Frage 2:

Welche konkreten Maßnahmen plant der Senat, um das erwartbare Wasserdefizit in der Spree nach dem Braunkohleausstieg auszugleichen?

Frage 2a:

Wie bewertet der Senat Überlegungen zur Wasserüberleitung aus der Elbe oder Oder zur Stabilisierung der Wasserkapazität der Spree?

Frage 2b:

Wie ist die Zusammenarbeit mit Brandenburg, Sachsen und dem Bund in dieser Frage organisiert? Wie ist die Zusammenarbeit mit zivilgesellschaftlichen Akteuren und der Wirtschaft? Bitte ausführlich darlegen.

Frage 2c:

Plant der Senat Maßnahmen zur Erhöhung der Speicherfähigkeit (z. B. durch Auenrenaturierung, Schwammstadt-Prinzipien)? Wenn ja, bitte konkrete Projekte angeben und erläutern, wann diese realisiert sein werden.

Antwort zu 2, 2a, 2b und 2c:

Die Maßnahmen in Berlin konzentrieren sich auf eine Kompensation der ökologischen und stofflichen Folgen auf die Gewässer. Dazu wurde der „Masterplan Wasser Berlin“ entwickelt. Im Rahmen der länderübergreifenden Zusammenarbeit in der Strategischen Arbeitsgruppe Spree-Schwarze Elster der Länder Sachsen, Brandenburg und Berlin werden vielfältige Maßnahmenoptionen zum Ausgleich des Wasserhaushaltes der Spree geprüft, so auch Möglichkeiten der Überleitung von Wasser aus benachbarten Einzugsgebieten. Vor diesem Hintergrund wird die Überlegung und Prüfverfahren zur Wasserüberleitung aus der Elbe, Neiße und Oder grundsätzlich positiv bewertet. Zunächst werden alle Optionen im Rahmen von Studien näher untersucht, um so Entscheidungsgrundlagen generieren zu können. Eine Entscheidung für konkrete Maßnahmen kann letztendlich nur im Rahmen von wasserwirtschaftlichen, ökologischen und ökonomischen Gesamtbetrachtungen aller Maßnahmen im Verbund getroffen werden.

Eine Einbeziehung von zivilgesellschaftlichen Akteuren und Wirtschaft erfolgt im Rahmen der Zuständigkeiten der federführenden Verwaltungen Brandenburgs und Sachsens für die Maßnahmen in der Lausitz. Zu beachten ist, dass die zentralen Maßnahmen zur Verringerung des Wasserdefizites in der Spree in der Lausitz umzusetzen sind.

Berlin verfolgt grundsätzlich den Ansatz, Maßnahmen im Sinne der Schwammstadt in Zukunft auszubauen. Schwammstadt-Maßnahmen führen grundsätzlich zu mehr Retention und damit zu einer Erhöhung des Trockenwetterabflusses in Fließgewässern.

An den Nebengewässern der Spree (Wuhle, Erpe) sowie der Müggelspree werden nach Möglichkeit Auenrelikte wieder angeschlossen bzw. Ersatzauen geschaffen. Aufgrund der vorhandenen Nutzungen ist dies jedoch nur in geringem Umfang möglich.

Frage 2d:

Gibt es konkrete Planungen für Pumpwerke, etwa an der Schleuse Spandau oder anderen Standorten, um Wasserstände zu stabilisieren? Bitte Pläne darlegen.

Die Maßnahme zur Einrichtung eines Pumpwerks im Unterwasser der Schleuse Spandau dient der Stabilisierung des Wasserstandes in der Stauhaltung Oberhavel und hat keinen Bezug zur Entwicklung des Wasserhaushaltes der Spree. Sie wurde bereits im Planfeststellungsbeschluss der Wasserstraßen- und Schifffahrtsdirektion Ost vom 02.10.1997 (Az. A4-143.3/Bln) vorgesehen. Das dort planfestgestellte Pumpwerk, ausgestattet mit zwei 100-kW-Pumpen zur Förderung von jeweils 2,5 m<sup>3</sup>/s, dient dem Ausgleich von Schleusungsverlusten in abflussarmen Zeiten in der Oberen Havel. Dieses Pumpwerk wurde bisher nicht realisiert und liegt in der Zuständigkeit der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV). Weitere konkrete Planungen zur Errichtung von Pumpwerken durch den Senat bestehen derzeit nicht.

Frage 3:

Welche Auswirkungen erwartet der Senat durch den verringerten Wasserstand in der Spree infolge des Kohleausstiegs auf die verschiedenen Nutzergruppen und ökologischen Systeme?

Antwort zu 3:

Die aktuell beschreibbaren Folgen und Risiken für den Wassersektor in Berlin beschreibt der „Masterplan Wasser Berlin“ ([Link](#)). Siehe Antwort zu 1, 1a und 1b.

Frage 3a:

Welche Folgen prognostiziert der Senat konkret für wasserintensive Industrien entlang der Spree (z. B. Chemie, Papier, Lebensmittel)?

Antwort zu 3a:

Konkret werden keine Risiken für Industriestandorte in Berlin prognostiziert.

Frage 3b:

Welche Auswirkungen sind auf die Pflanzen- und Tierwelt in und an der Spree zu erwarten, insbesondere auf Feuchtgebiete, Auenökosysteme und geschützte Arten?

Antwort zu 3b:

Rüchläufige Abflüsse der Spree ziehen eine Vielzahl an Veränderungen im komplexen aquatischen Ökosystem der Spree und ihren durchflossenen Seen nach sich. Insgesamt nehmen die flusstypischen, strömungsliebenden Arten zugunsten der Stillwasserarten bei Fischen, der Wirbellosen Fauna und den Wasserpflanzen weiter ab. Damit geht auch die Biodiversität zurück. In weniger durchströmten Bereichen können sich Sedimentansammlungen mit dichten Wasserpflanzenbeständen bilden, was sich auch auf die Struktur der Flusssufer und die angrenzende Aue auswirken kann. In den Flusseen ist außerhalb der Stauhaltung mit trockenfallenden Uferabschnitten zu rechnen. Die zurückgehende Wassermenge und die damit erhöhte Aufenthaltszeit des Wassers führt zur Sedimentation von nährstoffreichen Partikeln und vor allem im Sommer zu höheren Konzentrationen an Nährstoffen in den durchströmten Seen. Damit steigt die Gefahr von Massenentwicklungen einzelner nährstoffliebender Wasserpflanzenarten oder Phytoplanktonblüten (kurzzeitige Cyanobakterien-Massenentwicklungen sind auch möglich).

Die Auswirkung der für das Ökosystem relativ hohen Sulfat-Konzentrationen, die oberhalb des Orientierungswertes von 200 mg/l liegen, ist nicht abschließend geklärt. Mit der Bildung von Eisensulfid am Seesediment steigt in den Flusseen der Spree und Dahme das Eutrophierungsrisiko. Höhere Wassertemperaturen nach längerer thermischer Schichtung der Seen infolge des Klimawandels führen bei geringerem Wasseraustausch vermehrt zu Sauerstoffmangelerscheinungen über dem Seeboden und damit zu Nährstoffrücklösungen und Verarmung der Artendiversität. Geringere Abflüsse (auch von Okt- März) zieht Sedimentauflagerungen bzw. Verschlammung in den durchströmten Seen nach sich (z.B. im Dämeritzsee). Die Erreichung eines stabilen guten ökologischen Zustands für alle untersuchten Biokomponenten (aquatische Flora und Fauna) gemäß der EU- Wasserrahmenrichtlinie ist infolge der vielseitigen Einflüsse auf das System nicht zu erwarten.

Frage 3c:

Wie bewertet der Senat die langfristigen Folgen für die Binnenschifffahrt, insbesondere hinsichtlich Schleusengängigkeit, Wassertiefe und wirtschaftlicher Nutzbarkeit der Wasserstraßen?

Antwort zu 3c:

Für die spreegeprägte Stauhaltung Mühlendamm zeigen die Ergebnisse des Masterplan Wassers, dass die Wasserstände in keinem Szenario unter den für die Schifffahrt wichtigen „Unteren Betriebswasserstand“ (BWu) fallen würden. Dabei sind im Rahmen der Szenarienberechnungen die Schleusungswassermengen nur soweit wie nötig eingeschränkt worden. Bei einem Rückgang der Zuflüsse um 25 % könnte der Schleusenbetrieb wie im Istzustand (Sammelschleusung) aufrechterhalten werden, in dem allein der Abfluss über die Wehre - im Betrachtungszeitraum 2019 insbesondere am Wehr Oberschleuse - zum Halten der Wasserstände reduziert wird. Bei einem Rückgang der Zuflüsse um 50 % bzw. 75 % müsste der

Schleusenbetrieb stärker eingeschränkt bzw. dann auch tageweise eingestellt werden, wenn der Wasserstand nicht weiter verfallen soll. Langfristige Auswirkungen auf die wirtschaftliche Nutzbarkeit der Wasserstraßen sowie eine umfassende Bewertung der Schifffahrtsverhältnisse liegen der Senatsverwaltung nicht vor, da diese im Zuständigkeitsbereich des Bundes, konkret der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung (WSV), liegen.

Frage 3d:

Welche Maßnahmen werden geprüft oder umgesetzt, um Nutzungskonflikte zwischen Wirtschaft, Ökologie und Trinkwasserversorgung zu vermeiden oder zu entschärfen? Bitte ausführlich darstellen und auch ggf. zeitlich einordnen.

Antwort zu 3d:

Die aktuell beschreibbaren Folgen und Risiken für den Wassersektor in Berlin und den daraus abgeleiteten Maßnahmen, die sich teilweise bereits in Umsetzung befinden, beschreibt der „Masterplan Wasser Berlin“.

Frage 4:

Mit welchen Kosten rechnet der Senat, um den Wasserhaushalt der Spree langfristig zu stabilisieren? Pläne und Berechnungen bitte ausführlich darlegen und auch zeitlich einordnen.

Antwort zu 4:

Dazu liegen dem Land Berlin aktuell keine validen Informationen vor (siehe Antworten zu 2a und b).

Frage 5:

Welche Rolle spielt die vom Umweltbundesamt veröffentlichte Studie „Wasserwirtschaftliche Folgen des Braunkohleausstiegs in der Lausitz“<sup>1</sup> bei der Maßnahmenentwicklung zur Wasserhaushaltsstabilisierung der Spree und langfristigen Trinkwasserversorgung in Berlin?

Antwort zu 5:

Die Studie stellt eine gutachterliche Perspektive des aktuellen Standes zum historischen und aktuellen Wasserhaushalt in der Lausitz einschließlich von Entwicklungsrisiken und Maßnahmenoptionen dar. Die Folgen für die Trinkwasserversorgung Berlins war nicht Untersuchungsgegenstand. Grundsätzlich enthält die Studie keine neuen Fakten, und auch die Handlungsoptionen sind im Wesentlichen Gegenstand laufender Verfahren, Untersuchungen

---

<sup>1</sup><https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/wasserwirtschaftliche-folgen-des>

und Diskussionen zwischen den Ländern. Der Wert der Studie liegt in der komprimierten Darstellung der Erkenntnisse und der weiterzuverfolgenden Handlungsstränge. Die Prüfung der Umsetzbarkeit einer Reihe von vorgeschlagenen Maßnahmen ist bereits Gegenstand laufender und nachfolgender Untersuchungen (siehe Antwort zu 2a und b).

Frage 6:

Wie bewertet der Senat den aktuellen Wasserverbrauch wasserintensiver Industrien in Berlin?

Frage 6a:

Welche Maßnahmen zur Reduktion des Wasserverbrauchs in Industrie und Gewerbe plant der Senat im Hinblick auf den erwartbaren Rückgang der Spreewasserführung?

Frage 6b:

Gibt es Pläne, bestimmte industrielle Wasserentnahmen künftig einzuschränken, stärker zu regulieren oder anders zu bepreisen?

Antwort zu 6, 6a, 6b:

Die Berliner Wasserbetriebe antworten wie folgt:

„Der Anteil des Wasserbedarfs für Gewerbe und Industrie entsprach mit 33 Mio. m<sup>3</sup>/a ca. 16 % des gesamten Wasserbedarfs für Berlin. Auf Grund des relativ geringen Anteils von Gewerbe und Industrie werden aktuell keine konkreten Maßnahmen zur Reduktion des Wassergebrauchs in Industrie und Gewerbe geplant.“

Siehe auch Antwort zu 6d.

Frage 6c:

Wie überwacht der Senat derzeit die Wasserentnahmen aus der Spree und den angeschlossenen Oberflächengewässern? Bitte konkret erläutern.

Antwort zu 6c:

Die indirekten Entnahmen aus Oberflächengewässern der BWB über die Uferfiltration für die Trinkwasserversorgung werden in Form von Jahresberichten dem Land Berlin regelmäßig gemeldet. Zu beachten ist, dass die Entnahmen aus den Gewässern durch die BWB über die Rückführung des gereinigten Abwassers in die Stauhaltungen weitgehend bilanzneutral erfolgt. Eine systematische Überwachung von direkten Entnahmen durch Anlieger oder anderen Nutzergruppen (z.B. Grünflächenämter für Bewässerung) erfolgt in Berlin nicht.

Frage 6d:

Sind neue Steuerungsinstrumente geplant, um Wasserverbrauch in Dürreperioden gezielt einzuschränken (z. B. gestaffelte Entnahmeverbote)? Falls ja, welche Instrumente sind geplant oder werden derzeit geprüft und was genau wären die jeweiligen Auswirkungen.

Antwort zu 6d:

Das Wasserrecht sieht solche Steuerungsinstrumente bereits vor. Ob weitergehende Instrumente erforderlich sind, wird derzeit geprüft.

Frage 7:

Wie bewertet der Senat die steigende Bedeutung der Kläranlagen bei sinkendem Oberflächenwasseranteil für die Trinkwasserversorgung?

Antwort zu 7:

Die Antwort der Berliner Wasserbetriebe lautet folgendermaßen:

„Wir verweisen auf die Antwort von Frage 1 c. Der zurückgehende Abfluss der Spree in Folge des Braunkohleausstiegs in der Lausitz und in Folge des Klimawandels sowie die erwartete Entwicklung des Arzneimittelgebrauchs machen die Ausrüstung der Kläranlagen mit Verfahrensstufen zur Entfernung von Spurenstoffen erforderlich. Durch die schrittweise Ausrüstung aller Kläranlagen mit Verfahrensstufen zur Entfernung von Spurenstoffen soll die Qualität des Trinkwassers und damit die Einhaltung der Anforderungen der Trinkwasserverordnung auch zukünftig sichergestellt werden. Der Ausbau aller Großklärwerke mit einer 4. Reinigungsstufe wird auch durch die neue EU-Kommunalabwasserrichtlinie schrittweise bis 2045 verbindlich gefordert.“

Frage 7a:

Welche Investitionen plant Berlin zur Aufrüstung der Klärwerke, insbesondere zur Spurenstoffentfernung (z. B. von Arzneimittelrückständen)? Bitte Höhe der Summen angeben sowie Investitionen zeitlich einordnen.

Antwort zu 7a:

„Die BWB rechnen für die Erweiterung ihrer Klärwerke um 4. Reinigungsstufen (Eliminierung von Spurenstoffen) nach aktuellem Kenntnisstand mit Investitionen von ca. 530 Mio. EUR. Die Zusammensetzung der Investitionen und die Einordnung auf der Zeitachse ist in der unten angefügten Tabelle zu entnehmen.“

**geplante Investitionen in 4. Reinigungsstufen der Klärwerke (Stand: 07/2025)**

<b>Standort</b>	<b>Investition in Mio. EUR</b>	<b>geplante Fertigstellung</b>
Klärwerk Schönerlinde	72	2027
Klärwerk Münchehofe	33	2032
Klärwerk Ruhleben	176	2034
Klärwerk Wassmannsdorf	181	2035
Klärwerk Stahnsdorf *	70	2036
<b>Summe</b>	<b>532</b>	

*\* Bau der 4. Reinigungsstufe in Stahnsdorf Bestandteil des Neubauprojektes des Klärwerks;  
Anteil für 4. Reinigungsstufe aus vergleichbarem Projekt in Schönerlinde abgeleitet*

Quelle: Berliner Wasserbetriebe

Berlin, den 30.07.2025

In Vertretung

Arne Herz  
Senatsverwaltung für  
Mobilität, Verkehr, Klimaschutz und Umwelt



**DR. SCHUMACHER**  
Ingenieurbüro für Wasser und Umwelt

# **Modellgestützte Berechnung der Effekte verschiedener Szenarien des Wasserdargebots und der Wassernutzung im Berliner Gewässersystem**

## **Grundlagenbericht für den Masterplan Wasser**

Auftraggeber: **SENATSWERWALTUNG  
FÜR UMWELT, VERKEHR UND KLIMASCHUTZ**

Abteilung II - Integrativer Umweltschutz -  
Referat Wasserwirtschaft, Wasserrecht, Geologie

Brückenstraße 6  
10179 Berlin

Projektleitung: **Frauke Bathe  
Dr. Benjamin Creutzfeldt**

Auftragnehmer: **DR. SCHUMACHER**  
Ingenieurbüro für Wasser und Umwelt

Südwestkorso 70  
12161 Berlin

Bearbeitung: **Dr. Frank Schumacher  
Ute Gebauer**

Berlin, August 2020

## INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1 Veranlassung und Aufbau des Berichts	1
2 Untersuchungsraum und Grundlagen	4
2.1 Einzugsgebiet der Spree und Niedrigwasser 2018/19	4
2.2 Einzugsgebiet der Oberen Havel und Niedrigwasser 2018/19	7
2.3 Untersuchungsraum	9
2.4 Klimawandel und Braunkohleausstieg	10
2.5 Verdunstung	13
2.6 Bauliche Veränderungen der Schleusen und Wehre sowie der Ableitwege im Untersuchungsgebiet	13
2.7 Demographische Entwicklung – Bevölkerungsprognose für Berlin und Entwicklungen im Berliner Umland	14
2.8 Trinkwasserbedarf und Abwasserentsorgung	16
3 Methodik	19
3.1 Szenarienableitung und -definition	19
3.2 Referenz- und Betrachtungszeitraum	20
3.3 Beschreibung des hydronumerischen Programms BIBER / HYDRAX	21
3.3.1 Theoretische Grundlagen	21
3.3.2 Instationärer Bilanzausgleich	22
4 Stauhaltung Spandau	24
4.1 Modellskizze	24
4.2 Randbedingungen und Istzustand	25
4.2.1 Wasserstand	25
4.2.2 Zuflüsse	25
4.2.3 Abfluss über die Wehre Spandau	26
4.2.4 Abfluss über die Spandauer Umfluter	28
4.2.5 Abfluss über die Schleusen (Schleusungswasser)	30
4.2.6 Niederschlag und Verdunstung	31
4.2.7 Wasserwerke	32
4.2.8 Klärwerke	33
4.2.9 Sonstige Randbedingungen	33
4.3 Szenario S0: bilanzkorrigierter Istzustand	34
4.3.1 Annahmen für den Bilanzausgleich	34
4.3.2 Ergebnisse	34
4.4 Szenario S0.2050: Istzustand (S0) und Wasserbedarf 2050	35
4.4.1 Annahmen	35
4.4.2 Allgemeines Vorgehen	37
4.4.3 Ergebnisse	40
4.5 Szenario S1: klimabedingte Veränderungen	42
4.5.1 Annahmen	42
4.5.2 Ergebnisse	44
4.6 Szenario S2: klima- und baulich bedingte Veränderungen	46
4.6.1 Annahmen	46
4.6.2 Ergebnisse	48

4.7	Szenario S3: klima-, baulich und bedarfsbedingte Veränderungen	48
4.7.1	Annahmen	48
4.7.2	Ergebnisse	49
4.8	Szenario S4: Fehlbetrag in der Wasserbilanz bei klima-, baulich und bedarfsbedingten Veränderungen und dem Einhalten des Sommerstauziels	49
4.8.1	Annahmen	49
4.8.2	Ergebnisse	51
4.9	Zusammenfassung	52
5	Stauhaltung Mühlendamm	57
5.1	Modellskizze	57
5.2	Randbedingungen und Istzustand	57
5.2.1	Wasserstand	57
5.2.2	Zuflüsse	59
5.2.3	Abfluss über die Wehre	59
5.2.4	Abfluss über die Schleusen (Schleusungswasser)	60
5.2.5	Niederschlag und Verdunstung	61
5.2.6	Wasserwerke	62
5.2.7	Klärwerke	63
5.3	Szenario S0: bilanzkorrigierter Istzustand	65
5.3.1	Bilanzausgleich	65
5.3.2	Ergebnisse	66
5.4	Szenario S0.2050: Istzustand (S0) und Wasserbedarf 2050	68
5.4.1	Annahmen	68
5.4.2	Ergebnisse	69
5.5	Szenario S1: klimabedingte Veränderungen	71
5.5.1	Annahmen	71
5.5.2	Ergebnisse	74
5.6	Szenario S2: klima- und baulich bedingte Veränderungen	79
5.6.1	Annahmen	79
5.6.2	Ergebnisse	80
5.7	Szenario S3: klima-, baulich und bedarfsbedingte Veränderungen	82
5.7.1	Annahmen	82
5.7.2	Ergebnisse	82
5.8	Szenario S4: Keine Rückströmung in den Müggelsee im S3.50-Szenario	83
5.8.1	Annahmen	83
5.8.2	Ergebnisse	84
5.9	Zusammenfassung	85
6	Stauhaltung Brandenburg	89
6.1	Modellskizze	89
6.2	Randbedingungen und Istzustand	90
6.2.1	Wasserstand	90
6.2.2	Zuflüsse	90
6.2.3	Niederschlag und Verdunstung	91
6.2.4	Wasserwerke	91
6.2.5	Klärwerke	92
6.3	Szenario S0: (indirekt) bilanzkorrigierter Istzustand	93

6.4	Szenario S0.2050: Istzustand (S0) und Wasserbedarf 2050	95
6.4.1	Annahmen	95
6.4.2	Ergebnisse	96
6.5	Szenario S1: klimabedingte Veränderungen	98
6.5.1	Annahmen	98
6.5.2	Ergebnisse	99
6.6	Szenario S2: klima- und baulich bedingte Veränderungen	100
6.6.1	Annahmen	100
6.6.2	Ergebnisse	101
6.7	Szenario S3: klima-, baulich und bedarfsbedingte Veränderungen	102
6.7.1	Annahmen	102
6.7.2	Ergebnisse	102
6.8	Zusammenfassung	103
7	Zusammenfassung und Ausblick	106
8	Literaturverzeichnis	109

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

	Seite
Bild 1: Einzugsgebiet der Spree mit Lage der Pegel, Kraftwerke, Grundwasserbehandlungsanlagen (GWBA) (Quelle: SenUVK, 2020)	5
Bild 2: Reihe des mittleren Monatsdurchflusses [m <sup>3</sup> /s] an den Pegeln Cottbus, Sandower Brücke (unterhalb der Talsperre Spremberg), Leibsch UP (unterhalb des Spreewaldes) und Große Tränke Wehr UP (vor Berlin) für den Zeitraum 01.03.2018 - 31.12.2019 (Quelle: SenUVK, 2020)	6
Bild 3: Reihe des mittleren Monatsdurchflusses [m <sup>3</sup> /s] am Pegel Borgsdorf für die Jahre 2018, 2019 und 2020 sowie Quartile der Zeitreihe 1977 bis 2020 (Quelle: SenUVK, 2020)	7
Bild 4: Wasserstand am Pegel Spandau für die Jahre 2018 und 2019 sowie Stauziele und Quartile der Zeitreihe 1980 bis 2019 (Quelle: SenUVK, 2020)	8
Bild 5: Skizze des Untersuchungsraums mit den wichtigsten Wehren und Randbedingungen (Wasserstände, Zu- und Abflüsse)	10
Bild 6: Gewässerverdunstung in mm/a mit linearer Trendlinie (Quelle: DWD (Daten) und SenUVK, 2020)	13
Bild 7: Einwohnerentwicklung 1990 bis 2030 in drei Varianten für Berlin; Realentwicklung bis 2014, ab 2015 Prognose <i>Quelle:</i> (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen, 2016)	14
Bild 8: Einwohnerentwicklung 2000 bis 2030 in drei Varianten für Berlin; Realentwicklung bis 2018, ab 2018 Prognose <i>Quelle:</i> (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen, 2019)	15
Bild 9: Summe Zuflüsse (Müggelspree, Oder-Spree-Kanal, Dahme und Flakenfließ) nach Berlin (Stauhaltung Mühlendamm). Tagesmittelwerte für die Jahre 2000, 2003, 2006, 2018 und 2019 (Quelle: SenUVK, 2020)	21
Bild 10: Modellskizze der Stauhaltung Spandau mit der Definition des Gewässergraphens und den Randbedingungen (WW = Wasserwerk, PW = Pumpwerk, GWA = Grundwasseranreicherung, OP = Oberpegel)	24
Bild 11: Verfall des Wasserstands unter das Sommerstauziel von 31,31 m NHN (grün gestrichelte Linie) am OP Schleuse Spandau	25
Bild 12: Wehrstellung (umgerechnet auf die Überfallhöhe) des Schleusenwehrs im Jahr 2019	27
Bild 13: Wehrstellung (umgerechnet auf die Höhe der Segmentöffnung) des Zitadellenwehrs im Jahr 2019	27
Bild 14: Aus der Wehrstellung berechnete Abfluss über das Schleusenwehr und das Zitadellenwehr sowie der Gesamtabfluss über die Wehre Spandau im Jahr 2019	28
Bild 15: Berechneter Durchfluss (Summe Umflut) über die Gräben im Vergleich zu Messungen der SenUVK	29
Bild 16: Abfluss infolge Schleusungen an der Schleuse Spandau	30
Bild 17: Abfluss infolge Schleusungen an der Schleuse Schönwalde.	31
Bild 18: Abfluss infolge Schleusungen an der Schleuse Plötzensee	31

Bild 19:	Vergleich der gemessenen und der bilanzkorrigierten Durchflüsse des Zuflusses der Oberen Havel an der Messstelle Borgsdorf	35
Bild 20:	Summe der Entnahme der Wasserwerke (Uferfiltrat und GWA) im Istzustand (S0) und im Szenario S0.2050.2	37
Bild 21:	Reduzierter Abfluss über die Wehre Spandau im Szenario S0.2050 im Vergleich zum Istzustand (1. Iterationsschritt)	38
Bild 22:	Reduzierter Abfluss infolge Schleusungen der Schleuse Spandau im Szenario S0.2050 im Vergleich zum Istzustand	38
Bild 23:	Reduzierter Abfluss infolge Schleusungen der Schleuse Plötzensee im Szenario S0.2050 im Vergleich zum Istzustand	39
Bild 24:	Reduzierter Abfluss infolge Schleusungen der Schleuse Schönwalde im Szenario S0.2050 im Vergleich zum Istzustand	39
Bild 25:	Iterativ bestimmter Wasserstand am OP Schleuse Spandau im Szenario S0.2050	41
Bild 26:	Iterativ bestimmter Abfluss am OP Schleuse Spandau (Wehre und Schleuse) im Szenario S0.2050	42
Bild 27:	Skalierter Zufluss aus der Oberen Havel (Pegel Borgsdorf) unter der Annahme eines klimabedingten Rückgangs um 25%, 50% und 75%	43
Bild 28:	Skalierter äquivalenter Abfluss aus Verdunstung unter der Annahme eines klimabedingten Zunahme um 8% im Vergleich zum bilanzkorrigierten Istzustand	43
Bild 29:	Iterativ bestimmte Wasserstände am OP Schleuse Spandau im Szenario S1	45
Bild 30:	Iterativ bestimmte Abflüsse am OP Schleuse Spandau (Wehre und Schleuse) im Szenario S1	46
Bild 31:	w,Q-Beziehung für den Abfluss über die Umflut im S0- und S2-Szenario	47
Bild 32:	Vergleich des Zuflusses des Nordgrabens (Pegel Eisenbahnbrücke) im bilanzkorrigierten Istzustand (S0) und im S2-Szenario	47
Bild 33:	Iterativ bestimmte Wasserstände am OP Schleuse Spandau im Szenario S2	48
Bild 34:	Iterativ bestimmte Wasserstände am OP Schleuse Spandau im Szenario S3	49
Bild 35:	Vorgegebener Wasserstand am OP Schleuse Spandau im Szenario S4	50
Bild 36:	Abfluss über die Umfluter bei baulicher Veränderung (S2) gegenüber dem Istzustand im Szenario S4	50
Bild 37:	Prozentualer Anteil des Uferfiltrats an der Rohwasserförderung des WW Stolpe bei vorgegebenen Wasserstand (Stauziel) im Szenario S4	51
Bild 38:	Benötigter Durchfluss (erhöhter Zufluss oder geringere Entnahme), um den vorgegebenen Wasserstand (Stauziel) im Szenario S4 zu halten	51
Bild 39:	Vergleich der Wasserstände bei einem klimatisch bedingten Rückgang des Havelzuflusses um 25% unter den weiteren Annahmen der Szenarien S1, S2 und S3	53

Bild 40:	Vergleich der Wasserstände bei einem klimatisch bedingten Rückgang des Havelzuflusses um 50% unter den weiteren Annahmen der Szenarien S1, S2 und S3	53
Bild 41:	Vergleich der Wasserstände bei einem klimatisch bedingten Rückgang des Havelzuflusses um 75% unter den weiteren Annahmen der Szenarien S1, S2 und S3	54
Bild 42:	Modellskizze der Stauhaltung Mühlendamm mit der Definition des Gewässergraphens und den Randbedingungen	58
Bild 43:	Abfluss infolge Schleusungen der Schleuse Mühlendamm (Quelle: WSA Berlin)	60
Bild 44:	Abfluss infolge Schleusungen der Schleuse Oberschleuse (Quelle: WSA Berlin)	61
Bild 45:	Abfluss infolge Schleusungen der Schleuse Kleinmachnow (Quelle: WSA Berlin)	61
Bild 46:	Gekläarte Abwassereinleitung des KW Waßmannsdorf in den Teltowkanal über den Ableiter Schönefeld (TeK-km 34,66) und den Rudower Graben (TeK-km 32,20) (Quelle: BWB)	63
Bild 47:	Ableitung von geklärtem Abwasser des KW Ruhleben in den Teltowkanal (TeK-km 17,50) (Quelle: BWB)	64
Bild 48:	Ableitung von geklärtem Abwasser des KW Münchehofe über das Neuenhagener Mühlenfließ (Erpe) in die Müggelspree (MgS-km 1,54) im Vergleich des Durchflusses am Pegel Wiesengrund / Neuenhagener Mühlenfließ (Quelle: BWB, SenUVK)	64
Bild 49:	Vergleich des gemessenen, um den Mindestabfluss (Spaltwasserverluste) ergänzten und des bilanzkorrigierten Durchflusses über das Wehr Kleinmachnow	66
Bild 50:	Vergleich des gemessenen und des bilanzkorrigierten Durchflusses über das Wehr Mühlendamm einschließlich Spaltwasserverluste	67
Bild 51:	Vergleich des gemessenen und des bilanzkorrigierten Durchflusses über die Stauanlage Neue Mühle (Dahme)	67
Bild 52:	Vergleich der aus den gemessenen Niederschlägen berechneten und des bilanzkorrigierten äquivalenten Zuflusses infolge von Niederschlag	68
Bild 53:	Vergleich der Uferfiltratentnahme (Summe) der Wasserwerke Friedrichshagen und Wuhlheide im Szenario S0.2050 und im Istzustand (S0)	69
Bild 54:	Vergleich des reduzierten Durchflusses am Wehr Oberschleuse im Szenario S0.2050 und im Istzustand (S0)	70
Bild 55:	Vergleich der Rückströmung in den Müggelsee im Szenario S0.2050 und im bilanzkorrigierten Istzustand (S0)	71
Bild 56:	Vergleich der Rückströmung in den Müggelsee im Szenario S0.2050 und im bilanzkorrigierten Istzustand (S0)	71
Bild 57:	Skalierte Zuflusssumme an den Pegel Woltersdorf, Große Tränke, Wernsdorf und Neue Mühle unter der Annahme eines klimabedingten Rückgangs um 25%, 50% und 75%	72

Bild 58:	Vergleich des unter der Annahme einer klimabedingten Zunahme um 8% skalierten äquivalenten Abflusses aus Verdunstung (S1) mit dem im bilanzkorrigierten Istzustand (S0)	74
Bild 59:	Durchflussproportional reduzierter Abfluss über das Wehr Mühlendamm zum Ausgleich des klimabedingten Rückgangs der Zuflüsse und der Verdunstung im Szenario S1	75
Bild 60:	Durchflussproportional reduzierter Abfluss über das Wehr Kupfergraben zum Ausgleich des klimabedingten Rückgangs der Zuflüsse und der Verdunstung im Szenario S1	75
Bild 61:	Durchflussproportional reduzierter Abfluss über das Wehr Oberschleuse zum Ausgleich des klimabedingten Rückgangs der Zuflüsse und der Verdunstung im Szenario S1	76
Bild 62:	Durchflussproportional reduzierter Abfluss über das Wehr Kleinmachnow zum Ausgleich des klimabedingten Rückgangs der Zuflüsse und der Verdunstung im Szenario S1	76
Bild 63:	Durchflussproportional reduzierte Summe des verbleibenden Schleusungswassers der Schleusen der Stauhaltung Mühlendamm zum Ausgleich des klimabedingten Rückgangs der Zuflüsse im Szenario S1	77
Bild 64:	Durchfluss, um die die Summe an Schleusungswasser Schleusungswassers der Schleusen der Stauhaltung Mühlendamm zum Ausgleich des klimabedingten Rückgangs der Zuflüsse im Szenario S1 reduziert werden müsste.	77
Bild 65:	Iterativ bestimmte Wasserstände am OP Schleuse Mühlendamm im Szenario S1	78
Bild 66:	Durchflüsse in der Müggelspree (Höhe Spreetunnel) im Szenario S1	79
Bild 67:	Einleitung von geklärtem Abwasser des Klärwerks Ruhleben in den Teltowkanal im Istzustand (S0) und im Szenario S2 (entfällt)	80
Bild 68:	Iterativ bestimmte Wasserstände am OP Schleuse Mühlendamm im Szenario S2	80
Bild 69:	Durchflüsse in der Müggelspree (Höhe Spreetunnel) im Szenario S2	81
Bild 70:	Iterativ bestimmte Wasserstände am OP Schleuse Mühlendamm im Szenario S3	82
Bild 71:	Durchflüsse in der Müggelspree Höhe Spreetunnel im Szenario S3	83
Bild 72:	Angestrebter Mindestdurchfluss in der Müggelspree (Spreetunnel) im Szenario S4.50 im Vergleich zu den Szenarien S0 und S3.50	84
Bild 73:	Iterativ berechneter Mindestzufluss über das Wehr Große Tränke ohne Rückströmung in den Müggelsee im S3.50 Szenario	85
Bild 74:	Mehrbedarf an Zufluss über das Wehr Große Tränke im Szenario S3.50 ohne eine Rückströmung in den Müggelsee (Spreetunnel)	85
Bild 75:	Vergleich der Wasserstände bei einem klimatisch bedingten Rückgang der Zuflüsse um 50% unter den weiteren Annahmen der Szenarien S1, S2 und S3	86
Bild 76:	Vergleich der Wasserstände bei einem klimatisch bedingten Rückgang der Zuflüsse um 75% unter den weiteren Annahmen der Szenarien S1, S2 und S3.	86

Bild 77:	Modellskizze der Stauhaltung Unterhavel mit der Definition des Gewässergraphens und den Randbedingungen Abkürzungen: WW = Wasserwerk, OWA= Oberflächenwasseraufbereitungsanlage, KA = Kläranlage, Klärwerk, UP= Unterpegel, UHW = Untere Havelwasserstraße	89
Bild 78:	Wasserstand am Pegel Glienicker Brücke	90
Bild 79:	Geklärtc Abwassereinleitung des Klärwerks Ruhleben in den Altarm Ruhleben (Einleitung Altarm Ruhleben) bzw. in die Spree (Einleitung Spree (UV)).	92
Bild 80:	Geklärtc Abwassereinleitung des Klärwerks Stahnsdorf in den Teltowkanal unterhalb der Schleuse Kleinmachnow (TeK 8,4)	93
Bild 81:	Vergleich zwischen den gemessenen und berechneten Durchflüssen an der Messstelle Sophienwerder (Spree, SOW-km 0,600)	94
Bild 82:	Vergleich zwischen den gemessenen und berechneten Durchflüssen an der Messstelle Tiefwerder (Havel, UHW-km 1,48)	94
Bild 83:	Summe der Entnahme der Wasserwerke Kladow, Tiefwerder und Beelitzhof (Uferfiltrat und OWA) im Istzustand (S0) und im Szenario S0.2050	96
Bild 84:	Abfluss aus Berlin (Glienicker Brücke) im Istzustand (S0) und im Szenario S0.2050	97
Bild 85:	Durchfluss am Pegel Alsenbrücke (PFL-Kanal) im Istzustand (S0) und im Szenario S0.2050 (negative Werte: Rückströmung Richtung Wannsee)	97
Bild 86:	Vergleich der Durchflussganglinien am Pegel Alsenbrücke im PFL-Kanal und oberstrom der Bäkewiese im Teltowkanal	98
Bild 87:	Abfluss aus Berlin (Glienicker Brücke) im Istzustand (S0) und im Szenario S1	99
Bild 88:	Abfluss aus Berlin (Modellknoten Glienicker Brücke) im Istzustand (S0) und im Szenario S0.2050 im Zeitraum Juli und August 2019.	99
Bild 89:	Durchfluss am Pegel Alsenbrücke (PFL-Kanal) im Istzustand (S0) und im Szenario S1 (negative Werte: Rückströmung Richtung Wannsee)	100
Bild 90:	Vergleich der Durchflussganglinien der Panke im Istzustand (S0) und im Szenario S2 basierend auf den Messwerten der Messstelle Kühnemannstraße	101
Bild 91:	Abfluss aus Berlin (Glienicker Brücke) im Istzustand (S0) und im Szenario S2	101
Bild 92:	Durchfluss am Pegel Alsenbrücke (PFL-Kanal) im Istzustand (S0) und im Szenario S2 (negative Werte: Rückströmung Richtung Wannsee)	102
Bild 93:	Durchfluss am Pegel Alsenbrücke (PFL-Kanal) im Istzustand (S0) und im Szenario S3 (negative Werte: Rückströmung Richtung Wannsee)	103

## VERZEICHNIS DER TABELLEN

	Seite
Tabelle 1: Prognostizierter Trinkwasserbedarf für ein Szenario 2050+	17
Tabelle 2: Förderung der einzelnen Wasserwerke zur Deckung des prognostizierten Trinkwasser-Bedarfs in Trockenjahren (Szenario für das Jahr 2050+)	18
Tabelle 3: Varianten zum Ausbau der Klärwerkskapazitäten im Jahr 2042	18
Tabelle 4: Zusammenstellung der im Modell der Stauhaltung Spandau berücksichtigten Seeoberflächen	32
Tabelle 5: Zusammenstellung der Annahmen zur Wasserentnahme der Wasserwerke aus der Stauhaltung Spandau	33
Tabelle 6: Skalierungsfaktoren zur Berechnung der Wasserwerksentnahmen im Szenario S0.2050	36
Tabelle 7: Summe und Differenz der Summe der über den Zeitraum gemittelten Zuflüsse der Havel (Station Borgsdorf) entsprechend dem prozentualen Ansatz von 25, 50 und 75%	44
Tabelle 8: Minimal, mittlerer und maximal fehlender Durchfluss sowie die Fehlmenge im Betrachtungszeitraum im Szenario S4	52
Tabelle 9: Mittelwerte der einzelnen Komponenten der Wasserbilanz für den Zeitraum Juli bis September 2019 (Stauhaltung Spandau)	55
Tabelle 10: Zusammenstellung der im Modell berücksichtigten Seeflächen mit Niederschlag und Verdunstung	62
Tabelle 11: Zusammenstellung der Annahmen zur Wasserentnahme der Wasserwerke aus der Stauhaltung Mühlendamm / Kleinmachnow	62
Tabelle 12: Skalierungsfaktoren zur Berechnung der Wasserwerksentnahmen im Szenario S0.2050 (Quelle: BWB, 2019)	69
Tabelle 13: Summe und Differenz der Summe der über den Zeitraum gemittelten Zuflüsse entsprechend dem prozentualen Ansatz von 25, 50 und 75%	73
Tabelle 14: Mittelwerte der einzelnen Komponenten der Wasserbilanz für den Zeitraum Juli bis September 2019 (Stauhaltung Mühlendamm)	87
Tabelle 15: Mittelwert des Durchflusses, Anzahl der Tage und Volumen der Rückströmung in den Müggelsee für die verschiedenen Szenarien	88
Tabelle 16: Zusammenstellung der im Modell berücksichtigten Seeflächen, für die Niederschlag und Verdunstung berücksichtigt werden	91
Tabelle 17: Zusammenstellung der Annahmen zur Wasserentnahme der Wasserwerke aus der Stauhaltung Unterhavel (Brandenburg)	92
Tabelle 18: Vergleich zwischen gemessenen und berechneten Durchflüssen an den Pegeln Tiefwerder (Havel) und Sophienwerder	95
Tabelle 19: Skalierungsfaktoren zur Berechnung der Wasserwerksentnahmen im Szenario S0.2050	95
Tabelle 20: Mittelwerte der einzelnen Komponenten der Wasserbilanz für den Zeitraum Juli bis September 2019 (Stauhaltung Brandenburg)	104
Tabelle 21: Mittelwert des Durchflusses, Anzahl der Tage und Volumen der Rückströmung in den Großen Wannensee für die verschiedenen Szenarien	105

## VERZEICHNIS DER WICHTIGSTEN ABKÜRZUNGEN

BfG	Bundesanstalt für Gewässerkunde
BIBER	Berechnungs- und Informationssystem Berliner Oberflächengewässer
BWB	Berliner Wasserbetriebe
BWu	Unterer Betriebswasserstand
DWD	Deutscher Wetterdienst
GWA	Grundwasseranreicherung
KW	Klärwerk
OP	Oberpegel
OW	Oberwasserstand
OWA	Oberflächenwasseraufbereitungsanlage
Q	Durchfluss
UP	Unterpegel
UV	Ultra-Violettes Licht
SenUVK	Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz
W	Wasserstand
WSA	Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt
WSV	Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes
WW	Wasserwerk

## 1 Veranlassung und Aufbau des Berichts

Die Berliner Bevölkerung wird seit mehr als hundert Jahren mit Trinkwasser aus dem eigenen Stadtgebiet und dem direkt angrenzenden Umland versorgt. Nach einem langjährigen Rückgang des Trinkwasserverbrauchs seit den 1990er Jahren steigen seit einigen Jahren die Verbrauchsmengen wieder merklich an. Die weiterhin wachsende Bevölkerung in Berlin und dem Berliner Umland wird prognostisch zu einem steigenden Trinkwasserbedarf und somit auch einem erhöhten Abwasseranfall führen. Zugleich werden durch den Klimawandel Trockenphasen voraussichtlich zunehmen und länger andauern.

Die Berliner Gewässer sind durch Einträge von Nähr- und Schadstoffen erheblichen Belastungen ausgesetzt. Darüber hinaus stellen die Folgen des Braunkohletagebaus sowie des Kohleausstiegs bis 2038 in der Lausitz die Berliner Wasserwirtschaft vor potenziell große Herausforderungen. Neben der Sulfatproblematik rückt zunehmend das Wassermengenproblem in den Fokus. Die beiden Trockenjahre 2018 und 2019 sowie das aktuelle Jahr 2020 lassen bereits erahnen, welche bedeutsamen Herausforderungen zur Stützung des Wasserhaushaltes auf Bund, Länder und Verursacher zur Aufrechterhaltung der wasserwirtschaftlichen Mindestanforderungen für das Spreesystem zukommen.

Ziel des „Masterplans Wasser“ ist es, auf Grundlage von Analysen der potenziellen Veränderungen wasserwirtschaftlich relevanter Rahmenbedingungen in Berlin und diesbezüglicher Risikobetrachtungen, Strategien und Handlungsoptionen zu erarbeiten, um die Trinkwasserversorgung, den Gewässerschutz und eine angepasste Abwasserentsorgung Berlins zu sichern. Er soll als mittel- und langfristige Strategie der Wasserwirtschaft in Berlin die Grundlage für darauf aufbauende Konzepte und Planungen bilden.

Der Masterplan Wasser wird in aufeinander aufbauenden bzw. sich ergänzenden Teilprojekten erarbeitet.

**Im Teilprojekt I werden verschiedene Szenarien des Wasserdargebots der Oberflächengewässer in Kombination mit der Wassernutzung modelgestützt untersucht und ihre Effekte auf die Wasserstände und Durchflüsse im Berliner Gewässersystem beschrieben.**

Aufbauend auf den Ergebnissen des Teilprojekts I werden im Teilprojekt II vertiefte Betrachtungen der qualitativen Auswirkungen auf die Berliner Wasserressourcen durchgeführt. Im Kern steht die Erfassung der Abwasseranteile und -mengen an ausgewählten Bilanzpunkten für die jeweiligen Szenarien. Hieraus können erste Rückschlüsse sowohl auf ökologische und hygienische Beeinträchtigungen als auch die Gefährdung der Trinkwasserressourcen gezogen werden.

Parallel werden im derzeit laufenden Teilprojekt III die Veränderungen des Grundwasserdargebots szenarienbasiert betrachtet. Neben diesen Grundlagenprojekten, die maßgebliche, aktuelle Erkenntnisdefizite beleuchten, gibt es eine Reihe weiterer wasserwirtschaftlicher Analysen und Projekte, deren Ergebnisse in den Masterplan Wasser (perspektivisch) einbezogen werden, so etwa die Ergebnisse des Projekts „Wasserwirtschaftliche Folgen des Braunkohleausstiegs in der Lausitz“ (vgl. Kapitel 2.4).

Auch werden im Rahmen des Masterplans Wasser bereits Maßnahmen umgesetzt bzw. Handlungsstrategien erarbeitet. Zu nennen sind hier u.a. die Umsetzung eines Niedrigwasserkonzepts für die Oberhavel sowie die Berliner Spurenstoffstrategie, die derzeit aufgestellt wird.

Mit den hydrodynamischen Modellrechnungen, die mit dem von der für die Wasserwirtschaft zuständigen Senatsverwaltung für wasserwirtschaftliche Fragestellungen vorgehaltenen Programmsystem BIBER/HYDRAX durchgeführt werden, **werden im vorliegenden Bericht zu Teilprojekt I** in der Zukunft potentiell relevante kritische Dargebotsszenarien (worst-case-Ansatz) untersucht.

Betrachtet wird der Niedrigwasserzeitraum von März bis November 2019. Das Jahr 2019 – ebenso wie bereits das vorangegangene Jahr 2018 – war durch eine anhaltende Trockenheit und überdurchschnittliche Temperaturen geprägt und stellt eine der wärmsten und niederschlagsärmsten Zeiten seit meteorologischem Messbeginn dar. Dies hatte eine hydrologische Dürre mit über Monate anhaltenden geringen Zuflüssen nach Berlin zur Folge, die auch weiterhin im Jahre 2020 anhält.

Um die Auswirkungen eines in der Zukunft potentiell deutlich reduzierten Oberflächenwasserdargebots auf das Berliner Gewässersystem zu analysieren, werden im vorliegenden Bericht Szenarienrechnungen mit um 25%, 50% und 75% verringerten Zuflüssen über Spree, Dahme und Obere Havel nach Berlin im Vergleich zum Sommerhalbjahr 2019 durchgeführt (siehe Kapitel 2.4). Zudem wird angenommen, dass sich die Verdunstung über freien Wasserflächen, die insbesondere in den Berliner Stauhaltungen mit großen Seeflächen nicht zu vernachlässigen ist, erhöht (siehe Kapitel 2.5).

Neben den klimatischen Veränderungen werden in weiteren Szenarienrechnungen auch zukünftige bauliche Randbedingungen (z.B. Neubau der Wehre Mühlendamm und Kupfergraben) berücksichtigt (siehe Kapitel 2.6). Darüber hinaus werden die Auswirkungen des Wachstums der Metropolregion Berlin-Brandenburg und der damit verbundene erhöhten Bedarf der Trinkwasserver- und Abwasserentsorgung berücksichtigt (siehe Kapitel 2.7 und 2.8).

Die möglichen zukünftigen Entwicklungen werden basierend auf diesen Annahmen berechnet. Die Szenarienrechnungen stellen damit keine Prognosen oder Vorhersagen im engeren Sinne dar, sondern beschreiben vielmehr, was geschehen würde, wenn diese Annahmen eintreten. Ziel der hier durchgeführten Modellrechnungen ist es im Sinne des „Worst-case-Ansatzes“ insbesondere, die Auswirkungen derartiger extremer Situationen auf das Berliner Gewässersystem besser zu verstehen, um auf dieser Basis Handlungsoptionen ableiten zu können. Sie bilden Grundlagen für die Bewertung von Risiken sowie für die Entwicklung von Anpassungsmaßnahmen. Ebenso sind sie grundlegend, um im Rahmen der länderübergreifenden Abstimmungen zur Bewirtschaftung von Spree und Havel die wasserwirtschaftlichen Anforderungen Berlins zur Sicherung der Trinkwasserversorgung sowie des Gewässerschutzes zu begründen.

In den Szenarienberechnungen werden die Auswirkungen auf die Durchflussverhältnisse und Wasserstände sowie auftretende Rückströmungen betrachtet und Rückschlüsse auf das nutzbare (oberflächenwasserseitige) Wasserdargebot unter variierenden Rahmenbedingungen gezogen. Auswirkungen auf das Grundwasserdargebot und die Gewässergüte werden im

Rahmen der hier vorgelegten Szenarienrechnungen des Teilprojekts I (noch) nicht betrachtet. Diese Analysen sind Bestandteil weiterer Arbeiten im Rahmen der Aufstellung des Masterplans Wasser.

Der Bericht ist wie folgt aufgebaut: Im nachfolgenden Kapitel 2 werden zunächst der Untersuchungsraum und die Grundlagen für die Ableitung der Szenarien beschrieben. Kapitel 3 legt die verwendete Methodik dar. In Kapitel 4 werden die Ergebnisse für die Stauhaltung Spandau dargestellt. Kapitel 5 zeigt die Ergebnisse für die Stauhaltung Mühlendamm und Kapitel 6 für die Stauhaltung Brandenburg auf. Abschließend erfolgt in Kapitel 7 eine Zusammenfassung der Ergebnisse sowie ein Ausblick.

## **2 Untersuchungsraum und Grundlagen**

### **2.1 Einzugsgebiet der Spree und Niedrigwasser 2018/19**

Das Einzugsgebiet der Spree zeigt Bild 1. Die Abflussverhältnisse im Einzugsgebiet der Spree sind stark anthropogen beeinflusst. Neben der aktiven Bewirtschaftung der Speicher hat die Braunkohlegewinnung besonders tiefgreifend und nachhaltig in den Wasserhaushalt der Lausitz eingegriffen. Das Wasserdargebot der Spree und ihrer Nebenflüsse für Berlin und somit die Abflussverhältnisse werden durch die Steuerung von Talsperren (TS) und Speichern, durch Überleitungen, Grubenwassereinleitungen des aktiven Braunkohlebergbaus, durch die Flutung von Tagebaurestlöchern und den Spreewald erheblich beeinflusst.

Zu den hoheitlichen Speichern im Freistaat Sachsen gehören die TS Bautzen, die TS Quitzdorf und das Speicherbecken (SB) Lohsa I. Wasserwirtschaftlich bedeutend sind vor allem die beiden Talsperren. Bei nicht ausreichendem Dargebot im Einzugsgebiet der Spree wird aus den Speichern Wasser für die regionalen Bedarfsanforderungen (Nutzungen und Mindestabflüsse) in die Spree abgegeben. Daneben halten die beiden Talsperren ein jährliches Kontingent von insgesamt 20 Mio. m<sup>3</sup> Wasser zur Niedrigwasseraufhöhung für die Unterlieger Brandenburg und Berlin vor. Auf Brandenburger Gebiet befindet sich die Talsperre Spremberg, die durch eine Aufstauung der Spree eine gezieltere bedarfsgerechte Bewirtschaftung in Hochwasser- wie auch bei Niedrigwassersituationen ermöglicht. Neben den hoheitlichen Speichern gibt es weitere nachbergbauliche Speicher noch in der Zuständigkeit des Trägers der Braunkohlesanierung (Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH). Dazu gehören das SB Bärwalde und das Wasserspeichersystem Lohsa II mit den 3 Teilspeichern SB Dreiwibern, SB Lohsa II und SB Burghammer. Der aktuelle Betriebsraum für die Niedrigwasseraufhöhung aller Speicher zur Stützung der Spree beträgt nominell knapp 70 Mio. m<sup>3</sup> (Arbeitsgruppe Flussgebietsbewirtschaftung Spree-Schwarze Elster, 2019a).

Die Seeflächen der Tagebaurestseen betragen im Lausitzer Land aktuell 12.500 ha und nach Auslaufen des Braunkohlentagebaus wird voraussichtlich eine Fläche von 15.000 ha durch Wasserflächen bedeckt sein (Landtag Brandenburg, 2019). Es wird von einer mittleren jährlichen Verdunstung von ca. 3,5 m<sup>3</sup>/s ausgegangen, wobei die Verdunstung maßgeblich im Sommer erfolgt und somit die Verdunstungsverluste in diesem Zeitraum deutlich höher liegen werden. Die Sumpfungsmengen zur Wasserfreimachung und -freihaltung der Lagerstätten des aktiven Bergbaus betragen aktuell ca. 10 m<sup>3</sup>/s. Neben der Nutzung der Sumpfungswässer als Kühlwasser und zur lokalen Stützung von Feuchtgebieten, wird das gehobene Grundwasser abflusswirksam in die Spree eingeleitet, wobei durch die Konstanz der bergbauseitigen Einleitungen dieses insbesondere in den Sommermonaten einen bedeutenden Anteil am Spreeabfluss ausmachen kann.

Unterhalb der Talsperre Spremberg werden die Abflussverhältnisse maßgeblich durch die Talsperrenabgabe, den Spreewald, Wasserüberleitungen (Dahme-Umflut-Kanal und Oder-Spree-Kanal) sowie Wasserentnahmen (z.B. durch die Fischereiwirtschaft) und Eigendargebot geprägt.

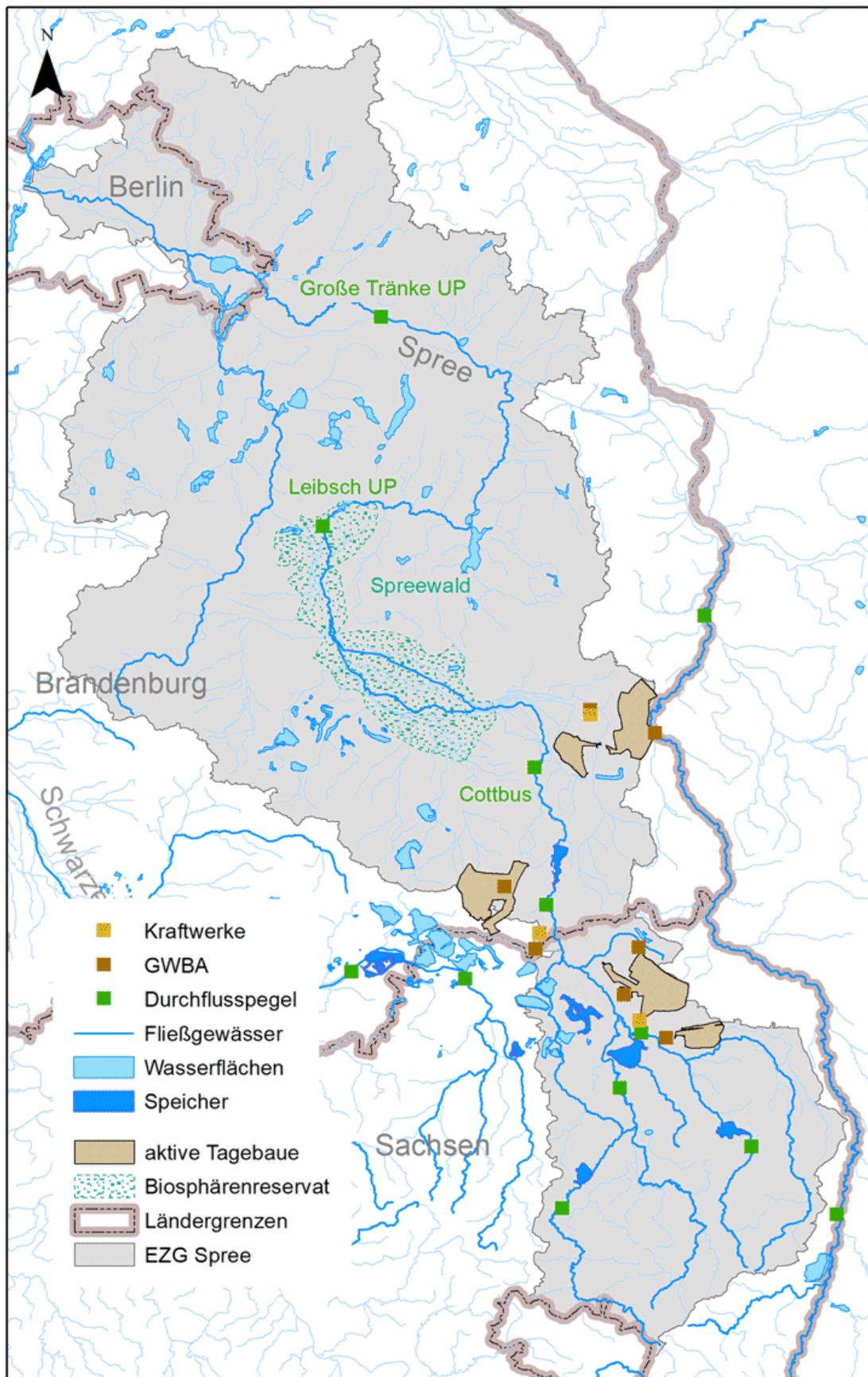


Bild 1: Einzugsgebiet der Spree mit Lage der Pegel, Kraftwerke und Grundwasserbehandlungsanlagen (GWBA) (Quelle: SenUVK, 2020)

Der Spreewald, mit seinem weitverzweigten Gewässernetz, vielen Staustufen und Fließen stellt einen bedeutenden „Wasserverbraucher“, mit Verdunstungsverlusten (Landoberflächen- und Gewässerverdunstung) von bis zu 5 m<sup>3</sup>/s in Trockenjahren bzw. bis zu 8 m<sup>3</sup>/s während Sommerperioden dar.

Die Abflussverhältnisse der Spree werden im Folgenden anhand der Pegel Cottbus (unterhalb der Talsperre Spremberg), Leibsch (unterhalb des Spreewaldes) und Große Tränke Wehr UP (vor Berlin) für 2018 und 2019 in Bild 2 dargestellt.

Ab dem Frühsommer 2018 erfolgte eine Stützung des Abflusses aus den sächsischen Talsperren Bautzen und Quitzdorf. Das für die NWA zur Verfügung stehende Volumen von 20 Mio. m<sup>3</sup> wurde bis Ende September vollständig ausgeschöpft. Darüber hinaus wurden aus den Speichern Bärwalde und dem Wasserspeichersystem Lohsa II insgesamt zusätzlich rund 46 Mio. m<sup>3</sup> zur Stützung des Spreeabflusses abgegeben. Eine wesentliche Stützung des Spreeabflusses in der ausgedehnten Niedrigwasserphase 2018 erfolgte auch durch die Sumpfungswässer des aktiven Bergbaus. Bezogen auf den Pegel Spremberg (oberhalb Talsperre Spremberg) wurden der Spree im Jahr 2018 bilanzbereinigt im Durchschnitt 4,6 m<sup>3</sup>/s Sumpfungswasser zugeführt (Arbeitsgruppe Flussgebietsbewirtschaftung Spree-Schwarze Elster, 2019b).

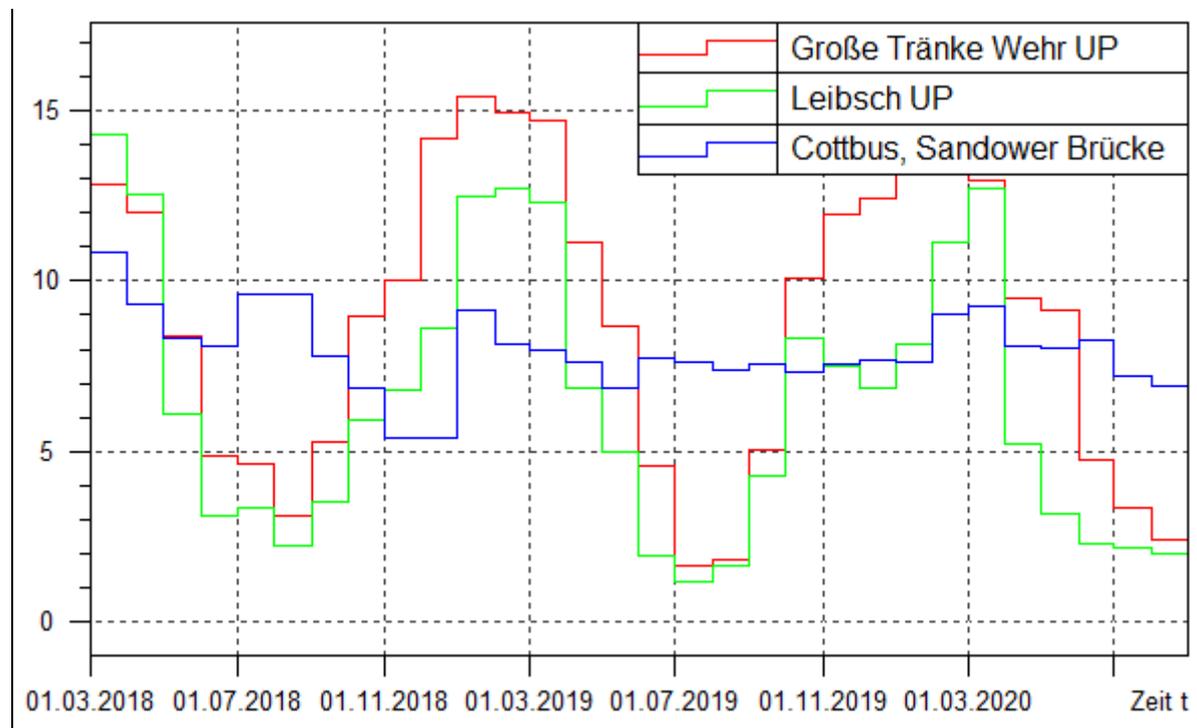


Bild 2: Reihe des mittleren Monatsdurchflusses [m<sup>3</sup>/s] an den Pegeln Cottbus, Sandower Brücke (unterhalb der Talsperre Spremberg), Leibsch UP (unterhalb des Spreewaldes) und Große Tränke Wehr UP (vor Berlin) für den Zeitraum 01.03.2018 - 31.12.2019 (Quelle: SenUVK, 2020)

In Zusammenspiel mit der Talsperre Spremberg konnten die Abflüsse unterhalb der Talsperre Spremberg (Pegel Bräsinchen) bis zum Herbst 2019 relativ konstant bei 10 m<sup>3</sup>/s gehalten werden. Erst nach Aufbrauchen des zur Verfügung stehenden Wassers in den Speichern fiel der Durchfluss auf fast 5 m<sup>3</sup>/s ab. Unterhalb der Talsperre Spremberg zeigte sich der Einfluss des Spreewaldes und weiterer Wasserverbraucher, so dass der generelle Mindestabfluss am Pegel Leibsch von 4,5 m<sup>3</sup>/s deutlich unterschritten wurde und entsprechend angepasst werden musste. Der anzustrebende Mindestabfluss am Pegel Große Tränke von 8 m<sup>3</sup>/s wurde von Mai bis September 2019 mit einem minimalen mittleren Monatsdurchfluss von 3,1 m<sup>3</sup>/s deutlich unterschritten.

## 2.2 Einzugsgebiet der Oberen Havel und Niedrigwasser 2018/19

Das Wasserdargebot der Oberen Havel für Berlin und somit die Abflussverhältnisse werden durch insgesamt 14 oberhalb gelegene Stauhaltungen erheblich beeinflusst. Die Mecklenburger Oberseen (MOS) mit ihrem größten See, der Müritz, besitzt eine Staulamelle von 55 cm, was einem Wasservolumen von 110 Mio. m<sup>3</sup> entspricht. Die MOS werden als Überjahresspeicher bewirtschaftet und können Wasser zur Havel und zur Elde abgeben.

Von der Trockenperiode 2018/19 war auch die Obere Havel deutlich betroffen (siehe Bild 3). Die Monatsabflüsse am Pegel Borgsdorf fielen teilweise unter 3 m<sup>3</sup>/s und es konnte der Sommerstau am Oberpegel (OP) der Stauhaltung Spandau von 31,31 m NHN sowohl 2018 als auch 2019 nicht mehr gehalten werden.

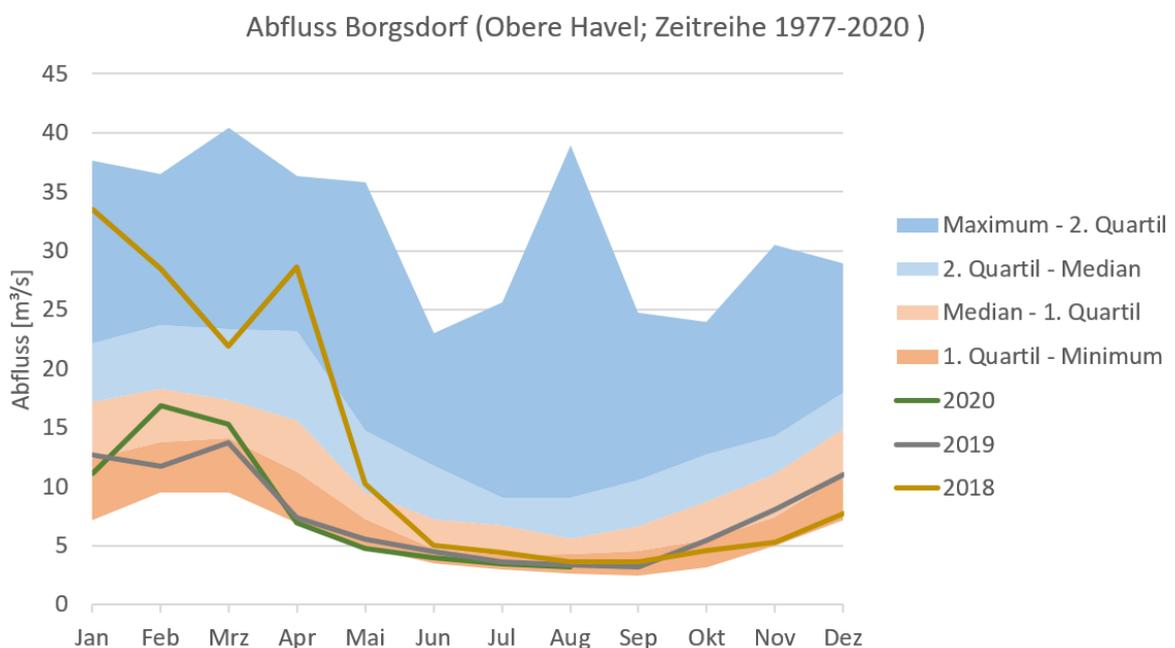


Bild 3: Reihe des mittleren Monatsdurchflusses [m<sup>3</sup>/s] am Pegel Borgsdorf für die Jahre 2018, 2019 und 2020 sowie Quartile der Zeitreihe 1977 bis 2020 (Quelle: SenUVK, 2020)

Der Wasserstand fiel zeitweise auf bis zu 31,01 m NHN ab (siehe Bild 4), obwohl die Ableitungen aus der Stauhaltung Spandau reduziert wurden.

Insbesondere im Jahr 2019 war die hydrologische Situation angespannt, da die entsprechenden Speicher über den Winter 2018/19 nicht komplett gefüllt werden konnten. Beispielsweise wurde das Stauziel der MOS von 62,35 m NHN mit Beginn der Ausleitphase im April nicht erreicht und der Wasserstand betrug 61,92 m NHN.

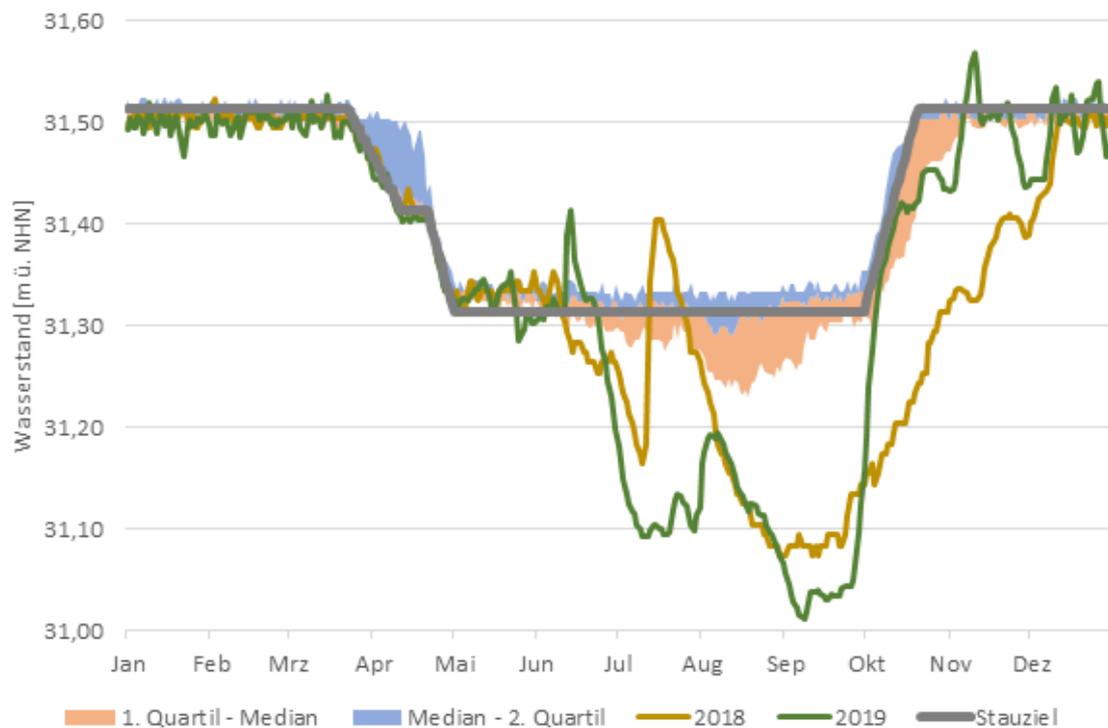


Bild 4: Wasserstand am Pegel Spandau für die Jahre 2018 und 2019 sowie Stauziele und Quartile der Zeitreihe 1980 bis 2019 (Quelle: SenUVK, 2020)

## 2.3 Untersuchungsraum

Der Untersuchungsraum umfasst den Berliner Teil der zuvor beschriebenen Einzugsgebiete von Spree und Havel.

Die schiffbaren Berliner Gewässer, allesamt Bundeswasserstraßen mit Ausnahme des Neuköllner Schifffahrtskanals, sind durch Staustufen in 5 Teilsysteme unterteilt:

- Stauhaltung Mühlendamm (System 1)
- Stauhaltung Landwehrkanal (System 2)
- Stauhaltung Charlottenburg (System 3)
- Stauhaltung Spandau (System 4)
- Stauhaltung Brandenburg (System 5)

Das Untersuchungsgebiet des Berliner Teils der Stauhaltung Brandenburg endet an der Landesgrenze zu Brandenburg in Höhe der Glienicker Brücke.

Die Brunnen der Wasserwerke zur Trinkwasserversorgung und die Einleitungsstellen der Klärwerke für die Entsorgung von geklärtem Abwasser der Berliner Wasserbetriebe (BWB) im Untersuchungsraum liegen alle, bis auf die der Kläranlage Schönerlinde, an einer der folgenden drei Stauhaltungen:

- Stauhaltung Spandau (Oberhavel, Tegeler See), siehe Kapitel 4
- Stauhaltung Mühlendamm (Spree, Dahme, Teltowkanal u.a.) siehe Kapitel 5 und
- Stauhaltung Brandenburg (Unterhavel, Teltowkanal u.a.) siehe Kapitel 6.

Das geklärte Abwasser der Kläranlage Schönerlinde wird entweder über den Blankenfelder Graben in den Nordgraben oder über den Buchholzer Graben in die Panke eingeleitet.

Einen schematischen Überblick mit den Stauanlagen und wichtigsten Randbedingungen des Untersuchungsraums (schiffbare Berliner Gewässer) gibt die Skizze in Bild 5.

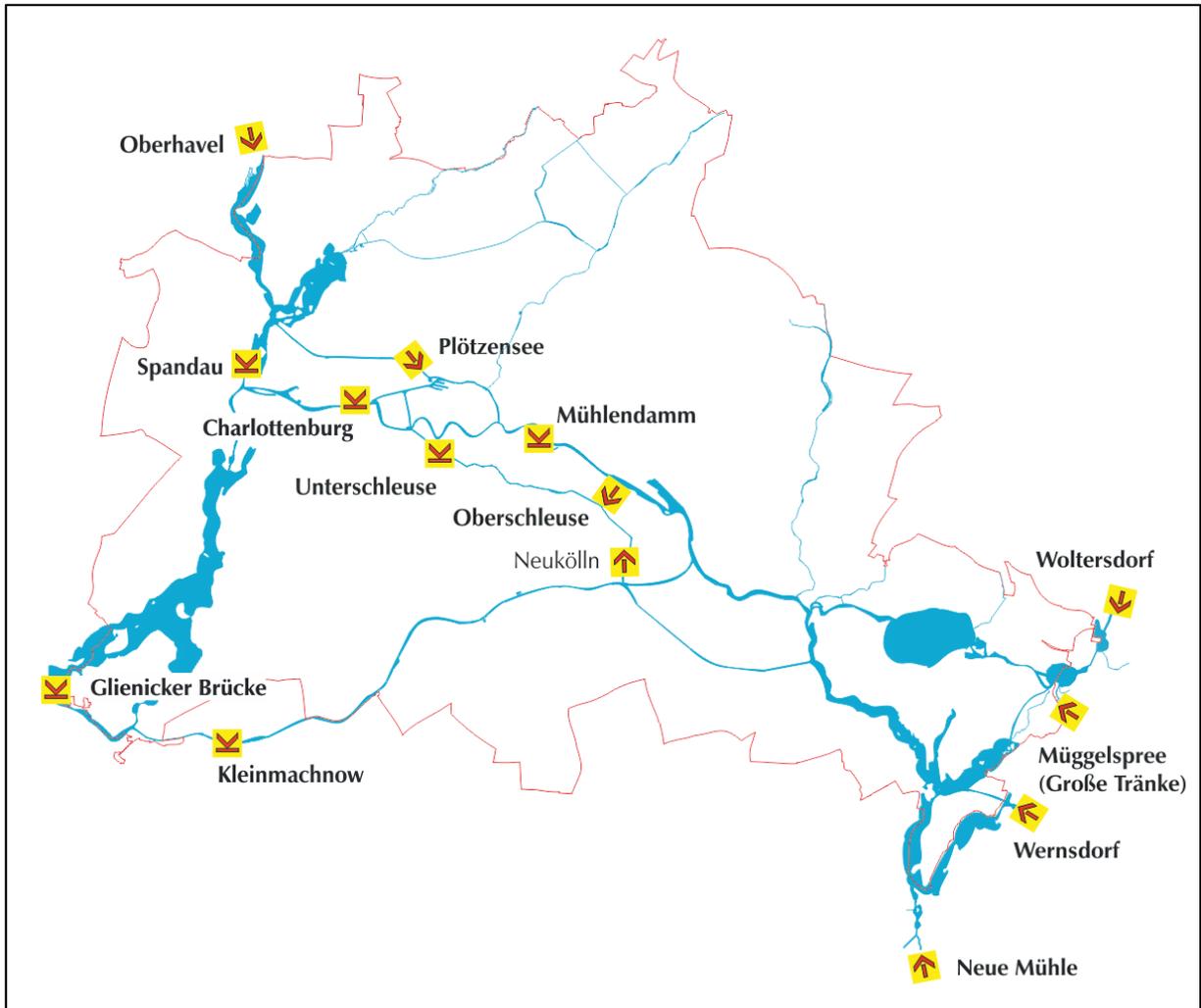


Bild 5: Skizze des Untersuchungsraums mit den wichtigsten Wehren und Randbedingungen (Wasserstände, Zu- und Abflüsse)

## 2.4 Klimawandel und Braunkohleausstieg

Im Rahmen des Projektes „Anpassung an die Folgen des Klimawandels in Berlin“ (AFOK) wurden 2016 auf Grundlage eines Ensembles globaler und regionaler Klimaprojektionen die möglichen Klimaänderungen für die Region Berlin in naher Zukunft (bis 2050) und ferner Zukunft (bis 2100) beschrieben. Als einheitliche Basis dient das RCP 8.5-Emissionsszenario, das eine globale Erwärmung von 2,6 bis 4,8 °C bis zum Ende des 21. Jahrhunderts annimmt (so genanntes „Weiter-wie-bisher-Szenario“). Für die Temperatur ermittelt die Mehrheit der Modelle eine Zunahme. Die Sommer werden in der nahen Zukunft etwa 1°C wärmer sein als heute, in der fernen Zukunft etwa 3°C. Für Trockenphasen länger als 20 Tage mit einer Durchschnittshöchsttemperatur über 25 °C und einer über den Zeitraum gemittelten Niederschlagsmenge von unter 1 mm/Tag („DrySpell-Tage“) ermitteln die Modelle für die nahe Zukunft eine Zunahme von etwa 20 bis 70% und für die ferne Zukunft eine deutliche Zunahme von über 60 bis 140%.

Die Modelle gehen im Jahresmittel von einem Anstieg des Niederschlags um ca. 3 bis 10% in der nahen Zukunft und um ca. 7,5-18% in der fernen Zukunft aus. Für die Entwicklung der sommerlichen Niederschläge lassen die Modellergebnisse keine Tendenz erkennen, für die winterlichen Niederschläge wird eine Zunahme ermittelt. Die Wahrscheinlichkeit von Starkregentagen nimmt zu. Für den Gesamtabfluss (hier definiert als Grundwasserneubildung plus Oberflächenabfluss), geht die Mehrheit der Modelle für die nahe und ferne Zukunft tendenziell von einer Zunahme im Jahresmittel aus. Saisonale Unterschiede werden allerdings nicht betrachtet (Reusswig, F.; Becker, C. et al., 2016).

Der aktuelle „Klimareport Brandenburg“ verwendet ein Ensemble von 38 Klimaprojektionen. Auf Basis des RCP 8.5-Emissionsszenarios ermitteln die Modelle eine sommerliche Temperaturzunahme von ca. 1,5 °C bis 2050 und ca. 4°C bis 2100. Für den Niederschlag zeigen die Modelle einen Anstieg im Jahresmittel um etwa 4% in der nahen Zukunft und um etwa 6% in der fernen Zukunft. Dabei sinken die sommerlichen Niederschläge in der nahen Zukunft um etwa 1%, in der fernen Zukunft um etwa 10%. Auch hier zeigen die Modelle eine Zunahme von Starkregenereignissen (DWD, 2019).

Aussagen zur Entwicklung der Abflussverhältnisse von Oberflächengewässern macht das Projekt „KLIWAS – Auswirkungen des Klimawandels auf Wasserstraßen und Schifffahrt – Entwicklung von Anpassungsoptionen“, das von März 2009 bis Dezember 2013 durchgeführt wurde. Die im Rahmen des Projektes erarbeiteten Klimaprojektionen basieren auf der Vorgängergeneration der derzeit aktuellen RCP-Szenarien, konkret dem SRES-Szenario A1B. Dieses geht von einer „ausgewogenen Nutzung aller Energiequellen“ aus, repräsentiert innerhalb der SRES-Szenarien, insofern nicht den „Worst-Case-Ansatz“. Im Rahmen des Projekts werden für das Einzugsgebiet der Elbe für die nahe Zukunft (2021–2050) keine eindeutigen Trends der Niederschlagsänderung ermittelt. Die Modelle ermitteln einen Anstieg der Lufttemperatur um bis zu +2°C im Sommer und bis zu 3°C im Winter. Für die ferne Zukunft (2071–2100) zeigen die Projektionen für die Niederschläge eine Abnahme im Sommer und im Winter eine Zunahme an, die Lufttemperaturen werden weiter steigen. Die mittleren Jahresabflüsse verändern sich an der Elbe in der nahen Zukunft kaum.

Betrachtet man Sommer und Winter differenziert, so ist im Sommerhalbjahr eine Tendenz zu abnehmenden Abflüssen zu erkennen, während für das Winterhalbjahr uneinheitliche Veränderungen projiziert werden. In der fernen Zukunft verstärkt sich der Unterschied zwischen Sommer- und Winterhalbjahr. Dann zeigen sowohl die Projektionen der mittleren Jahresabflüsse und mehr noch die des Sommerhalbjahres überwiegend eine Tendenz zu abnehmenden Abflüssen. Für das Winterhalbjahr gibt es auch in der fernen Zukunft keine ausgeprägte Tendenz (BMVI (Hrsg.), 2015).

Neben den potenziellen Veränderungen durch den Klimawandel wird der Wasserhaushalt der Spree maßgeblich durch die Folgen des Braunkohletagesbaus überprägt. Die beiden Trockenjahre 2018 und 2019 lassen bereits erahnen, welche bedeutsamen Herausforderungen zur Stützung des Wasserhaushaltes auf Bund, Länder und Verursacher zur Aufrechterhaltung der wasserwirtschaftlichen Anforderungen für das Spreesystem zukommen.

Eine Ursache für den angespannten Wasserhaushalt liegt in der großflächigen Grundwasserabsenkung durch den Bergbau über knapp 100 Jahre. In dessen Folge fehlt der Spree im Mittellauf der natürliche Grundwasserszustrom. Nur durch umfassende Maßnahmen zur Speicherung von Wasser in Talsperren und steuerbaren Tagebaurestseen sowie durch die Einleitung der Sumpfungswässer aus den aktiven Tagebauen konnte in der Vergangenheit eine weitgehend bedarfsgerechte Mindestwasserführung bis nach Berlin gewährleistet werden. Nach Einstellung der Sumpfungswassereinleitungen und mit dem fortschreitenden Klimawandel zeichnet sich ein deutlicher Rückgang der Abflüsse ab, mit der Folge, dass zukünftig die geforderten Mindestwasserabflüsse deutlich unterschritten werden und nicht mehr alle Nutzeransprüche ausreichend erfüllt werden können (Pohle, 2014). Wie sich die Zuflusssituation nach Berlin vor dem Hintergrund des umfassenden Strukturwandels in der Lausitz und dem Klimawandel letztendlich entwickeln wird, kann derzeit noch nicht abschließend quantifiziert werden. Die Bundesregierung hat daher ein Projekt zum Thema „Wasserwirtschaftliche Folgen des Braunkohleausstiegs in der Lausitz“ beim Umweltbundesamt (UBA) aufgelegt, das im Sommer 2020 startet. Im Rahmen dieses Projektes sollen auch die Folgen des Klimawandels näher untersucht werden. Erste Ergebnisse sind in zwei bis drei Jahren zu erwarten.

Die Unsicherheiten, wie sich Wasserhaushaltsparameter in den Einzugsgebieten von Spree und Havel und damit verbunden die Zuflüsse nach Berlin in der nahen und fernen Zukunft entwickeln werden, bleiben vor diesem Hintergrund weiterhin hoch. Wenngleich die Ergebnisse der Klimaprojektionen und weiterer Studien Tendenzen für die klimabedingten Folgen aufzeigen, können die Folgen der anthropogenen Eingriffe derzeit nur unzureichend abgeschätzt werden. Dies gilt im besonderen Maße für das Einzugsgebiet der Spree. Aber auch die Havel unterliegt einer Mengenbewirtschaftung, die die natürlichen Abflussverhältnisse erheblich überprägt.

Aus Sicht der Wasserwirtschaft problematische Abflussverhältnisse in Berlin treten insbesondere dann auf, wenn durch aufeinanderfolgende Trockenperioden/-jahre mit sehr geringem Grundwasserdargebot keine Wiederauffüllung der natürlichen und künstlichen Speicher erfolgt, so dass nur wenig oder kein Wasser zur Niedrigwasseraufhöhung zur Verfügung steht.

Ziel der hier durchgeführten Modellrechnungen ist es im Sinne des „Worst-case-Ansatzes“, die Auswirkungen moderater bis hin zu extremen hydrologischen Änderungen auf den Wasserhaushalt des Berliner Gewässersystems zu untersuchen, um so Grundlagen für weitere Risikobetrachtungen für die Gewässerökologie, die Trinkwasserversorgung und andere Nutzungen zu schaffen bzw. erste Handlungsoptionen ableiten zu können. Für eine erste Beurteilung des zukünftigen Dargebots werden daher für die hier definierten Szenarien die Zuflüsse (Spree, Dahme und Havel) nach Berlin um 25%, 50% und 75% im Vergleich zum – bereits Niedrigwasserjahr 2019 – reduziert.

Diese Reduzierung der Zuflüsse ist keine Prognose oder Vorhersage der zukünftigen Abflussverhältnisse. Vielmehr beschreiben die Szenarienrechnungen, was geschehen würde, wenn die jeweiligen Annahmen eintreten. Die mit dem Bericht vorliegenden Untersuchungen stellen keine abschließende Analyse, sondern den Einstieg in eine Vulnerabilitätsbetrachtung dar. Sobald konkretere Erkenntnisse vorliegen, wie sich der Wasserhaushalt in den Einzugsgebieten von Spree und Havel zukünftig verändern wird, sind Anpassungen erforderlich.

## 2.5 Verdunstung

Mit den klimabedingt erhöhten Lufttemperaturen ist auch eine erhöhte Verdunstung über freien Wasserflächen verbunden. Durch die Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz (SenUVK) wurden die Jahresmittelwerte der Gewässerverdunstung der Jahre 1951 bis 2018 grafisch aufgetragen und die Gleichung der linearen Trendlinie ermittelt (siehe Bild 6). Wird dieser Trend bis ins Jahr 2030 bzw. 2050 verlängert, so nimmt die Verdunstung bis zu diesen Jahren um 3% bzw. 8% im Jahresmittel zu.

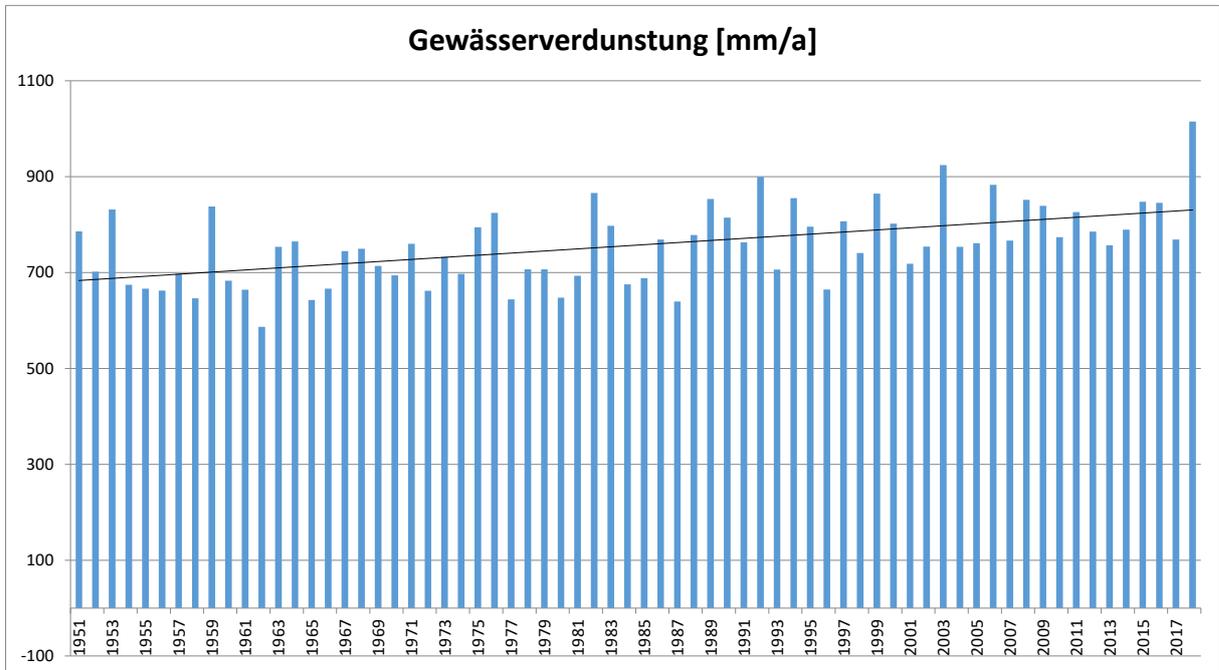


Bild 6: Gewässerverdunstung in mm/a mit linearer Trendlinie  
(Quelle: DWD (Daten) und SenUVK, 2020)

## 2.6 Bauliche Veränderungen der Schleusen und Wehre sowie der Ableitwege im Untersuchungsgebiet

In dem Untersuchungsgebiet befinden sich zahlreiche Schleusen und Wehre (vgl. Bild 5), deren Steuerung maßgeblich die Abflussverhältnisse sowie die die Wasserstände beeinflussen.

Der Neubau des Wehres Mühlendamm befindet sich im Planfeststellungsverfahren. Ziel ist insbesondere die Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit einschließlich des Ersatzneubaus des Wehres Mühlendamm in der Spree-Oder-Wasserstraße (SOW).

Darüber hinaus ist absehbar, dass das benachbarte baugleiche Wehr Kupfergraben (Spreekanal) in den nächsten Jahren ebenfalls ersetzt werden wird. Mit dem Zeithorizont 2050 ist auch ein Ersatzneubau der Schleuse Neukölln durch SenUVK angedacht.

Für das Klärwerk Ruhleben ist geplant, das gesamte gereinigte Abwasser in die Spree einzuleiten. Zudem wird das gereinigte Abwasser des Klärwerks Schönerlinde künftig über Panke und Nordgraben abgeleitet. Für die Panke ist ein Anteil von 0,5 m<sup>3</sup>/s vorgesehen, der Rest

wird in den Nordgraben in den Tegeler See und damit in die Stauhaltung Spandau geleitet. Eine ausführliche Beschreibung der baulichen Veränderungen und der Ableitwege im Untersuchungsgebiet erfolgt in den Kapiteln 4.6.1, 5.6.1, und 6.6.1 in Bezug auf die Annahmen der jeweiligen Stauhaltung.

## 2.7 Demographische Entwicklung – Bevölkerungsprognose für Berlin und Entwicklungen im Berliner Umland

Die Zahl der Einwohner Berlins wächst seit dem Jahr 2003 mit steigender Tendenz. Die Bevölkerungsprognose für Berlin und die Bezirke 2015 bis 2030 (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen, 2016), die die Grundlage für die Prognosen des Trinkwasserbedarfs und der Verteilung des Abwassers der BWB (siehe Kapitel 2.8) bildet, wurde in drei Varianten gerechnet (obere, mittlere und untere Variante). Diese orientieren sich an möglichen Szenarien der künftigen wirtschaftlichen Entwicklung und weiteren Rahmenbedingungen Berlins sowie an der absehbaren demografischen Entwicklungen aus den Herkunftsregionen der Zuwandernden, die das Wanderungsgeschehen beeinflussen. Die mittlere Variante der Prognose wurde als Arbeits- und Planungsgrundlage für die Fachverwaltungen und Bezirke festgelegt, unter der Annahme, dass sie den künftigen langfristigen Entwicklungsverlauf mit höherer Wahrscheinlichkeit abbildet als die beiden anderen Varianten. Bild 7 zeigt die Bevölkerungsentwicklung und -prognose Berlins 1990 bis 2030 in den drei Varianten.

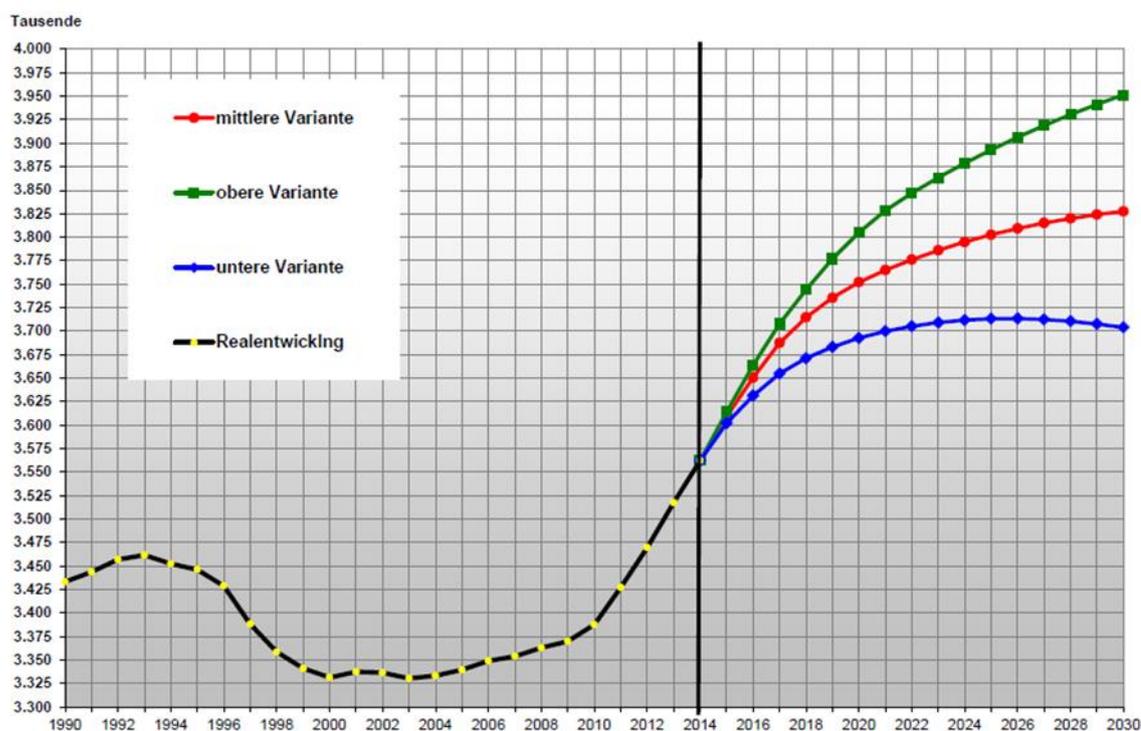


Bild 7: Einwohnerentwicklung 1990 bis 2030 in drei Varianten für Berlin; Realentwicklung bis 2014, ab 2015 Prognose  
*Quelle:* (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen, 2016)

Im Dezember 2019 erschien die aktualisierte Bevölkerungsprognose für Berlin und die Bezirke 2018 bis 2030 (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen, 2019). In der mittleren Variante weist die aktualisierte Prognose für das Jahr 2030 eine Einwohnerzahl von rund 3,925 Mio. Personen aus. Diese Zahl liegt leicht unterhalb der oberen Variante der Bevölkerungsprognose von 2016. In der aktualisierten Prognose wird in der oberen Variante in den nächsten zehn Jahren ein Anstieg der Bevölkerung auf ca. 4,050 Mio. Einwohner berechnet.

in Tsd.

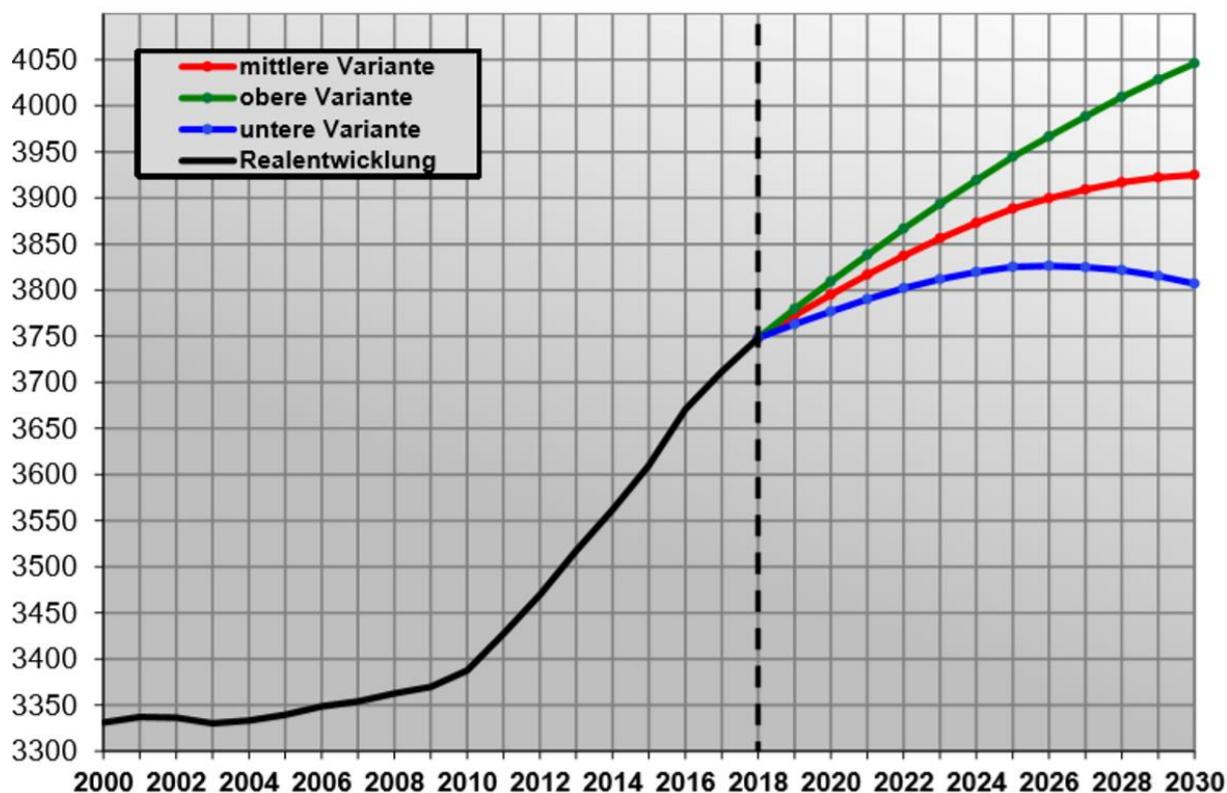


Bild 8: Einwohnerentwicklung 2000 bis 2030 in drei Varianten für Berlin; Realentwicklung bis 2018, ab 2018 Prognose  
Quelle: (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen, 2019)

Die letzte Bevölkerungsvorausberechnung des Landes Brandenburg wurde 2018 veröffentlicht. Die Ergebnisse dieser Vorausberechnung reichen ebenfalls bis zum Jahr 2030. Für das Berliner Umland wird bis 2030 ein Bevölkerungszuwachs um rund 83.800 Personen prognostiziert (Landesamt für Bauen und Verkehr (Hrsg.), 2018). Die tatsächlichen Entwicklungen in Teilen des Berliner Umlandes können perspektivisch auch deutlich von den Prognosen abweichen. So sind u.a., ausgelöst durch die Ansiedlung der TESLA Gigafactory südöstlich von Berlin, auch deutlich höhere Zuwächse in der Bevölkerungsentwicklung möglich.

## 2.8 Trinkwasserbedarf und Abwasserentsorgung

Von den Berliner Wasserbetrieben (BWB) wurden die Zahlen des Trinkwasserbedarfs und die daraus resultierende Förderung der Wasserwerke für ein Szenario 2050+ im Rahmen des vorliegenden Teilprojekts I des Masterplans Wasser zugearbeitet (siehe Tabelle 1). Die Abschätzung basiert auf der Bevölkerungsprognose des Jahres 2016 und den von der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen veröffentlichten „Szenarien zur Entwicklung der Flüchtlingszahlen in Berlin 2015-2020“. Für das Jahr 2030 ergeben sich auf dieser Basis 4,0 Mio. Einwohner. Für den weiteren Zeithorizont erfolgte eine Extrapolation auf 4,2 Mio. Einwohner bis 2050.

Der nachträgliche Vergleich der angenommenen Einwohnerzahl von 4,0 Mio. Einwohner im Jahr 2030 mit der 2020 veröffentlichten Prognose der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen zeigt, dass mit der getroffenen Annahme weiter gearbeitet werden kann. Die neue Prognose weist für das Jahr 2030 in der mittleren Variante 3,92 und in der oberen Variante 4,05 Mio. Einwohner aus.

Neben der Prognose der Entwicklung der Einwohnerzahl gehen in die Abschätzung des zukünftigen Berliner Wasserbedarfs Annahmen zur Entwicklung des Wasserverbrauchsverhaltens der Haushalte, von Industrie und Gewerbe sowie von sonstigen Wasserabnehmern, wie Behörden, Museen und Schulen ein. Hinzu kommt eine Annahme des Wasserbedarfs für das von den Berliner Wasserbetrieben versorgte Umland.

Die Auswertung des Jahres 2018 hat gezeigt, dass der Wasserbedarf in Trockenjahren signifikant ansteigt. Im Jahr 2018 betrug dieser Anstieg fast 11 Mio. m<sup>3</sup>/a. Für die Jahre 2030 und 2050 wurden unter Berücksichtigung steigender Temperaturen in Folge des Klimawandels Zuschläge für Trockenjahre in Höhe von 14,5 bzw. 20 Mio. m<sup>3</sup>/a berücksichtigt.

Aus den genannten Annahmen ergibt sich eine benötigte Rohwasserförderung aller Wasserwerke von 270 Mio. m<sup>3</sup>/a in einem Trockenjahr für den Zeithorizont 2050+ (siehe Tabelle 1).

Diese Rohwasserförderung würde sich im Jahr 2050 mit den aktuell in Betrieb befindlichen Wasserwerken wie in Tabelle 2 zusammengestellt auf die Förderung der einzelnen Wasserwerke der BWB verteilen.

Parallel zum Anstieg des Trinkwasserbedarfs erhöhen sich mit steigender Einwohnerzahl auch die erforderlichen Kapazitäten der Klärwerke. In Tabelle 3 sind vier verschiedene Varianten der BWB zum Ausbau der Klärwerkskapazitäten im Jahr 2042 zusammengestellt.

Das Jahr 2033 ist betrachtet worden, weil dann voraussichtlich der Neubau des Klärwerks Stahnsdorf in Betrieb gehen wird; das Jahr 2042, weil dann die Kapazitäten bereitstehen müssen, die bis Anfang der 2050er Jahre benötigt werden. Mit diesen Kapazitäten, außer denen der Variante V2, könnte der Trockenwetter-Abwasseranfall für 2050+ behandelt werden.

Tabelle 1: Prognostizierter Trinkwasserbedarf für ein Szenario 2050+

Jahr	2030	2050
Einwohner	4.002.200	4.200.000
<b>Wasserbedarf</b>	Mio. m³/a	Mio. m³/a
Haushalte	159,9	166,0
Industrie, Gewerbe	37,3	40,5
Sonstige	22,1	24,0
Summe Berlin	219,3	230,5
Umland	5,2	5,5
Summe Berlin und Umland	224,5	236,0
TW-Eigenbedarf und Rohrnetzverluste	8,0	8,0
TW-Mehrbedarf in Trockenjahren	14,5	20,0
Summe (Netzeinspeisung)	247,0	264,0
Prozesswasser u. Verluste in den Wasserwerken	6,0	6,0
<b>Summe (Rohwasserförderung)</b>	<b>253,0</b>	<b>270,0</b>
<b>Rohwasserförderung</b>	m³/d	m³/d
Q365	693.153	739.726
Q30	831.784	887.671

Quelle: (BWB; Szenario 2050+ für den Masterplan Wasser TW-Bedarf, Förderung der Wasserwerke, als PDF-Datei, Folie 2 vom 08.08,2019)

Bei Variante 2042 V3 stehen keine Kapazitäten für die Sanierung des Blocks A des Klärwerks Ruhleben aus den 1960er Jahren zur Verfügung, bei Variante 2042 V4 sind diese Kapazitäten vorhanden, es besteht aber das Risiko erhöhter Spurenstoffbefunde im Wasserwerk Tegel bei Ausbau der Kapazität des Klärwerks Schönerlinde.

Für die Szenarienberechnungen im Rahmen des Masterplans Wasser wurde daher durch die BWB empfohlen, mit der Variante 2042 V1 zu rechnen.

Nicht berücksichtigt in den Prognosen des Trinkwasserbedarfs und des Abwasseranfalls sind mögliche Veränderungen durch den Bau der Tesla Gigafactory in Brandenburg-Grünheide. Die potenziellen Auswirkungen sind aber perspektivisch in die weiteren Betrachtungen einzubeziehen.

Tabelle 2: Förderung der einzelnen Wasserwerke zur Deckung des prognostizierten Trinkwasser-Bedarfs in Trockenjahren (Szenario für das Jahr 2050+)

Wasserwerk	Förderung der Wasserwerke	
	Qa in Mio. m³/a	Q30 in m³/d
Stolpe	27	88767
Spandau	35,1	115.397
Tegel	60,4	198.575
Tiefwerder	15	49.315
Beelitzhof	36,7	120.658
Kladow	5	16.438
Friedrichshagen	70	230.137
Kaulsdorf	7,8	25.644
Wuhlheide	13	42.740
Johannisthal	0	0
Jungfernheide	0	0
<b>Summe</b>	<b>270</b>	<b>887.671</b>

Quelle: (BWB; Szenario 2050+ für den Masterplan Wasser TW -Bedarf, Förderung der Wasserwerke, als PDF-Datei, Folie 4 vom 08.08.2019)

Tabelle 3: Varianten zum Ausbau der Klärwerkskapazitäten im Jahr 2042

Klärwerk	Aktuell	2033	<b>2042 V1</b>	2042 V2	2042 V3	2042 V4
	m³/d	m³/d	m³/d	m³/d	m³/d	m³/d
Stahnsdorf	52.000	100.000	<b>100.000</b>	100.000	100.000	100.000
Waßmannsdorf	200.000	230.000	<b>230.000</b>	280.000	280.000	280.000
Ruhleben	240.000	250.000	<b>190.000</b>	190.000	250.000	190.000
Münchehofe	42.000	42.000	<b>42.000</b>	42.000	42.000	42.000
Wansdorf	40.000	40.000	<b>140.000</b>	40.000	40.000	40.000
Schönerlinde	105.000	105.000	<b>105.000</b>	105.000	105.000	145.000
<b>Summe</b>	679.000	767.000	<b>807.000</b>	757.000	817.000	797.000

Quelle: (BWB; Email von Herrn Burgschweiger (BWB) an Frau Bathe (SenUVK) am 28.08.2019)

### 3 Methodik

#### 3.1 Szenarienableitung und -definition

Um die im vorangegangenen Kapitel 2 genannten hydrologischen Veränderungen im Einzugsgebiet von Spree und Havel in Kombination mit dem steigenden Trinkwasserbedarf, absehbaren baulichen Maßnahmen und veränderten Ableitwegen und Mengen der Klärwerke auf die hydraulischen Verhältnisse (Wasserstände, Durchflüsse, Strömungsrichtung) im Berliner Gewässersystem modellgestützt zu berechnen, sind für den Planungshorizont bis 2050 die folgenden, aufeinander aufbauenden sechs Szenarien definiert worden:

- Szenario S0: bilanzkorrigierter Istzustand 2019
- Szenario S0.2050: S0 und Veränderungen im Wasserbedarf
- Szenario S1: S0 und klimabedingte Veränderungen
- Szenario S2: S1 und bauliche Veränderungen
- Szenario S3: S2 und Veränderungen im Wasserbedarf und der Abwasserentsorgung
- Szenario S4: S3 und Sonderbetrachtung je nach Stauhaltung

Das Szenario S0 beschreibt den Istzustand des im nachfolgenden Kapitel näher ausgeführten Referenz- und Betrachtungszeitraums. Dieser Istzustand wird – beruhend auf Messwerten (Tagesmittelwerte) der verschiedenen im Modell berücksichtigten Randbedingungen, die in den nachfolgenden Kapiteln näher ausgeführt werden – bilanzkorrigiert, um eine stimmige Durchflussbilanz als Grundlage der weiteren Szenarienberechnungen zu erhalten.

Mit dem Szenario S0.2050 wird beschrieben, welche wasserwirtschaftlichen Auswirkungen auftreten würden, wenn der „Status quo“ des Wasserdargebots im Sommer 2019 den Wasserbedarf einer gewachsenen Metropolenregion (Bevölkerungsanstieg auf 4,2 Mio. bis 2050, vgl. Tabelle 1) hätte decken müssen. Dabei werden in diesem Szenario auch mit Blick auf die zukünftig geänderten Ableitwege die zukünftigen Mengen an geklärtem Abwasser zunächst nicht berücksichtigt.

Im Szenario S1 werden – unter aktuellen Bedarfsbedingungen – die wasserwirtschaftlichen Verhältnisse bei zukünftig niedrigeren Zuflüssen in Folge des in Kapitel 2.4 beschriebenen Klimawandels und der bergbaubedingten Veränderungen (EZG Spree) aufgezeigt. Da die Auswirkungen dieser geänderten Rahmenbedingungen auf die Zuflüsse nach Berlin derzeit noch nicht quantifiziert werden können, wird pauschal für die Zuflüsse aus dem EZG der Spree als auch der Oberen Havel nach Berlin ein Rückgang um 25%, 50% und 75% des im nachfolgenden Kapitel beschriebenen Betrachtungszeitraums festgelegt (vgl. Kap. 2.4). Die entsprechenden Unterszenarien werden im Weiteren mit S1.25, S1.50 und S1.75 bezeichnet. Weiterhin wird in diesem Szenario eine Zunahme der Verdunstung im Tagesmittel im Untersuchungsraum um 8% für die Seeflächen im Berliner Raum angenommen (vgl. Kapitel 2.5, Bild 6)

Das Szenario S2 beschreibt die wasserwirtschaftlichen Verhältnisse, die mit den bereits geplanten oder absehbaren baulichen Maßnahmen an den Wehren verbunden wären, in Kombination mit den veränderten Ableitwegen der Klärwerke (vgl. Kapitel 2.6). Grundlage bildet das Szenario S1, so dass auch für dieses Szenario entsprechende Unterszenarien hinsichtlich des Rückgangs bezüglich Klimawandel bzw. auch des Ausstiegs aus dem Braunkohletagebau betrachtet werden. Diese Unterszenarien werden im Weiteren mit S2.25, S2.50 und S2.75 bezeichnet.

Im Szenario 3 – basierend auf den zuvor betrachteten klimatischen (S1) und baulichen Änderungen (S2) – werden die wasserwirtschaftlichen Verhältnisse betrachtet, die sich voraussichtlich einstellen werden, wenn aufgrund der Bevölkerungsprognose der Mehrbedarf im Jahr 2050 an Rohwasserentnahme und der damit zum Teil verbundene Anstieg an Einleitung von geklärtem Abwasser durch die Klärwerke sichergestellt werden soll (vgl. Kap. 2.8). Diese Unterszenarien werden im Weiteren mit S3.25, S3.50 und S3.75 bezeichnet.

Im abschließenden Szenario S4 werden, basierend auf den Annahmen für das Szenario S3, Sonderbetrachtungen für die Stauhaltungen Spandau und Mühlendammdurchgeführt.

### **3.2 Referenz- und Betrachtungszeitraum**

Analysen des DWD zeigen, dass der Sommer 2018 (Juni, Juli, August) im Deutschlandmittel der zweitwärmste (nach 2003) und zweitrockenste (nach 1911) seit Beginn der regelmäßigen Wetteraufzeichnungen im Jahr 1881 war. Im Gegensatz zu 2018 mit einem relativ feuchten Vorjahr 2017 und somit „vollen“ Speichern, waren die Voraussetzungen für 2019 ungünstiger, da die Speicherfüllung im Mai 2019 nur rund 73 % betrug und eine Stützung der Spree auch zur Sulfatverdünnung seit April 2019 erfolgte.

Im Jahr 2019 konnte eine Abgabe aus der Talsperre Spremberg zwischen 8 und 10 m<sup>3</sup>/s gewährleistet werden, wobei es unterhalb des Spreewaldes zu deutlich niedrigeren Abflüssen kam und der Abfluss am Pegel Leibsch teilweise auf 0 m<sup>3</sup>/s fiel. Der Mindestabfluss am Pegel Leibsch wurde auf 1,5 m<sup>3</sup>/s angepasst. Der mittlere monatliche Abfluss am Pegel Große Tränke betrug im Juli 1,74 m<sup>3</sup>/s und der gesamte Zufluss nach Berlin aus dem Spreeeinzugsgebiet (d.h. Summe aus Spree, Dahme und Oder-Spree-Kanal) schwankte von Juli bis September 2019 zwischen 3 und 4 m<sup>3</sup>/s (siehe Bild 9).

Die Niedrigwasserperiode 2018/19 zeigt, dass insbesondere langanhaltende Trockenzeiten zu einer angespannten hydrologischen Situation im Einzugsgebiet führen, wobei im Vergleich zu den in jüngerer Vergangenheit liegenden Niedrigwasserperioden 2003/2004 und 2006/2007 diese an Umfang und Intensität deutlich zugenommen haben.

Als Betrachtungszeit wird daher der Niedrigwasserzeitraum von März bis November 2019 verwendet.

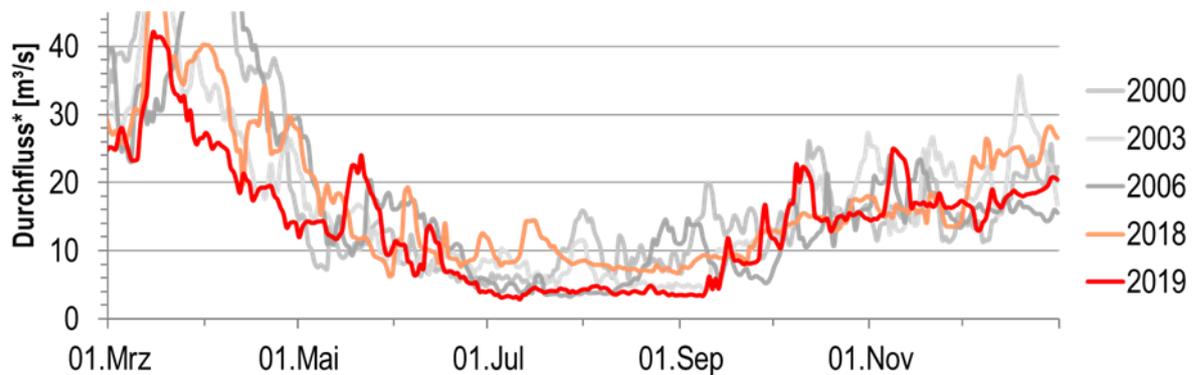


Bild 9: Summe Zuflüsse (Müggelspree, Oder-Spree-Kanal, Dahme und Flakenfließ) nach Berlin (Stauhaltung Mühlendamm). Tagesmittelwerte für die Jahre 2000, 2003, 2006, 2018 und 2019 (Quelle: SenUVK, 2020)

### 3.3 Beschreibung des hydronumerischen Programms BIBER / HYDRAX

#### 3.3.1 Theoretische Grundlagen

Das hydronumerische 1D-Berechnungsprogramm BIBER (**B**erechnungs- und **I**nformationssystem **B**erliner Oberflächengewässer) ist seit 1994 bei der für die Wasserwirtschaft zuständigen Senatsverwaltung zur Berechnung der Wasserstands- und Durchflussverhältnisse im weitverzweigten Berliner Gewässersystem im Einsatz. Es basiert heute auf dem von der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) entwickelten hydronumerischen Programm HYDRAX (Oppermann, R.; Schumacher, F.; et al., 2015), das unter der im Auftrag der BfG entwickelten Benutzeroberfläche GERRIS zusammen mit dem Gewässergüte-Programm QSim (Güte) zu einem Ökosystemmodell gekoppelt ist.

Die Anpassungen in BIBER betreffen die Integration eines automatisierten instationären Bilanzausgleichs sowie eine Import- /Exportschnittstelle zum Wasserwirtschaftlichen Informationssystem Berlin (WIB).

Mit HYDRAX erfolgt die hydrodynamische Berechnung von Fließgewässern auf der Grundlage der eindimensionalen SAINT-VENANT-Gleichungen. Bei der instationären Berechnung wird die Retention (Rückhalt oder Abgabe von Wasser) durch die Änderung des Wasserspiegels in der Stauhaltung berücksichtigt.

Als Ergebnis der Berechnung werden mit HYDRAX die folgenden Größen an jeder Station und ggf. zu jedem Zeitschritt berechnet:

- Q Durchfluss
- h Wasserstand
- v mittlere Fließgeschwindigkeit ( $v = Q/A$ )
- A durchströmte Querschnittsfläche
- V Wasservolumen zwischen zwei Querschnitten

Um mit dem Programm verschiedene hydraulische Zustände eines Fließgewässers berechnen zu können, sind in einem Modell nur die Art und Lage der Randbedingungen definiert (siehe die Modellskizzen in Bild 10, Bild 42 und Bild 77). Die Modelldefinition erfolgt mit dem grafischen Modelleditor Gerris-GME, mit dem der Gewässergraph, bestehend aus Knoten und Strängen, abgebildet wird, sowie im Weiteren die Querprofilgeometrie, die Randbedingungen, die Sohlrauheit und alle weiteren, das hydronumerische Modell beschreibenden Parameter eingegeben werden. Die Sohlrauheit, wird über den Manning-Strickler-Beiwert festgelegt.

Um bei der eindimensionalen numerischen Berechnung eine mathematische eindeutige Lösung zu erzeugen, müssen für ein zu modellierendes Fließgewässer mindestens ein Wasserstand (am unteren Modellrand) und mindestens ein Durchfluss (am oberen Modellrand) als Randbedingung vorgegeben sein.

### 3.3.2 Instationärer Bilanzausgleich

Der instationäre Bilanzausgleich basiert auf den gleichen Bilanzregeln wie denen beim stationären Bilanzausgleich, bei dem die Summe aus Zu- ( $Q_{Zu}$ ) und Abflüssen ( $Q_{Ab}$ ) sowie aus Niederschlag ( $Q_N$ ) und Verdunstung ( $Q_V$ ) ausgeglichen sein muss, nur dass die Bilanz nicht mehr für jeden Zeitschritt, sondern über den gesamten Berechnungszeitraum ausgeglichen sein muss. Als weiteres Bilanzglied wird bei der instationären Berechnung die Retention, also die Änderung des Speicherinhalts (Zu- oder Abnahme) infolge der Änderung der Wasserspiegelhöhe, berücksichtigt:

$$\sum Q_{Zu} - \sum Q_{Ab} + Q_N - Q_V \pm \frac{\Delta V}{\Delta t} = 0 \quad (1)$$

mit:

$\Delta V/\Delta t$ : Änderung des Speicherinhalts (Retention)

Die auch bei Berücksichtigung der Änderung im Wasserspiegel noch nach Gleichung (1) auftretende Bilanzdifferenz  $\Delta Q$  wird auf die in den Bilanzausgleich einbezogenen Zu- und Abflüsse sowie Niederschlag bzw. Verdunstung durchflussproportional verteilt. Dabei können die (im Allgemeinen kleineren) Messwerte der Nebengewässer weniger stark (Faktor  $f_B = 1$ ) gewichtet werden als die Zuflüsse an den Systemrändern (Faktor  $f_B = 3$ ) bzw. der lokal sehr unterschiedliche äquivalente Durchfluss aus dem Niederschlag (hier gemessen an nur einer, der jeweiligen Stauhaltung zugeordneten Wetterstation). Der durchflussproportional bilanzkorrigierte Durchflusswert einer Randbedingung ( $Q_{RB(i)}$ ) berechnet sich nach folgender Formel:

$$Q_{RB(i)} \text{ (korrigiert)} = Q_{RB(i)} \text{ (gemessen)} \times (1 - f_{B(i)} \cdot \Delta Q / \text{Summe } (f_{B(j)} \times Q_{RB(j)})) \quad (2)$$

mit:

$f_B$ : Wichtungsfaktor

In BIBER/HYDRAX besteht die Möglichkeit, entweder die Bilanzdifferenz auf alle in den Bilanzausgleich einbezogenen Durchfluss-Randbedingungen zu verteilen (siehe Kapitel 5.3.1, Stauhaltung Mühlendamm) oder die Bilanzdifferenz bezogen auf einen Referenz-Durchfluss zu ermitteln, für den die in den Bilanzausgleich einbezogenen Durchfluss-Randbedingungen derart korrigiert werden, dass im Ergebnis der Referenz-Durchfluss erhalten wird (siehe 4.3.1, Stauhaltung Spandau).

Insbesondere in den hier betrachteten seenreichen Stauhaltungen Spandau und Mühlendamm wird mit dem instationären Bilanzausgleich eine plausible Durchflussbilanz erhalten, die die Unterschiede zwischen der Summe der Zuflüsse und der Summe der Abflüsse in Folge von Änderungen im Speicherinhalt berücksichtigt.

So resultiert beispielweise bei einer Wasserfläche der Stauhaltung Mühlendamm von ca. 24 km<sup>2</sup> aus einer Wasserstandsänderung von nur  $\pm 1$  cm/Tag eine Retention (Rückhalt oder Abgabe) von  $\pm 2,8$  m<sup>3</sup>/s über den gleichen Zeitraum.

Für die Stauhaltung Brandenburg (Unterhavel) kann kein Bilanzausgleich durchgeführt werden, da der Abfluss am unteren Modellende (Glienicke Brücke) nicht gemessen wird (siehe Kapitel 6.3).

## 4 Stauhaltung Spandau

### 4.1 Modellskizze

Bild 10 zeigt die Modellskizze der Stauhaltung Spandau mit der Lage der im Modell berücksichtigten Zu- und Abflüsse sowie den Entnahmen durch die Wasserwerke Stolpe, Spandau und Tegel. Eine detaillierte Zusammenstellung und Beschreibung aller im Modell berücksichtigten Randbedingungen erfolgt im nachfolgenden Kapitel.

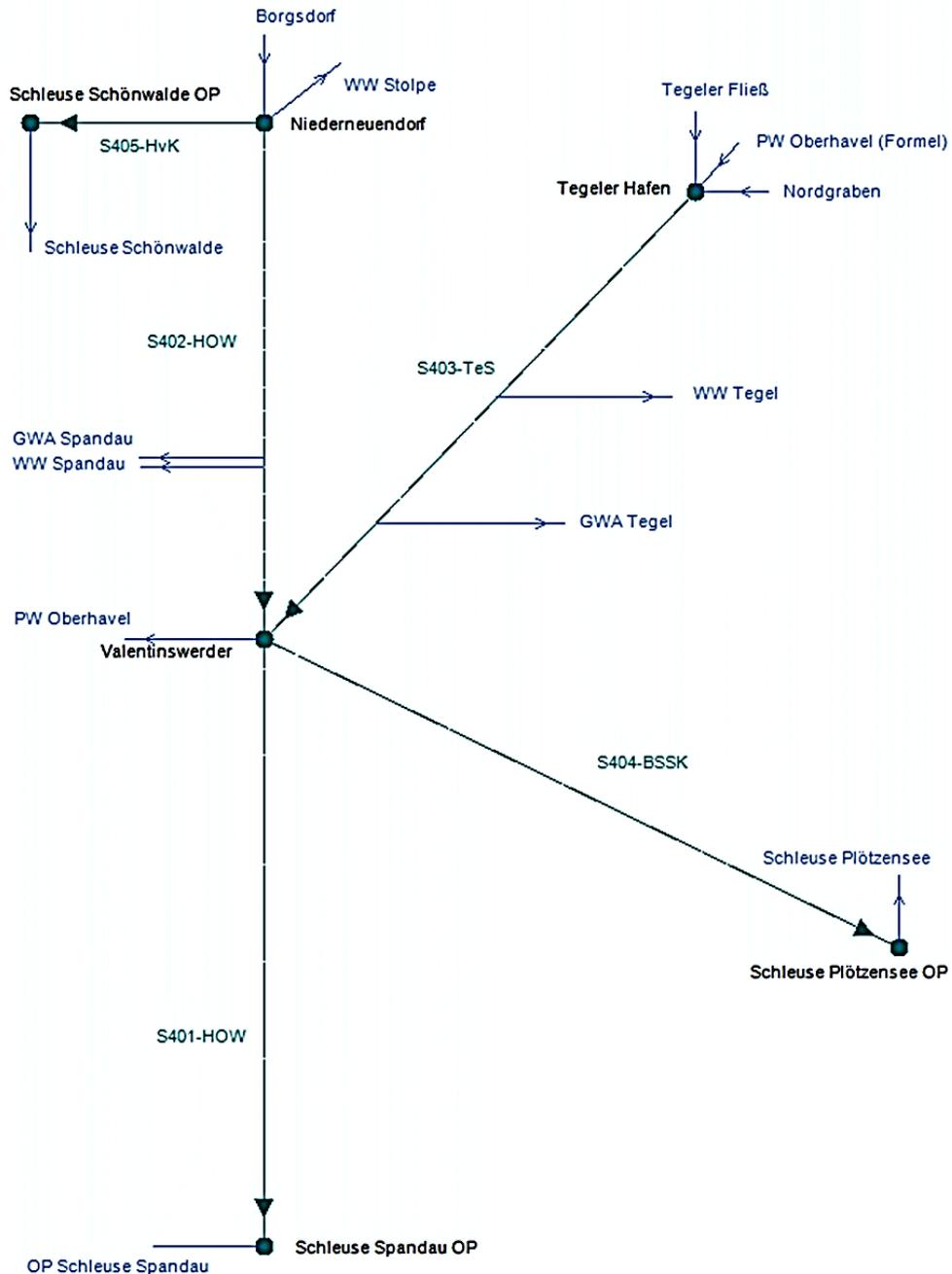


Bild 10: Modellskizze der Stauhaltung Spandau mit der Definition des Gewässergraphen und den Randbedingungen  
(WW = Wasserwerk, PW = Pumpwerk, GWA = Grundwasseranreicherung, OP = Oberpegel)

## 4.2 Randbedingungen und Istzustand

### 4.2.1 Wasserstand

Die Randbedingung für den Wasserstand wird im Teilmodell Spandau bei der Berechnung des bilanzkorrigierten Istzustands (S0) am OP Spandau vorgegeben. Bild 11 zeigt die gemessenen Wasserstände im Betrachtungszeitraum (Anfang März (03) bis Ende November (11) 2019). Die Höhe des Wasserstands ist von Anfang Oktober bis Ende März auf 31,51 m NHN festgelegt (Winterstauziel) und wird normalerweise im April auf das Sommerstauziel von 31,31 m NHN abgesenkt und im September dann wieder auf das Winterstauziel angehoben. Am tatsächlichen Verlauf der Wasserspiegelganglinie in Bild 11 ist jedoch zu erkennen, dass zwar Ende März 2019 noch planmäßig mit dem Absenken begonnen wurde, jedoch bereits Ende Juni das Sommerstauziel nicht mehr gehalten werden konnte. Auch das Winterstauziel wurde im Betrachtungszeitraum erst einen Monat später als geplant wieder erreicht.

Bei einer Wasserfläche von ca. 9 km<sup>2</sup> (siehe auch Tabelle 4) entspricht das Absenken des Stauziels um 20 cm einem Wasservolumen von ca. 1,8 Mio. m<sup>3</sup> oder über den Absenkzeitraum von einem Monat (April) einem zusätzlichen Abfluss von knapp 0,7 m<sup>3</sup>/s.

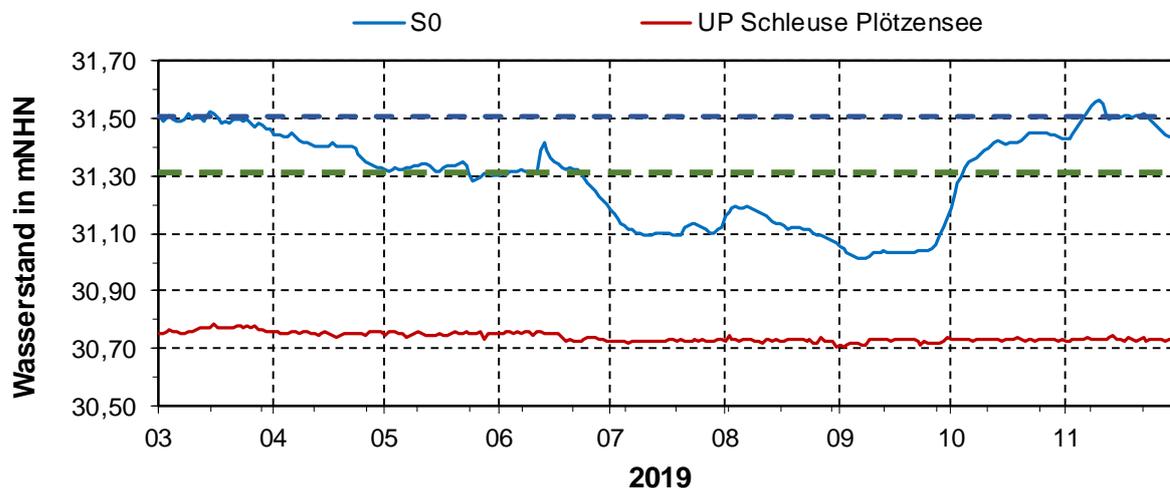


Bild 11: Verfall des Wasserstands unter das Sommerstauziel von 31,31 m NHN (grün gestrichelte Linie) am OP Schleuse Spandau

### 4.2.2 Zuflüsse

Im Modell der Stauhaltung Spandau werden die folgenden Zuflüsse mit Angabe des Pegels der Messwerte (Tagesmittelwerte):

- Havel, Pegel Borgsdorf
- Nordgraben, Pegel Eisenbahnbrücke und
- Tegeler Fließ, Pegel St.-Joseph-Steg

berücksichtigt.

Für den Zufluss der Briesa, ein kleiner, nicht schiffbarer Nebenfluss, der unterhalb von Borgsdorf in der Nähe von Hohen Neuendorf in die Havel mündet, liegen keine Messwerte vor, dieser wird daher nicht berücksichtigt.

### 4.2.3 Abfluss über die Wehre Spandau

Am unterem Ende der Stauhaltung Spandau (im Modell der Knoten Schleuse Spandau OP) kann Wasser über das Schleusenwehr und dem etwas weiter östlich gelegenen Zitadellenwehr nach unterstrom in die Stauhaltung Brandenburg abgegeben werden. Durch das WSA Berlin wird für diese beiden Wehre kein Abfluss ermittelt, es konnten jedoch durch das Amt die Wehrstellungen am beiden Wehren im Betrachtungszeitraum übergeben werden.

Beim Schleusenwehr (Freiarche) handelt es sich um eine überströmte Fischbauchklappe, beim östlich gelegenen Zitadellenwehr, dessen Wasser in den Mühlengraben abgegeben wird, um ein unterströmtes Segmentschütz.

Der Abfluss über die Fischbauchklappe des Schleusenwehrs ist mit der Wehrformel von Poleni berechnet worden. Als Überfallbeiwert ist  $\mu = 0,7$  gewählt worden. Die Wehrbreite beträgt  $b = 6$  m.

Der Abfluss unter dem Segmentschütz ist mit der Formel für den freien Ausfluss unter einem Schütz ohne Rückstauinflüsse aus dem Unterwasser berechnet worden. Als Ausflussbeiwert ist  $\mu = 0,69$  gewählt worden. Die Sohle liegt auf einer Höhe von 28,80 m NHN. Die Wehrbreite beträgt ebenfalls  $b = 6$  m.

Die Daten zu den Wehrstellungen wurden als Terminwerte bezogen auf das Pegelnull (PN) am OP Spandau (z.B. 02.01.2019 11:00 354 cm ü. PN) übergeben. Dabei konnte das jeweilige Wehr mehrmals am Tag gestellt worden sein. Im ersten Schritt ist daher zunächst der Zeitraum mit einer unveränderten Wehrstellung ermittelt worden.

Bild 12 (Schleusenwehr) und Bild 13 (Zitadellenwehr) zeigen jeweils in rot die Originalwerte und daraus abgeleitet die Wehrstellung am Vortag. An den Tagen, an denen die Originalwerte nicht auf der blauen Linie liegen, ist das Wehr ein oder mehrmals am Tag verstellt worden.

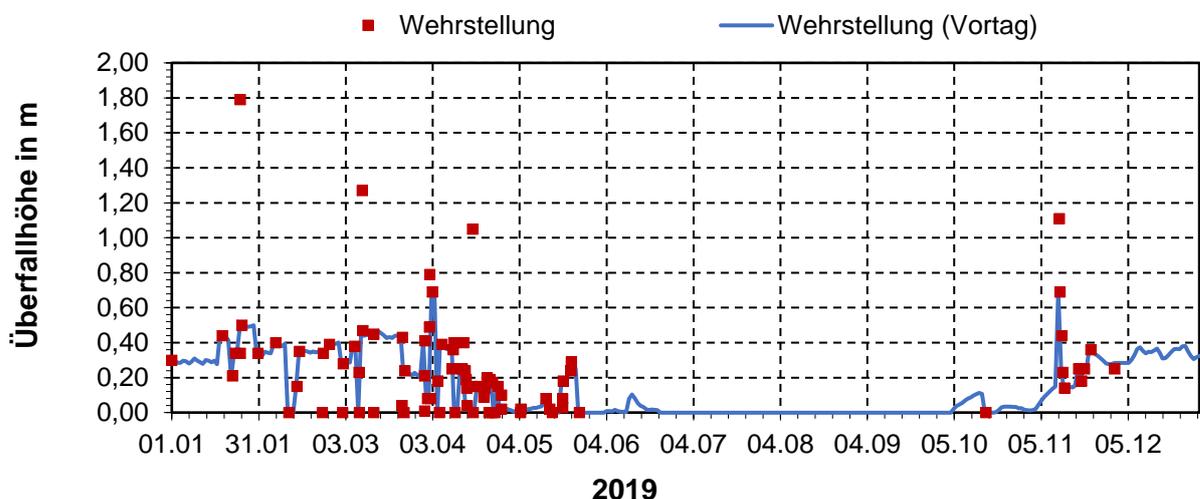


Bild 12: Wehrstellung (umgerechnet auf die Überfallhöhe) des Schleusenwehrs im Jahr 2019

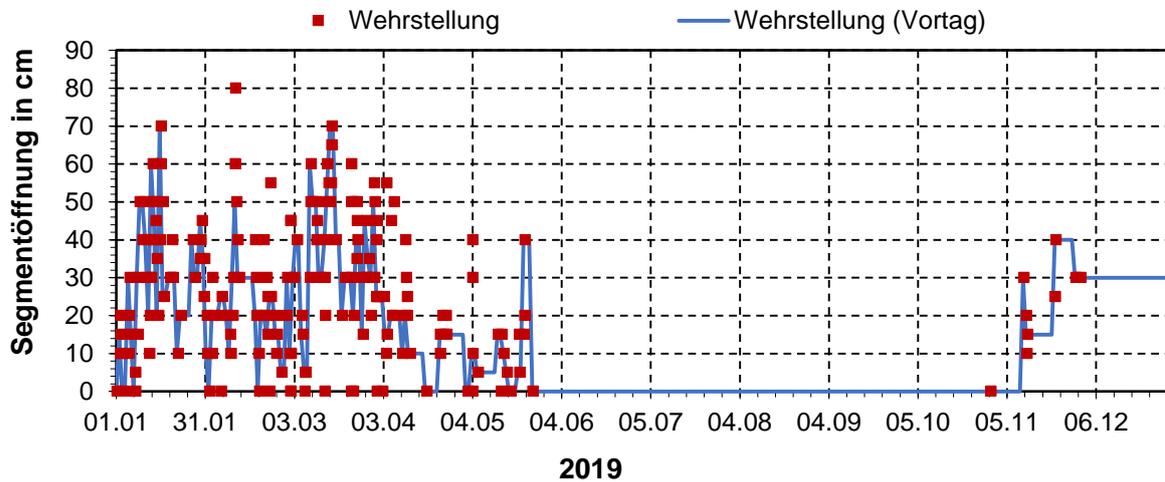


Bild 13: Wehrstellung (umgerechnet auf die Höhe der Segmentöffnung) des Zitadellenwehrs im Jahr 2019

Bereits an diesen beiden Darstellungen ist zu erkennen, dass die Wehre von Anfang Juni bis Anfang November durchgängig geschlossen waren. Mit Hilfe der zuvor genannten Wehrformeln ist anschließend aus der Wehrstellung der Abfluss berechnet worden. An Tagen mit einer oder mehrmals geänderter Wehrstellung ist der Tagesmittelwert aus dem zeitlich gewichteten Mittel der Einzelabflüsse berechnet worden.

Bild 14 zeigt die Ganglinien der aus der Wehrstellung berechneten Tagesmittelwerte des Abflusses über das Schleusenwehr und das Zitadellenwehr sowie die des Gesamtabflusses über die Wehre Spandau im Jahr 2019. Zu erkennen ist, dass ab dem Unterschreiten des Sommerstauziels ab Ende Juni (vgl. Bild 11) auch kein Wasser mehr über die Wehre abgegeben wurde. Erst ab Anfang November – mit dem Erreichen des Winterstauziels – begann wieder die normale Wehrsteuerung zum Halten des Stauziels mit einem entsprechenden Abfluss in der Summe beider Wehre.

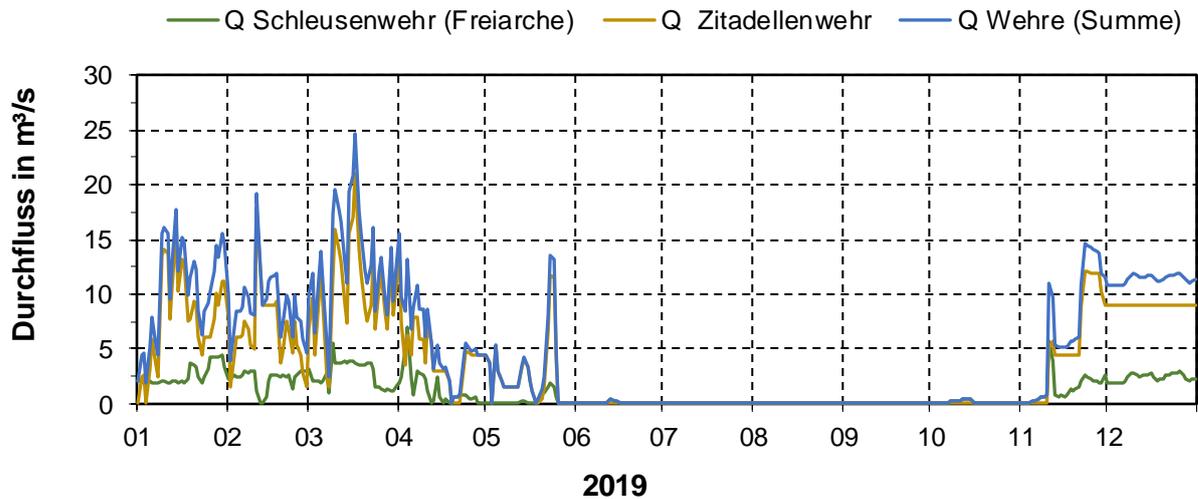


Bild 14: Aus der Wehrstellung berechnete Abfluss über das Schleusenwehr und das Zitadellenwehr sowie der Gesamtabfluss über die Wehre Spandau im Jahr 2019

#### 4.2.4 Abfluss über die Spandauer Umfluter

Neben dem Abfluss der Havel über die beiden Wehre existieren im Bereich Altstadt Spandau und Zitadelle Spandau die folgenden Gräben, über die Wasser von der Stauhaltung Spandau nach Unterstrom abgegeben wird:

- Mühlengraben
- Östlicher Abzugsgraben
- Westlicher Abzugsgraben („Pulvermühlengraben“) und
- Grützmachergraben.

Der Grützmachergraben besitzt keinen direkten Zufluss aus der Stauhaltung, sondern wird vermutlich aus Grundwasserzufluss und Niederschlag bzw. Regenwassereinleitungen gespeist.

Für die übrigen drei Gräben ist die Bundesanstalt für Gewässerkunde vom WSA Berlin beauftragt worden, eine einfache Methodik zu entwickeln, mit der überschlägig die Abflüsse der Spandauer Umfluter von der Oberen in die Untere Havel abgeschätzt werden können (BfG, 2004).

Der Mühlengraben zweigt westlich kurz oberhalb der Spandauer Schleuse von der Havel ab. Ein Stück der Spandauer Altstadt durchquert er unterirdisch, bevor er unterhalb der Schleuse wieder in die Havel mündet. In der unterirdischen Strecke befinden sich zwei Wehre direkt hintereinander. Abflussbestimmend ist das obere Wehr (Balkenwehr), das in dieser Studie als fester Überfall betrachtet wurde, wobei dieses Wehr teilweise gesteuert wird. Die Oberkante befindet sich bei 31,025 m NHN und hat eine Überfallbreite von 1,15 m.

Damit findet bei Wasserständen am OP Spandau  $< 31,02$  m NHN bis auf mögliche Spaltwassererluste kein Abfluss in den Mühlgraben mehr statt. Die Größe der Abflüsse bei höheren Wasserständen wird mit der ermittelten  $w, Q$ -Beziehung (BfG, 2004) berechnet.

Der Östliche Abzugsgraben ist künstlich angelegt und wird aus einer Entnahme etwa gegenüber von Eiswerder und einer zweiten, die etwa 100 m unterhalb liegt, gespeist. Er mündet unterhalb Sophienwerder in die Spree. Die Größe der Abflüsse wird mit der ermittelten  $w, Q$ -Beziehung (BfG, 2004) berechnet.

Der Westliche Abzugsgraben wird aus der Oberhavel in unmittelbarer Nähe zum Zitadellenwehr gespeist. Ursprünglich zum Betreiben einer Pulvermühle angelegt, besaß er an der Havel als Steuerorgan ein Wehr, das aber heutzutage unbrauchbar ist. Deswegen wurde vor das Wehr eine Spundwand gesetzt, aus der durch ein Loch ein Mindestabfluss fließt. Aufgrund von Unzugänglichkeiten, sehr geringen Fließgeschwindigkeiten und Rückstauwirkungen aus dem Zitadellengraben, konnte damals der Durchfluss in diesem Graben nicht gemessen werden.

Um den Graben in der Tagesbilanz der Umflut berücksichtigen zu können, wird hier auf der Grundlage der Angaben in BfG (2004) vereinfachend für den Zeitraum mit Winterstauziel (OP Spandau  $> 31,51$  m NHN  $\pm 0,05$  m) ein Abfluss von  $0,3$   $\text{m}^3/\text{s}$  und für alle anderen Wasserstände am OP Schleuse Spandau ein Abfluss von  $0,1$   $\text{m}^3/\text{s}$  angenommen.

Die für den Istzustand (vgl. Wasserspiegel am OP Spandau in Bild 11) berechnete Summe der Umflut über die Gräben zeigt Bild 15. Neben den Durchflüssen, die aus den Messungen der BfG (2004) erstellten Regressionsbeziehungen abgeleitet sind, ist die Summe der bei drei von der SenUVK durchgeführten Messkampagnen ab dem 28.06.2019 in den Gräben gemessenen Durchflüsse eingetragen. Sie bestätigen tendenziell die Größe der hier angenommenen Umflut, wobei die berechneten Durchflüsse tendenziell die gemessenen unterschätzen.

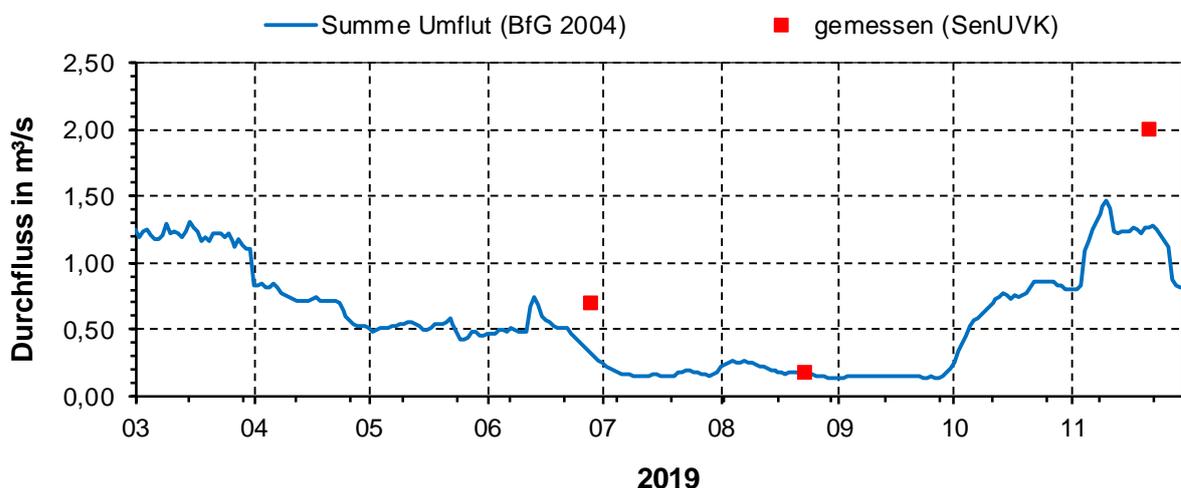


Bild 15: Berechneter Durchfluss (Summe Umflut) über die Gräben im Vergleich zu Messungen der SenUVK

Um die Umflut auch für andere Wasserspiellagen, wie sie in den Szenarienrechnungen auftreten, automatisiert berechnen zu können, ist eine Regressionsbeziehung (mit  $Q = 0,0 \text{ m}^3/\text{s}$  bei 31,00 m NHN) erstellt und diese im Modell der Stauhaltung Spandau hinterlegt worden.

#### 4.2.5 Abfluss über die Schleusen (Schleusungswasser)

Die Stauhaltung besitzt drei Schleusen – die Schleuse Spandau als Verbindung zur Unterhavel, die Schleuse Schönwalde als Verbindung zum Havelkanal und die Schleuse Plötzensee als Verbindung zur Stauhaltung Charlottenburg.

Ab dem 23.05.2019 war aufgrund von Bauarbeiten der Schleusenbetrieb in Spandau über den gesamten Betrachtungszeitraum eingestellt (siehe Bild 16).

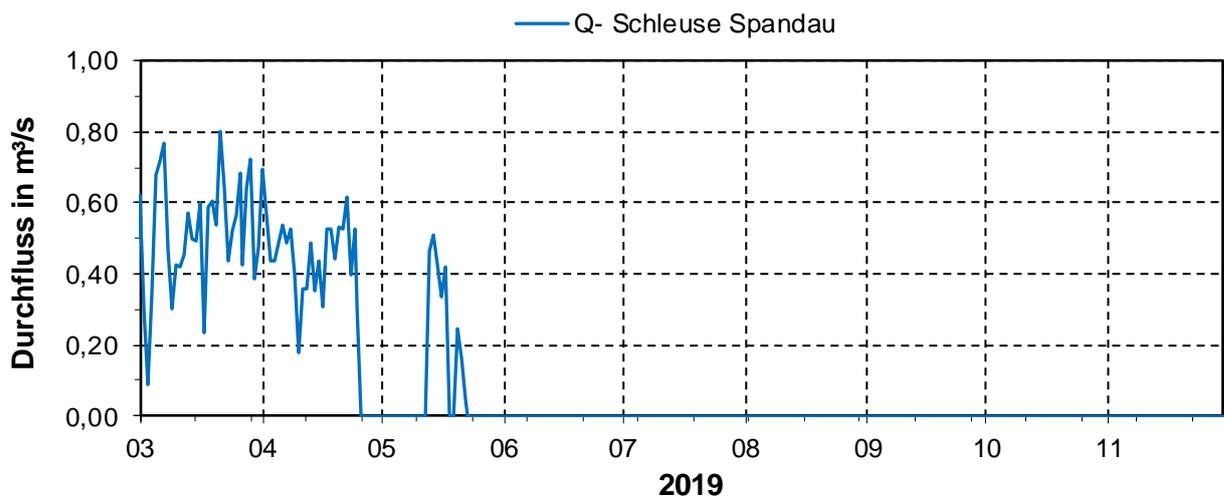


Bild 16: Abfluss infolge Schleusungen an der Schleuse Spandau

Ein höheres Schleusungsaufkommen ist ab diesem Zeitpunkt an der Schleuse Schönwalde in Bild 17 zu erkennen. Wie in Bild 18 zu sehen ist, blieb die Anzahl an Schleusungen und damit der Abfluss an der Schleuse Plötzensee im gesamten Betrachtungszeitraum nahezu konstant (niedrig).

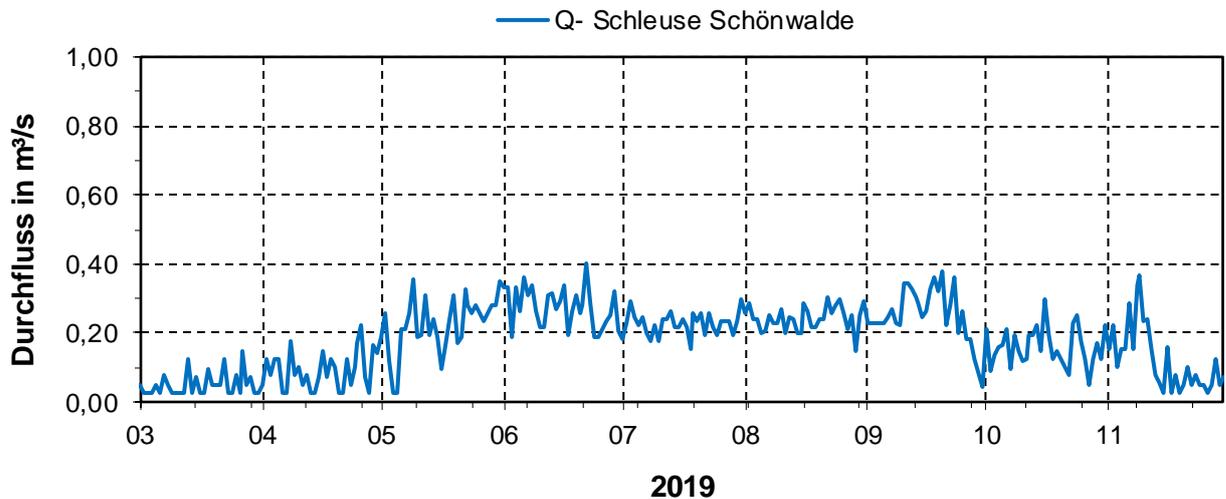


Bild 17: Abfluss infolge Schleusungen an der Schleuse Schönwalde.

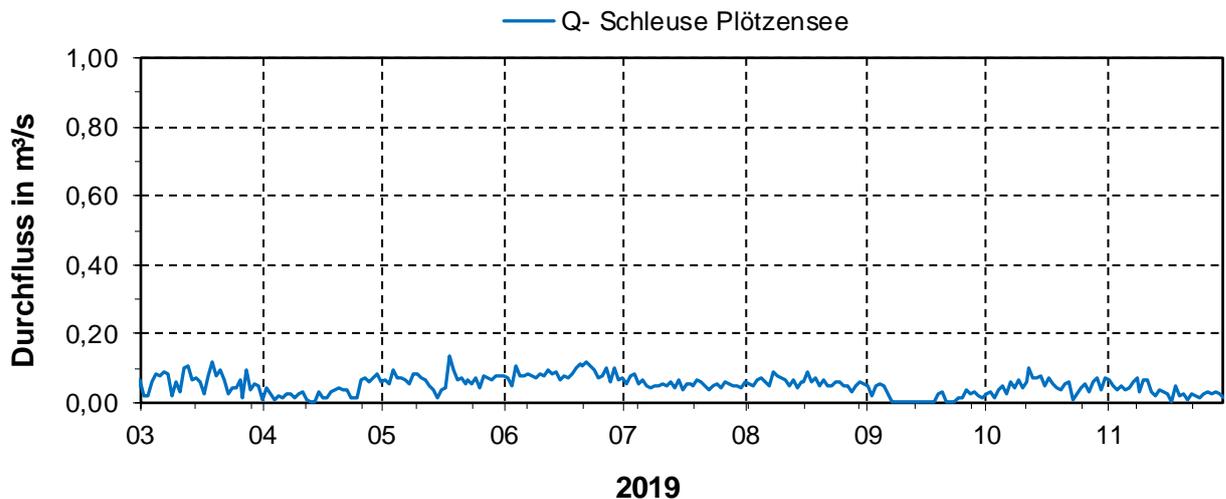


Bild 18: Abfluss infolge Schleusungen an der Schleuse Plötzensee

#### 4.2.6 Niederschlag und Verdunstung

Im Modell der Stauhaltung Spandau werden für die in Tabelle 4 zusammengestellten Gewässerabschnitte Niederschlag und Verdunstung in Form eines linienförmigen äquivalenten Zuflusses (Niederschlag) bzw. Abflusses (Verdunstung) berücksichtigt. Als Eingangsdaten werden die täglichen Niederschlags- bzw. Verdunstungshöhen des Deutschen Wetterdienstes (DWD) an der Station Flughafen Tegel verwendet. Diese werden über die den Gewässerabschnitten zuzuordnende Seeoberfläche (siehe Tabelle 4) programmintern in einen äquivalenten Zu- bzw. Abfluss umgerechnet. Die Seefläche des Abschnitts zwischen dem Abzweig des Berlin-Spandauer-Schiffahrtskanals (BSSK) und Schleuse Spandau mit der Insel Eiswerder (ca. 1,3 km<sup>2</sup>) ist (derzeit) im Modell nicht berücksichtigt.

Tabelle 4: Zusammenstellung der im Modell der Stauhaltung Spandau berücksichtigten Seeoberflächen

Nr.	Gewässerabschnitt	Oberfläche in km <sup>2</sup>
1	Tegeler See (ohne Inseln)	3,96
2	Oberhavel	2,87
3	Berlin-Spandauer-Schiffahrtskanal	0,39
<b>Summe</b>		<b>7,2</b>

#### 4.2.7 Wasserwerke

Bei den Wasserwerken Tegel, Spandau und Stolpe stammen Anteile an der Rohwasserförderung indirekt (über die Uferfiltration) oder bei den beiden erstgenannten zusätzlich direkt (über die Grundwasseranreicherung) aus dem Oberflächenwasser der Stauhaltung Spandau.

Neben der gesamten Rohwasserförderung eines Wasserwerkes wird auch die Entnahme zur Grundwasseranreicherung gemessen, die in Form von Tagesmittelwerten von den BWB zur Verfügung gestellt wurden. Die Menge oder der prozentuale Anteil an der Rohwasserförderung (RWF), der aus der Uferfiltration stammt, kann dagegen nur geschätzt bzw. aus Modellberechnungen abgeleitet werden. Bei unter das Sommerstauziel fallenden Wasserständen wurden ergänzend zu den in Tabelle 2 genannten Angaben die Ansätze für die Wasserwerksentnahmen aus der Stauhaltung wie folgt durch die BWB präzisiert (siehe auch Tabelle 5):

Beim Wasserwerk Tegel liegen die Entnahmestellen für die Grundwasseranreicherung (GWA) und die Versickerungsanlagen relativ nahe am Gewässerufer, so dass eine Unterscheidung zwischen GWA-Entnahme und Uferfiltration nicht notwendig ist. Gemäß dem Vorschlag der BWB wird daher die Menge an Uferfiltrat und Grundwasserentnahme aggregiert mit 80% der Rohwasserförderung unabhängig vom Wasserstand in der Stauhaltung angesetzt.

Beim Wasserwerk Spandau hingegen liegen die Versickerungsanlagen relativ weit von der Entnahmestelle für die GWA entfernt. Die reine Uferfiltration von der Oberhavel zur Galerie Süd hat Fließzeiten von über 25 Jahren. Die hydraulische Verzögerung beträgt sicherlich mehrere Monate. Im Gegensatz dazu wirkt sich die GWA-Entnahme an der Bürgerablage sofort auf die Wasserbilanz der Oberhavel aus.

Dem Vorschlag der BWB folgend werden daher die gemessenen GWA-Mengen angesetzt und für die Entnahme über das Uferfiltrat ein geringer konstanter, von der Rohwasserförderung und dem Wasserstand in der Stauhaltung unabhängiger Anteil von Uferfiltrat  $Q_{UF} = 0,1 \text{ m}^3/\text{s}$  angenommen

Das Wasserwerk Stolpe wird ohne künstliche Grundwasseranreicherung (Pumpbetrieb) betrieben, mit der bei fallendem Wasserstand der sinkende Uferfiltratanteil kompensiert werden könnte. Im Einzugsgebiet des Wasserwerks Stolpe wird lediglich Havelwasser auf den im Nebenschluss liegenden Havelwiesen eingestaut und versickert.

Da konkrete Daten für das WW Stolpe nicht vorliegen, werden die modelltechnischen Erkenntnisse für den Standort Tegel (ohne GWA) auf Stolpe übertragen. Danach sinkt der prozentuale Uferfiltratanteil an der geförderten Rohwassermenge linear von 45% bei einem Wasserstand von 31,5 m NHN auf 35% bei 31,0 m NHN. Als Bezugswasserstand wird der Wasserstand am OP Spandau verwendet. Der Wasserspiegel in der Stauhaltung ist insbesondere bei niedrigen Abflüssen nahe horizontal.

Tabelle 5: Zusammenstellung der Annahmen zur Wasserentnahme der Wasserwerke aus der Stauhaltung Spandau

Wasserwerk	Uferfiltrat (-anteil)	Grundwasseranreicherung (GWA)	Rohwasserförderung (RWF) 2019
-	-	-	in Mio. m <sup>3</sup> /s
WW Tegel	(UF + GWA) = 80% * RWF		47,1
WW Spandau:	0,1 m <sup>3</sup> /s	(Messwerte)	30,3
WW Stolpe:	UF% = 0,2*W-5,85	keine	24,3

Quelle: (BWB; Email von Herrn Schimmelpfennig (BWB) an Herrn Schumacher (IWU), Cc: Frau Bathe (SenUVK) u.a. vom 31.01.2020)

#### 4.2.8 Klärwerke

Eine direkte Einleitung von geklärtem Abwasser aus einem Klärwerk gibt es in dieser Stauhaltung nicht. Indirekt gelangt geklärtes Abwasser aus dem Klärwerk Schönerlinde entweder über den Blankenfelder Graben in den Nordgraben oder über den Buchholzer Graben über die Panke und deren teilweise Ableitung am Verteilerbauwerk Blankenburg in den Nordgraben. Das Wasser des Nordgrabens wird teilweise in der Oberflächenwasser-Aufbereitungsanlage (OWA) Tegel gereinigt und fließt am nordöstlichen Ende des Tegeler Sees in die Stauhaltung. Der Zufluss aus geklärtem Abwasser des Klärwerks Schönerlinde über den Nordgraben wird an der Messstelle Eisenbahnbrücke miterfasst (Messwerte siehe Bild 32).

Das Klärwerk Wandsdorf leitet sein geklärtes Abwasser über einen 1,4 km langen Graben in den Havelkanal unterhalb der Schleuse Schönwalde (vgl. Bild 10) und damit nicht mehr in die Stauhaltung Spandau ein.

#### 4.2.9 Sonstige Randbedingungen

Die Überleitung von Havelwasser vom Pumpwerk Oberhavel durch eine Seerohrleitung im Tegeler See zur OWA Tegel ist im Modell ebenfalls berücksichtigt. Da damit nur Wasser an der einen Stelle entnommen und an anderer Stelle wieder in dieselbe Stauhaltung eingeleitet wird, ist dieser Volumenstrom für die Bilanz der Zu- und Abflüsse und damit für die im Folgenden betrachteten Wasserstände bedeutungslos.

## **4.3 Szenario S0: bilanzkorrigierter Istzustand**

### **4.3.1 Annahmen für den Bilanzausgleich**

Mit dem in HYDRAX implementierten instationären Bilanzausgleich (vgl. Kapitel 3.3.2) wird der Fehler aus der Summe der gemessenen oder aus gemessenen Größen abgeleiteten Eingabewerten (Tagesmittelwerte) der zuvor genannten Randbedingungen auf die in den Bilanzausgleich eingeschlossenen Eingabegrößen verteilt.

Der Gesamtabfluss in Spandau (Wehre, Schleusen und Umflut) wird als wasserstandsabhängiger Sollabfluss für den Bilanzausgleich vorgegeben, d.h. die Eingangsdaten der folgenden Randbedingungen:

- Borgsdorf
- Tegeler Fließ
- Nordgraben inklusive des geklärten Abwasseranteils des Klärwerk Schönerlinde
- Niederschlag und
- Verdunstung

werden durchflussproportional derart korrigiert, dass für jeden Zeitschritt der vorgegebene Sollabfluss in Spandau berechnet wird.

Dabei wird der Havelzufluss und der Niederschlag stärker gewichtet (Faktor 3) als die ohnehin kleineren Zuflüsse aus Tegeler Fließ und Nordgraben oder der äquivalente Abfluss durch die Verdunstung von den Seeflächen (Faktor 1).

### **4.3.2 Ergebnisse**

In Bild 19 sind die im Rahmen des Bilanzausgleichs korrigierten Messwerte des Havelzuflusses (Borgsdorf) den Messwerten für den Betrachtungszeitraum (März 2019 bis Dezember 2019) gegenübergestellt. Zu erkennen ist, dass sich mit dem hier erstmals ermittelten Abfluss über die Wehre (und die Umflut) die Bilanzkorrektur an den Messwerten am Pegel Borgsdorf (Havelzufluss) recht gering ausfällt, was indirekt die im vorangegangenen Kapitel getroffenen Ansätze für die Berechnungen der Abflüsse über Wehre und Umflut bestätigt.

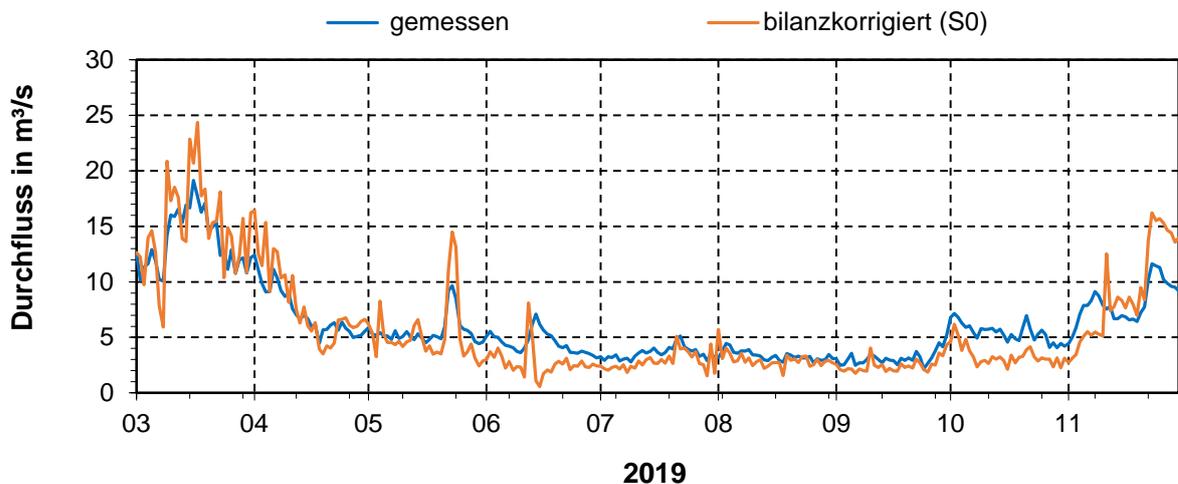


Bild 19: Vergleich der gemessenen und der bilanzkorrigierten Durchflüsse des Zuflusses der Oberen Havel an der Messstelle Borgsdorf

#### 4.4 Szenario S0.2050: Istzustand (S0) und Wasserbedarf 2050

##### 4.4.1 Annahmen

Grundlage für dieses Szenario bildet der wie zuvor beschriebene bilanzkorrigierte Eingangsdatensatz (S0). Die Änderungen in diesem Szenario betreffen die Entnahmemengen der drei Wasserwerke (vgl. Kapitel 3.1) aus der Stauhaltung, deren Rohwasserförderung an den für Berlin prognostizierten Anstieg des Trinkwasserbedarfs in Trockenjahren bei wachsender Bevölkerung durch die BWB angepasst werden wird.

Die Prognose für den Jahresbedarf 2050 bezieht sich dabei auf die Jahresmengen, die zukünftig durch die drei Wasserwerke gedeckt werden sollen (vgl. Kapitel 2.8). Werden diese ins Verhältnis der Jahresmenge 2019 gesetzt, so ergibt sich für jedes Wasserwerk ein Faktor  $Q_a 2050 / Q_a 2019$ , mit dem für das Szenario die tägliche Rohwasserförderung im Betrachtungszeitraum 2019 skaliert wird.

Die tatsächlichen bzw. prognostizierten Fördermengen an Rohwasser der Wasserwerke Stolpe, Spandau und Tegel sowie die daraus für das Szenario S0.2050 abgeleiteten Skalierungsfaktoren sind in Tabelle 6 zusammengestellt.

Tabelle 6: Skalierungsfaktoren zur Berechnung der Wasserwerksentnahmen im Szenario S0.2050

Wasserwerk	RWF 2019	RWF 2050	Skalierungsfaktor S0.2050
	in Mio. m <sup>3</sup> /a	in Mio. m <sup>3</sup> /a	-
Stolpe	24,3	27,0	<b>1,11</b>
Spandau	30,3	35,1	<b>1,16</b>
Tegel	47,1	60,4	<b>1,28</b>
<b>Summe</b>	<b>101,7</b>	<b>122,5</b>	

Die erhöhte Rohwasserförderung (RWF) wird wie folgt bei den einzelnen Wasserwerken auf die Komponenten Uferfiltrat (UF) bzw. Grundwasseranreicherung (GWA) aufgeteilt:

- WW Stolpe:  $\%UF(W)_{2050} = \%UF(W)_{Ist}$
- WW Spandau:  $UF_{2050} = UF_{Ist} = 0,1 \text{ m}^3/\text{s}$   
 $GWA_{2050} = GWA_{Ist} + 0,16 * RWF_{Ist}$
- WW Tegel:  $(UF + GWA) = 80\% * RWF_{2050} = 0,8 * 1,28 * RWF_{Ist}$

Für das WW Stolpe wird also angenommen, dass der prozentuale (wie zuvor wasserstandabhängig definierte) Uferfiltratanteil auch bei einer höheren Rohwasserförderung gleichbleibt. Gleiches gilt für das WW Tegel – hier bezogen auf den Anteil aus der Summe von Uferfiltrat und Grundwasseranreicherung. Für das Wasserwerk Spandau wird hingegen angenommen, dass die erhöhte Rohwasserförderung allein über eine entsprechend erhöhte Entnahme der GWA aus der Stauhaltung gedeckt wird.

Bild 20 zeigt die Summe der Entnahme der Wasserwerke (Uferfiltrat und GWA) im Istzustand (S0) und im Szenario S0.2050.2. Aufgrund der wasserstandsabhängigen Definition des prozentualen Uferfiltratanteils an der Rohwasserförderung für das Wasserwerk Stolpe, kann der Wasserspiegel nur iterativ ermittelt werden. Der bei einer wasserstandsabhängigen Definition des Uferfiltratanteils notwendige zweite Iterationsschritt (S0.2050.2) bei der Berechnung der Zielgröße Wasserstand wird im folgenden Kapitel erläutert.

Die Differenz der Summe der Entnahme beträgt im Mittel 0,54 m<sup>3</sup>/s.

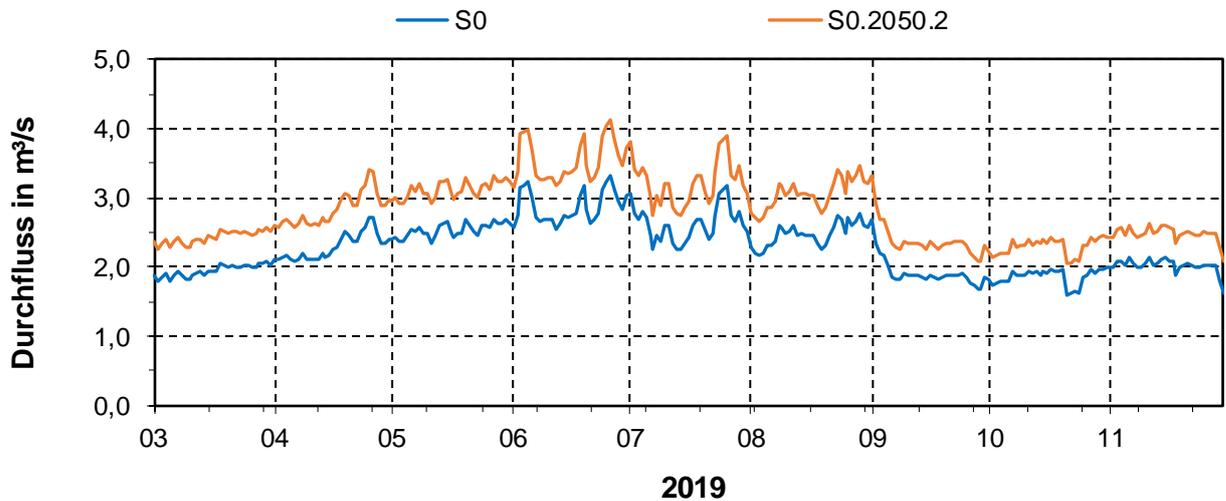


Bild 20: Summe der Entnahme der Wasserwerke (Uferfiltrat und GWA) im Istzustand (S0) und im Szenario S0.2050.2

#### 4.4.2 Allgemeines Vorgehen

Eine – wie in die im vorangegangenen Kapitel in Bild 20 gezeigte erhöhte Entnahme der drei Wasserwerke – führt bei einer Wehrsteuerung auf ein konstantes Stauziel zunächst dazu, dass (automatisiert) der Abfluss über die Wehre (Freiarche und Zitadellenwehr) entsprechend (ggf. bis auf Null) reduziert wird. Reicht dies nicht aus, um das Stauziel zu halten, wird hier angenommen, dass ab diesem Zeitpunkt (kein Abfluss mehr über die Wehre) im nächsten Schritt die Schleusungswassermengen – bis hin zum Einstellen des Schleusenbetriebs – reduziert werden. Erst danach verfällt der Wasserspiegel, wenn dann immer noch mehr Wasser aus der Stauhaltung entnommen wird (hier: Umflut, Wasserwerke, Verdunstung) als im jeweiligen Szenario zufließt (hier: Obere Havel, Tegeler Fließ, Nordgraben, Niederschlag).

Bild 21 zeigt den unter der Annahme des Wasserstands wie im Istzustand reduzierten Abfluss im Szenario S0.2050 über die Wehre im Vergleich zum Istzustand (S0). Zu erkennen ist, dass bei höheren Zu- bzw. dann auch Abflüssen bis etwa Mitte April die erhöhten Wasserwerkseentnahmen kaum abflussrelevant sind.

Allerdings sind im weiteren Jahresverlauf dann bereits ab Ende Mai 2019 beide Wehre komplett geschlossen, so dass – wie dies in den betrachteten Szenarien vorausgesetzt wird – der Mehrbedarf an Trinkwasser zunächst soweit möglich durch eine reduzierte Anzahl an Schleusungen ausgeglichen wird.

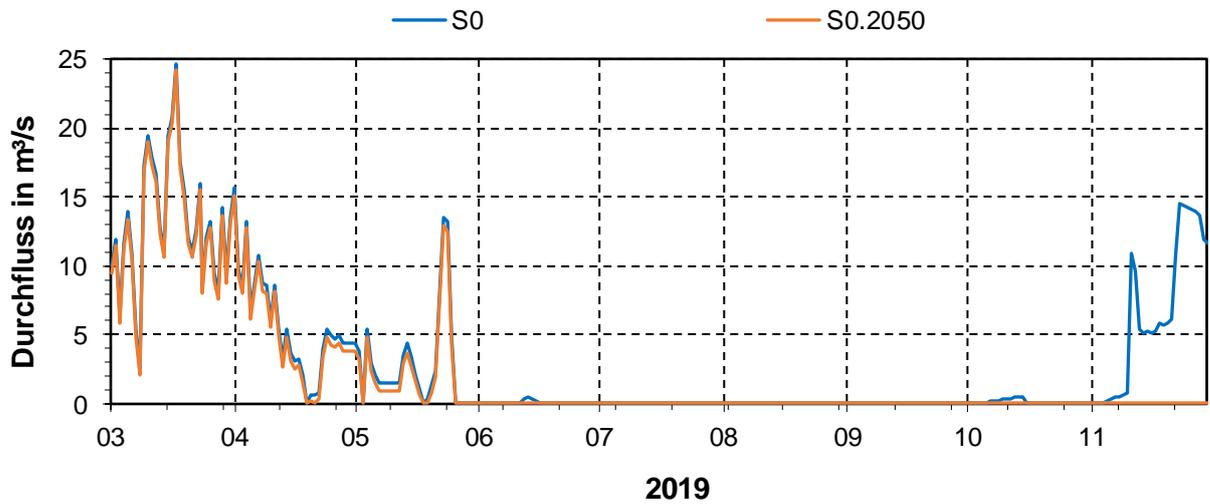


Bild 21: Reduzierter Abfluss über die Wehre Spandau im Szenario S0.2050 im Vergleich zum Istzustand (1. Iterationsschritt)

Bild 22, Bild 23 und Bild 24 zeigen die im hier betrachteten Szenario durchflussproportional reduzierten Schleusungswassermengen im ersten Iterationsschritt. Zu beachten ist dabei, dass die Schleuse Spandau – unabhängig davon – wegen Bauarbeiten ohnehin ab dem 23.05.2019 geschlossen war.

Im ersten Iterationsschritt wird auch für alle Schleusen angenommen, dass sie ab Ende Mai bis Ende des Betrachtungszeitraums komplett geschlossen werden müssten, um einen weiteren Abfall des Wasserstands in der Stauhaltung Spandau zu verhindern.

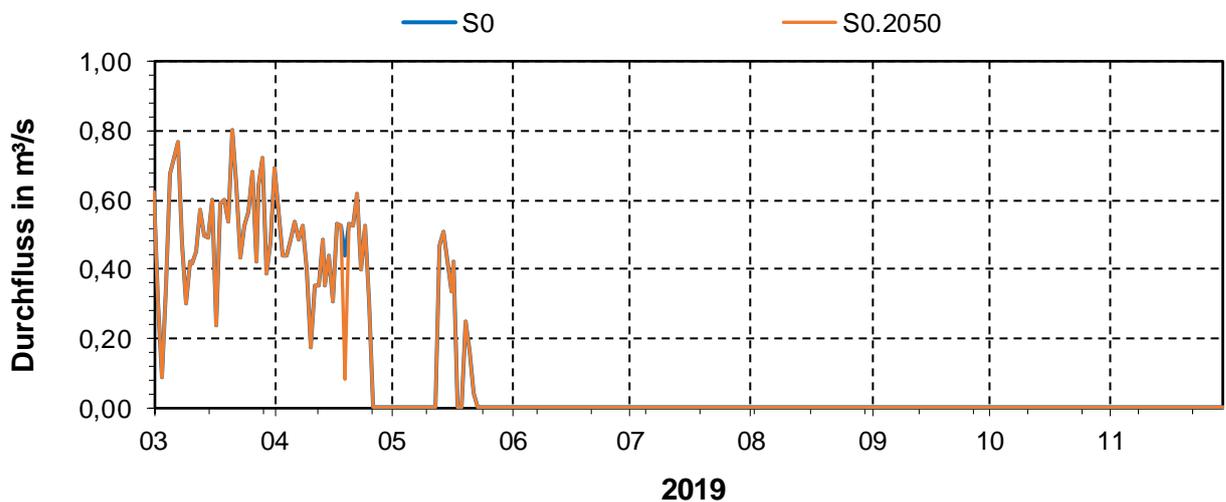


Bild 22: Reduzierter Abfluss infolge Schleusungen der Schleuse Spandau im Szenario S0.2050 im Vergleich zum Istzustand

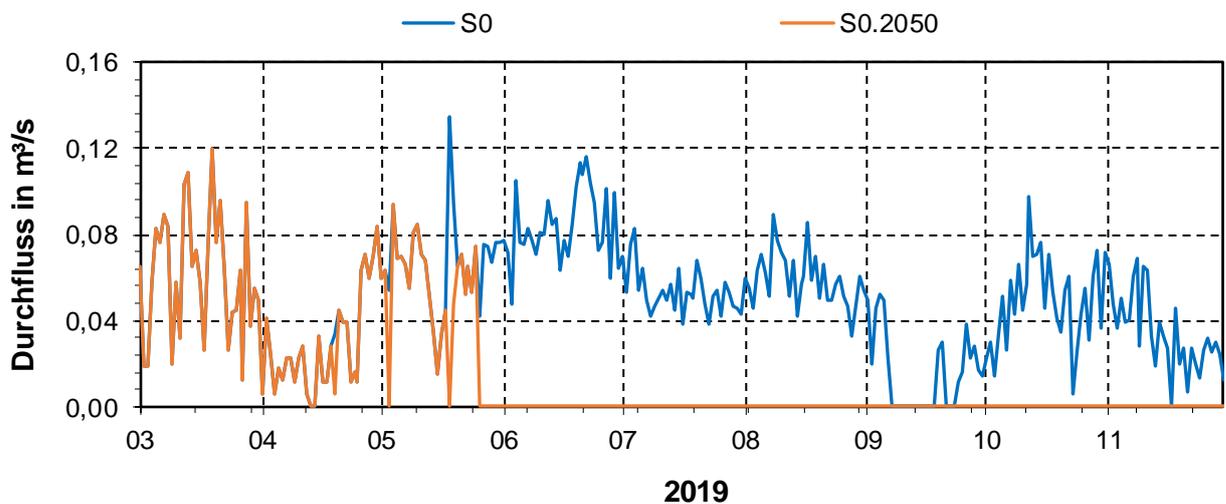


Bild 23: Reduzierter Abfluss infolge Schließungen der Schleuse Plötzensee im Szenario S0.2050 im Vergleich zum Istzustand

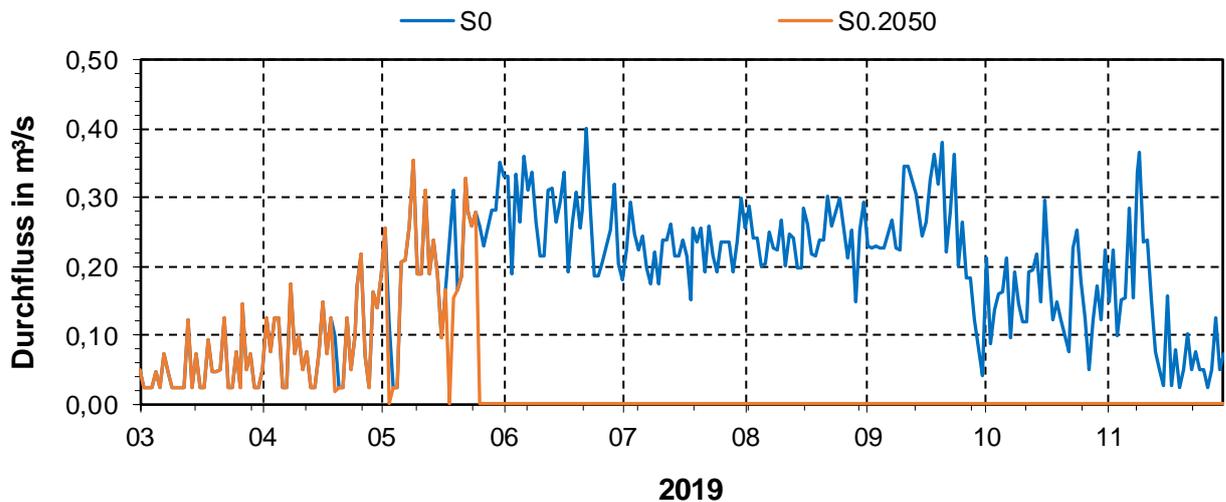


Bild 24: Reduzierter Abfluss infolge Schließungen der Schleuse Schönwalde im Szenario S0.2050 im Vergleich zum Istzustand

Mit diesen gegenüber dem bilanzkorrigierten Istzustand (S0) reduzierten Schleusungswassermengen und im S0.2050 erhöhten Wasserwerkentnahmen aus der Stauhaltung, sind dann die täglichen Wasserstands- und Durchflussverhältnisse in der Stauhaltung iterativ berechnet worden. Iterativ meint in diesem Fall, dass für jeden Zeitschritt die Bilanz aus der Summe der Zu- und Abflüsse einschließlich der Retention durch die Änderung des Wasserspiegels und damit des Wasservolumens in der Stauhaltung ausgeglichen ist.

Im Ergebnis wird im Folgenden nur der Wasserstand am OP Schleuse Spandau betrachtet. Aufgrund des Aufstaus und der im Betrachtungszeitraum ohnehin sehr geringen Zuflüsse ist der Wasserspiegel in der Stauhaltung nahezu ausgespiegelt. Die Durchflüsse in den verschiedenen Gewässerabschnitten (z.B. Tegeler See) werden nicht betrachtet.

Die im bisher beschriebenen Vorgehen berechneten Wasserstände sind unter Berücksichtigung folgender Sachverhalte zu interpretieren. Zum einen ist – wie in Kapitel 4.2.7 erläutert – die

prozentuale Uferfiltratentnahme für das Wasserwerk Stolpe in Abhängigkeit des (zunächst unbekanntes und daher im ersten Iterationsschritt wie im Istzustand angenommenen) Wasserstands definiert. Ein im Ergebnis dann fallender Wasserstand bedeutet eine geringere Uferfiltratentnahme und damit wiederum einen geringeren Verfall des Wasserspiegels.

Um dies zu berücksichtigen, ist zum anderen die Entnahmemenge für das Wasserwerk Stolpe mit dem wie beschrieben berechneten Wasserstand am OP Spandau neu berechnet worden und die neue Entnahme-Differenz zwischen dem Wasserbedarf den Szenarien S0 und S0.2050.1 erneut wie beschrieben auf Wehre und Schleusen verteilt worden.

Mit diesen neuen Werten ist die iterative hydronumerische Berechnung der  $w, Q$ -Verhältnisse wiederholt worden. In Bild 25 ist zu erkennen, dass (erwartungsgemäß) der neue Wasserstände (S0.2050.1) aufgrund der geringeren Uferfiltratentnahme durch das WW Stolpe höher liegt als der im ersten Iterationsschritt berechnete. Der „wahre“ Wasserstand liegt zwischen dem von S0.2050.0 und S0.2050.1. Die Unterschiede sind, wie in Bild 25 zu erkennen, derart gering, dass auf einen weiteren Iterationsschritt verzichtet worden ist.

Ein weiterer Iterationsschritt (S0.2050.2) ist jedoch erforderlich, wenn auch der Abfluss nach dem Erreichen des Stauziels (hier des Winterstaus) berechnet werden soll. In diesem Fall muss nun statt dem Durchfluss über die Wehre und Schleuse Spandau der Wasserstand am OP vorgegeben werden – und zwar ab dem Tag, an dem das Winterstauziel wieder erreicht werden würde – der Wasserstand wie im Istzustand (S0).

Mit diesem zusammengesetzten Wasserstand – sofern im Rahmen der Szenarien überhaupt das Winterstauziel in dieser Stauhaltung im Betrachtungszeitraum wieder erreicht werden würde – wird dann abschließend der Abfluss für die Übergabe an die unterhalb gelegenen Stauhaltung Brandenburg berechnet.

Im Rahmen der vorliegenden Betrachtungen wird nicht weiter differenziert, ob ggf. der nach Erreichen des Winterstauziels wieder vorhandene Abfluss aus der Stauhaltung über die Wehre oder im Verhältnis dazu in viel geringerer Menge über eine oder alle drei Schleusen abgegeben wird.

Diese iterativ ermittelte Abflussganglinie (siehe Bild 26) ist dann die Eingangsgröße für die entsprechenden Szenarienrechnungen der Stauhaltung Brandenburg (siehe Kapitel 6)

#### **4.4.3 Ergebnisse**

Die derart mit zwei weiteren Iterationsschritten berechnete Ganglinie des Wasserstands unter den Annahmen des Szenario S0.2050 zeigt Bild 25. Zu erkennen ist, dass der Wasserstand in diesem Szenario um weiter 16 cm (unter 30,90 m NHN und damit mehr als 40 cm unter das Sommerstauziel) gegenüber dem Istzustand verfallen würde, wenn die Wasserwerke Tegel, Spandau und Stolpe den aufgrund des Bevölkerungswachstums für 2050 prognostizierten Wasserbedarf (vgl. Kapitel 2.8) unter den hydrologischen und baulichen Randbedingungen des Trockenjahres 2019 wie geplant decken müssten.

Zu erkennen ist auch, dass der Wasserstand im ersten Iterationsschritt (S0.2050.1, siehe Bild 25) immer weiter ansteigen würde, wenn nicht im zweiten Iterationsschritt (S0.2050.2) wieder ein Abfluss über die Wehre Spandau (und Schleusen) zugelassen wird.

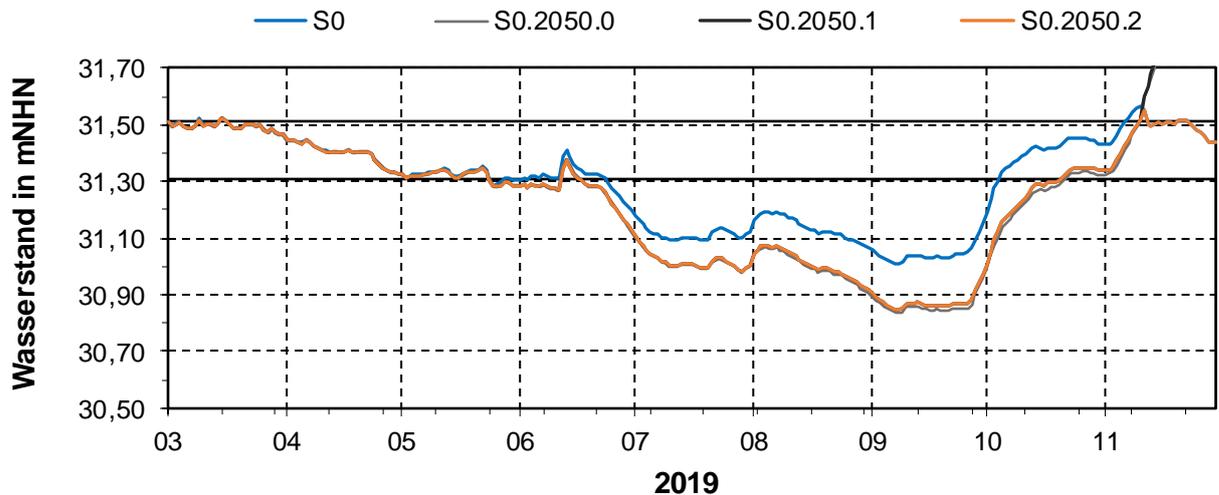


Bild 25: Iterativ bestimmter Wasserstand am OP Schleuse Spandau im Szenario S0.2050

Bild 26 zeigt den entsprechend berechneten Abfluss über die Wehre (und Schleuse) Spandau am unteren Ende der Stauhaltung. Zu erkennen ist, dass ab dem 26.05.2019 über einen Zeitraum von 169 Tagen kein Wasser mehr an die Unterhavel abgegeben würde. Bei Wasserständen unter 31,00 m NHN erfolgt auch kein Abfluss mehr über die Umfluter für die Dauer von 46 Tagen.

Im Unterschied zu der im ersten Iterationsschritt getroffenen Annahme, dass über den gesamten Betrachtungszeitraum kein Wasser über Wehre (und Schleusen) abgegeben wird (vgl. z.B. Bild 21), ist in Bild 26 für die letzten drei Novemberwochen gut zu erkennen, dass aufgrund entsprechend hoher Zuflüsse auch wieder Abflüsse bis knapp 15 m<sup>3</sup>/s aus der Stauhaltung abgegeben werden müssten, soll das Winterstauziel von 31,51 m NHN nicht überschritten werden.

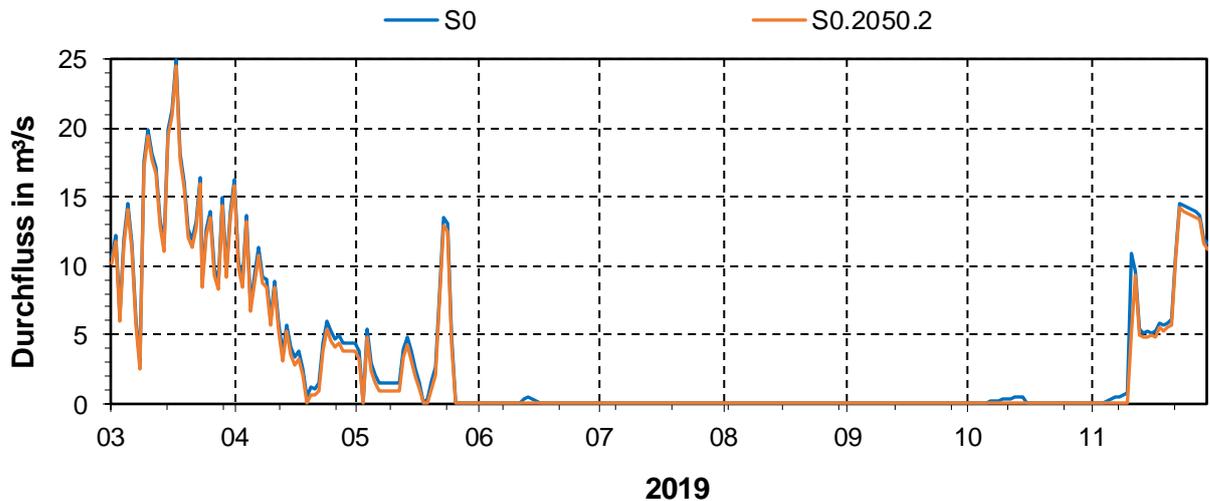


Bild 26: Iterativ bestimmter Abfluss am OP Schleuse Spandau (Wehre und Schleuse) im Szenario S0.2050

Bei entsprechend hohen Zuflüssen ab der zweiten Novemberwoche ist die erhöhte Wasserkentnahme zur Deckung des für die Zukunft prognostizierten Trinkwasserbedarfs im Szenario S0.2050) dann im Vergleich mit dem Istzustand (S0) kaum noch relevant.

## 4.5 Szenario S1: klimabedingte Veränderungen

### 4.5.1 Annahmen

In diesem Szenario werden die klimabedingten Auswirkungen gemäß der Definition der Szenarien in Kapitel 3.1 auf die wasserwirtschaftlichen Verhältnisse in der Stauhaltung untersucht.

Dazu wird zum einen ein Rückgang der bilanzkorrigierten Oberen Havelzuflüsse (S0) von 25%, 50% und 75% bezogen auf den Pegel Borgsdorf angenommen (siehe Bild 27). Zum anderen wird angenommen, dass sich die ebenfalls bilanzkorrigierte Gewässerverdunstung (S0), hier bezogen auf die mittlere Verdunstungshöhe pro Tag) um 8% erhöht.

Bild 28 zeigt den aus der Verdunstungshöhe resultierenden äquivalenten Abfluss, wenn die Verdunstungshöhe pro Tag auf die im Modell berücksichtigte Wasserfläche der Stauhaltung (vgl. Tabelle 4) umgerechnet wird.

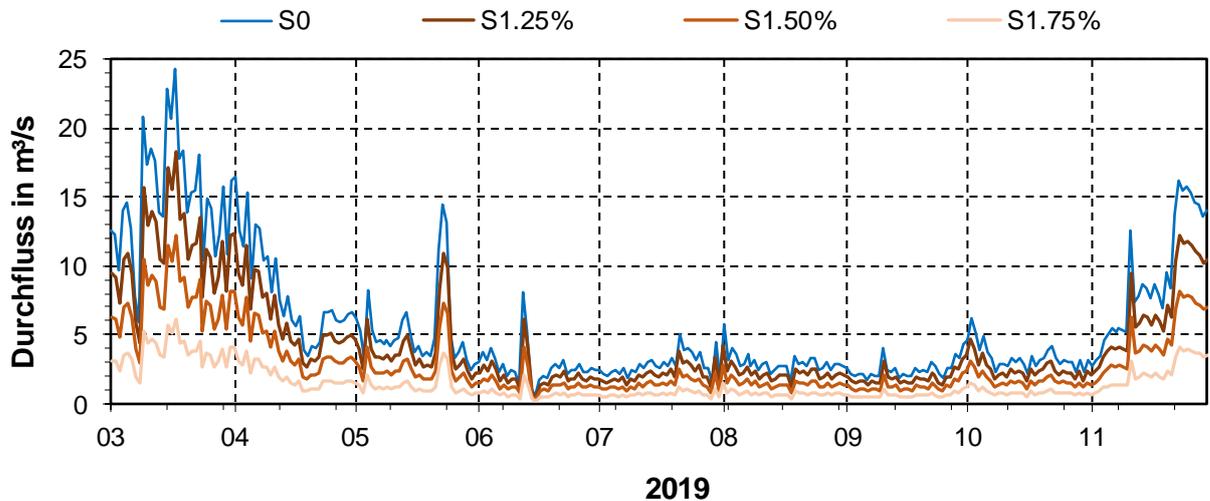


Bild 27: Skalierter Zufluss aus der Oberen Havel (Pegel Borgsdorf) unter der Annahme eines klimabedingten Rückgangs um 25%, 50% und 75%

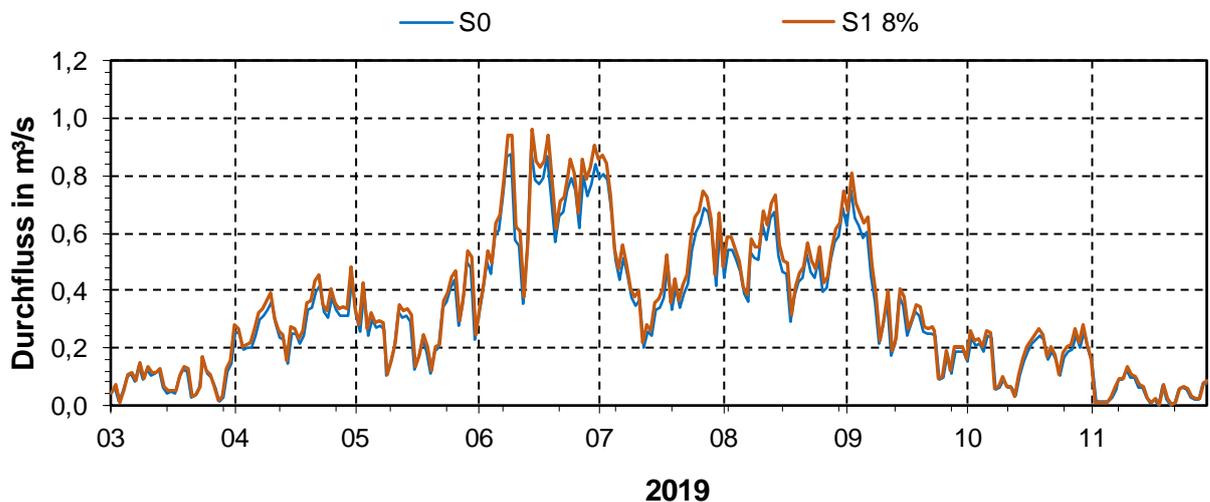


Bild 28: Skalierter äquivalenter Abfluss aus Verdunstung unter der Annahme eines klimabedingten Zunahme um 8% im Vergleich zum bilanzkorrigierten Istzustand

In Tabelle 7 sind der minimale, mittlere und maximale Durchfluss am Pegel Borgsdorf im Betrachtungszeitraum sowie über den Zeitraum von Juli bis September im bilanzkorrigierten Istzustand (S0) im Vergleich zu den Durchflüssen, die sich nach Skalierung mit dem jeweiligen prozentualen Klimafaktor von 25%, 50% und 75% ergeben, zusammengestellt und die jeweiligen Durchflussdifferenzen ( $\Delta Q$ ) zum Istzustand angegeben. Die Zahlen verdeutlichen die Größenordnung, um die die Zuflüsse aus dem bewirtschafteten Einzugsgebiet der Havel erhöht oder die Entnahmen durch die BWB reduziert werden müssten, um den im folgenden gezeigten klimabedingten Wasserspiegelverfall in der Stauhaltung Spandau zumindest teilweise auszugleichen.

Tabelle 7: Summe und Differenz der Summe der über den Zeitraum gemittelten Zuflüsse der Havel (Station Borgsdorf) entsprechend dem prozentualen Ansatz von 25, 50 und 75%

	S0	S1.25%	$\Delta Q_{25\%}$	S1.50%	$\Delta Q_{50\%}$	S1.75%	$\Delta Q_{75\%}$
	m <sup>3</sup> /s						
März bis November (Betrachtungszeitraum)							
Min	0,55	0,42	0,14	0,28	0,28	0,14	0,42
Mittel	5,72	4,29	1,43	2,86	2,86	1,43	4,29
Max	24,4	18,3	6,09	12,3	12,3	6,09	18,3
Juli bis September..							
Min	1,55	1,16	0,39	0,78	0,78	0,39	1,16
Mittel	2,75	2,07	0,69	1,38	1,38	0,69	2,07
Max	5,71	4,28	1,43	2,85	2,85	1,43	4,28

#### 4.5.2 Ergebnisse

Bild 29 zeigt die berechneten Wasserstände mit Bezug auf den OP Spandau für die drei Klimaszenarien mit einem angenommenen Rückgang der Zuflüsse der Oberen Havel um 25%, 50% und 75%. Ebenfalls im Diagramm eingetragen ist der Wasserstand am Unterpegel (UP) Schleuse Plötzensee. Die Schleuse trennt die Stauhaltung Spandau von der Stauhaltung Charlottenburg.

Die Konstruktion der Schleusentore ist nach Angaben des WSA Berlin so ausgelegt, dass sie gegen den höheren Wasserdruck in der Stauhaltung Spandau schließen. In dem Moment, in dem der Wasserstand in der Stauhaltung Spandau unter den in der Stauhaltung Charlottenburg fällt – wie das hier bereits für das Szenario S1.50 der Fall ist – bzw. der Wasserstand in der Stauhaltung Charlottenburg z.B. aufgrund eines Starkregenereignisses in der Innenstadt über den Wasserstand in der Stauhaltung Spandau steigt, würden die Schleusentore nicht mehr schließen (und nach Auskunft des WSA Berlin beschädigt werden) – und sich die Wasserstände in beiden Stauhaltungen ausspiegeln.

Da sich dieser Fall nicht (automatisiert) mit dem Gesamtmodell abbilden lässt, beruhen im Weiteren alle hier berechneten Wasserstände auf der Annahme, dass bei einer Umkehr von Ober- und Unterwasser die Schleusentore (zumindest theoretisch) derart ertüchtigt wurden, dass sie auch in der umgekehrten Richtung – also gegen den dann höheren Wasserstand in den Stauhaltung Charlottenburg – schließen.

Unter den Annahmen des Szenarios S1.25 würde dieser Grenzwasserstand am UP Schleuse Plötzensee gerade noch nicht unterschritten. Gegenüber dem Wasserstand im Istzustand verfällt der Wasserspiegel jedoch um weitere 25 cm. Bei einem Rückgang um 50% hingegen

(S1.50) würde der Wasserstand mit einer Differenz von mehr als 100 cm deutlich unter den Wasserstand im Istzustand absinken. Im worst-case-Szenario mit einem 75%-igen Rückgang bricht die Berechnung dann Ende August sogar ab – dann ist der Wasserspiegel in der Stauhaltung derart niedrig, dass das im Modell am weitesten oberstrom liegende Profil der Havel trockenfällt.

Das Winterstauziel würde im Betrachtungszeitraum nur im Szenario S.1.25 wieder erreicht werden, so dass hier ein, wie in Kapitel 4.4.2 beschriebener, zweiter Iterationsschritt (S1.25.2) erforderlich ist. In den beiden anderen Szenarien wird das Winterstauziel nicht erreicht, so dass nur die wasserstandsabhängige Uferfiltratentnahme im ersten Iterationsschritt (S1.50.1 bzw. S1.75.1) zu berücksichtigen gewesen ist. Die mit fallendem Wasserstand geringere Uferfiltratentnahme des WW Stolpe ist jedoch im Hinblick auf den Verfall der Wasserspiegellagen nahezu vernachlässigbar und wird daher hier nicht gesondert dargestellt.

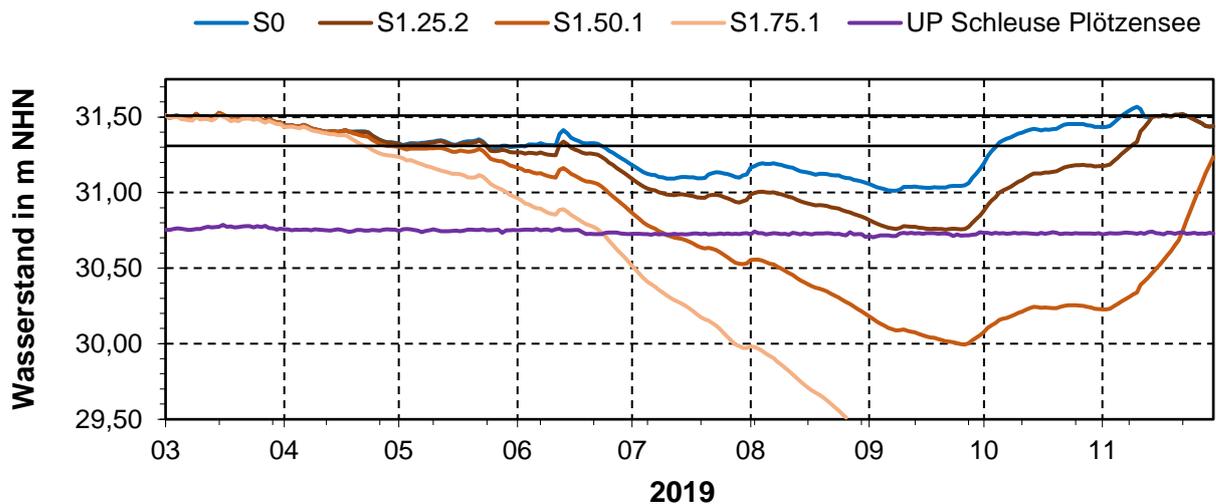


Bild 29: Iterativ bestimmte Wasserstände am OP Schleuse Spandau im Szenario S1

Bild 30 zeigt die wie zuvor beschrieben reduzierten Abflüsse über die Wehre und Schleuse in Spandau. Zu erkennen ist, dass lediglich im Szenario S1.25.2 bis zum Ende des Betrachtungszeitraums (Ende November 2019) wieder der Wasserstand wie im Istzustand erreicht wird, so dass es anschließend wieder zu einem Abfluss in Spandau über die Wehre (und Schleuse) kommen würde. Dabei ist (vereinfachend) bei der Berechnung angenommen worden, dass auch in den letzten zweieinhalb Novemberwochen die Schleusungswassermengen der Schleusen Schönwalde und Plötzensee wie im ersten Iterationsschritt über den gesamten Betrachtungszeitraum angenommen, weiterhin null sind.

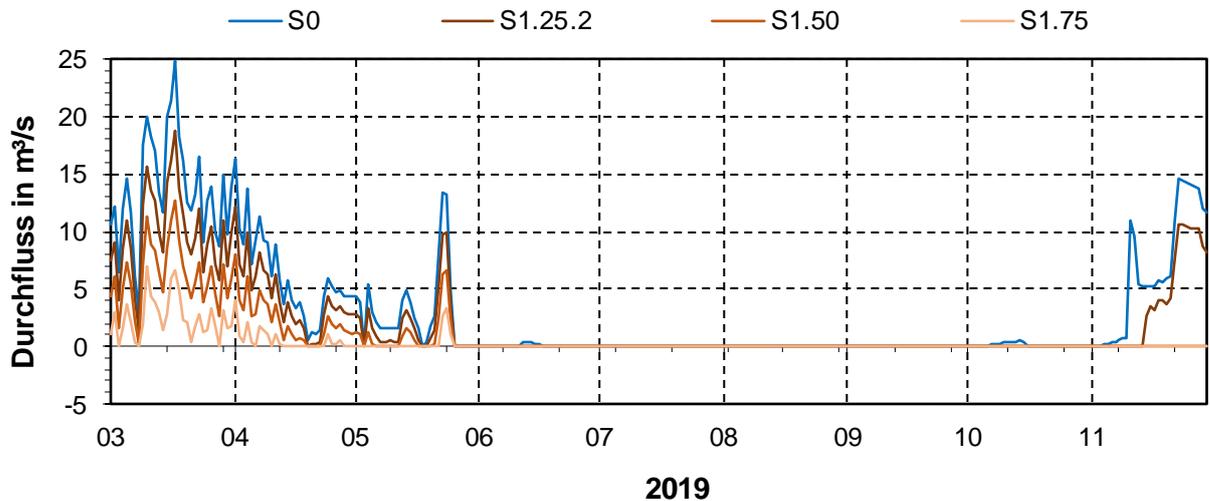


Bild 30: Iterativ bestimmte Abflüsse am OP Schleuse Spandau (Wehre und Schleuse) im Szenario S1

## 4.6 Szenario S2: klima- und baulich bedingte Veränderungen

### 4.6.1 Annahmen

Mit diesem Szenario wird untersucht, wie sich unter den zuvor im S1-Szenario betrachteten klimatisch bedingten Veränderungen der Hydrologie zwei bereits angedachte bauliche Veränderungen auf die Wasserspiegellagen auswirken würden.

Zum einen wird in diesem Szenario angenommen, dass sich durch einen Um- bzw. Neubau der Grabenverschlüsse (Wehre) die Umflut bereits bei Erreichen des Sommerstauziels ( $W = 31,31$  m NHN) auf Null reduzieren lässt. Eine Abwägung mit anderen Belangen (z.B. ökologisch notwendiger Mindestabfluss im Westlichen Abzugsraben) ist nicht erfolgt.

Bild 31 zeigt die (im Modell) angenommene Regressionsbeziehung, mit der der Abfluss über die Umflut im S2-Szenario im Vergleich zum Istzustand berechnet wird.

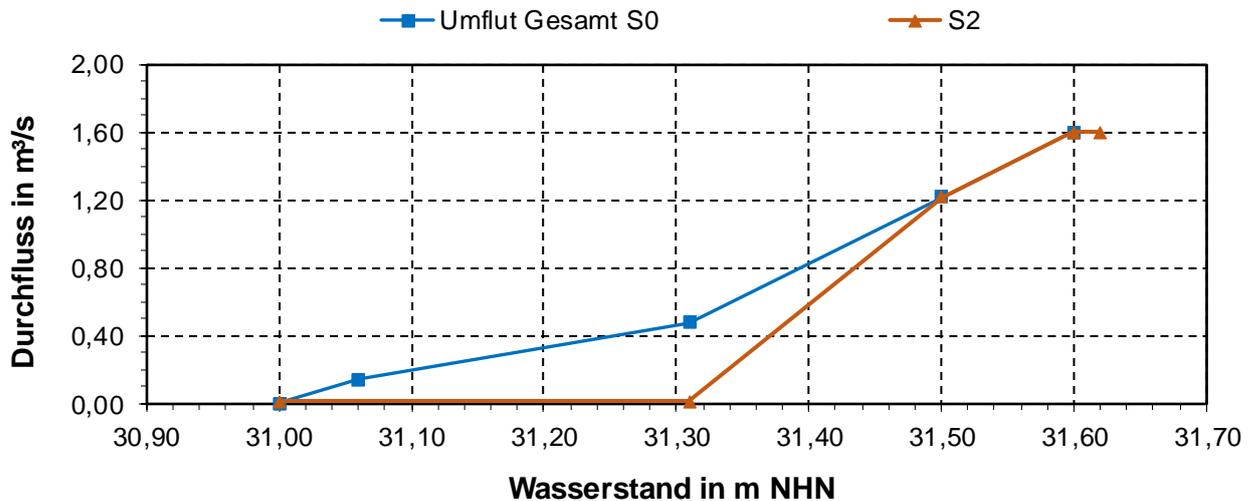


Bild 31: w,Q-Beziehung für den Abfluss über die Umflut im S0- und S2-Szenario

Die weitere Annahme im S2-Szenario betrifft die Abflussaufteilung des geklärten Abwasserablaufs des Klärwerks Schönerlinde. Die bisherige Überleitung in die Panke wird auf 0,5 m³/s reduziert, der dann zukünftig verbleibende Anteil an geklärtem Abwasser wird (direkt) in den Nordgraben übergeleitet. Bild 32 zeigt den Zulauf des Nordgrabens in die Stauhaltung anhand der bilanzkorrigierten Messwerte am Pegel Eisenbahnbrücke (Eingangswerte des S0-Szenarios). Die Ganglinie für das S2-Szenario entspricht der geklärten Abwassermenge des Klärwerks Schönerlinde abzüglich der angenommenen Überleitung von 0,5 m³/s in die Panke und der Überleitung von im Mittel 0,052 m³/s in die "Schönerlinde Forsten" (wie im Istzustand). Eine Ausleitung von Wasser aus der Panke am Verteilerbauwerk Blankenburg entfällt dafür zukünftig. Zu erkennen ist, dass mit dieser Steuerung des Klärwerksabflusses insbesondere in den hier kritischen Sommermonaten der Zufluss über den Nordgraben deutlich erhöht werden würde.

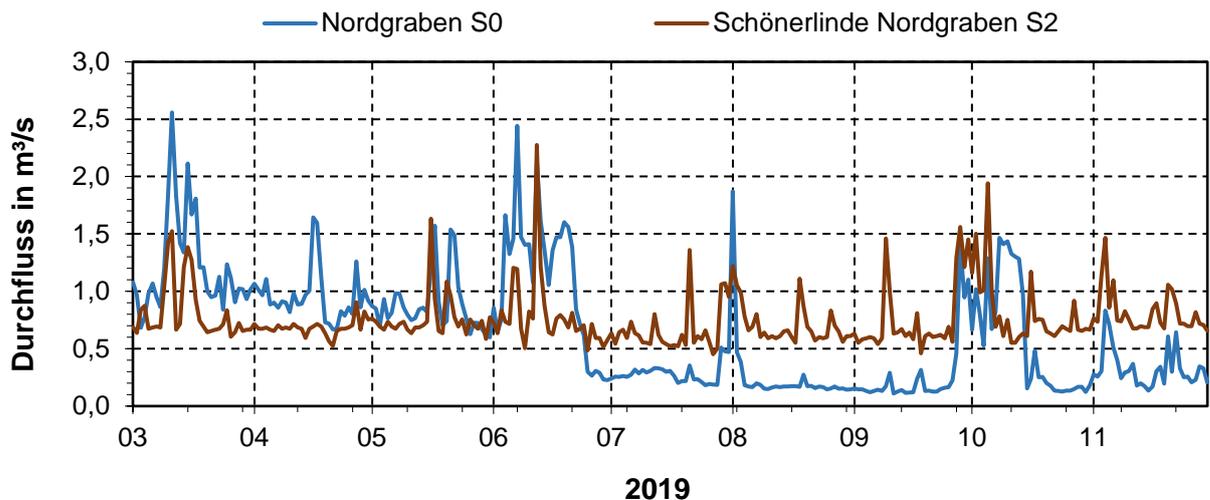


Bild 32: Vergleich des Zuflusses des Nordgrabens (Pegel Eisenbahnbrücke) im bilanzkorrigierten Istzustand (S0) und im S2-Szenario

## 4.6.2 Ergebnisse

Unter den zuvor genannten baulichen Veränderungen würden sich bei gleichzeitig wie im S1-Szenario reduzierten Havelzuflüssen die in Bild 33 gezeigten Wasserstände am OP Schleuse Spandau einstellen. Zu erkennen ist, dass die reduzierte Umflut und der in den Sommermonaten erhöhte Zufluss über den Nordgraben ausreichen würden, um einen 25%-igen Rückgang des Havelzuflusses sowie die um 8% höhere Verdunstung gegenüber dem Istzustand (S0) (mehr als) auszugleichen.

Sollte der Havelzufluss im betrachteten Zeitraum des Trockenjahrs 2019 jedoch wie angenommen um 50% zurückgehen, so würden auch diese beiden Maßnahmen nicht ausreichen, um einen weiteren Verfall des Wasserstands sogar bis unter den der Stauhaltung Charlottenburg zu verhindern. Ebenso wenig kann im Fall eines 75%-igen Rückgangs das Leerlaufen der Stauhaltung, dessen Berechnung unterhalb eines Wasserstands von 29,50 m NHN im Modell abbricht, durch die baulichen Maßnahmen nur zeitlich leicht verzögert, aber nicht verhindert werden.

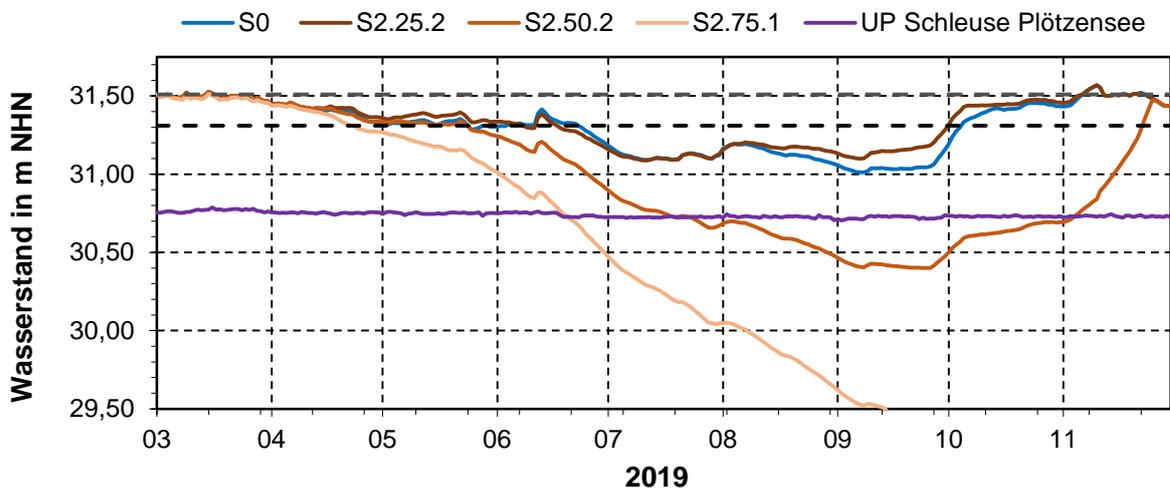


Bild 33: Iterativ bestimmte Wasserstände am OP Schleuse Spandau im Szenario S2

## 4.7 Szenario S3: klima-, baulich und bedarfsbedingte Veränderungen

### 4.7.1 Annahmen

Die bedarfsbedingten Annahmen hinsichtlich der an den prognostizierten Trinkwasserbedarf im Jahr 2050 angepassten Rohwasserförderung der drei Wasserwerke und die damit erhöhte Entnahme aus der Stauhaltung Spandau in Form von Uferfiltrat und Grundwasseranreicherung ist bereits in Kapitel 4.4.1 für das Szenario S0.2050 beschrieben worden.

Da für das Klärwerk Schönierlinde eine gegenüber heute gleichbleibende Reinigungsleistung in den Planungen der BWB angenommen wird, ergeben sich auch für die geklärten Abwassermengen, die aus dem Klärwerk in den Nordgraben übergeleitet werden, keine Änderungen gegenüber der in Kapitel 4.6.1 beschriebenen baulichen Annahme für das S2-Szenario.

#### 4.7.2 Ergebnisse

Mit dem S3-Szenario werden die zunächst in ihrer Größenordnung einzeln untersuchten Einflüsse aus klimabedingten (S1) und baulich bedingten Veränderungen (S2) nun in Kombination mit dem wie geplant zu deckenden zukünftigen Wasserbedarf (und dem hier wie prognostiziert nicht erhöhten Anteil an geklärtem Abwasser) betrachtet.

Im Ergebnis werden für die drei unterschiedlichen klimabedingten Annahmen die folgenden, in Bild 34 gezeigten Ganglinien der Wasserstände, berechnet. Zu erkennen ist, dass bei einer zusammenfassenden Betrachtung aller bis zum Jahr 2050 zu erwarteten Veränderungen in extremen Trockenjahren auch im günstigsten Fall (S3.25.2) ein Verfall des Wasserspiegels eintreten würde, der mit einem Absinken unter das Stauziel der Stauhaltung Charlottenburg weitere, zumindest hydraulische Überlegungen und wasserbauliche wie auch wasserwirtschaftliche Maßnahmen, erfordern würde.

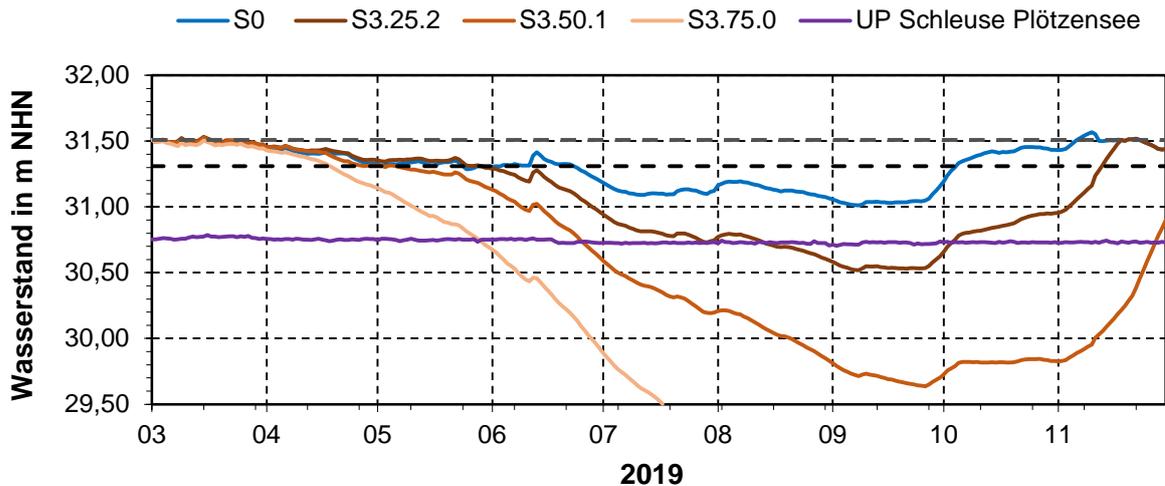


Bild 34: Iterativ bestimmte Wasserstände am OP Schleuse Spandau im Szenario S3

#### 4.8 Szenario S4: Fehlbetrag in der Wasserbilanz bei klima-, baulich und bedarfsbedingten Veränderungen und dem Einhalten des Sommerstauziels

##### 4.8.1 Annahmen

Mit diesem abschließenden Szenario wird der Fehlbetrag in der Wasserbilanz berechnet, der erforderlich wäre, damit auf der Grundlage des Istzustandes und der Summe der zuvor für die Szenarien S1, S2 und S3 beschriebenen Annahmen, der Wasserspiegel in der Stauhaltung Spandau auf dem Niveau des angestrebten Sommerstauziels von 31,31 m NHN gehalten werden kann. Dazu ist im Modell der in Bild 35 gezeigte Wasserspiegelverlauf (S4) über den Betrachtungszeitraum vorgegeben worden.

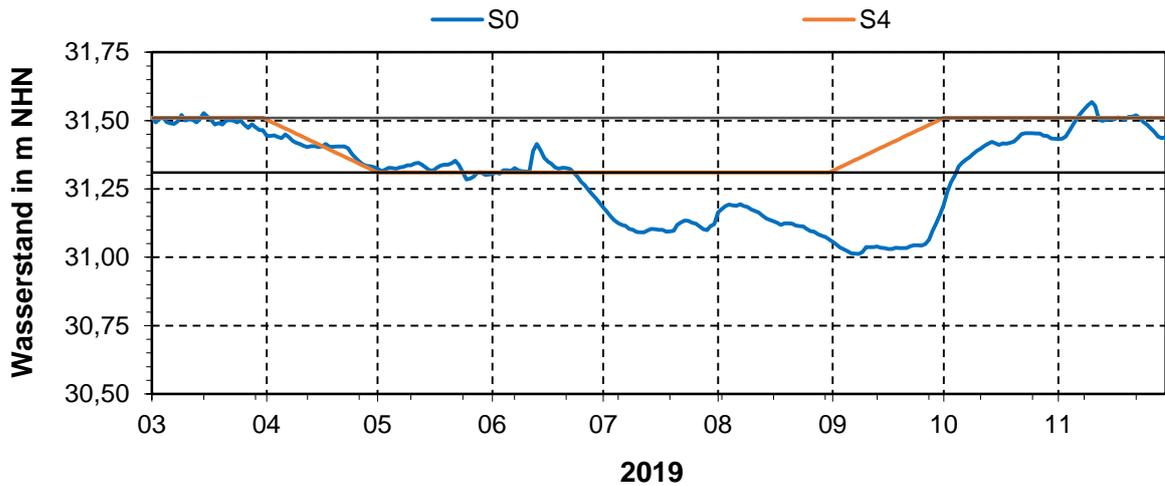


Bild 35: Vorgegebener Wasserstand am OP Schleuse Spandau im Szenario S4

Durch den hier gegenüber dem Istzustand angenommenen höheren Wasserstand erhöht sich zum einen zeitweise die Umflut, ist aber aufgrund der für das S2-Szenario angenommenen baulichen Änderungen insgesamt niedriger als im Istzustand (siehe Bild 36). Gleichzeitig erhöht sich durch die wasserstandsabhängige Definition des Uferfiltratanteils an der Rohwasserförderung die Entnahmemenge des WW Stolpe bei einem höheren Wasserstand als im Istzustand (S0), siehe Bild 37.

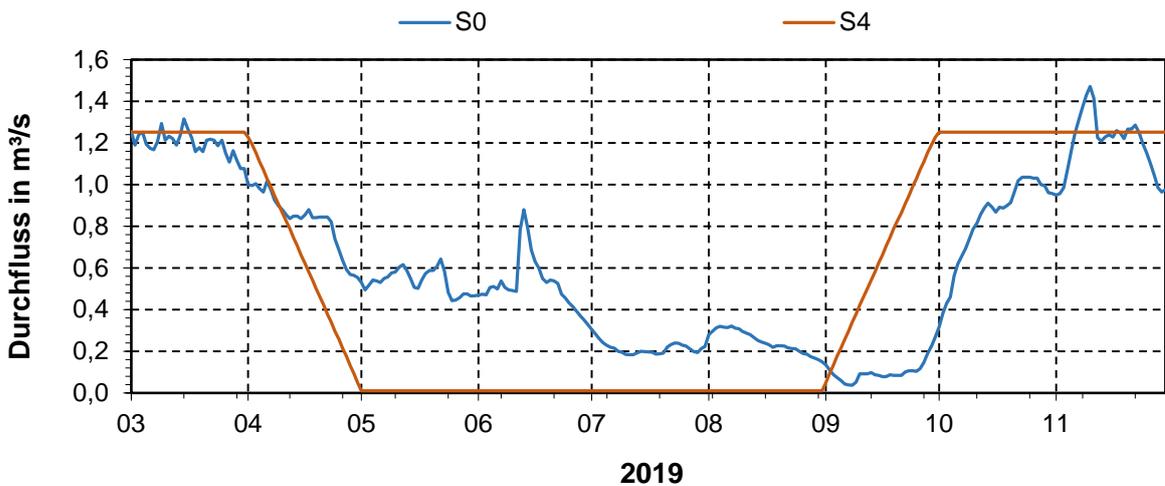


Bild 36: Abfluss über die Umfluter bei baulicher Veränderung (S2) gegenüber dem Istzustand im Szenario S4

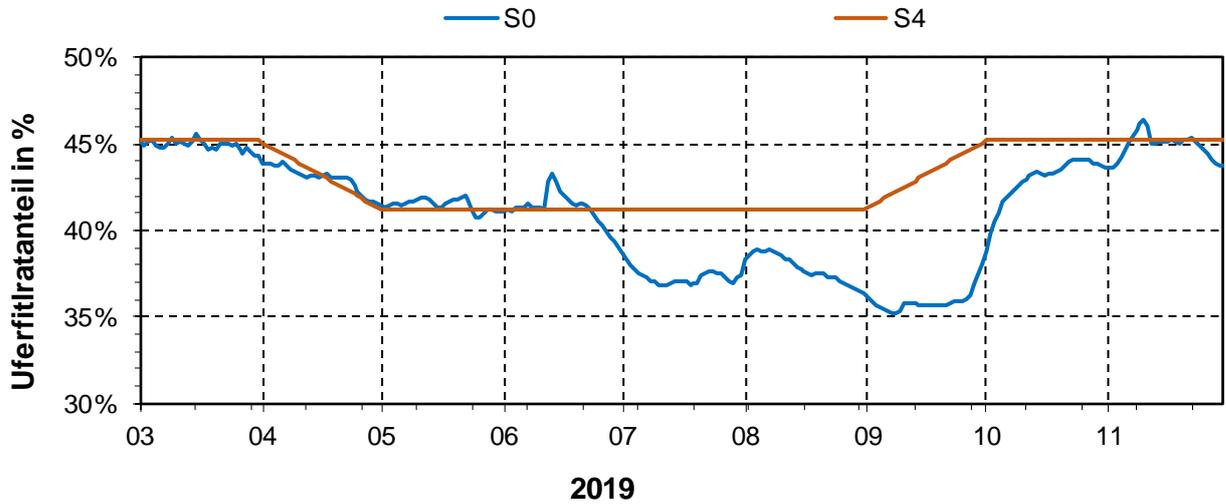


Bild 37: Prozentualer Anteil des Uferfiltrats an der Rohwasserförderung des WW Stolpe bei vorgegebenen Wasserstand (Stauziel) im Szenario S4

#### 4.8.2 Ergebnisse

Bild 38 zeigt den erforderlichen Durchfluss (erhöhter Zufluss oder geringerer Abfluss bzw. Wasserwerkentnahme), um den im Szenario S4 vorgegebenen Wasserstand (Stauziel, vgl. Bild 35) bei den unterschiedlich klimabedingt zurückgehenden Zuflüssen aus dem oberhalb gelegenen Einzugsgebiet der Havel nicht zu unterschreiten.

Dabei ist zunächst – wie bereits auch bei den anderen Szenarien – der Abfluss über die Wehre und Schleusen, soweit zum Halten des Stauziels erforderlich, bis auf null reduziert worden, sind also in dem Fehlbetrag nicht enthalten.

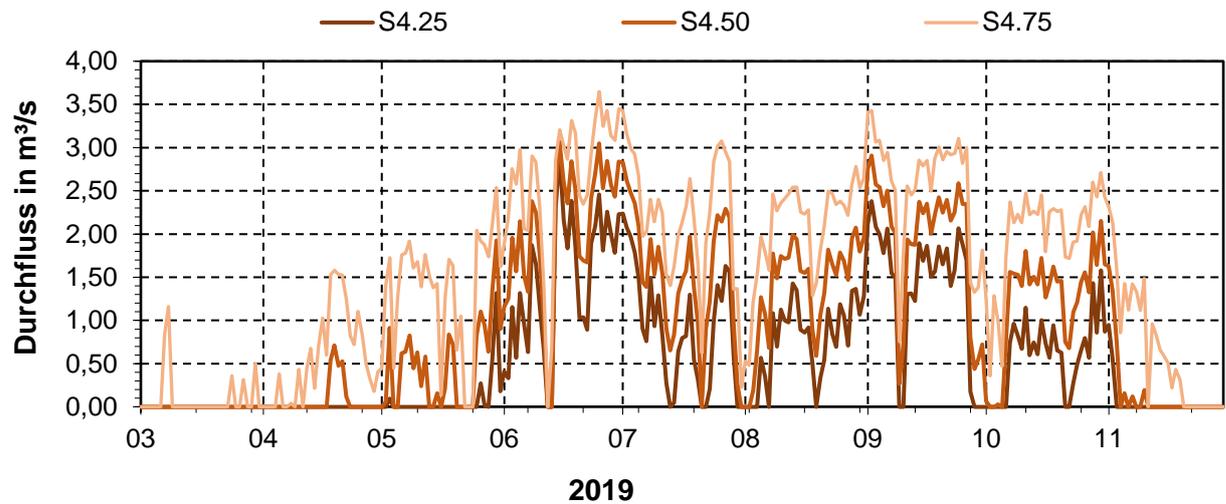


Bild 38: Benötigter Durchfluss (erhöhter Zufluss oder geringere Entnahme), um den vorgegebenen Wasserstand (Stauziel) im Szenario S4 zu halten

Die dazugehörigen Kennwerte einschließlich der kumulierten Fehlmenge im Betrachtungszeitraum sind in Tabelle 8 zusammengestellt.

Tabelle 8: Minimal, mittlerer und maximal fehlender Durchfluss sowie die Fehlmenge im Betrachtungszeitraum im Szenario S4

	S4.25		S4.50		S4.75	
	m <sup>3</sup> /s	Mio. m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /s	Mio. m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /s	Mio. m <sup>3</sup>
Min	0,00	13,8	0,00	23,2	0,00	37,3
Mittel	0,58		0,97		1,57	
Max	2,93		3,07		3,65	

#### 4.9 Zusammenfassung

Nachdem in den vorangegangenen Kapiteln die Wasserstände jeweils für ein Szenario die drei unterschiedlichen Annahmen für den klimabedingten Rückgang des Havelzuflusses und der Zunahme der Verdunstung dargestellt worden sind, zeigen die nachfolgenden drei Grafiken jeweils die berechneten Wasserstände für den gleichen Prozentsatz, um den der Havelzufluss jeweils reduziert worden ist, so dass sich die einzelnen Faktoren:

- S1 – klimabedingt
- S2 – baulich und
- S3 – bedarfsbedingt

direkt miteinander vergleichen lassen.

In Bild 39 ist zu erkennen, dass bereits in einem mit dem extremen Trockenjahr 2019 vergleichbaren Zeitraum bei einem klimabedingten Rückgang des Havelzuflusses um 25% (S1.25), trotz der bereits angedachten Maßnahmen (vgl. S2), die für 2050 prognostizierte Entnahme der drei Wasserwerke Tegel, Spandau und Stolpe zur Trinkwasserversorgung von dann 4,2 Mio. Einwohnern (S3) zu einem zeitweisen Absinken des Wasserspiegels unter den in der Stauhaltung Charlottenburg (UP Plötzensee) führen würde.

Um das bisher vorgegebene Stauziel auch unter den Annahmen des Szenarios S3 wie geplant halten zu können (S4), fehlt bei einem Rückgang der Zuflüsse um 25% bzw. um im Mittel 1,43 m<sup>3</sup>/s (vgl. Tabelle 8) Wasser von im Mittel 0,58 m<sup>3</sup>/s bzw. 13,8 Mio. m<sup>3</sup>.

Die beiden weiteren, hier betrachteten klimabedingten Annahmen (Rückgang um 50% bzw. 75%) führen dann zu einem mehr oder weniger starken Leerlaufen der Stauhaltung (siehe Bild 40 und Bild 41).

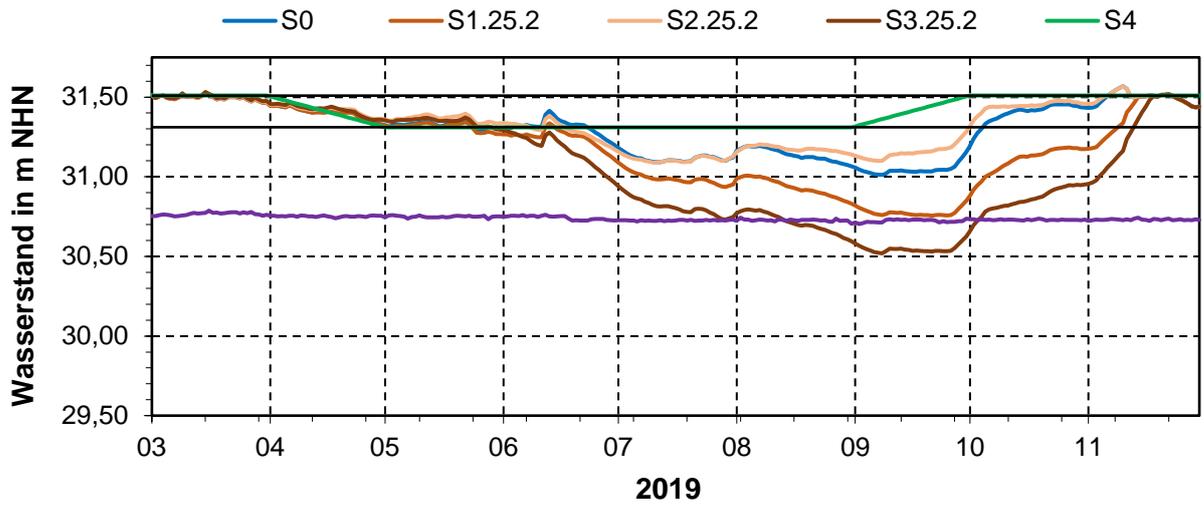


Bild 39: Vergleich der Wasserstände bei einem klimatisch bedingten Rückgang des Havelzuflusses um 25% unter den weiteren Annahmen der Szenarien S1, S2 und S3

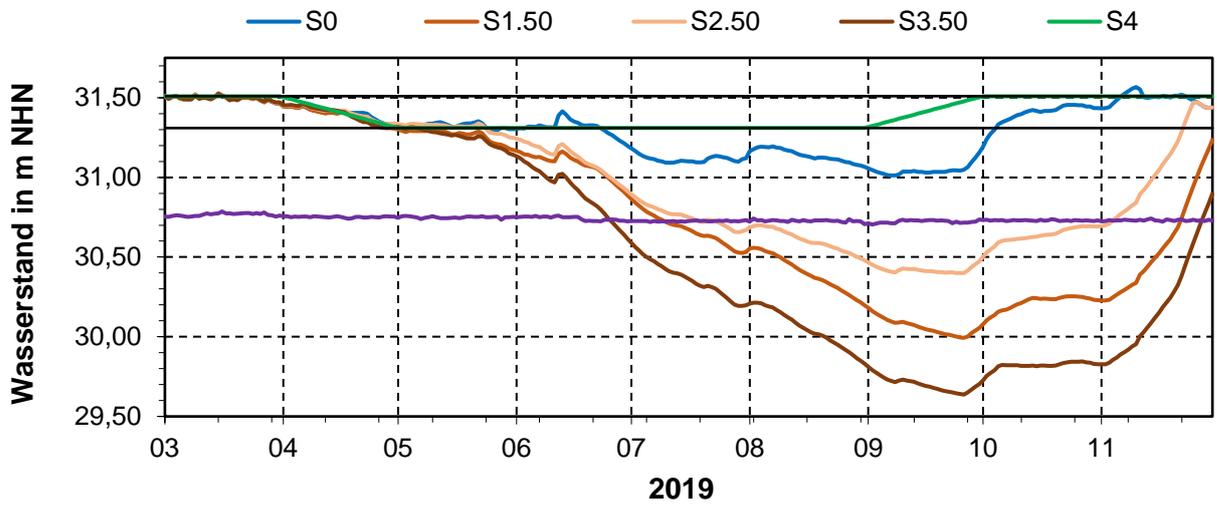


Bild 40: Vergleich der Wasserstände bei einem klimatisch bedingten Rückgang des Havelzuflusses um 50% unter den weiteren Annahmen der Szenarien S1, S2 und S3

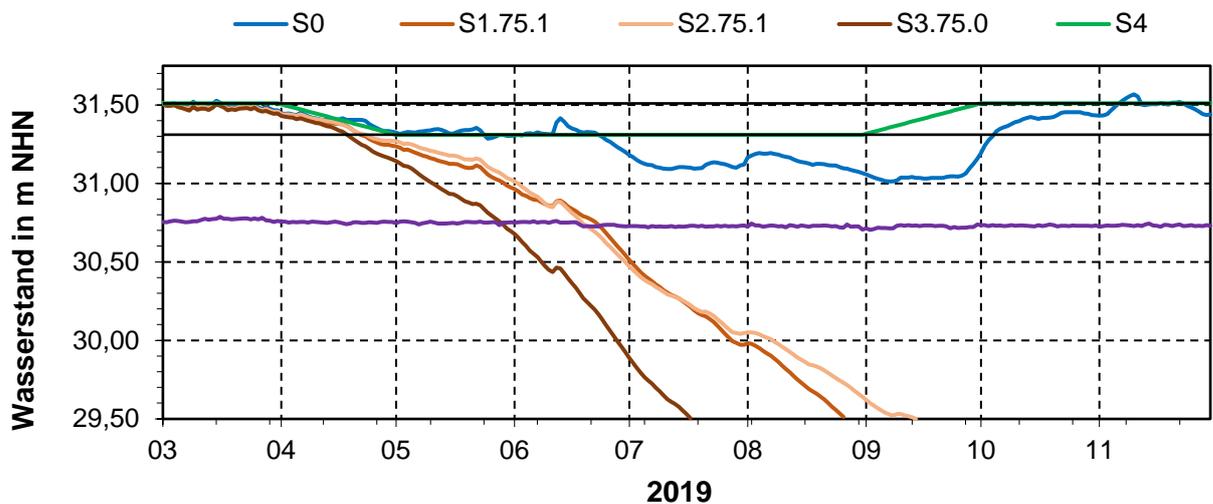


Bild 41: Vergleich der Wasserstände bei einem klimatisch bedingten Rückgang des Havelzuflusses um 75% unter den weiteren Annahmen der Szenarien S1, S2 und S3

Wie in den vorangegangenen Grafiken zu erkennen ist, beginnt im Istzustand der Abfall des Wasserspiegels unter das Sommerstauziel ab Ende Juni, das dann erst Ende September wieder erreicht wird. In Tabelle 10 sind für diesen Zeitraum vom 01.07.2019 bis 30.09.2019 die Mittelwerte der einzelnen Komponenten der Wasserbilanz für die Stauhaltung zusammengestellt.

Diese Bilanz setzt sich aus den Zuflüssen (Havel, Tegeler Fließ und Nordgraben) sowie dem Niederschlag (N) auf die Seefläche sowie dem Abfluss über die Wehre und über die Schleusen, der Entnahme durch die Wasserwerke (WW) sowie der Verdunstung (V) zusammen. Als letzte Komponente verbleibt die Retention (vgl. Gleichung 1, Kap. 3.3.2), also der der Wasserstandsänderung entsprechende Abflussanteil ( $\Delta Q_s$ ). Dieser ist positiv, wenn der Wasserstand am Ende des Betrachtungszeitraums (30.09) höher liegt als am Anfang (01.07) - der „Speicher“ also gefüllt - und negativ im umgekehrten Fall, wenn der Speicher also geleert worden ist.

Weder im Istzustand (S0) noch in einem der drei Szenarien (S1, S2 und S3) ist bzw. konnte Wasser über die Wehre abgegeben werden. Auch die drei Schleusen wären in den drei Szenarien im gesamten Dreimonatszeitraum geschlossen. Diese für die Wasserbilanz positive Annahme wird in der Praxis nicht umzusetzen sein, da weiterhin Schiffsverkehr und somit Schleusungswasserverluste auftreten werden.

Für die Umflut über die Gräben ist zu erkennen, dass für den hier gewählten Betrachtungszeitraum die bauliche Maßnahme (S2, vgl. Kapitel 4.6.1) bedeutungslos ist, da aufgrund des bis Ende Juni schon stattgefundenen Verfalls des Wasserspiegels unter 31,00 m NHN auch im Istzustand der Gräben (Szenario S0 und S1) kein Abfluss mehr angenommen wird (vgl. Bild 31).

In den Sommermonaten 2019 war der äquivalente Abfluss infolge Verdunstung etwa viermal höher als der Zufluss aus dem Niederschlag. Die mit dem Szenario S1 auch für die beiden

weiteren Szenarien angenommene, klimabedingt erhöhte Verdunstung um 8% ist in der Gesamtbilanz mit 0,03 m<sup>3</sup>/s nahezu vernachlässigbar.

Tabelle 9: Mittelwerte der einzelnen Komponenten der Wasserbilanz für den Zeitraum Juli bis September 2019 (Stauhaltung Spandau)

Szenario	Zufluss	N	Wehre	Schleusen	Umflut	Wasserwerke	V	ΔQS
	m <sup>3</sup> /s							
S0	3,09	0,11	0,00	0,28	0,19	2,34	0,44	-0,05
S0.2050	3,09	0,11	0,00	0,00	0,04	2,89	0,44	-0,17
S1.25	2,40	0,11	0,00	0,00	0,02	2,31	0,47	-0,29
S1.50	1,72	0,11	0,00	0,00	0,01	2,22	0,47	-0,89
S1.75	1,03	0,11	0,00	0,00	-	-	0,47	-
S2.25	2,85	0,11	0,00	0,00	0,01	2,34	0,47	0,13
S2.50	2,16	0,11	0,00	0,00	0,01	2,26	0,47	-0,48
S2.75	1,47	0,11	0,00	0,00	-	-	0,47	-
S3.25	2,85	0,11	0,00	0,00	0,01	2,84	0,47	-0,37
S3.50	2,16	0,11	0,00	0,00	0,01	2,81	0,47	-1,03
S3.75	1,47	0,11	0,00	0,00	-	-	0,47	-

N = Niederschlag, V = Verdunstung, -ΔQS = Speicherentnahme

Im Istzustand entspricht die Wasserstandsänderung im Mittel über die drei Monate einer zusätzlichen Entnahme (ΔQ<sub>s</sub>) von 0,05 m<sup>3</sup>/s. Dem steht ein Abfluss über die beiden Schleusen Schönwalde und Plätzensee vom 0,28 m<sup>3</sup>/s und eine Wasserwerkentnahme von 2,34 m<sup>3</sup>/s gegenüber.

Lediglich im Szenario S2.25 – aufgrund der angenommen höheren Zuflüsse über den Nordgraben (vgl. Kapitel 4.6.1) – wird der Speicher im Mittel über die drei Monate mit ΔQ<sub>s</sub> = 0,13 m<sup>3</sup>/s gefüllt, d.h. der Wasserstand liegt Ende September höher als Anfang Juni.

In allen anderen Szenarien kommt es zu einer mehr oder großen Entnahme aus dem Speicher der Stauhaltung, wenn bei einem entsprechend niedrigeren klimabedingten Zufluss der Havel der Wasserbedarf der Wasserwerke gedeckt werden soll. Deren mittlere Entnahmemenge der Szenarien S0, S1 und S2 mit dem Bedarf des Istzustands und der Szenarien S0.2050 und S3 mit dem für 2050 angenommen Bedarf unterscheidet sich geringfügig aufgrund der wasserstandsabhängigen Definition des Uferfiltratanteils des Wasserwerks Stolpe.

Bei einem angenommenen Rückgang des Zuflusses der Havel um 75% reicht in keinem der drei Szenarien das Volumen der Stauhaltung aus, um über drei Monate die Differenz zwischen Zu- und Abfluss (Wasserwerkentnahme und Verdunstung) bei geschlossenen Wehren und eingestelltem Schleusenbetrieb auszugleichen.

## 5 Stauhaltung Mühlendamm

### 5.1 Modellskizze

Das hydronumerische 1D-Modell der Stauhaltung Mühlendamm umfasst die Spree-Oder-Wasserstraße (SOW) von Schleuse Mühlendamm bis zum Pegel Schmöckwitz einschließlich des Rummelsburger Sees (RuS) sowie südlich der Spree die folgenden Kanäle. Einen Überblick über das in BIBER abgebildete Modell des Gewässersystems der Stauhaltung gibt die Systemskizze in Bild 42.

### 5.2 Randbedingungen und Istzustand

#### 5.2.1 Wasserstand

Die Wasserstände in der Stauhaltung werden weitestgehend über die Stellung der Wehre Mühlendamm und Kupfergraben mit Bezug auf den Wasserstand am Pegel Köpenick gesteuert. Am OP Mühlendamm, dessen Wasserstand im Modell vorgegeben bzw. in den Szenarien iterativ berechnet wird, gelten die folgenden unteren Grenzwasserstände:

- |                           |  |
|---------------------------|--|
| $W > 32,10 \text{ m NHN}$ | BWu (Unterer Betriebswasserstand) ohne Einschränkungen für die Schifffahrt   |
| $W > 32,00 \text{ m NHN}$ | keine Freilegung von historischen Hohlpundwänden im Bereich Mühlendammschleuse und Spreekanal gemäß Verwaltungsvereinbarung zwischen SenUVK und WSA Berlin zur Steuerung im Hochwasserfall |

Ohne ein „Leerlaufen“ der Stauhaltung wie im Fall der zuvor betrachteten Stauhaltung Spandau sind die unteren Grenzwerte jedoch nur im Hochwasserfall von Bedeutung, da die Wehrklappen bis zu einer Höhe von 32,28m NHN geschlossen werden können. Im Hochwasserfall dagegen muss der Wasserstand am OP Mühlendamm möglichst tief (aber nicht tiefer als 32,00 m NHN) abgesenkt werden, um höhere Wasserstände oberhalb in Köpenick zu verhindern.

Die Wasserstände (Messwerte WSA Berlin) werden im Teilmodell dieser Stauhaltung am OP Mühlendamm vorgegeben.

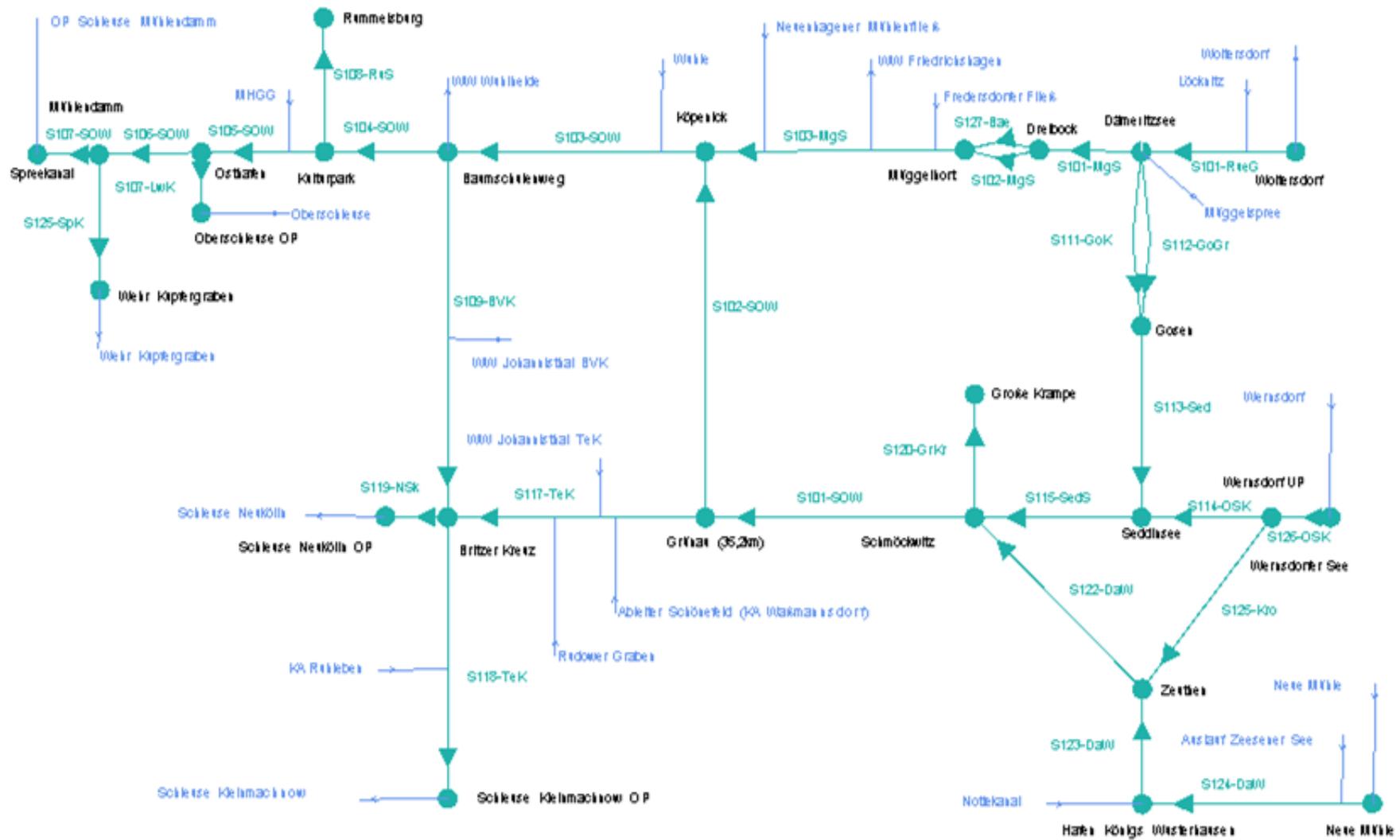


Bild 42: Modellskizze der Stauhaltung Mühlendamm mit der Definition des Gewässergraphens und den Randbedingungen

### 5.2.2 Zuflüsse

Im Modell der Stauhaltung Mühlendamm werden die folgenden Zuflüsse mit Angabe des Pegels der Messwerte (Tagesmittelwerte) an den schiffbaren Gewässern 1. Ordnung (Bundeswasserstraßen) berücksichtigt:

- Rüdersdorfer Gewässer, Pegel Woltersdorf OP
- Oder-Spree-Kanal, Pegel Wernsdorf OP
- Müggelspree, Pegel Große Tränke Wehr UP
- Dahme, Pegel Neue Mühle UP

sowie die Zuflüsse aus den Nebengewässern 2. Ordnung (Landesgewässer):

- Nottekanal, Pegel Königs Wusterhausen Schleuse OP
- Löcknitz, Pegel Grünheide
- Auslauf Zeesener See, Pegel Senzig
- Fredersdorfer Fließ, Pegel Hegemeisterweg
- Neuenhagener Mühlenfließ, Pegel Wiesengrund
- Wuhle, Pegel Am Bahndamm
- Marzahn-Hohenschönhausener-Grenzgraben, Pegel Allee der Kosmonauten und
- Rudower Graben, Einzugsgebietsanteil niederschlagsabhängig geschätzt auf im Mittel 0,155 m<sup>3</sup>/s

Die Zuflüsse aus den Regenwasser- bzw. Mischwassereinzugsgebieten sowie aus dem Selchower Flutgraben, der in den Zeuthener See mündet, werden nicht berücksichtigt, da keine Messwerte dafür vorliegen.

### 5.2.3 Abfluss über die Wehre

Der Abfluss aus der Stauhaltung erfolgt gesteuert über die Wehre Mühlendamm, Kupfergraben, Kleinmachnow und Oberschleuse. Vom WSA Berlin konnten auf Anfrage neben den Messwerten an den offiziellen Pegeln der Stauanlagen, (die sich aus der Summe der Abflüsse über die Wehre, den Spaltwasserverlusten und den Schleusungswassermengen zusammensetzen) auch die Abflüsse über die vier Wehre als Zeitreihe übergeben werden. Diese Werte umfassen, so zumindest die bisherige Annahme, auch den unkontrollierten Abfluss infolge von Spaltwasserverlusten an den Wehren und Schleusenverschlüssen.

Nach Angaben des WSA Berlin betragen die Spaltwasserverluste:

- Wehr und Schleuse Mühlendamm: 1,8 m<sup>3</sup>/s
- Wehr Kupfergraben: 0,6 m<sup>3</sup>/s
- Wehr und Schleuse Kleinmachnow: 1,0 m<sup>3</sup>/s
- Wehr und Schleuse Oberschleuse: nicht bekannt

An der Schleuse Neukölln befindet sich ein ungeregelter Auslass, dessen Abfluss geschätzt mit konstant  $0,3 \text{ m}^3/\text{s}$  angenommen wird.

#### 5.2.4 Abfluss über die Schleusen (Schleusungswasser)

Die Stauhaltung besitzt vier Schleusen, die ihr Schleusungswasser nach unterstrom abgeben - die Schleuse Mühlendamm als Verbindung zur Stauhaltung Charlottenburg, die Schleuse Oberschleuse als Verbindung zum Landwehrkanal, die Schleuse Kleinmachnow als Verbindung zur Stauhaltung Brandenburg sowie die Schleuse Neukölln als Verbindung zum Neuköllner Schifffahrtskanal. Die Schleuse Neukölln ist die einzige Stauanlage in Berlin, die sich in Landesbesitz befindet.

Die Schleusungswassermengen im Betrachtungszeitraum für die Schleusen in Bundesbesitz zeigen Bild 43 (Mühlendamm), Bild 44 (Oberschleuse), Bild 45 (Kleinmachnow). Messwerte für die Schleusungswassermengen der Schleuse Neukölln liegen nicht vor. Die Schleusungswassermengen sind in dem konstant angenommenen Abfluss von  $0,3 \text{ m}^3/\text{s}$  (siehe oben) enthalten.

An den Schleusen des WSA Berlin wurden in den Sommermonaten 2019 Sammelschleusungen durchgeführt.

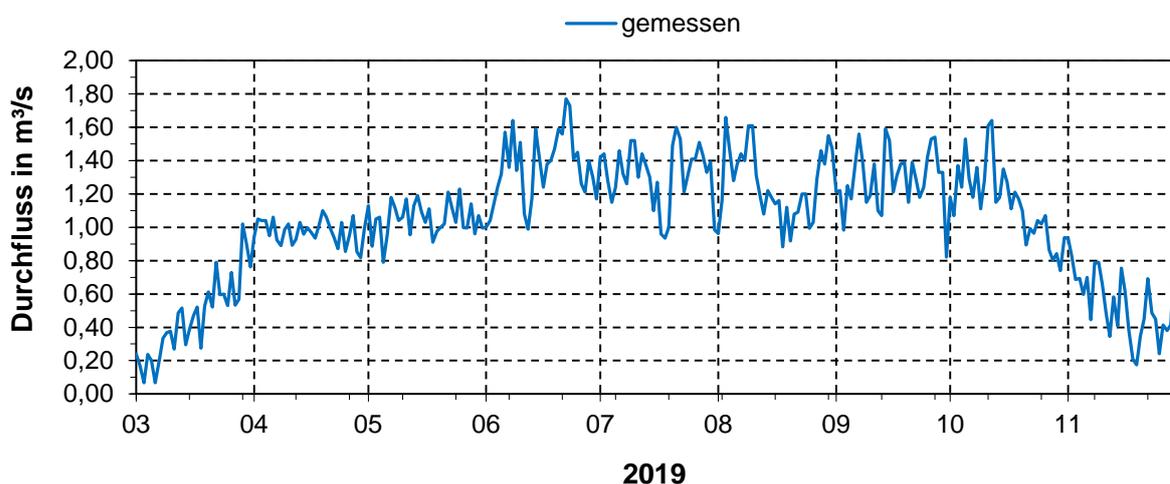


Bild 43: Abfluss infolge Schleusungen der Schleuse Mühlendamm (Quelle: WSA Berlin)

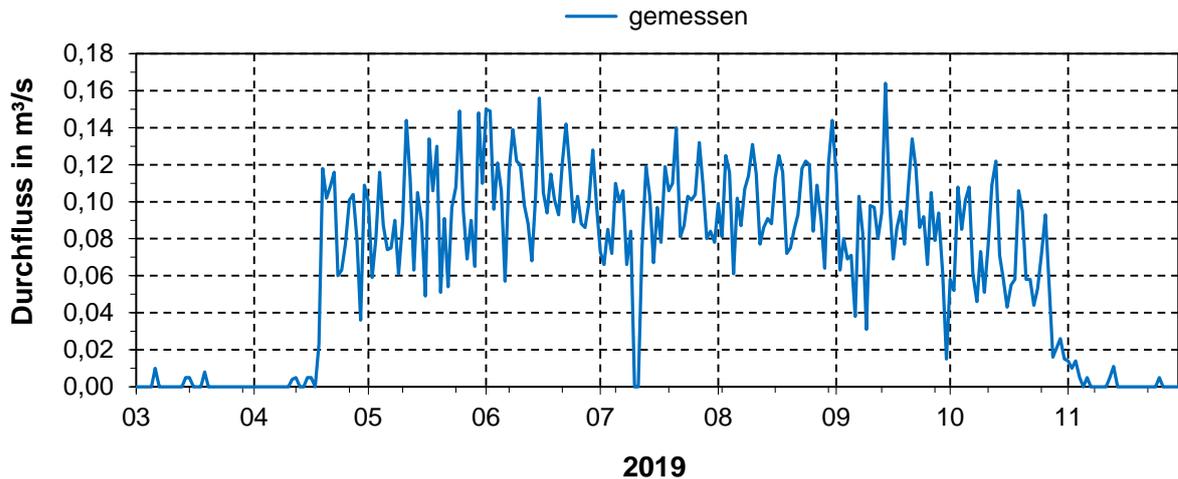


Bild 44: Abfluss infolge Schleusungen der Schleuse Oberschleuse (Quelle: WSA Berlin)

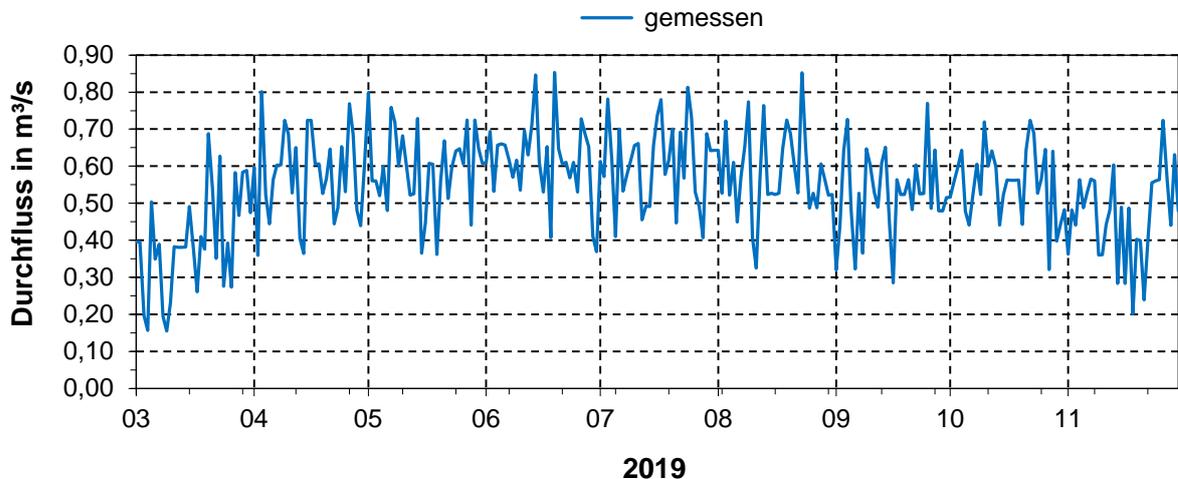


Bild 45: Abfluss infolge Schleusungen der Schleuse Kleinmachnow (Quelle: WSA Berlin)

### 5.2.5 Niederschlag und Verdunstung

Im Modell der Stauhaltung Mühlendamm werden für die folgenden Gewässerabschnitte Niederschlag und Verdunstung in Form eines linienförmigen äquivalenten Zuflusses (Niederschlag) bzw. Abflusses (Verdunstung) berücksichtigt.

Als Eingangsdaten werden die täglichen Niederschlags- bzw. Verdunstungshöhen des Deutschen Wetterdienstes (DWD) an der Station Schönefeld verwendet. Diese werden über die in Tabelle 10 zusammengestellten Seeoberflächen programmintern in äquivalente linienförmige Zu- bzw. Abflüsse für die entsprechenden Gewässerabschnitte (Stränge) umgerechnet.

Tabelle 10: Zusammenstellung der im Modell berücksichtigten Seeflächen mit Niederschlag und Verdunstung

Nr.	Name	Oberfläche in km <sup>2</sup>
1	Dämeritzsee	1,05
2	Krossinsee	0,58
3	Langer See	3,84
4	Müggelsee	7,5
5	Rummelsburger See	0,61
6	Seddinsee nördlich	2,13
7	Seddinsee südlich	0,71
8	Zeuthener See	2,66
	<b>Summe</b>	<b>19,08</b>

### 5.2.6 Wasserwerke

Aus der Stauhaltung Mühlendamm entnehmen die Wasserwerke Friedrichshagen und Wuhlheide indirekt (über die Uferfiltration) Oberflächenwasser. Die prozentualen Anteile laut Mitteilung der BWB sind in Tabelle 11 zusammengestellt.

Eine Stützung der Grundwasserverhältnisse über eine Anreicherung wird in keinem der zwei Wasserwerke durchgeführt.

Tabelle 11: Zusammenstellung der Annahmen zur Wasserentnahme der Wasserwerke aus der Stauhaltung Mühlendamm / Kleinmachnow

Wasserwerk	Uferfiltrat (-anteil) an der RWF	Grundwasseranreicherung (GWA)	Rohwasserförderung (RWF) 2019
			in Mio. m <sup>3</sup>
Friedrichshagen	66,7%	keine	60,0
Wuhlheide	42,8%	keine	9,9

Quelle: (BWB; Email von Herrn Schimmelpfennig (BWB) an Herrn Dr. Creutzfeldt (SenUVK) vom 28. Februar 2017)

Im Wasserwerk Johannisthal wird derzeit Wasser ausschließlich zur Grundwassersanierung gefördert. Zum einen in der sogenannten Grundwasserhaltung „Teltowkanal“, zum anderen in der Grundwasserhaltung „Neue Königsheide“. Das geförderte Wasser, mit Anteilen aus Uferfiltrat und landseitigem Grundwasser wird an zwei Einleitstellen wieder in die Oberflächengewässer zurückgeleitet:

- Rohwasserförderung WW = GW Haltung TK + GW Haltung NKH
- Uferfiltrat: = 0,55 \* GW Haltung TK + GW Haltung NKH

Die nicht zu den Berliner Wasserbetrieben gehörenden Wasserwerke Erkner, Königswusterhausen und Eichwalde werden nicht berücksichtigt, da entsprechende Informationen über die Rohwasserförderung, den Anteil an Uferfiltrat oder den zukünftigen Bedarf nicht vorlagen.

### 5.2.7 Klärwerke

Der Teltowkanal bildet die Vorflut für die geklärten Abwassereinleitungen der Klärwerke Waßmannsdorf und Ruhleben. Während das Klärwerk Waßmannsdorf ganzjährig den größten Teil seines geklärten Abwassers über den Ableiter Schönefeld bzw. Rudower Graben in den Rudower Arm des Teltowkanals einleitet (siehe Bild 46), wird der nicht UV-desinfizierte Anteil am geklärten Abwasser des Klärwerks Ruhleben nur in den Sommermonaten über eine Druckrohrleitung quer durch den Südwesten Berlins in den Teltowkanal gepumpt (siehe Bild 47).

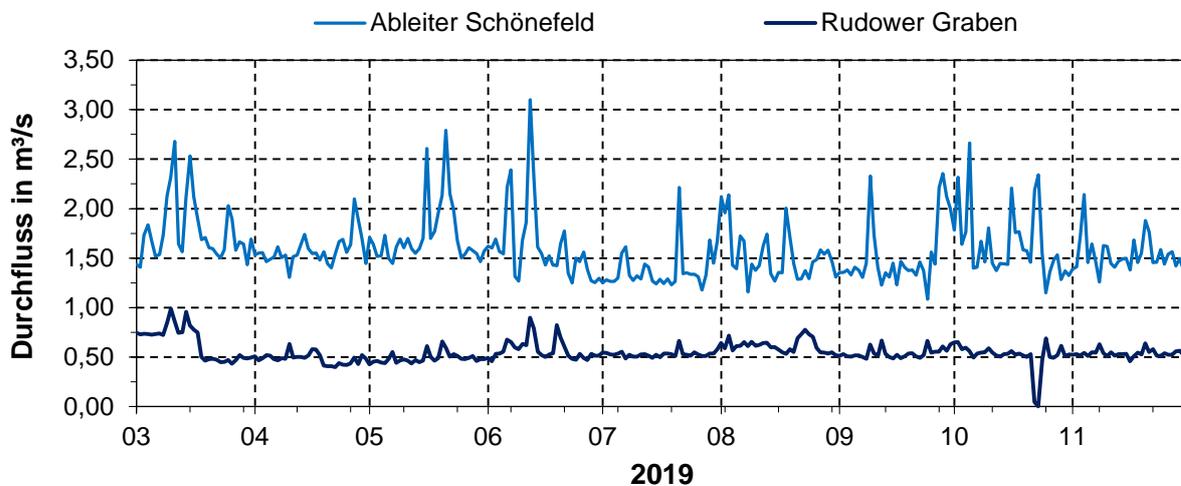


Bild 46: Geklärte Abwassereinleitung des KW Waßmannsdorf in den Teltowkanal über den Ableiter Schönefeld (TeK-km 34,66) und den Rudower Graben (TeK-km 32,20) (Quelle: BWB)

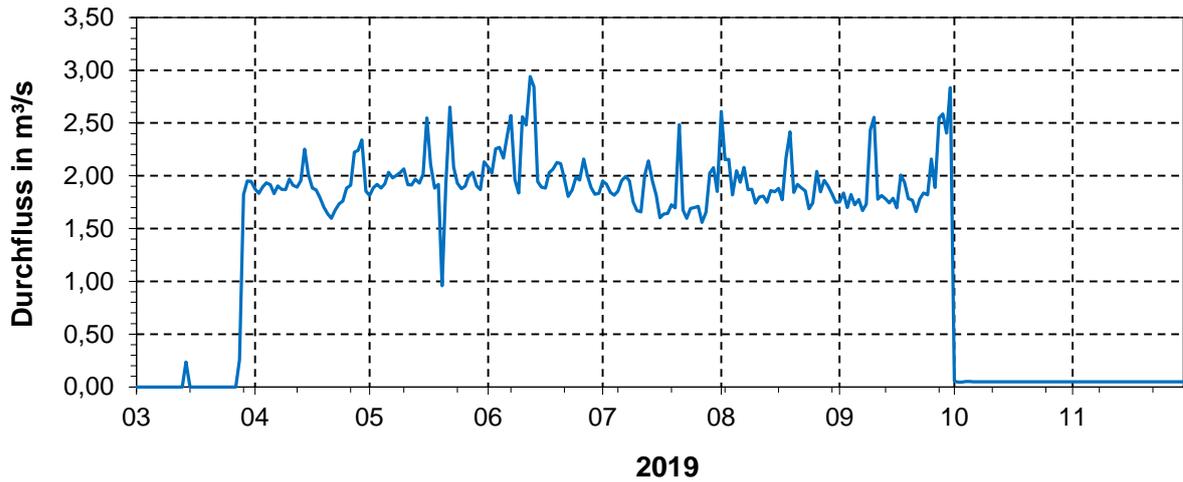


Bild 47: Ableitung von geklärtem Abwasser des KW Ruhleben in den Teltowkanal (TeK-km 17,50) (Quelle: BWB)

Das Klärwerk Münchehofe leitet sein geklärtes Abwasser über das Neuenhagener Mühlenfließ (Erpe) in die Müggelspree (MgS-km 1,54) – unterstrom des Müggelsees – ein. Dieses wird im Modell zusammen mit dem Einzugsgebietsanteil über die hier (bilanzkorrigierten) Messwerte der mündungsnahen Messtelle Wiesengrund im Modell berücksichtigt (siehe Bild 48).

Zu erkennen ist, dass in einem trockenen Sommer wie 2019 der Zufluss der Erpe allein aus dem geklärten Abwasserablauf des Klärwerks Münchehofe gespeist wird.

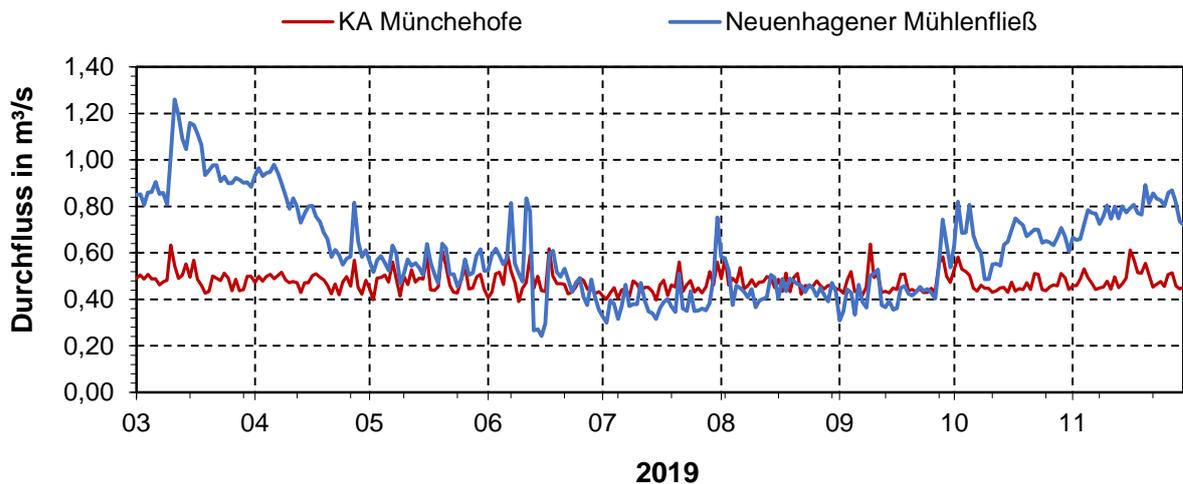


Bild 48: Ableitung von geklärtem Abwasser des KW Münchehofe über das Neuenhagener Mühlenfließ (Erpe) in die Müggelspree (MgS-km 1,54) im Vergleich des Durchflusses am Pegel Wiesengrund / Neuenhagener Mühlenfließ (Quelle: BWB, SenUVK)

## 5.3 Szenario S0: bilanzkorrigierter Istzustand

### 5.3.1 Bilanzausgleich

Auch in dieser Stauhaltung mit deutlich mehr Zu- und Abflüssen als in der zuvor betrachteten Stauhaltung Spandau ist die Bilanz aus Zu- und Abflüssen auf der Grundlage der berücksichtigten Randbedingungen und deren Messwerten über den Betrachtungszeitraum nicht ausgeglichen.

Aufgrund der mehreren Abflüsse, von denen bei dem für die Stauhaltung Spandau gewählten Ansatz nur einer als Sollwert für den Bilanzausgleich vorgegeben (und damit nicht korrigiert) wird, ist für diese Stauhaltung der zweite in BIBER/HYDRAX implementierte Ansatz für den Bilanzausgleich verwendet worden, bei dem die Messwerte aller in den Bilanzausgleich einbezogenen Randbedingungen - durchflussproportional gewichtet - korrigiert werden (vgl. Kapitel 3.3.2).

Die Messwerte der folgenden Zufluss-Randbedingungen werden mit dem Bilanzfaktor  $f_B = 3$  (vgl. Gleichung 2, Kap. 3.3.2) korrigiert:

- Dahme
- Wernsdorf
- Woltersdorf
- Müggelspree und
- Niederschlag

ebenso wie die Messwerte der folgenden Abfluss-Randbedingungen (nur Wehre):

- Wehr Mühlendamm
- Wehr Kupfergraben
- Wehr Kleinmachnow und
- Wehr Oberschleuse

Die bereits in Kapitel 5.2.3 genannten Spaltwasserverluste werden als Untergrenze, die im Rahmen des Bilanzausgleichs für die jeweilige Wehr-Randbedingung nicht unterschritten werden darf, angesetzt. Weiterhin werden die gemessenen Zuflüsse der folgenden Nebengewässer mit einem Bilanzfaktor von  $f_B = 1$  (vgl. Gleichung 2, Kap. 3.3.2) korrigiert:

- Marzahn-Hohenschönhauser Grenzgraben (MHGG)
- Wuhle
- Neuenhagener Mühlenfließ
- Fredersdorfer Fließ
- Löcknitz
- Nottekanal
- Auslauf Zeesener See und
- Verdunstung

Für alle anderen zuvor aufgelisteten Messwerte der Randbedingungen (einschließlich Oberschleuse) wird als Untergrenze ein Abfluss größer Null gesetzt.

Bei den hier erstmals getrennt betrachteten Abflussanteilen von Wehr und Schleuse und dem Umstand, dass die Wehre aufgrund der Niedrigwassersituation tatsächlich komplett geschlossen waren, zeigte sich nach Abzug der Schleusungswassermengen für die Stauanlage Kleinmachnow, dass dort die vom WSA Berlin angegebenen Spaltwasserverluste in den Messwerten nicht berücksichtigt sind (Email von Frau Hirle (WSA Berlin) vom 30.03.2020). Daher ist den Messwerten ein Spaltwasserabfluss von  $1,0 \text{ m}^3/\text{s}$  hinzuaddiert worden und dieser Wert als Untergrenze für den Bilanzausgleich gesetzt worden.

### 5.3.2 Ergebnisse

Bild 49 zeigt die derart bilanzkorrigierte Ganglinien des Abflusses über das Wehr Kleinmachnow einschließlich der Spaltwasserverluste.

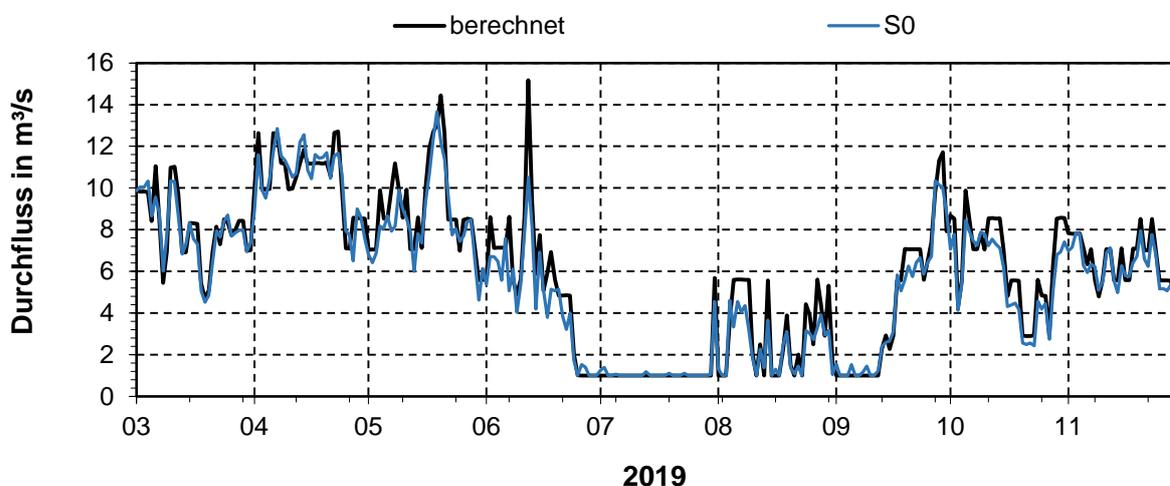


Bild 49: Vergleich des gemessenen, um den Mindestabfluss (Spaltwasserverluste) ergänzten und des bilanzkorrigierten Durchflusses über das Wehr Kleinmachnow

Bild 50 zeigt die im Rahmen des instationären Bilanzausgleichs korrigierten Durchflüsse über das Wehr Mühlendamm einschließlich des konstanten Spaltwasserverlustes von  $1,8 \text{ m}^3/\text{s}$ . Zu erkennen ist, dass bei der Vielzahl an in den Bilanzausgleich einbezogenen Randbedingungen die Korrektur der Messwerte an diesen beiden – ebenso wie an den der anderen Randbedingungen – relativ gering sind.

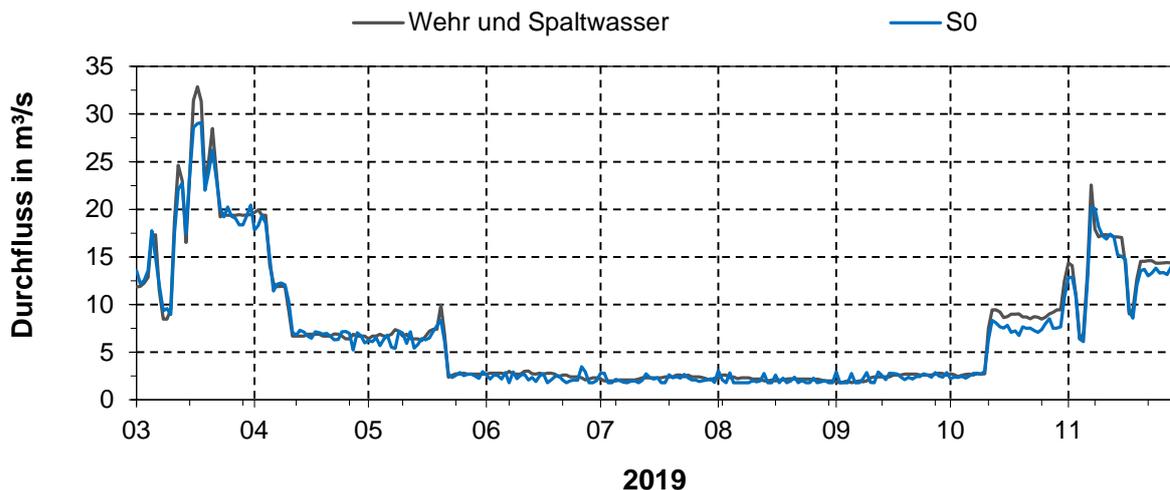


Bild 50: Vergleich des gemessenen und des bilanzkorrigierten Durchflusses über das Wehr Mühlendamm einschließlich Spaltwasserverluste

Dies sei beispielhaft auch für die gemessenen und bilanzkorrigierten Durchflüsse am Pegel Neue Mühle (Dahme) in Bild 51 gezeigt.

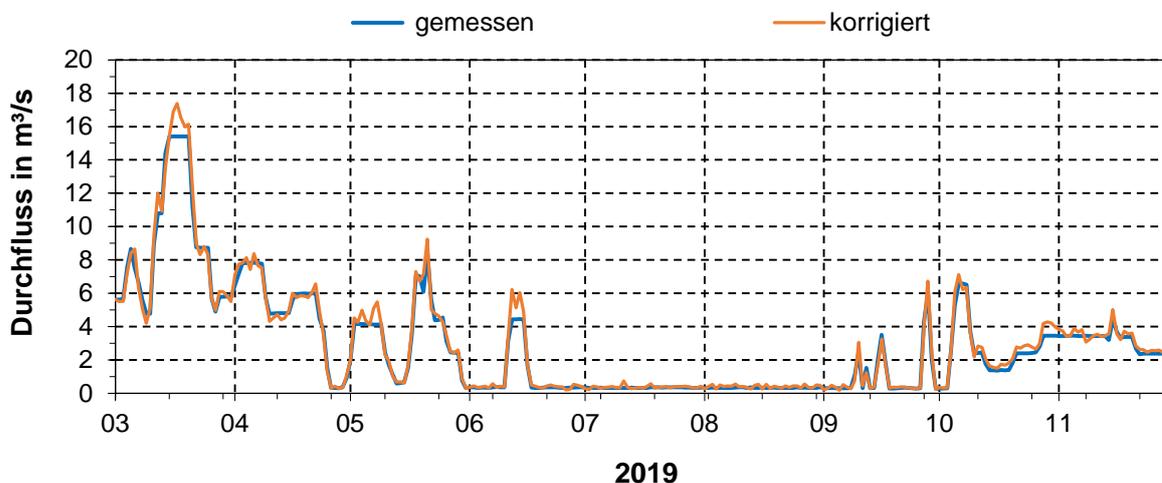


Bild 51: Vergleich des gemessenen und des bilanzkorrigierten Durchflusses über die Stauanlage Neue Mühle (Dahme)

Die Summe der Zuflüsse aus dem EZG ist im Mittel über den Betrachtungszeitraum nur um ca. 6 % korrigiert worden. Statt 13,6 m³/s beträgt die bilanzkorrigierte Zuflusssumme aus der Müggelspree, den Oder-Spree-Kanal, die Dahme und den Rüdersdorfern Gewässern im Mittel 14,4 m³/s. Selbst die bei der räumlichen Ausdehnung der Wasserflächen der Stauhaltung relativ unsichere Größe des Niederschlags (Messwerte der Station Flughafen Schönefeld des DWD) muss – hier bereits umgerechnet in einen äquivalenten Durchfluss – nur für ein Regenereignis im September stärker korrigiert werden.

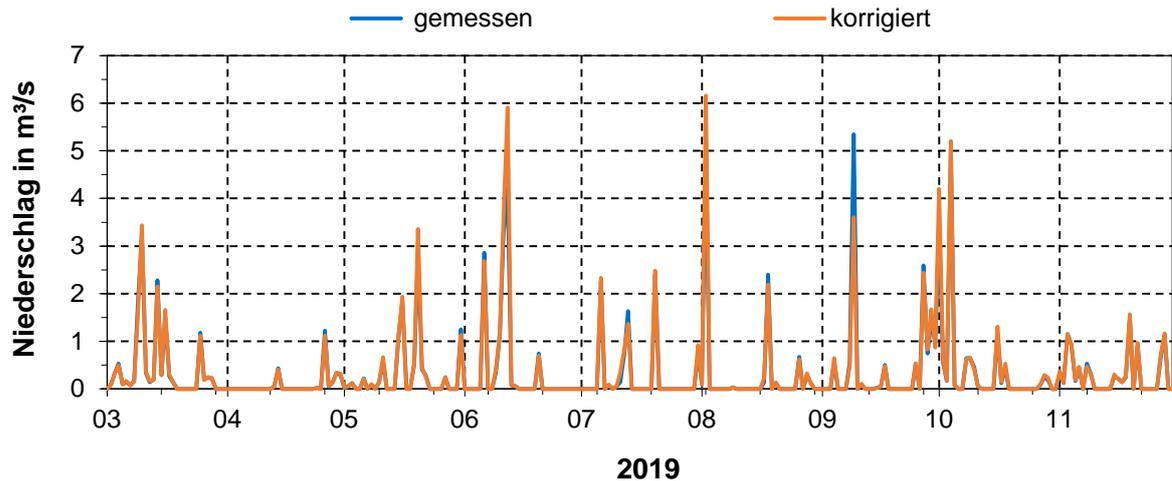


Bild 52: Vergleich der aus den gemessenen Niederschlägen berechneten und des bilanzkorrigierten äquivalenten Zuflusses infolge von Niederschlag

Im Weiteren werden die Berechnungsergebnisse der Wasserstände am Beispiel des Wasserstands am OP Schleuse Mühlendamm dargestellt.

Die Stauhaltung ist in Niedrigwasserzeiten ausgespiegelt. Dies bedeutet nicht, dass auch die Fahrwassertiefe bzw. die Abladetiefe überall in der Stauhaltung gleich ist, die neben dem Wasserstand auch von der Sohlhöhe abhängig sind. Einschränkungen der Abladetiefe werden durch das WSA Berlin u.a. nach BWu, nach Auswertung von Peilungen u.ä. festgelegt und können Teilstrecken betreffen. Konkrete Wasserstände dazu können vom WSA Berlin nicht genannt werden, die Einschränkungen werden operativ entschieden (Email von Frau Hirrle (WSA Berlin) an Herrn Dr. Creutzfeldt (SenUVK) am 20. September 2018).

Kritische Durchflussverhältnisse werden am Beispiel der Rückströmungen in der Müggelspree betrachtet.

## 5.4 Szenario S0.2050: Istzustand (S0) und Wasserbedarf 2050

### 5.4.1 Annahmen

Grundlage für dieses Szenario bildet der wie zuvor beschriebene bilanzkorrigierte Eingangsdatensatz. Die Skalierungsfaktoren der Rohwasserförderung zur Deckung des prognostizierten Wasserbedarfs im Jahr 2050 sind in Tabelle 12 für die beiden Wasserwerke zusammengestellt. Unter der Annahme, dass sich der prozentuale Uferfiltratanteil (vgl. Tabelle 11) auch bei entsprechend erhöhter Rohwasserförderung nicht ändert, sind die aus der Stauhaltung entnommenen Uferfiltratentnahmen im Istzustand mit dem gleichen Skalierungsfaktor erhöht worden.

Tabelle 12: Skalierungsfaktoren zur Berechnung der Wasserwerkentnahmen im Szenario S0.2050 (Quelle: BWB, 2019)

Wasserwerk	RWF 2019	RWF 2050	Skalierungsfaktor S0.2050
	in Mio. m <sup>3</sup> /a	in Mio. m <sup>3</sup> /a	-
Friedrichshagen	60,0	70,0	<b>1,17</b>
Wuhlheide	9,9	13,0	<b>1,31</b>
Summe	69,9	83,0	

Bild 53 zeigt den erhöhten Anteil an Uferfiltrat an der für 2050 prognostizierten Rohwasserförderung beider Wasserwerke in Summe gegenüber dem Istzustand (S0). Dieser Anteil liegt im Mittel 0,26 m<sup>3</sup>/s höher und ist über den Betrachtungszeitraum näherungsweise konstant.

Darüber hinaus wird angenommen, dass die Sanierungsarbeiten an den Wasserwerken Johannisthal und Friedrichshagen im Jahr 2050 abgeschlossen sind. Die entsprechenden Entnahmen bzw. Einleitungen sind daher für dieses Szenario auf Null gesetzt worden.

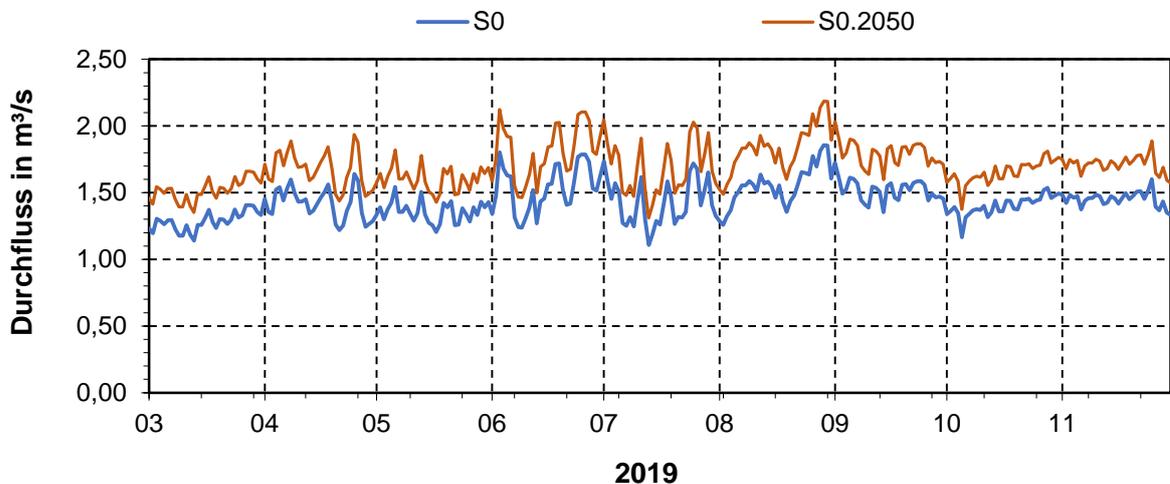


Bild 53: Vergleich der Uferfiltratentnahme (Summe) der Wasserwerke Friedrichshagen und Wuhlheide im Szenario S0.2050 und im Istzustand (S0)

#### 5.4.2 Ergebnisse

Wie zuvor wird der Mehrbedarf der Wasserwerke (vgl. Bild 53) zunächst über einen kleineren Abfluss über die vier Wehre (Mühlendamm, Kupfergraben, Oberschleuse, Kleinmachnow) durchflussproportional ausgeglichen.

Dies gelingt in Zeiten, in den die drei anderen Wehre weitestgehend geschlossen waren, im wesentlichen allein durch eine reduzierten Abfluss über das Wehr Oberschleuse (siehe Bild 54). In Zeiten mit höheren Abflüssen sind die geringen Unterschiede, dann durchflussproportional auf alle vier Wehre verteilt, in der grafischen Darstellung kaum mehr zu unterscheiden.

Die Schleusungswassermengen mussten entsprechend dem gewählten Vorgehen daher in diesem Szenario nicht reduziert werden. Entsprechend ändert sich auch der Wasserstand (am OP Mühlendamm) gegenüber dem im Istzustand nicht.

Die mit dem für das Jahr 2050 prognostizierten Trinkwassermehrbedarf verbundene, erhöhte Uferfiltratentnahme der Wasserwerke Friedrichshagen und Wuhlheide könnte also auch in Niedrigwasserzeiten wie im Betrachtungszeitraum aus der Stauhaltung gedeckt werden, ohne dass dies zu nennenswerten Änderungen in den Wasserständen oder über den 2019 ohnehin schon eingeschränkten Schleusungsbetrieb führen würde.

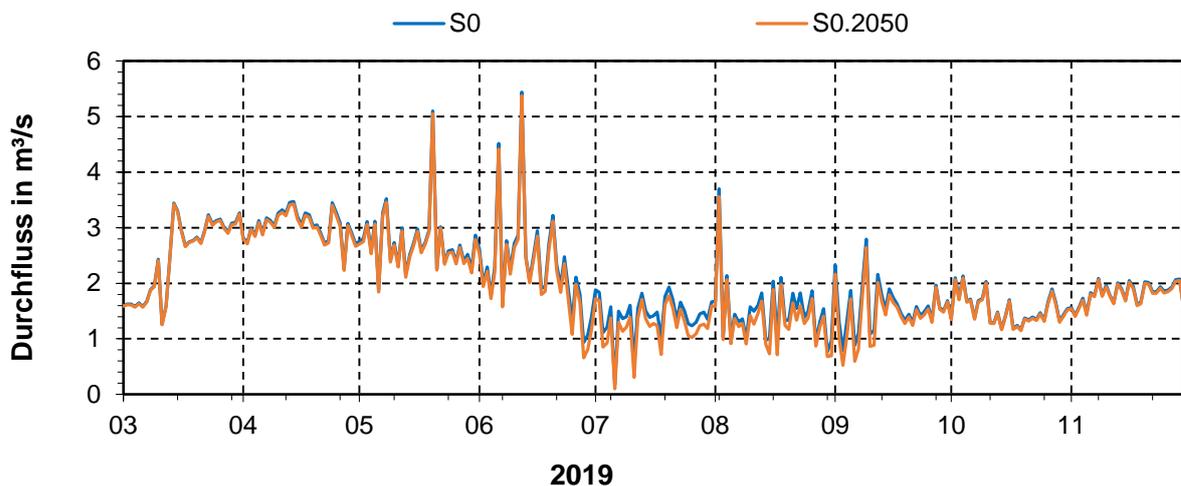


Bild 54: Vergleich des reduzierten Durchflusses am Wehr Oberschleuse im Szenario S0.2050 und im Istzustand (S0)

Im Gegensatz dazu hat insbesondere die erhöhte Uferfiltratentnahme des Wasserwerks Friedrichshagen aus dem Müggelsee einen Einfluss auf die Strömungsverhältnisse in der Müggelspree. Im Weiteren werden dazu für jedes auch der noch folgenden Szenarien die Strömungsverhältnisse in der Müggelspree am unterstromigen Ende des Müggelsees (Höhe Spreetunnel) betrachtet.

Hier fließt bei einer (länger anhaltenden) Strömungsumkehr geklärtes Abwasser aus dem Klärwerk Münchehofe über die Erpe bis zum Müggelsee.

In Bild 55 ist zu erkennen, dass sich bereits im (bilanzkorrigierten) Istzustand (S0) die Fließrichtung in der Müggelspree über einen Zeitraum von mehr als zwei Monaten (Ende Juni bis Mitte September) die meiste Zeit umgekehrt hat. An 64 Tagen flossen im Mittel 0,51 m³/s bzw. 2,8 Mio. m³ Wasser in den Müggelsee zurück.

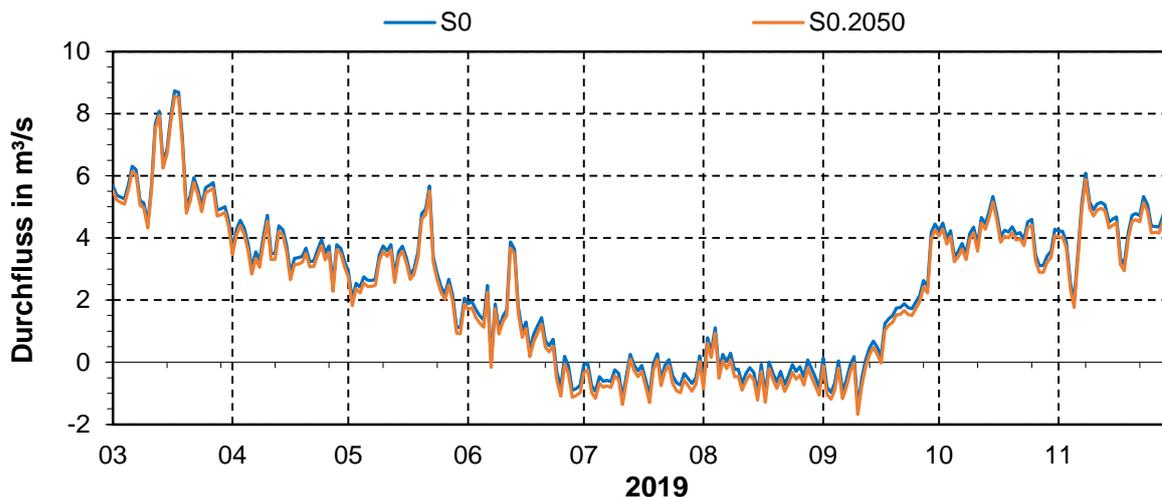


Bild 55: Vergleich der Rückströmung in den Müggelsee im Szenario S0.2050 und im bilanzkorrigierten Istzustand (S0)

Durch die erhöhte Uferfiltratentnahme des Wasserwerks Friedrichshagen (vgl. Bild 53) erhöht sich im Szenario S0.2050 die Rückströmung in der Müggelspree (siehe Bild 56), so dass dann an 75 Tagen im Mittel  $0,65 \text{ m}^3/\text{s}$  bzw.  $4,2 \text{ Mio. m}^3$  in den Müggelsee zurückfließen würden.

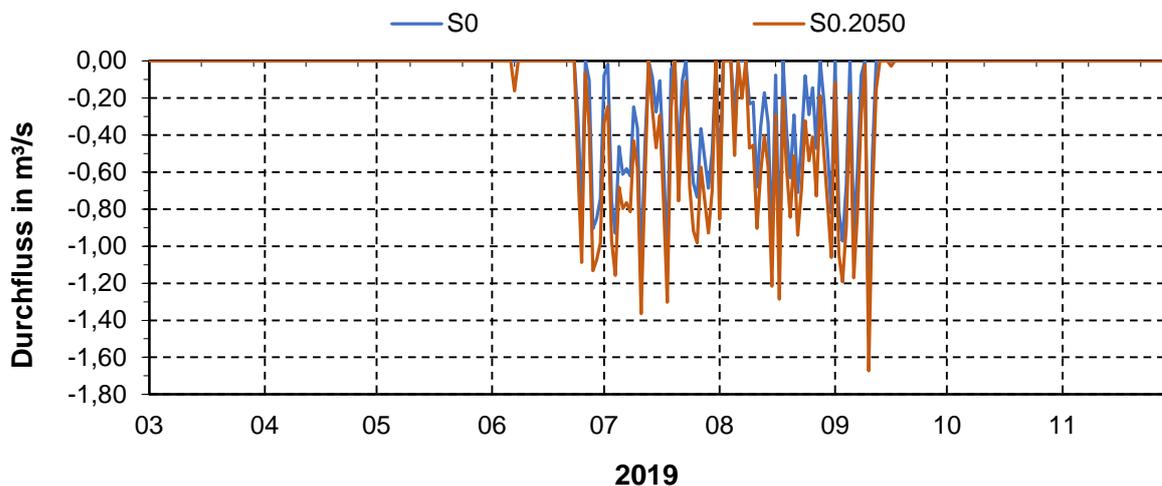


Bild 56: Vergleich der Rückströmung in den Müggelsee im Szenario S0.2050 und im bilanzkorrigierten Istzustand (S0)

## 5.5 Szenario S1: klimabedingte Veränderungen

### 5.5.1 Annahmen

Mit diesem Szenario werden die klimabedingten Auswirkungen (Klimawandel und zum Klimaschutz beschlossener Ausstieg aus der Kohleverstromung, vgl. Kapitel 2.4) auf die Wasserstands- und Durchflussverhältnisse in der Stauhaltung Mühlendamm untersucht.

Dazu werden die bilanzkorrigierten Zuflüsse um 25%, 50% und 75% an den folgenden Pegeln reduziert:

- Woltersdorf (Rüdersdorfer Gewässer)
- Große Tränke (Müggelspree)
- Wernsdorf (Oder-Spree-Kanal) und
- Neue Mühle (Dahme)

Bild 57 zeigt die Ganglinienverläufe für die Summe der genannten Zuflüsse im bilanzkorrigierten Istzustand (S0) sowie für die Szenarien S1.25, S1.50 und S1.75, deren Bezeichnung jeweils den angenommenen prozentualen Rückgang in diesem Szenario (S1) angibt.

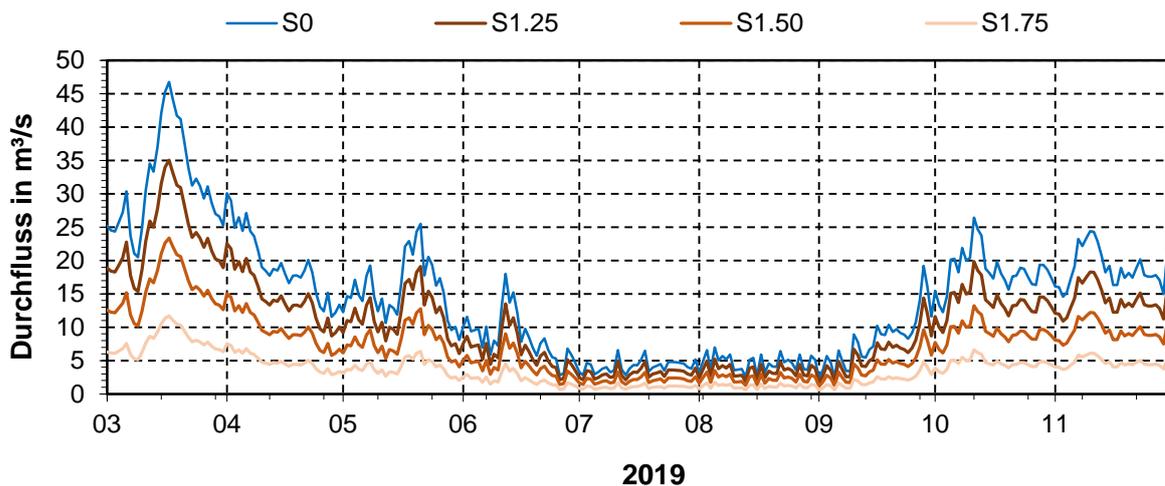


Bild 57: Skalierte Zuflusssumme an den Pegel Woltersdorf, Große Tränke, Wernsdorf und Neue Mühle unter der Annahme eines klimabedingten Rückgangs um 25%, 50% und 75%

In Tabelle 13 sind zudem die Zahlen zusammengestellt, die die Differenz der Summe der Zuflüsse entsprechend dem prozentualen Ansatz von 25, 50 und 75% angeben, jeweils bezogen auf die kleinste, mittlere und größte Summe der Zuflüsse an den Pegel Woltersdorf, Große Tränke, Wernsdorf und Neue Mühle im Betrachtungszeitraum sowie in den Monaten Juli bis September 2019. Diese zeigen für die drei Monate mit besonders niedrigen Zuflüssen aus dem Einzugsgebiet der Spree und Dahme, dass der Gesamtzufluss deutlich unter dem geforderten Mindestabfluss von 8 m³/s am Pegel Große Tränke UP liegen. Der mittlere Zufluss über die drei Monate beträgt 5,61 m³/s

Tabelle 13: Summe und Differenz der Summe der über den Zeitraum gemittelten Zuflüsse entsprechend dem prozentualen Ansatz von 25, 50 und 75%

	S0	S1.25%	$\Delta Q_{25\%}$	S1.50%	$\Delta Q_{50\%}$	S1.75%	$\Delta Q_{75\%}$
	m <sup>3</sup> /s						
März bis November (Betrachtungszeitraum)							
Min	2,28	1,71	0,57	1,14	1,14	0,57	1,71
Mittel	14,41	10,80	3,60	7,20	7,20	3,60	10,80
Max	46,77	35,08	11,69	23,38	23,38	11,69	35,08
Juli bis September							
Min	2,28	1,71	0,57	1,14	1,14	0,57	1,71
Mittel	5,61	4,21	1,40	2,80	2,80	1,40	4,21
Max	19,20	14,40	4,80	9,60	9,60	4,80	14,40

Zum anderen wird auch hier wieder angenommen, dass sich die Verdunstung (hier bezogen auf die mittlere Verdunstungshöhe pro Tag) um 8% erhöht.

Bild 58 zeigt den aus der Verdunstungshöhe resultierenden äquivalenten Abfluss, wenn die Verdunstungshöhe pro Tag auf die im Modell berücksichtigte Wasserfläche der Stauhaltung (vgl. Tabelle 10) umgerechnet wird.

Der absolute Betrag von knapp 2,5 m<sup>3</sup>/s im Istzustand zeigt, dass insbesondere bei dieser Stauhaltung mit ihren großen, seenartigen Wasserflächen die Verdunstung (ebenso wie der Niederschlag) in der Wasserbilanz nicht vernachlässigt werden darf. Eine hier prognostizierte Annahme einer um 8% erhöhten Verdunstung führt hingegen lediglich zu einem im Mittel um 0,065 m<sup>3</sup>/s erhöhten äquivalenten Abfluss, maximal gehen 0,196 m<sup>3</sup>/s am Tag mit der höchsten Verdunstung zusätzlich verloren. In der Summe würde klimawandelbedingt 1,54 Mio. m<sup>3</sup> Wasser mehr (S1.08) über den Betrachtungszeitraum von neun Monaten verdunsten als bisher (S0).

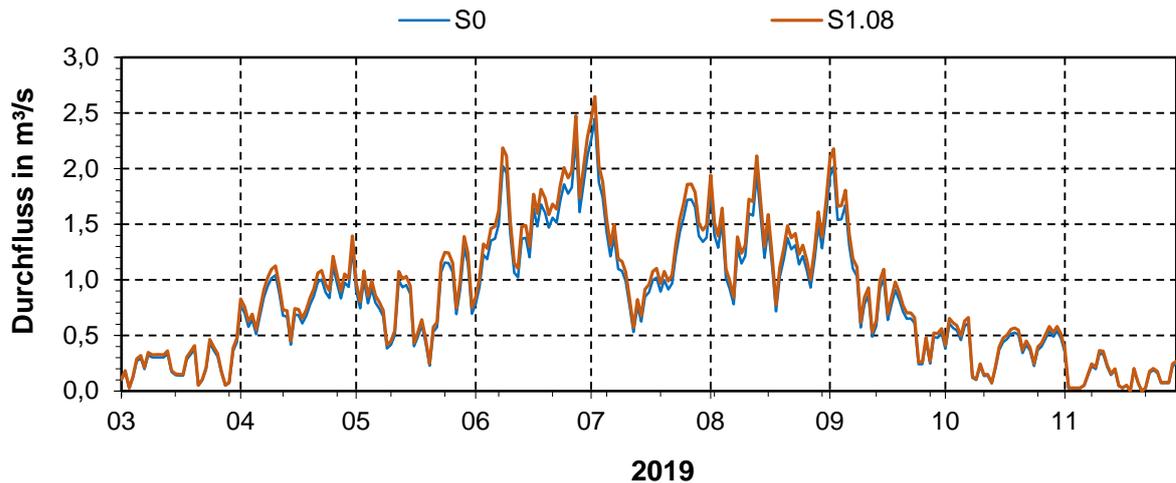


Bild 58: Vergleich des unter der Annahme einer klimabedingten Zunahme um 8% skalierten äquivalenten Abflusses aus Verdunstung (S1) mit dem im bilanzkorrigierten Istzustand (S0)

### 5.5.2 Ergebnisse

Zum Ausgleich des Rückgangs der Zuflüsse werden zunächst wiederum die Abflüsse über die vier Wehre durchflussproportional reduziert. Die Abflüsse infolge von Spaltwasserverlusten bleiben unabhängig davon in gleicher Größenordnung wie im Istzustand (S0) bestehen.

Die entsprechenden Abflussganglinien sind in Bild 59 für das Wehr Mühlendamm, in Bild 60 für das Wehr Kupfergraben, in Bild 61 für das Wehr Oberschleuse und in Bild 62 für das Wehr Kleinmachnow dargestellt. Wie in den entsprechenden Diagrammen zu erkennen ist, ist bereits im Istzustand der Abfluss über die Wehre Mühlendamm, Kupfergraben und Kleinmachnow zeitweise aufgrund der Niedrigwassersituation bis auf Null reduziert worden. Ein entsprechender Ausgleich konnte dann in den Szenarien nur noch über das Wehr Oberschleuse realisiert werden (siehe Bild 61), dessen Abfluss im gesamten Betrachtungszeitraum nahezu unverändert recht hoch lag.

In einem weiteren Schritt sind dann – wie in Kapitel 4.4.2 bereits beschrieben – die täglichen Schleusungswassermengen wiederum durchflussproportional reduziert worden. Bild 63 zeigt die Summe der gegenüber dem Istzustand reduzierten Schleusungswassermengen an allen drei Schleusen. Die Schleuse Neukölln konnte aufgrund fehlender Angaben zum Schleusungswasser nicht berücksichtigt werden. Ihr Schleusungsaufkommen ist aber im Vergleich zu den anderen Schleusen auch gering.

Besser zu erkennen sind die hier getroffenen Einschränkungen hinsichtlich der Schleusungsvorgänge, wenn die in Bild 64 gezeigten, reduzierten Schleusungswassermengen betrachtet werden. Hier ist bereits zu erkennen, dass es im Szenario S1.25 zu praktisch keinem Verfall des Wasserspiegels in der Stauhaltung kommen würde, da der Rückgang in den Zuflüssen um 25% sowie der um 8% erhöhte äquivalente Abfluss infolge Verdunstung noch vollständig über einen (noch weiter) reduzierten Abfluss über die Wehre – hier insbesondere an der Oberschleuse (siehe Bild 61) – kompensiert werden kann.

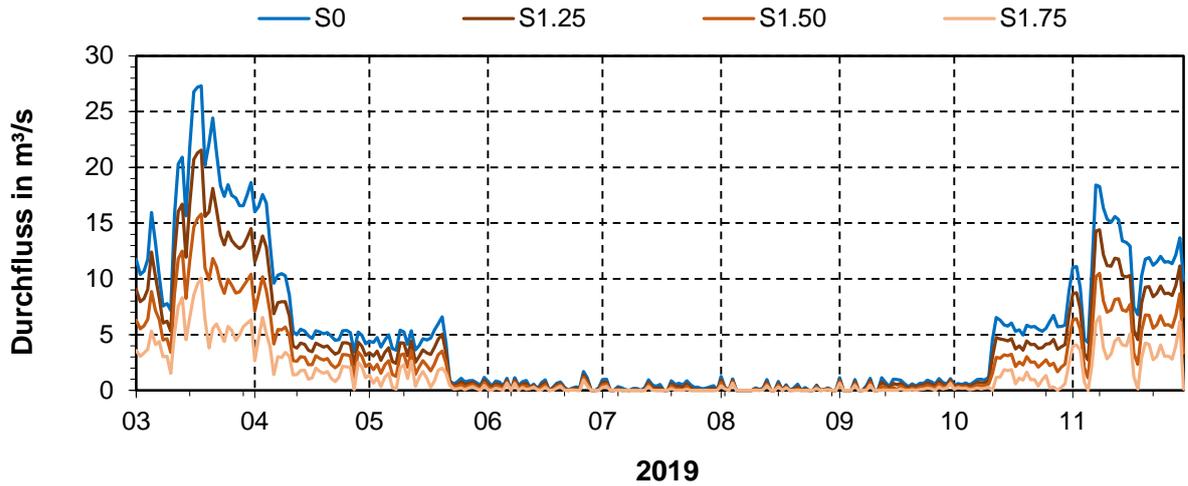


Bild 59: Durchflussproportional reduzierter Abfluss über das Wehr Mühlendamm zum Ausgleich des klimabedingten Rückgangs der Zuflüsse und der Verdunstung im Szenario S1

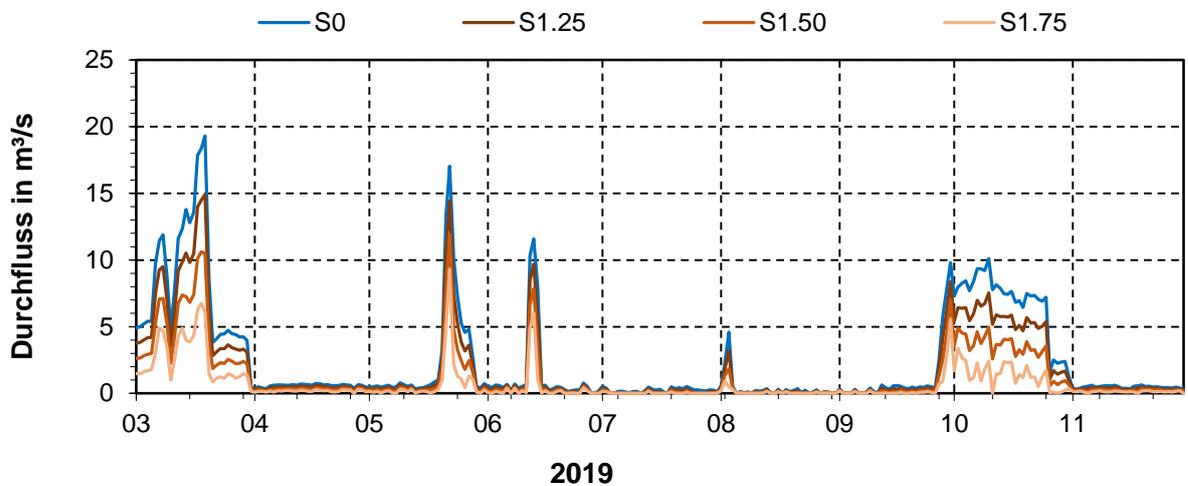


Bild 60: Durchflussproportional reduzierter Abfluss über das Wehr Kupfergraben zum Ausgleich des klimabedingten Rückgangs der Zuflüsse und der Verdunstung im Szenario S1

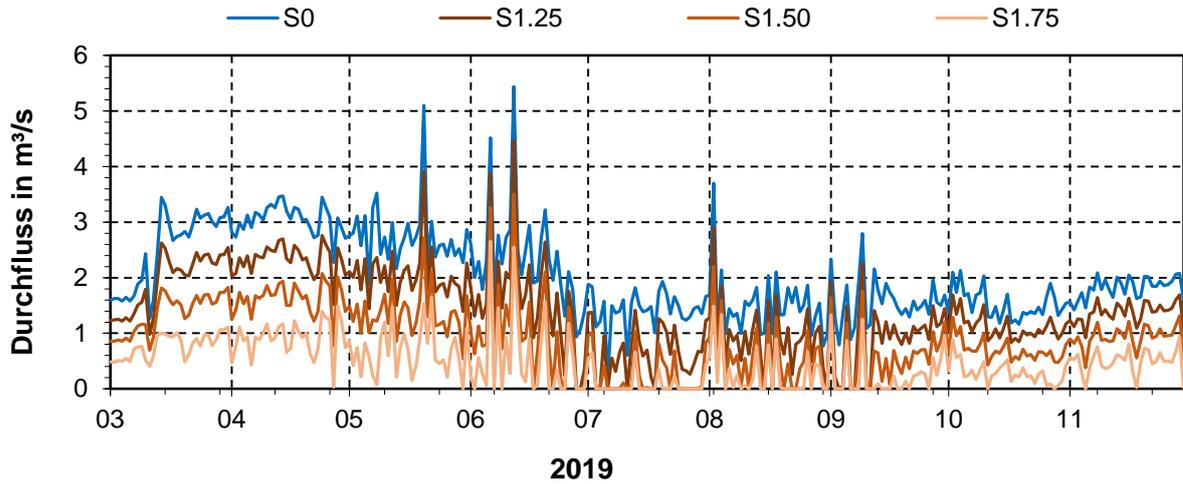


Bild 61: Durchflussproportional reduzierter Abfluss über das Wehr Oberschleuse zum Ausgleich des klimabedingten Rückgangs der Zuflüsse und der Verdunstung im Szenario S1

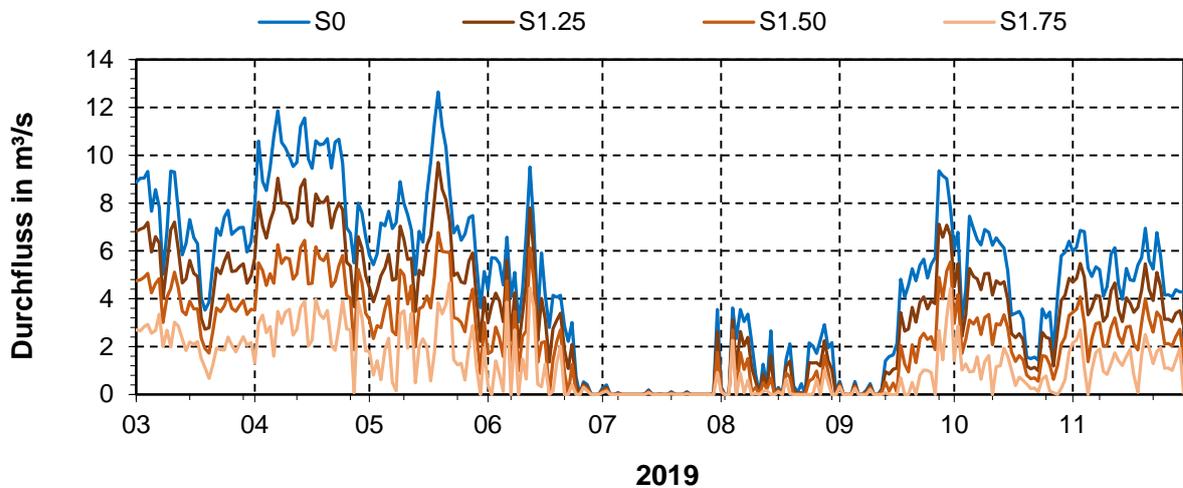


Bild 62: Durchflussproportional reduzierter Abfluss über das Wehr Kleinmachnow zum Ausgleich des klimabedingten Rückgangs der Zuflüsse und der Verdunstung im Szenario S1

Erst bei einem Rückgang der Zuflüsse um 50% müssen darüber hinaus auch die Anzahl an Schleusungen reduziert werden, wie dies die verbleibenden Schleusungswassermengen in Bild 63 bzw. die reduzierten Schleusungswassermengen in Bild 64 zeigen.

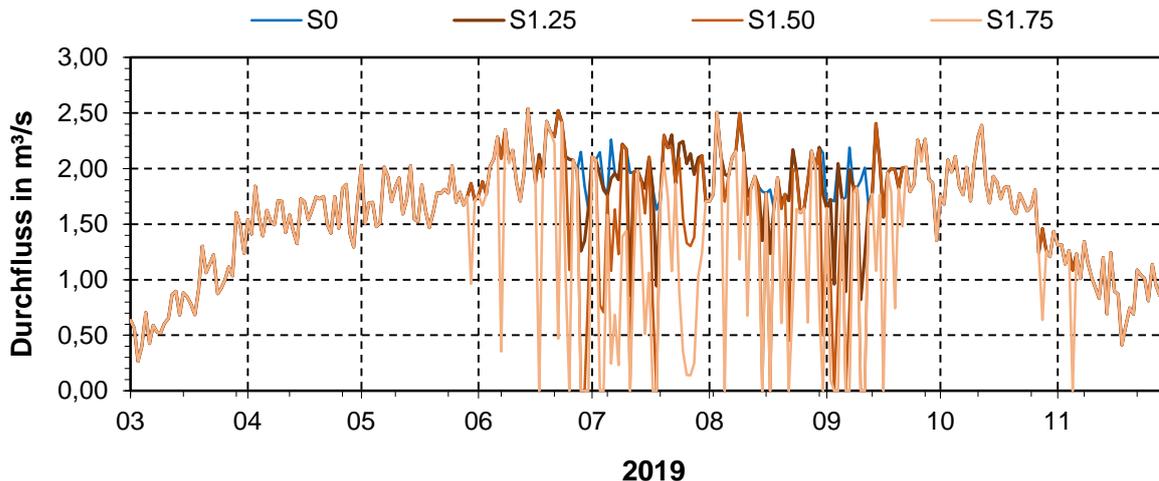


Bild 63: Durchflussproportional reduzierte Summe des verbleibenden Schleusungswassers der Schleusen der Stauhaltung Mühlendamm zum Ausgleich des klimabedingten Rückgangs der Zuflüsse im Szenario S1

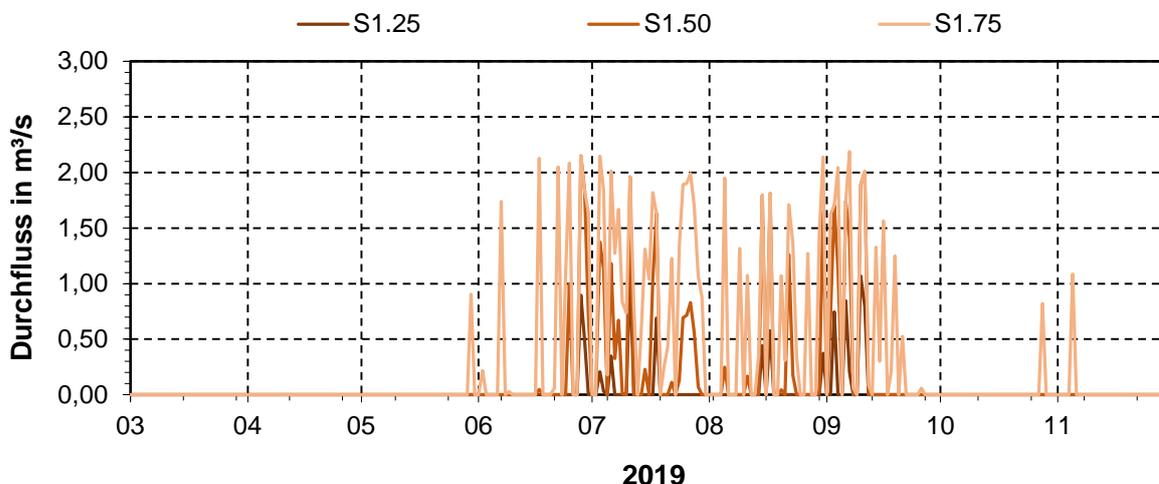


Bild 64: Durchfluss, um die die Summe an Schleusungswasser Schleusungswassers der Schleusen der Stauhaltung Mühlendamm zum Ausgleich des klimabedingten Rückgangs der Zuflüsse im Szenario S1 reduziert werden müsste.

Bild 65 zeigt die Wasserspiegellagen am OP Mühlendamm, die sich für die unterschiedlichen prozentualen Rückgänge der Zuflüsse im S1-Szenario einstellen würden, wenn gleichzeitig die Abflüsse über die Wehre und Schleusen soweit nötig bzw. möglich zum Halten des Wasserspiegels reduziert werden.

Zu erkennen ist in Bild 65 der nahezu gleiche (da iterativ berechnet leicht abweichende) Wasserspiegelverlauf im S1.25-Szenario wie im Istzustand. Auch unter den Annahmen des S1.50-Szenarios würde der minimale Wasserstand lediglich einen Zentimeter niedriger liegen als im Istzustand. Lediglich im S1.75-Szenario würde der Wasserspiegel bei dem hier gewählten Vorgehen um gut max. 6 cm verfallen.

Wie in Bild 63 zu erkennen ist, muss die verbleibende Schleusungswassermenge in den Szenarien S1.50 und S1.75 nur an (sehr) wenigen Tagen bis auf Null reduziert werden. Die dann ggf. noch verbleibende negative Bilanzdifferenz führt hier zu dem in Bild 65 gezeigten leichten

schrittweisen Verfall der Wasserstände. Dieser könnten durch ein gegenüber dem Istzustand reduziertes Schleusungswasser an dem oder den folgenden Tagen mit positiver Bilanzdifferenz, d.h. also noch (geringer) verbleibender Schleusungswassermenge (vgl. Bild 64), wieder ausgeglichen werden.

Letztlich ist dies eine schiffahrtstechnische Abwägung zwischen der Anzahl am Tag noch durchzuführenden Schleusungen (die im Istzustand durch Sammelschleusungen bereits eingeschränkt war) und einer zu gewährleistenden Abladetiefe, über die vom WSA Berlin aber keine genauen Angaben gemacht werden konnte (vgl. Kapitel 5.3.2).

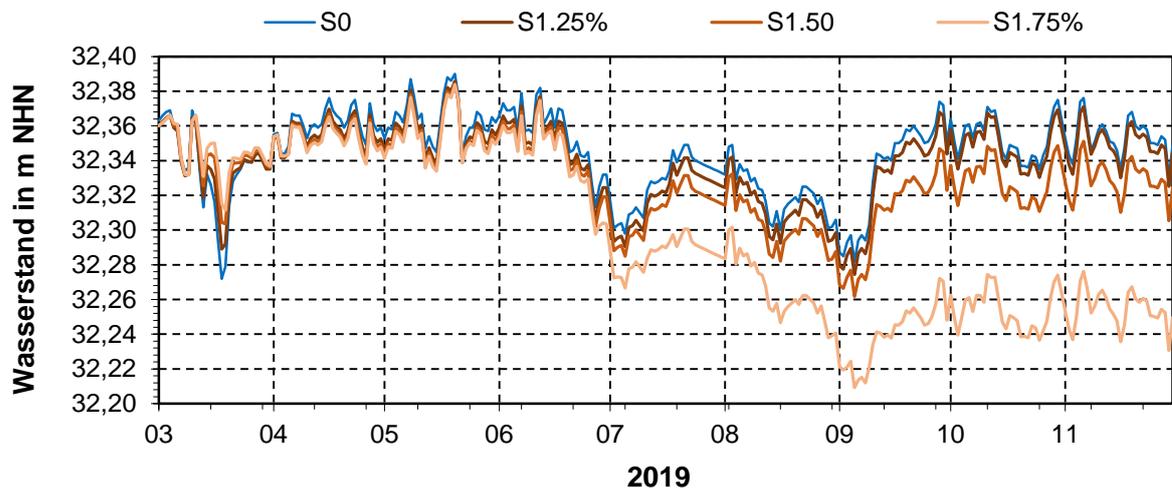


Bild 65: Iterativ bestimmte Wasserstände am OP Schleuse Mühlendamm im Szenario S1

Neben den Wasserspiegellagen wird wiederum die Rückströmung in der Müggelspree (Höhe Spreetunnel) betrachtet. Bild 66 zeigt die Durchflussganglinien in Höhe Spreetunnel für die verschiedenen klimabedingten Szenarien im Vergleich zum bilanzkorrigierten Istzustand (S0).

Gegenüber dem bilanzkorrigierten Istzustand erhöht sich die Anzahl der Tage, an denen Wasser aufgrund der klimabedingten (Klimawandel und Braunkohleausstieg) Rückgänge der Zuflüsse in den Müggelsee zurückfließt von 64 Tagen (S0) auf 82 (S1.25), 102 (S1.50) und 164 Tage (S1.75). Die Rückströmung steigt von im Mittel  $0,51 \text{ m}^3/\text{s}$  (S0) auf  $0,71 \text{ m}^3/\text{s}$  (S1.25),  $0,85 \text{ m}^3/\text{s}$  (S1.50) und  $0,89 \text{ m}^3/\text{s}$  (S1.75) bzw. von  $2,8 \text{ Mio. m}^3$  (S0) auf  $5,1 \text{ Mio. m}^3$  (S1.25),  $7,5 \text{ Mio. m}^3$  (S1.50) und  $12,7 \text{ Mio. m}^3$  (S1.75).

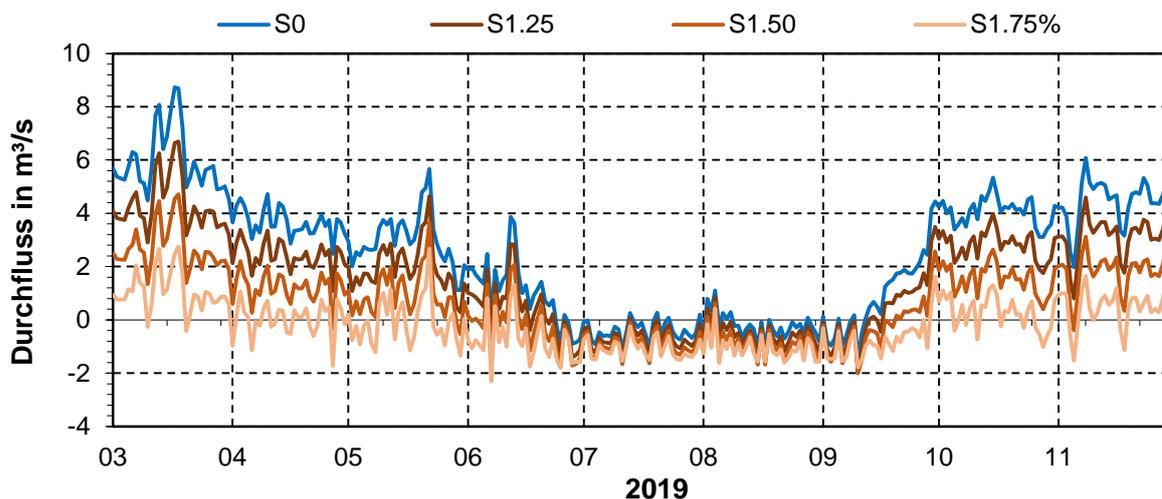


Bild 66: Durchflüsse in der Müggelspree (Höhe Spreetunnel) im Szenario S1

## 5.6 Szenario S2: klima- und baulich bedingte Veränderungen

### 5.6.1 Annahmen

Mit diesem Szenario werden die Auswirkungen auf die Wasserstands- und Durchflussverhältnisse der bereits laufenden Planungen hinsichtlich des Neubaus der Wehre Mühlendamm und Kupfergraben untersucht (vgl. Kapitel 2.6). Für die hier vorliegende Fragestellung wird dabei angenommen, dass durch Neubau oder Sanierung insbesondere die hohen Spaltwasserverluste (vgl. Kapitel 5.2.3) auf den Stand der Technik reduziert werden. In der vom Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) herausgegebenen „Standardleistungskatalog (STLK) für den Wasserbau“ (Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Abteilung Wasserstraßen, 1999) wird für den Stahlwasserbau (Leistungsbereich 216) ein zulässiger Leckwasserverlust auf einer Länge von 1.000 mm von maximal 0,05 l/s bzw. bei besonderen Erfordernissen von 0,01 l/s gefordert.

Selbst bei einer Länge von z.B. 100 m umlaufender Dichtung von Schleuse und Wehr ergäbe sich somit ein Spaltwasserverlust von gerademal 5 l/s bzw. 0,005 m<sup>3</sup>/s, also zwei Größenordnungen kleiner als die hier betrachteten Abflüsse, so dass die Spaltwasserverluste von im Istzustand  $1,8 + 0,6 = 2,4 \text{ m}^3/\text{s}$  bei einem Neubau beider Wehre näherungsweise zu null angenommen werden können.

Des Weiteren wird angenommen, dass zu extremen Niedrigwasserzeiten der Abfluss über die geplante Fischauf- und Fischabstiegsanlage am Wehr Mühlendamm komplett reduziert wird.

Ebenso wird angenommen, dass sich durch bauliche Maßnahmen im hier betrachteten Zeithorizont auch die Umflut der Schleuse Neukölln von 0,3 m<sup>3</sup>/s auf Null reduzieren ließe.

Neben diesen baulichen Veränderungen an den Stauanlagen der Stauhaltung selbst wird in diesem Szenario auch die mit Fertigstellung der vierten Reinigungsstufe im Klärwerk Ruhleben nicht mehr erforderliche Überleitung von geklärtem Abwasser in den Sommermonaten in den Teltowkanal vorausgesetzt (siehe Bild 67). Dieser Zufluss entfällt also in diesem Szenario für die Stauhaltung.

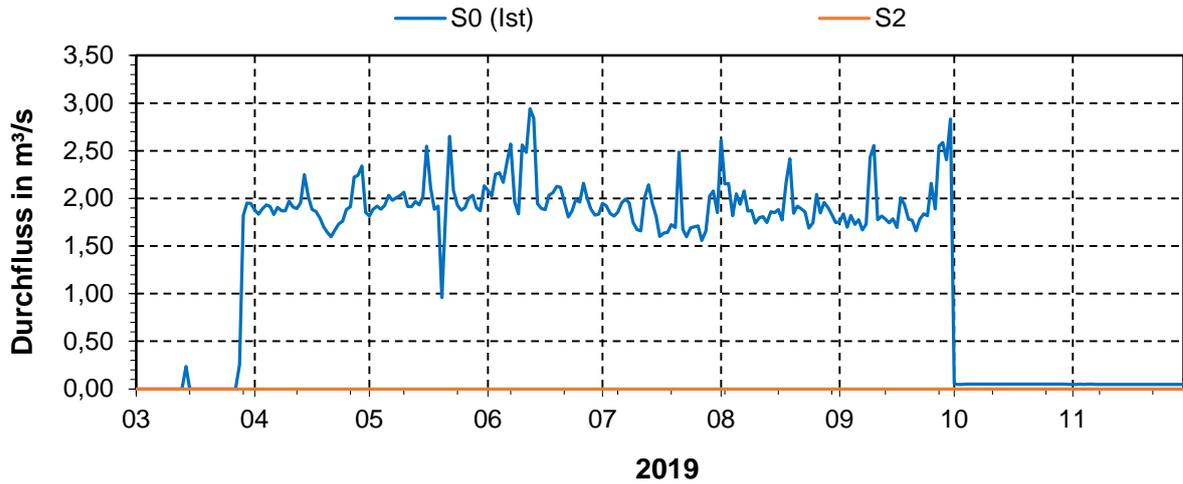


Bild 67: Einleitung von geklärtem Abwasser des Klärwerks Ruhleben in den Teltowkanal im Istzustand (S0) und im Szenario S2 (entfällt)

### 5.6.2 Ergebnisse

Unter den zuvor genannten baulichen Veränderungen würden sich bei gleichzeitig wie im S1 - Szenario reduzierten Zuflüssen und erhöhter Verdunstung die in Bild 33 gezeigten Wasserstände am OP Schleuse Mühlendamm einstellen. Bereits der quantitative Vergleich zeigt, dass der Wegfall der Einleitung Ruhleben durch die auf nahezu null reduzierten Spaltwasserverluste mehr als kompensiert würde.

Entsprechend ergeben sich im Ergebnis für das Szenario S2.25 und S2.50 keine nennenswerten Unterschiede im Wasserspiegel und auch im Szenario S2.75 sinkt der Wasserspiegel weniger ab, als wenn nur die rein klimatisch bedingten Veränderungen im Szenario S1 betrachtet werden.

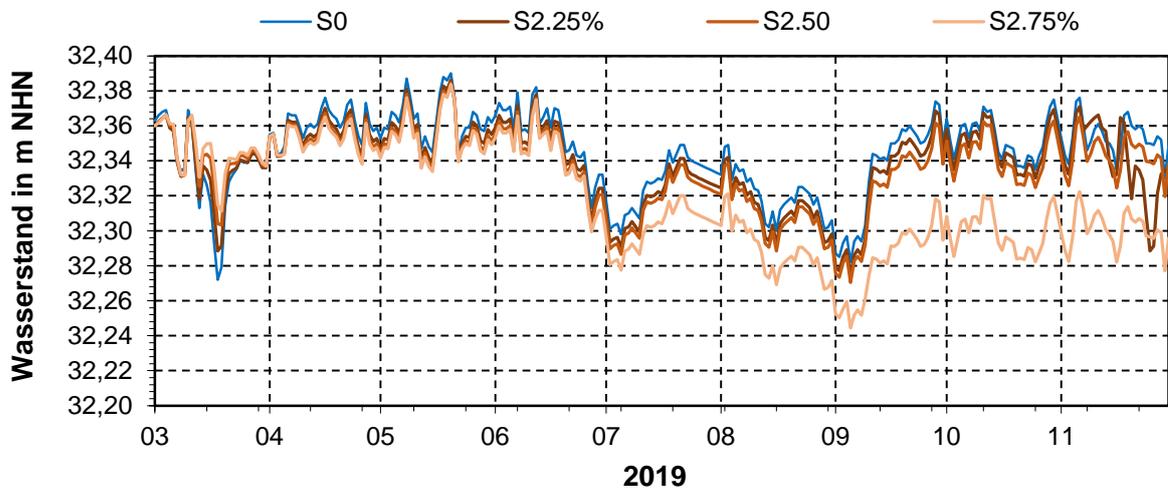


Bild 68: Iterativ bestimmte Wasserstände am OP Schleuse Mühlendamm im Szenario S2

Auch bei den weiterhin hier betrachteten Durchflüssen in der Müggelspree in Höhe Spreetunnel ergeben sich im Vergleich von Bild 66 (S1) und Bild 69 (S2) keine augenfälligen Unterschiede. So bleiben die Anzahl Tage, die Mittelwerte des Durchflusses der Rückströmungen gegenüber den Ergebnissen des S1-Szenarios nahezu unverändert, so dass hier nur die ebenfalls fast gleichen Volumina mit 5,1 Mio. m<sup>3</sup> (S2.25), 7,6 Mio. m<sup>3</sup> (S2.50) und 13,0 Mio. m<sup>3</sup> (S2.75) angegeben werden.

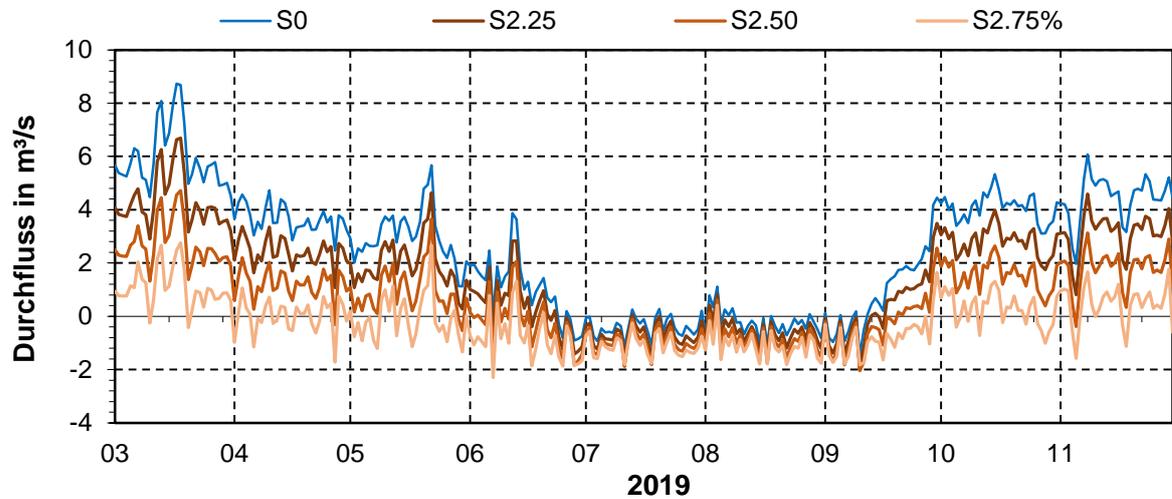


Bild 69: Durchflüsse in der Müggelspree (Höhe Spreetunnel) im Szenario S2

## 5.7 Szenario S3: klima-, baulich und bedarfsbedingte Veränderungen

### 5.7.1 Annahmen

Die bedarfsmäßigen Annahmen hinsichtlich der an den prognostizierten Trinkwasserbedarf im Jahr 2050 angepassten Rohwasserförderung der zwei Wasserwerke und die damit erhöhte Entnahme aus der Stauhaltung Mühlendamm in Form von Uferfiltrat ist bereits in Kapitel 5.4.1 für das Szenario S0.2050 beschrieben worden.

Ebenso gehen die Planungen der BWB auf der Grundlage der Variante 2042 V1 von einem gleichbleibenden geklärtem Abwasserabfluss für das Klärwerk Münchehofe aus, so dass auch der Zufluss der Erpe in diesem Szenario nicht angepasst werden muss. Die Veränderung der Klärwerkseinleitung durch die Tesla Gigafactory sowie zusätzlicher Ansiedlung in diesem Bereich sind nicht berücksichtigt (vgl. Kapitel 2.8).

Für das Klärwerk Waßmannsdorf gehen die BWB dagegen von einem um den Faktor 1,15 erhöhten Anteil an geklärtem Abwasser aus, das über die beiden in Kapitel 5.2.7 genannten Ableitwege auch zukünftig in den Rudower Arm des Teltowkanals eingeleitet werden

Die fehlende Überleitung von geklärtem Abwasser aus dem Klärwerk Ruhleben in den Teltowkanal wird mit den baulichen Änderungen an den Wehren aus dem S2-Szenario übernommen.

### 5.7.2 Ergebnisse

Bei diesem Szenario liegen die erhöhten Entnahmen durch die Wasserwerke Friedrichshagen und Wuhlheide (im Mittel beider Wasserwerke von 0,26 m<sup>3</sup>/s, vgl. Kapitel 5.4.1) in der gleichen quantitativen Größenordnung wie die erhöhte Einleitung durch das Klärwerk Waßmannsdorf (im Mittel von 0,32 m<sup>3</sup>/s).

Entsprechend unterscheiden sich auch die für die Summe aller hier angedachten Veränderungen die Wasserspiegellagen nur wenig von den zuvor gezeigten Ergebnissen. Die Wasserspiegellagen für das Szenario S3 sind in Bild 70 dargestellt.

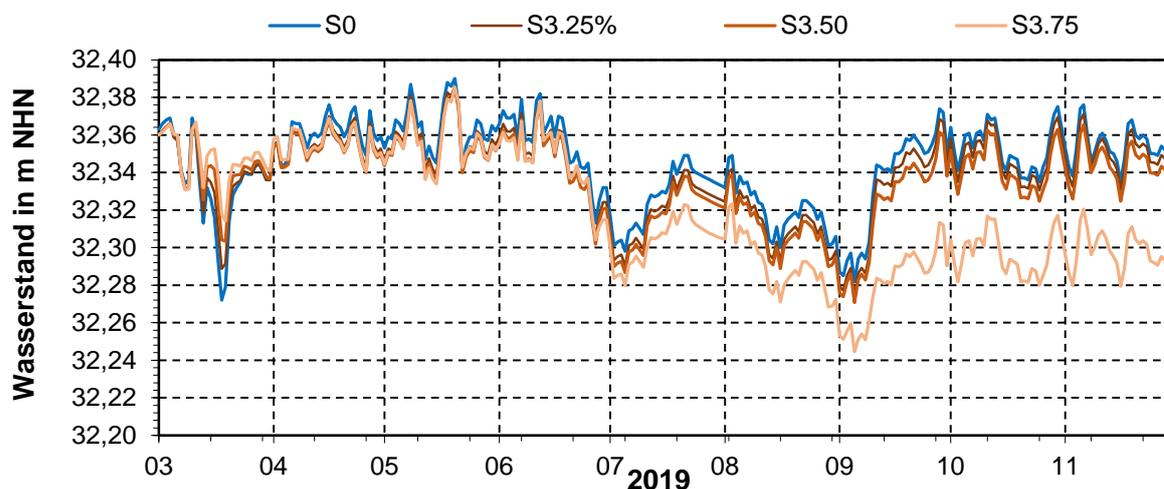


Bild 70: Iterativ bestimmte Wasserstände am OP Schleuse Mühlendamm im Szenario S3

Dagegen erhöht sich im Wesentlichen aufgrund der erhöhten Einleitmengen des Klärwerks Waßmannsdorf die Rückströmung in den Müggelsee noch einmal deutlich von 64 Tagen (S0 auf dann 89 (S3.25), 117 (S3.50) und 174 Tage (S3.75). Der gesamte Betrachtungszeitraum umfasst 275 Tage.

Der Durchfluss der Rückströmung steigt von im Mittel 0,51 m<sup>3</sup>/s (S0) auf 0,93 m<sup>3</sup>/s (S3.25), 1,00 m<sup>3</sup>/s (S3.50) und 1,10 m<sup>3</sup>/s (S3.75) bzw. von 2,8 Mio. m<sup>3</sup> (S0) auf 7,1 Mio. m<sup>3</sup> (S3.25), 10,1 Mio. m<sup>3</sup> (S3.50) und 16,6 Mio. m<sup>3</sup> (S3.75).

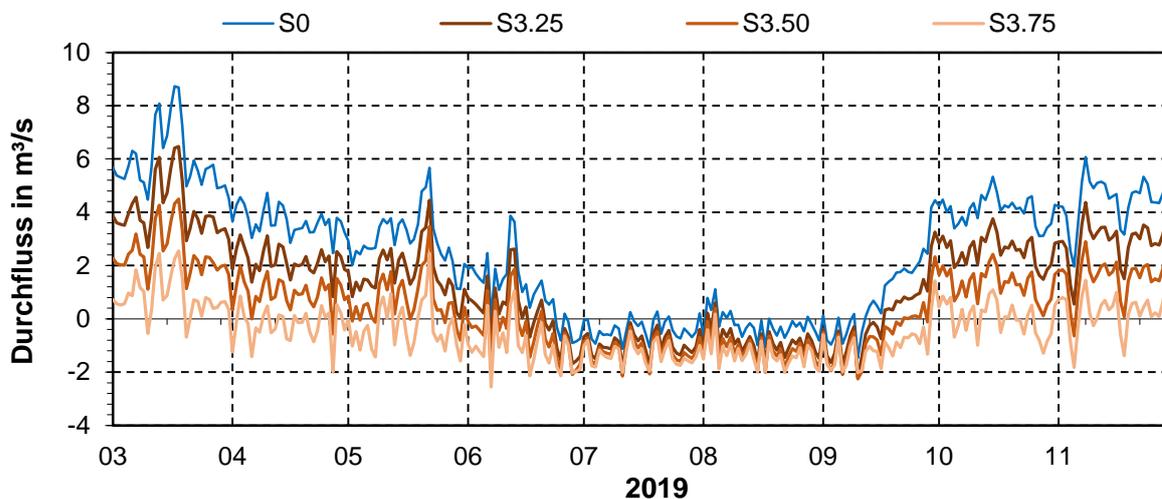


Bild 71: Durchflüsse in der Müggelspree Höhe Spreetunnel im Szenario S3

## 5.8 Szenario S4: Keine Rückströmung in den Müggelsee im S3.50-Szenario

### 5.8.1 Annahmen

In diesem Szenario wird an Beispiel des Szenarios S3.50 der Zufluss über das Wehr Große Tränke ermittelt, der unter den zuvor für die Szenarien S1.50, S2 und S3 genannten Annahmen erforderlich wäre, damit Rückströmungen in der Müggelspree vermieden werden.

Modelltechnisch ist dafür der in Bild 72 gezeigte Durchfluss (S4.50) als Sollwert am Profilpunkt der Müggelspree (Höhe Spreetunnel) angegeben worden, für den die Eingangswerte des Zuflusses über das Wehr Große Tränke bilanzkorrigiert werden sollen.

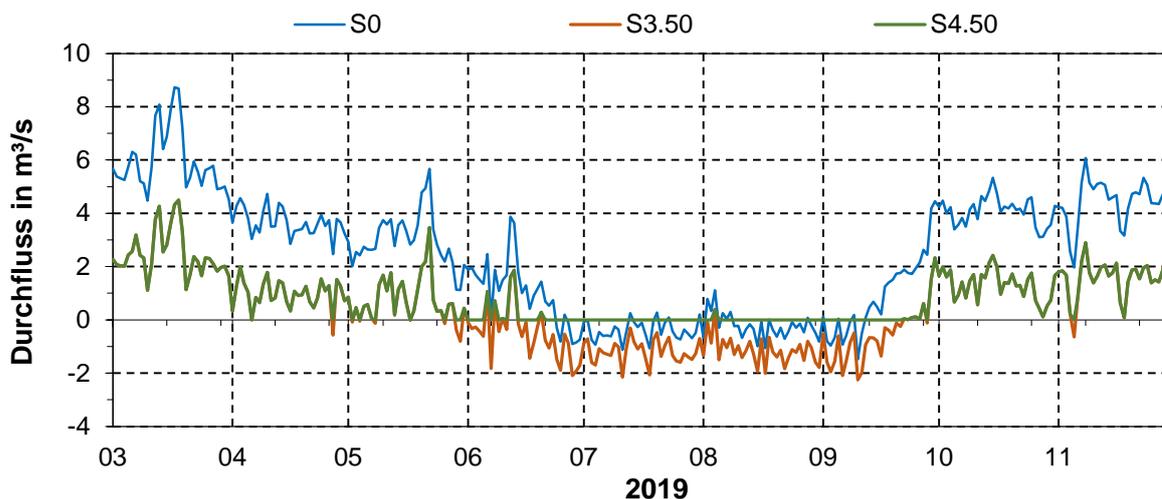


Bild 72: Angestrebter Mindestdurchfluss in der Müggelspree (Spreetunnel) im Szenario S4.50 im Vergleich zu den Szenarien S0 und S3.50

### 5.8.2 Ergebnisse

Bild 73 zeigt den iterativ berechneten Zufluss in die Stauhaltung Mühlendamm über die Müggelspree am Pegel Große Tränke UP aus der Fürstenwalder Spree, der erforderlich wäre, wenn unter den Annahmen des Szenarios 3.50 (vgl. Kapitel 4.7.1 und Bild 71) keine Rückströmung von geklärtem Abwasser aus dem Klärwerk Münchehofe in den Müggelsee auftreten soll.

Obwohl die Rückströmung in der Müggelspree z.B. vom 01.06 bis 30.09.2019 (nur)  $0,94 \text{ m}^3/\text{s}$  unter den Annahmen des S3.50-Szenarios betragen würde, ist – um diese zu unterbinden – ein im gleichen Zeitraum um im Mittel  $2,39 \text{ m}^3/\text{s}$  größerer Zufluss über das Wehr Große Tränke aus der Fürstenwalder Spree erforderlich.

Dies liegt darin begründet, dass nur etwa mehr als 40% des am Wehr Große Tränke an die (Brandenburger) Müggelspree abgegebenen Wassers nach der Mündung in den Dämeritzsee auch weiter über die Müggelspree Richtung Stadtspreewald abfließt. Der größere Anteil (weniger als 60%) fließt hingegen über den Gosener Kanal (und zum geringen Teil auch den Gosener Graben) in den Seddinsee zur Dahme und vereinigt sich erst an der Dahmemündung wieder mit dem Teilstrom, der über die Müggelspree abgefließen ist.

Um unter den Randbedingungen des Szenarios S3.50 eine Rückströmung in den Müggelsee zu unterbinden, müsste der Zufluss über das Wehr Große Tränke z.B. in den Monaten Juli und August von  $1,0 \text{ m}^3/\text{s}$  (S1.50) auf  $4,0 \text{ m}^3/\text{s}$  (S4.50) angehoben werden, was einem Mehrbedarf von etwa im Mittel  $3,0 \text{ m}^3/\text{s}$  über beide Monate entspricht.

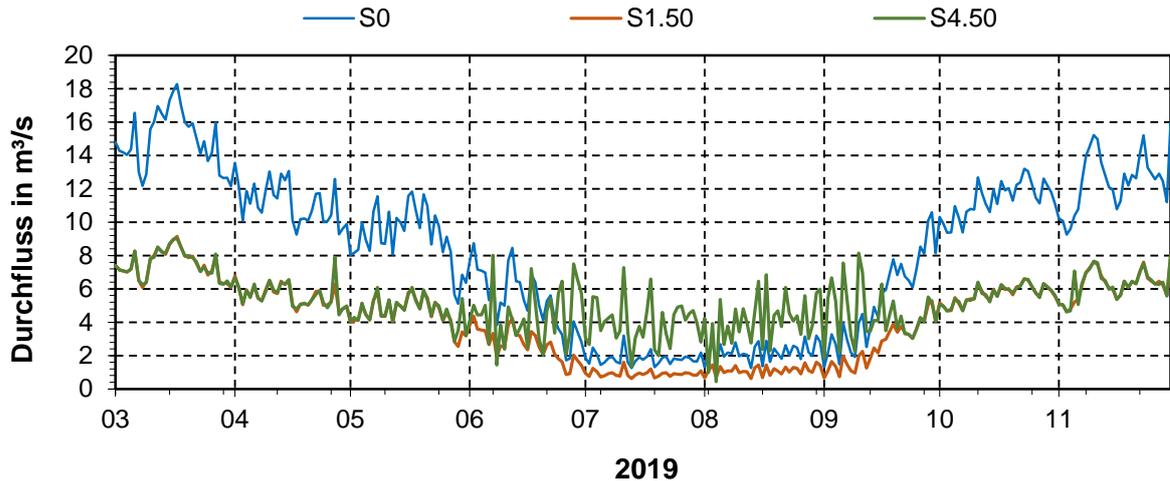


Bild 73: Iterativ berechneter Mindestzufluss über das Wehr Große Tränke ohne Rückströmung in den Müggelsee im S3.50 Szenario

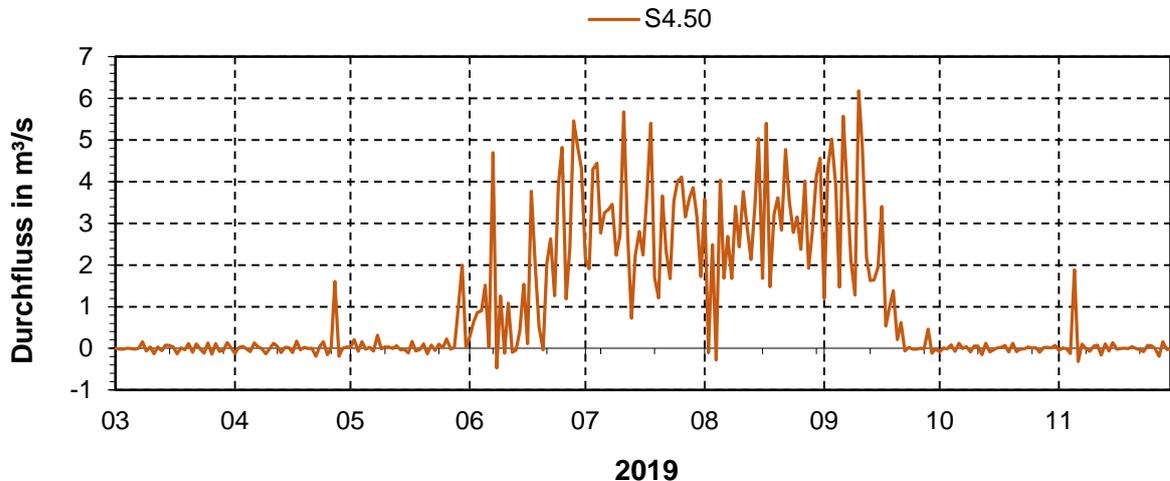


Bild 74: Mehrbedarf an Zufluss über das Wehr Große Tränke im Szenario S3.50 ohne eine Rückströmung in den Müggelsee (Spreetunnel)

## 5.9 Zusammenfassung

In keinem der hier betrachteten Szenarien fällt der Wasserstand am OP Mühlendamm unter den für die Schifffahrt wichtigen (Abladetiefe) unteren Betriebswasserstand (BWu) von  $W = 32,10$  m NHN, auch wenn die Anzahl an Schleusungen nur tageweise bei einer negativen Durchflussbilanz bis auf Null eingeschränkt werden.

Bei einem Rückgang der Zuflüsse aus dem Einzugsgebiet von Spree und Dahme sowie der Rüdersdorfer Gewässer um 25% (S1.25, S2.25, S3.25) könnte auch der Schleusenbetrieb wie im Istzustand aufrechterhalten werden, in dem allein der Abfluss über die Wehre – insbesondere dem am Wehr Oberschleuse – soweit zum Halten der Wasserstände wie im Istzustand reduziert wird.

Erst ab einem klimatisch bedingten Rückgang der Zuflüsse um 50% bzw. 75% müsste dann auch der Schleusenbetrieb stärker eingeschränkt bzw. dann auch tageweise eingestellt werden, wenn der Wasserstand nicht weiter verfallen soll.

Die Ganglinien der Wasserstände bei einem angenommenen Rückgang der Zuflüsse aus dem Einzugsgebiet um 50% (und einer um 8% erhöhten Verdunstung) für die drei Szenarien zeigt Bild 75 und Bild 76, die bei einem Rückgang um 75%.

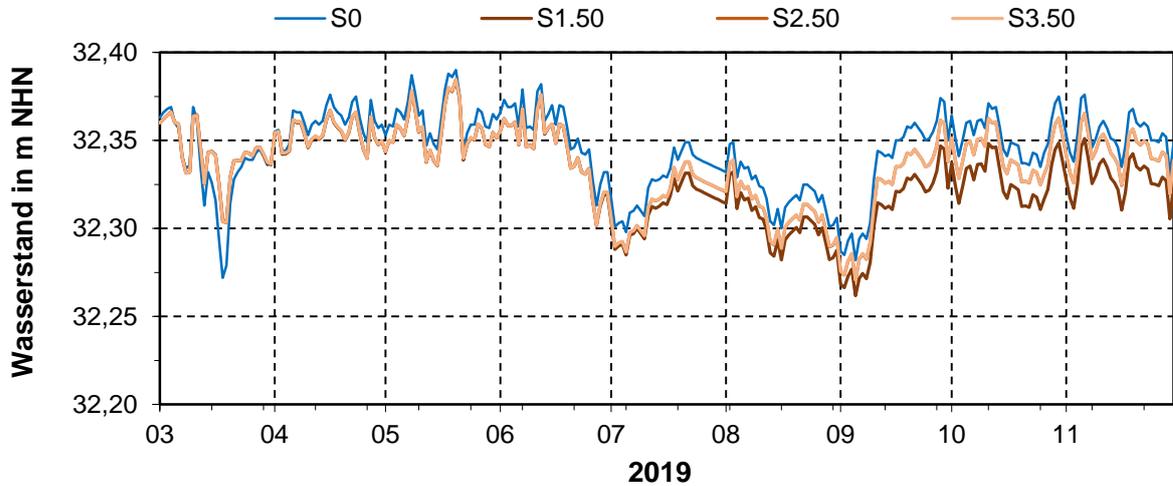


Bild 75: Vergleich der Wasserstände bei einem klimatisch bedingten Rückgang der Zuflüsse um 50% unter den weiteren Annahmen der Szenarien S1, S2 und S3

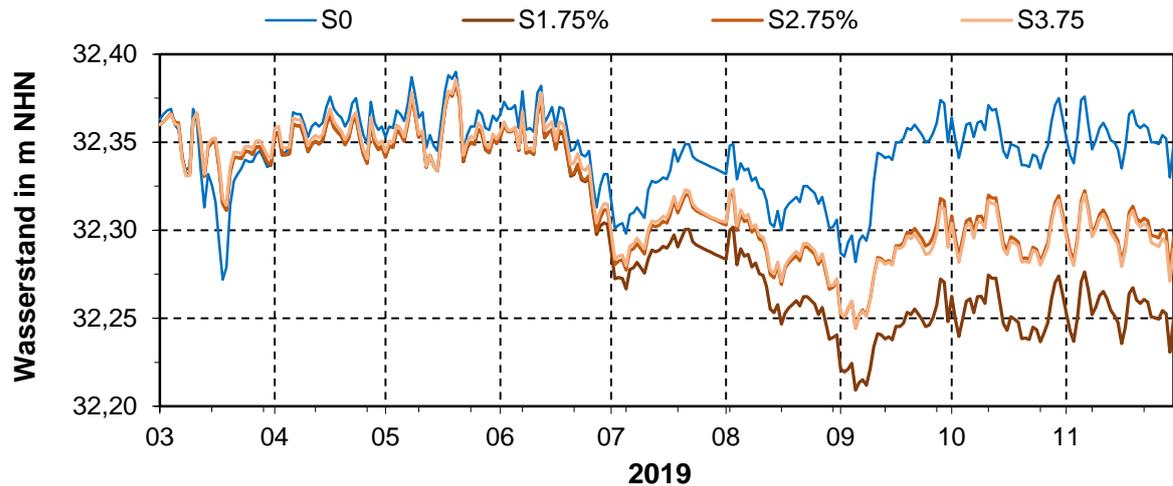


Bild 76: Vergleich der Wasserstände bei einem klimatisch bedingten Rückgang der Zuflüsse um 75% unter den weiteren Annahmen der Szenarien S1, S2 und S3.

Ein höherer Wasserstand wäre auch bei einem klimabedingten Rückgang um 50% und 75% noch möglich, wenn die noch verbleibenden Schleusungswassermengen weiter reduziert würden, damit dann aber auch der Abfluss in die unterhalb gelegenen Stauhaltungen Landwehrkanal, Charlottenburg und Brandenburg.

In Tabelle 14 sind die Mittelwerte der einzelnen Komponenten der Wasserbilanz für den Niedrigwasserzeitraum Juli bis September 2019 zusammengestellt.

Tabelle 14: Mittelwerte der einzelnen Komponenten der Wasserbilanz für den Zeitraum Juli bis September 2019 (Stauhaltung Mühlendamm)

Szenario	Zufluss	Zufluss NG	N	KW	Abfluss Wehre	Abfluss Schleusen	WW	V
	m <sup>3</sup> /s							
S0	5,61	2,33	0,33	4,40	7,71	1,95	1,50	1,14
S0.2050	5,61	2,18	0,33	4,40	7,44	1,95	1,77	1,14
S1.25	4,21	2,18	0,33	4,40	6,30	1,87	1,50	1,23
S1.50	2,80	2,18	0,33	4,40	5,20	1,62	1,50	1,23
S1.75	1,40	2,18	0,33	4,40	4,42	1,20	1,50	1,23
S2.25	4,21	2,18	0,33	2,50	4,33	1,94	1,50	1,23
S2.50	2,80	2,18	0,33	2,50	3,09	1,80	1,50	1,23
S2.75	1,40	2,18	0,33	2,50	1,72	1,52	1,50	1,23
S3.25	4,21	2,18	0,33	2,80	4,19	1,94	1,77	1,23
S3.50	2,80	2,18	0,33	2,80	2,97	1,77	1,77	1,23
S3.75	1,40	2,18	0,33	2,80	2,00	1,47	1,77	1,23

Abkürzungen: N = Niederschlag, V = Verdunstung, NG = Nebengewässer, KW = Klärwerke, Einleitung, WW = Wasserwerke, Uferfiltratentnahme

Bereits im Istzustand (S0) ist an 64 Tagen mit geklärtem Abwasser belastetes Wasser (Klärwerk Münchehofe) über das Neuenhagener Mühlenfließ mit einem Volumen von 2,8 Mio. m<sup>3</sup> in den Müggelsee geflossen. Diese Menge würde sich insbesondere aufgrund der im Szenario S0.2050 angenommenen erhöhten Rohwasserförderung durch das Wasserwerk Friedrichshagen auf 4,2 Mio. m<sup>3</sup> erhöhen (siehe Tabelle 15).

Im Szenario S3.50 nähme die Rückströmung auf im Mittel 1 m<sup>3</sup>/s an 117 Tagen im Betrachtungszeitraum zu. Dies entspricht einem rückgeströmten Volumen von 10.1 Mio. m<sup>3</sup>. Um eine Rückströmung in den Müggelsee bei einem angenommen klimabedingten Rückgang aller Zuflüsse aus dem Einzugsgebiet gänzlich zu verhindern, müsste der Zufluss über den Pegel Große Tränke an 116 Tagen um im Mittel 2,56 m<sup>3</sup>/s bzw. 25,7 Mio. m<sup>3</sup> erhöht werden.

Der Mittelwert des Zuflusses über das Wehr Große Tränke beträgt z.B. in den Monaten Juli und August, dem Zeitraum mit der höchsten Rückströmung (vgl. Bild 72) im Szenario S3.50 lediglich 1,0 m<sup>3</sup>/s.

Tabelle 15: Mittelwert des Durchflusses, Anzahl der Tage und Volumen der Rückströmung in den Müggelsee für die verschiedenen Szenarien

Szenario	Mittelwert	Anzahl Tage	Volumen
	m <sup>3</sup> /s	d	Mio. m <sup>3</sup>
Rückströmung Müggelspree (Spreetunnel)			
S0	-0,51	64	-2,8
S0.2050	-0,65	75	-4,2
S1.25	-0,71	82	-5,1
S1.50	-0,85	102	-7,5
S1.75	-0,89	164	-12,7
S2.25	-0,71	83	-5,1
S2.50	-0,86	102	-7,6
S2.75	-0,91	165	-13,0
S3.25	-0,93	89	-7,1
S3.50	-1,00	117	-10,1
S3.75	-1,10	174	-16,6
Mehrbedarf am Pegel Große Tränke UP			
S4.5	2,56	116	25,7

## 6 Stauhaltung Brandenburg

### 6.1 Modellskizze

Das in BIBER abgebildete Modell umfasst die innerhalb der Berliner Landesgrenze liegenden Gewässerabschnitte der Stauhaltung (Stadt) Brandenburg (siehe Bild 77).

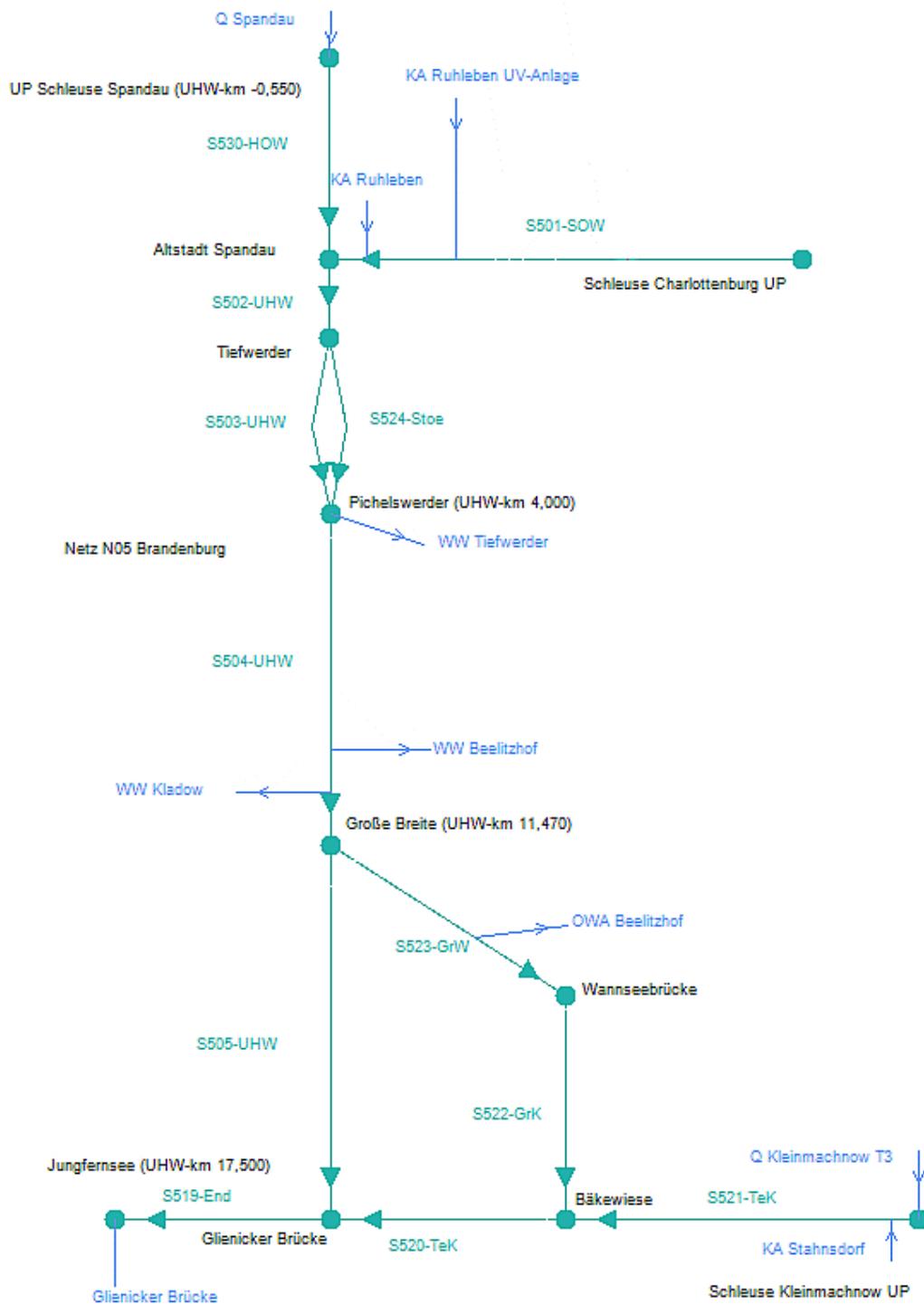


Bild 77: Modellskizze der Stauhaltung Unterhavel mit der Definition des Gewässergraphens und den Randbedingungen  
Abkürzungen: WW = Wasserwerk, OWA= Oberflächenwasseranlagereinrichtung, KA = Kläranlage, Klärwerk, UP= Unterpegel, UHW = Unterhavelwasserstraße

## 6.2 Randbedingungen und Istzustand

### 6.2.1 Wasserstand

Die Wasserstände der Unterhavel befinden sich im Rückstaubereich der Wehre der Stauanlage Brandenburg im Zuständigkeitsbereich des Wasser- und Schifffahrtsamtes (WSA) Brandenburg. Die Staubeinflussung reicht bis zum Unterpegel (UP) der Stauhaltung Spandau (Havel) bzw. bis zum UP der Stauhaltung Charlottenburg (Spree) bzw. bis zum UP der Schleuse Kleinmachnow der Stauhaltung Mühlendamm. Die Steuerung erfolgt entsprechend den Beschlüssen (Stauziele etc.) des Havelstaubeirats (WSA Spree-Havel, 2020).

Davon unabhängig werden hier die gemessenen Wasserstände für das Berliner Teilmodell dieser Stauhaltung am Pegel Glienicker Brücke (Messwerte WSA Berlin) vorgegeben (siehe Bild 78).

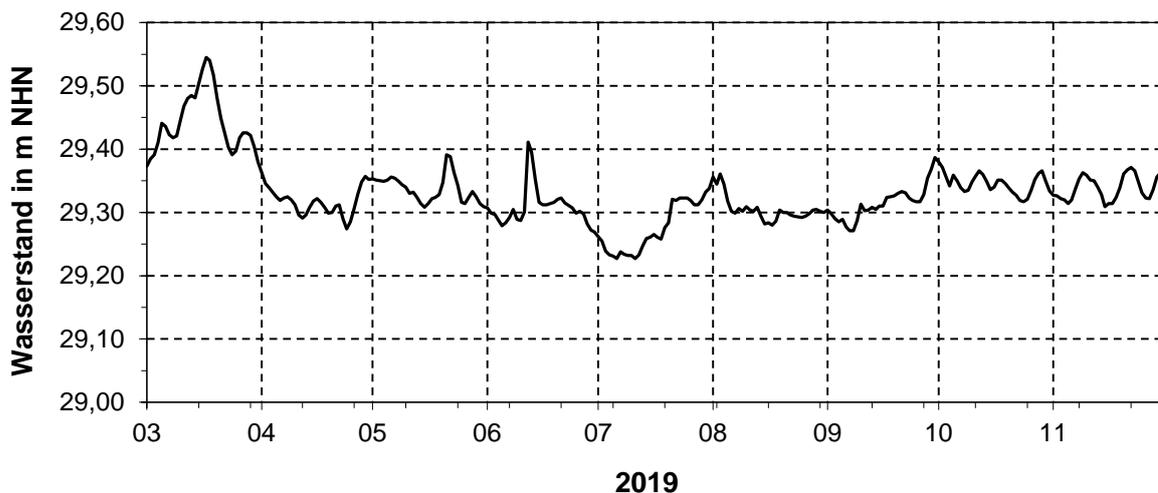


Bild 78: Wasserstand am Pegel Glienicker Brücke

### 6.2.2 Zuflüsse

Die Zuflüsse für das Modell der Stauhaltung Brandenburg bilden die zuvor betrachteten Abflüsse aus der Stauanlage Spandau (Wehre, Schleuse und Umflut) sowie – über die Stauhaltungen Charlottenburg und Unterschleuse die Abflüsse über die Stauanlagen Mühlendamm und Kupfergraben sowie die Oberschleuse und die Schleuse Neukölln. Der Abfluss der Stauanlage Kleinmachnow mündet direkt in die Stauhaltung Brandenburg.

Nebenflüsse münden keine in den Berliner Teil der Stauhaltung Brandenburg.

Der Zufluss der Panke und der Schleuse Plötzensee münden in die Stauhaltung Charlottenburg. Die Wasserstands- und Durchflussverhältnisse in der Stauhaltung Charlottenburg (Spree und Kanäle) sowie Unterschleuse (Landwehrkanal und Neuköllner Schifffahrtskanal) werden hier – aufgrund fehlender Entnahmen durch Wasserwerke oder die Einleitung von Klärwerken nicht betrachtet – aber für die numerische Übergabe an den Berliner Teil der Stauhaltung Brandenburg mitberechnet.

Der Abfluss über die Schleuse Schönwalde mündet erst unterhalb Berlins über den Havelkanal wieder in die Havel.

### 6.2.3 Niederschlag und Verdunstung

Im Modell der Stauhaltung Unterhavel werden für die in Tabelle 10 zusammengestellten Gewässerabschnitte Niederschlag und Verdunstung in Form eines linienförmigen äquivalenten Zuflusses (Niederschlag) bzw. Abflusses (Verdunstung) berücksichtigt.

Als Eingangsdaten werden die täglichen Niederschlags- bzw. Verdunstungshöhen des Deutschen Wetterdienstes (DWD) an der Station Dahlem verwendet. Diese werden über die in Tabelle 10 genannte Größe der Seeoberflächen programmintern in äquivalente linienförmige Zu- (Niederschlag) bzw. Abflüsse (Verdunstung) für die entsprechenden Gewässerabschnitte umgerechnet.

Tabelle 16: Zusammenstellung der im Modell berücksichtigten Seeflächen, für die Niederschlag und Verdunstung berücksichtigt werden

Nr.	Name	Oberfläche in km <sup>2</sup>
1	Unterhavel (S504)	6,26
2	Unterhavel (S505)	5,49
3	Großer Wannsee	2,82
4	Griebnitzsee	0,57
5	Kleiner Wannsee	0,20
	<b>Summe</b>	<b>15,34</b>

### 6.2.4 Wasserwerke

Die von den BWB angegebenen prozentualen Uferfiltratanteile für die drei Wasserwerke sowie die Entnahme durch die Oberflächenwasseraufbereitungsanlage (OWA Beelitzhof) zur Stützung des phosphatreduzierten Wasserhaushalts der Grunewaldseenkette bei gleichzeitiger Entnahme durch Brunnen des Wasserwerks Beelitzhof sind in Tabelle 17 zusammengestellt.

Die täglichen Entnahmemengen im Betrachtungszeitraum sind den Bildern in Kapitel 6.4 zusammen mit den für das Jahr 2050 prognostizierten Mengen (Szenario S0.2050) zu entnehmen.

Tabelle 17: Zusammenstellung der Annahmen zur Wasserentnahme der Wasserwerke aus der Stauhaltung Unterhavel (Brandenburg)

Wasserwerk	Uferfiltrat (-anteil)	Grundwasseranreicherung (OWA)	Rohwasserförderung (RWF) 2019
			in Mio. m <sup>3</sup>
Tiefwerder	66% * RWF	keine	17,4
Kladow	46% * RWF	keine	3,3
Beelitzhof	40% * RWF	(Messwerte)	34,0

Quelle: (BWB; Email von Herrn Schimmelpfennig (BWB) an Herrn Dr. Creutzfeldt (SenUVK) vom 28. Februar 2017)

### 6.2.5 Klärwerke

Das Klärwerk Ruhleben leitet in den Sommermonaten bereits jetzt einen UV-desinfizierten Teilstrom seines geklärten Abwassers in die Spree kurz vor der Mündung in die Havel (SOW-km 0,600) ein. In den Wintermonaten wird die gesamte Menge über den Altarm Ruhleben ein kurzes Stück weiter stromab ebenfalls in die Spree eingeleitet (siehe Bild 79). Der nicht desinfizierte Anteil an geklärtem Abwasser wird derzeit noch in den Sommermonaten per Druckrohrleitung oberhalb der Stauanlage Kleinmachnow in den Teltowkanal einleitet (vgl. Bild 47).

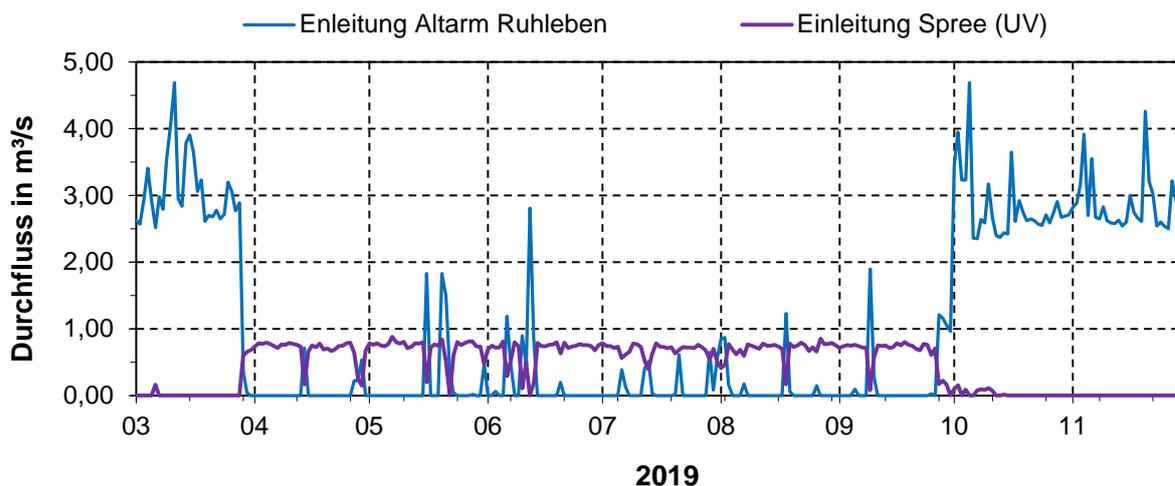


Bild 79: Geklärte Abwassereinleitung des Klärwerks Ruhleben in den Altarm Ruhleben (Einleitung Altarm Ruhleben) bzw. in die Spree (Einleitung Spree (UV)).

Weiterhin leitet kurz unterhalb der Stauanlage Kleinmachnow das Klärwerk Stahnsdorf sein geklärtes Abwasser (siehe Bild 80) in den damit zu dieser Stauhaltung gehörigen Abschnitt des Teltowkanals ein.

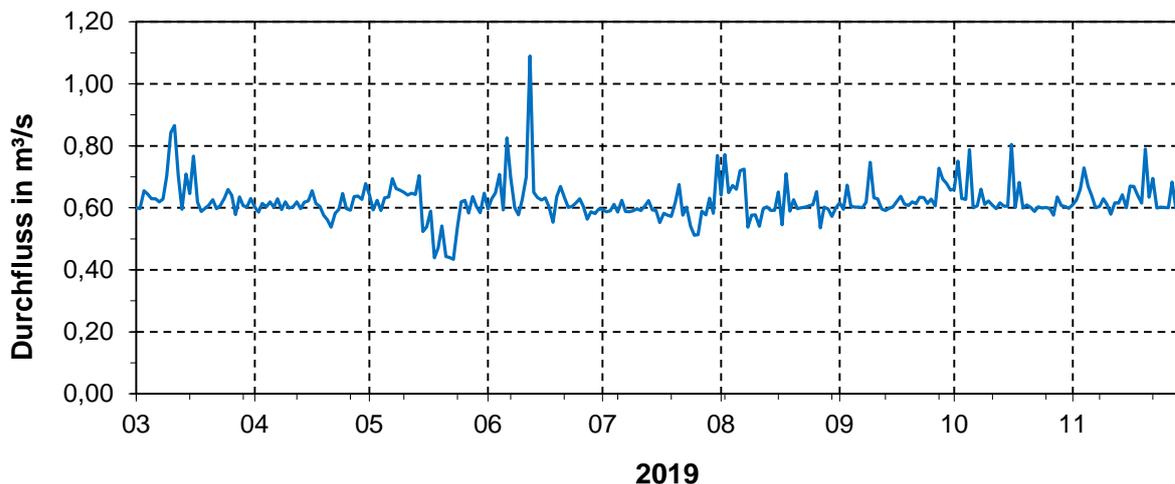


Bild 80: Geklärte Abwassereinleitung des Klärwerks Stahnsdorf in den Teltowkanal unterhalb der Schleuse Kleinmachnow (TeK 8,4)

### 6.3 Szenario S0: (indirekt) bilanzkorrigierter Istzustand

Ein Bilanzausgleich wie für die beiden anderen zuvor betrachteten Stauhaltungen ist für das nur als Teilmodell bis an die Landesgrenze zu Brandenburg von der SenUVK vorgehaltene Modell nicht möglich, da der Abfluss aus Berlin nicht gemessen wird.

Da jedoch die bilanzkorrigierten Abflüsse aus den Stauhaltungen Spandau (vgl. Kapitel 4.3) und Mühlendamm (vgl. Kapitel 5.3) direkt oder indirekt – über die Stauhaltungen Unterschleuse und Charlottenburg – neben der Panke die einzigen Zuflüsse in die Stauhaltung sind, bestimmen die bilanzkorrigierten Messwerte der beiden zuvor betrachteten Stauhaltungen die Abflussverhältnisse auch in der Stauhaltung Brandenburg.

Mit den Durchflussmesswerten der Messstellen Sophienwerder (Spree) und Tiefwerder (Havel), die nicht an den Modellrändern liegen und daher auch nicht als Eingangswerte in die Berechnungen eingehen, besteht die Möglichkeit, die zuvor getroffenen Annahmen zum Bilanzausgleich zu prüfen (zu validieren).

Bild 81 zeigt den Vergleich zwischen den Messwerten und den mit den bilanzkorrigierten Abflüssen aus den Teilmodellen Spandau und Mühlendamm sowie dem Zufluss der Panke in die Stauhaltung Charlottenburg berechneten Durchfluss an der Messstelle Sophienwerder (Spree, SOW-km 0,600). Bild 82 zeigt den Vergleich für die Messstelle Tiefwerder (Havel, UHW-km 1,48), bei der zusätzlich auch die bilanzkorrigierten Zuflüsse aus der Stauhaltung Spandau in die berechneten Durchflüsse eingehen.

An der Messstelle Sophienwerder stimmen die berechneten (bilanzkorrigierten) Durchflüsse sehr gut mit den Messwerten überein. Größere Abweichungen sind lediglich bei einzelnen Durchflussspitzen zu verzeichnen (siehe Bild 81), die auf Starkregenereignissen zurückzuführen sind, deren Regenwassereinleitungen über die Misch- und Trennkanalisation aber auch nicht im Modell erfasst sind.

Die Messwerte an der Messtelle Tiefwerder weichen dagegen insbesondere bei größeren Durchflüssen stärker von den berechneten Werten ab, während sie im Niedrigwasserzeitraum ähnlich gut mit den aus dem Bilanzausgleich der Stauhaltungen Spandau und Mühlendamm übereinstimmen (siehe Bild 82).

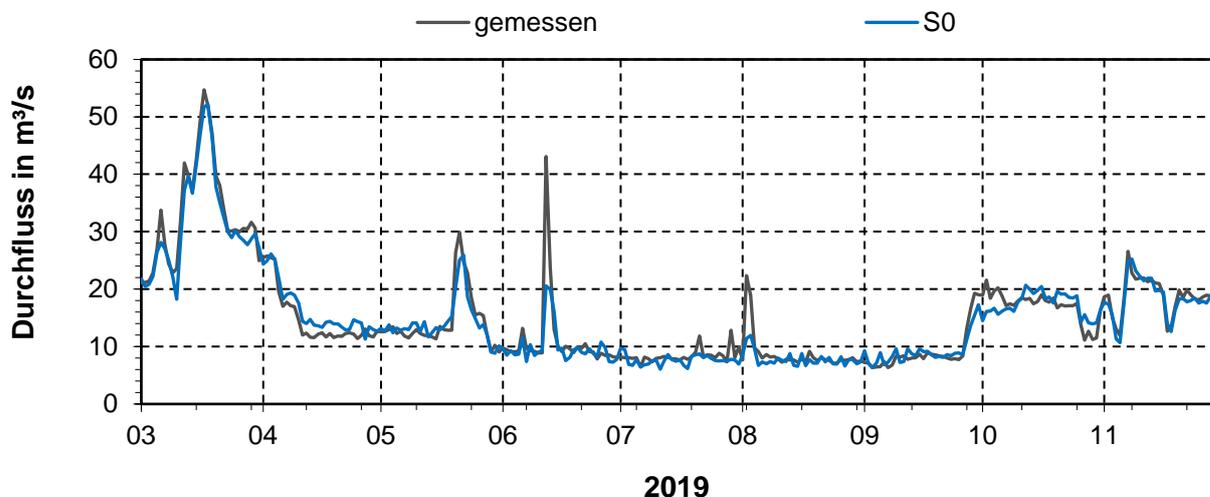


Bild 81: Vergleich zwischen den gemessenen und berechneten Durchflüssen an der Messstelle Sophienwerder (Spree, SOW-km 0,600)

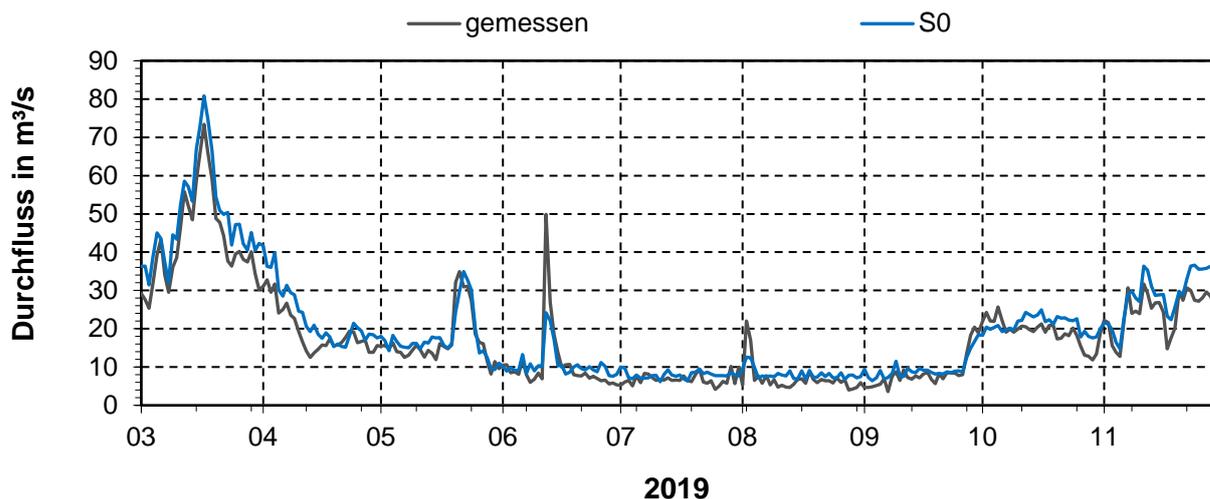


Bild 82: Vergleich zwischen den gemessenen und berechneten Durchflüssen an der Messstelle Tiefwerder (Havel, UHW-km 1,48)

In Tabelle 18 sind die gemessenen bzw. berechneten minimalen und maximalen Durchflüsse sowie der Mittelwert über den Betrachtungszeitraum zusammengestellt.

Tabelle 18: Vergleich zwischen gemessenen und berechneten Durchflüssen an den Pegeln Tiefwerder (Havel) und Sophienwerder

	Pegel Tiefwerder		Sophienwerder	
	gemessen	berechnet	gemessen	berechnet
	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s
Minimal	3,590	6,22	6,32	6,03
Mittelwert	17,36	19,64	15,1	14,7
Maximal	73,4	80,8	54,7	52,2

## 6.4 Szenario S0.2050: Istzustand (S0) und Wasserbedarf 2050

### 6.4.1 Annahmen

Die Skalierungsfaktoren der Rohwasserförderung zur Deckung des prognostizierten Wasserbedarfs im Jahr 2050 sind für die drei Wasserwerke in Tabelle 19 zusammengestellt. Wie bisher wird auch für die Wasserwerke Tiefwerder und Kladow angenommen, dass bei erhöhter (oder verringerter) Rohwasserförderung der prozentuale Anteil an Uferfiltrat wie im Istzustand verbleibt.

Für das Wasserwerk Beelitzhof wird angenommen, dass sich die Menge an Uferfiltrat trotz 8% höherer Rohwasserförderung nicht ändert, sondern durch eine entsprechend erhöhte Entnahme über die OWA Beelitzhof über die Grundwasseranreicherung gedeckt wird.

Tabelle 19: Skalierungsfaktoren zur Berechnung der Wasserwerksentnahmen im Szenario S0.2050

Wasserwerk	RWF 2019	RWF 2050	Skalierungsfaktor S0.2050
	in Mio. m <sup>3</sup> /a	in Mio. m <sup>3</sup> /a	-
Tiefwerder	17,4	15,0	<b>0,86</b>
Kladow	3,3	5,0	<b>1,52</b>
Beelitzhof	34,0	36,7	<b>1,08</b>
<b>Summe</b>	<b>54,7</b>	<b>56,7</b>	

Da die höchste prozentuale Steigerung ( $f = 1,52$ ) das Wasserwerk Kladow mit der kleinsten Rohwasserförderung betrifft und das Wasserwerk Tiefwerder im Jahr 2050 weniger Rohwasser fördern soll als heute, ist der Anstieg in der Rohwasserförderung in Summe der drei Wasserwerke relativ gering (2 Mio m<sup>3</sup>) und beträgt im Mittel weniger als 5% (4,6%).

Durch den direkten Ausgleich über die Entnahme der OWA Beelitzhof würde die aus der Stauhaltung entnommene Menge in Form von Uferfiltrat und direkter Entnahme zur Anreicherung

um knapp 8% (7,7) im Jahr 2050 ansteigen. Im Mittel werden geplant (S0.2050) daher 0,074 m<sup>3</sup>/s bzw. 1,76 Mio m<sup>3</sup> mehr Wasser zur Trinkwasserversorgung durch alle drei Wasserwerke entnommen als im Istzustand (S0).

Die entsprechend Tabelle 19 skalierte Ganglinie der Summe der prognostizierten Wasserwerkentnahmen aller drei Wasserwerke aus der Stauhaltung Unterhavel im Jahr 2050 ist in Bild 83 dem Istzustand (S0) gegenübergestellt.

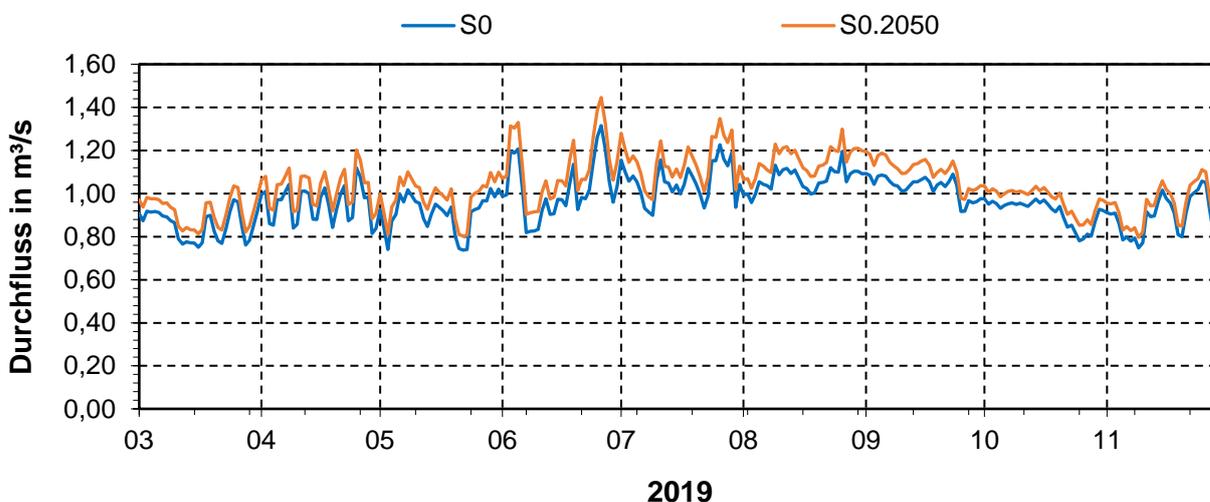


Bild 83: Summe der Entnahme der Wasserwerke Kladow, Tiefwerder und Beelitzhof (Uferfiltrat und OWA) im Istzustand (S0) und im Szenario S0.2050

#### 6.4.2 Ergebnisse

Da in allen Szenarien der gleiche Wasserstand wie im Istzustand am Pegel Glienicker Brücke vorgegeben wird (vgl. Bild 78), werden ersatzweise die Änderungen im Abfluss aus Berlin betrachtet. Aufgrund der zuvor beschriebenen geringen Änderungen in den Entnahmemengen der drei Wasserwerke sind auch die Änderungen im Gesamtabfluss aus Berlin gering. Bild 84 zeigt also insbesondere auch die Situation im Istzustand (S0), für die keine Messwerte vorliegen. So betrug in den Sommermonaten Juli und August 2019 der Gesamtabfluss von Spree und Havel unterstrom der Berliner Landesgrenze (Glienicker Brücke) weitestgehend weniger als 10 m<sup>3</sup>/s.

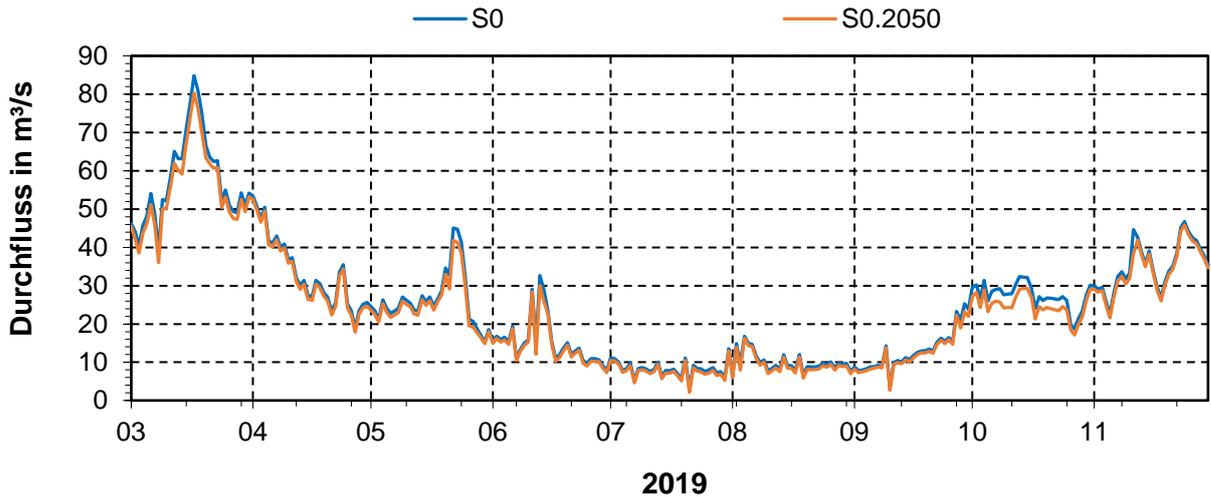


Bild 84: Abfluss aus Berlin (Glienicker Brücke) im Istzustand (S0) und im Szenario S0.2050

Als weiteres Ergebnis wird in dieser Stauhaltung die Rückströmung im Prinz-Friedrich-Leopold-Kanal (PFL-Kanal, auch Griebnitzkanal genannt) betrachtet, der den Teltowkanal in Höhe Griebnitzsee über die Kleine-Wannsee-Seenkette mit dem Großen Wannsee verbindet.

Hier kam es in der Vergangenheit immer wieder zu langanhaltenden (Rück-) Strömungen in Richtung Großer Wannsee, aus dem das Wasserwerk Beelitzhof das Wasser für die OWA entnimmt, und in dem – hier nicht im Fokus der Betrachtungen – auch das Strandbad Wannsee liegt. In Bild 85 ist zu erkennen, dass im gesamten Betrachtungszeitraum – also über 9 Monate – zwar geklärtes, aber keimbelastetes Abwasser der Klärwerke Ruhleben (ab April) und Stahnsdorf aus dem Teltowkanal über den Prinz-Friedrich-Leopold in Richtung Kleiner und Großer Wannsee geflossen ist.

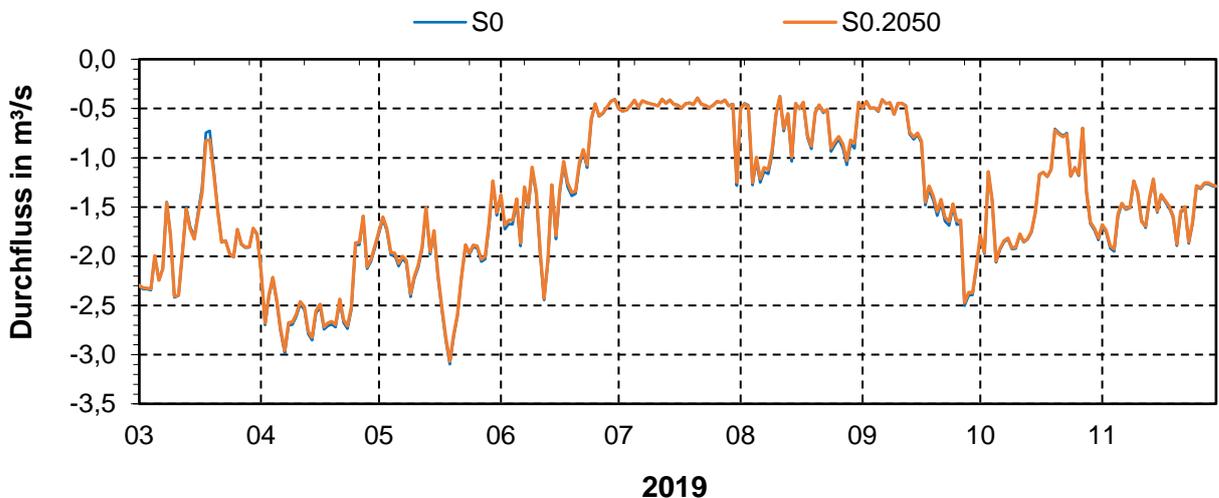


Bild 85: Durchfluss am Pegel Alsenbrücke (PFL-Kanal) im Istzustand (S0) und im Szenario S0.2050 (negative Werte: Rückströmung Richtung Wannsee)

Die Messstelle Alsenbrücke, mit der in der Vergangenheit die Durchflüsse im PFL-Kanal durch die SenUVK gemessen wurde, ist seit Mitte 2015 ausgefallen, so dass keine vergleichenden Messwerte zur Verfügung stehen.

Die im Szenario S0.2050 nur geringfügig höhere Entnahme durch die Wasserwerke hat, insbesondere auch durch die seenartig erweiterten Fließquerschnitte von Unterhavel und Wannsee keinen Einfluss auf die Gefälleverhältnisse, die für die Strömungsrichtung maßgebend sind. Entsprechend fallen auch hier die Unterschiede im Vergleich der Durchflussganglinien der beiden Szenarien nur sehr gering aus (vgl. Bild 85).

Die Rückströmung ist umso größer, je mehr Wasser im Teltowkanal abfließt, wie das der Vergleich der Abflüsse im Teltowkanal in Höhe Bäkewiese oberstrom des Abzweigs des PFL-Kanals in Bild 86 zeigt. Das Wasser, das in den Sommermonaten 2019 noch im Teltowkanal abfloss, bestand über die längste Zeit aus 100% geklärtem Abwasser der beiden Kläranlagen.

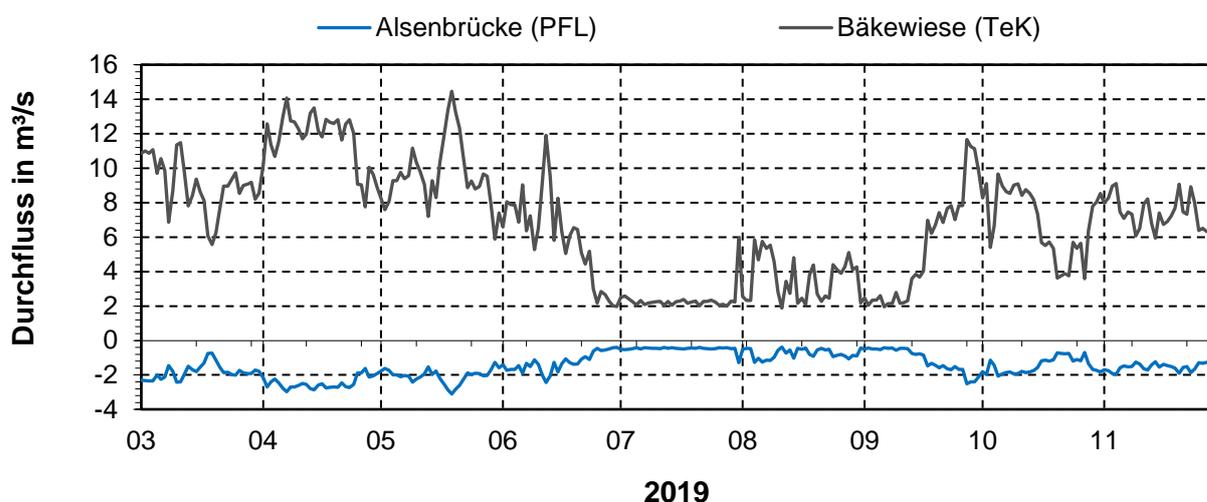


Bild 86: Vergleich der Durchflussganglinien am Pegel Alsenbrücke im PFL-Kanal und oberstrom der Bäkewiese im Teltowkanal

## 6.5 Szenario S1: klimabedingte Veränderungen

### 6.5.1 Annahmen

Als Randbedingungen für die Zuflüsse dieses Szenarios werden die im Ergebnis für das S1-Szenario berechneten Abflüsse aus den Stauhaltungen Spandau und Mühlendamm (über die Stauhaltung Charlottenburg und Unterschleuse) übernommen.

In der Stauhaltung selbst wird die Verdunstung von den im Modell berücksichtigten Seeflächen um 8% erhöht.

## 6.5.2 Ergebnisse

Bild 87 zeigt die Abflüsse aus Berlin am Modellknoten Glienicke, wie sie sich für die unterschiedlichen prozentualen Rückgänge der Zuflüsse im S1-Szenario einstellen würden.

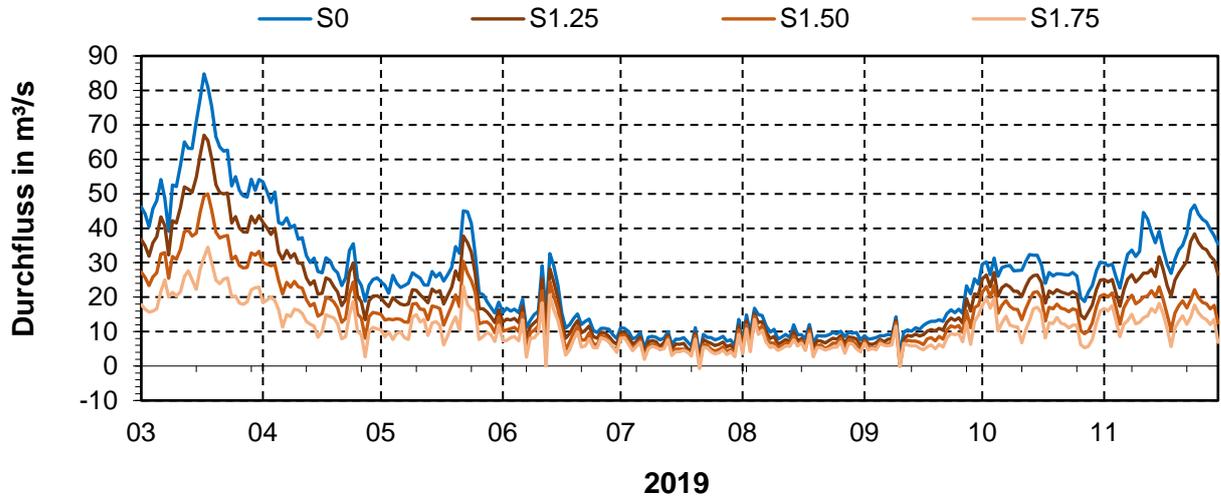


Bild 87: Abfluss aus Berlin (Glienicker Brücke) im Istzustand (S0) und im Szenario S1

Aufgrund der hohen Abflüsse zu Beginn und am Ende des Betrachtungszeitraums, sind die Änderungen im extremen Niedrigwasserzeitraum in der Gesamtansicht nur schwer zu erkennen. Daher zeigt Bild 88 die Abflüsse im Detail für den Zeitraum Juli und August 2019.

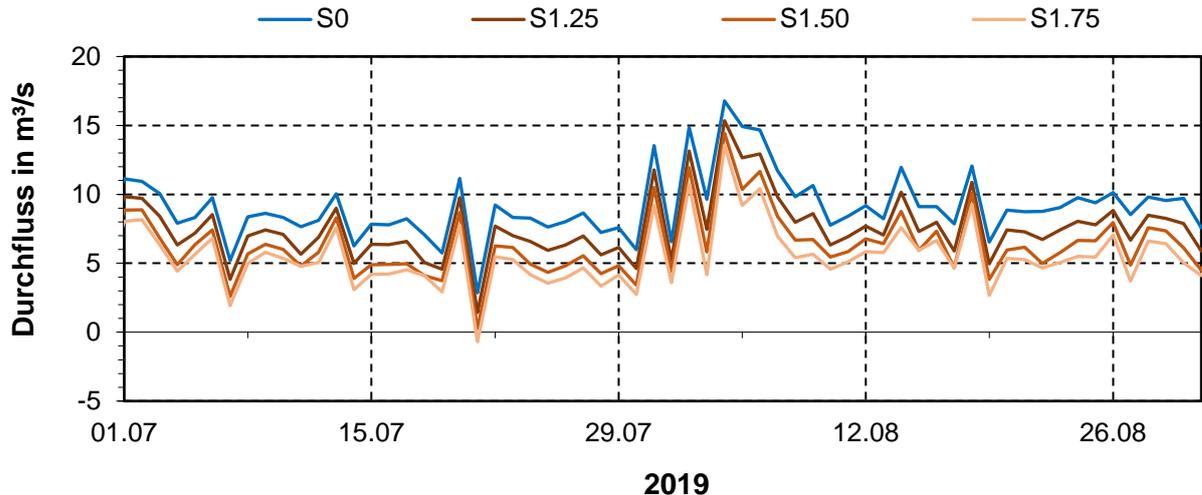


Bild 88: Abfluss aus Berlin (Modellknoten Glienicker Brücke) im Istzustand (S0) und im Szenario S0.2050 im Zeitraum Juli und August 2019.

Wie in Bild 89 zu erkennen ist, hätte der klimabedingte Rückgang der Zuflüsse einen positiven Effekt auf die Größe der Rückströmung im PFL-Kanal. Umso weniger Wasser im Teltowkanal abfließt, umso geringer fallen die negativen Durchflüsse im PFL-Kanal aus, wie dies bereits am Beispiel des Istzustands (vgl. Bild 86) im vorangegangenen Kapitel erläutert wurde.

Zu bedenken ist dabei jedoch, dass mit geringer werdendem Abfluss im Teltowkanal auch der Anteil an geklärtem Abwasser am Gesamtdurchfluss zunimmt. Dieser liegt bei den geringen Durchflüssen im Juli und August 2019 dann bei 100%.

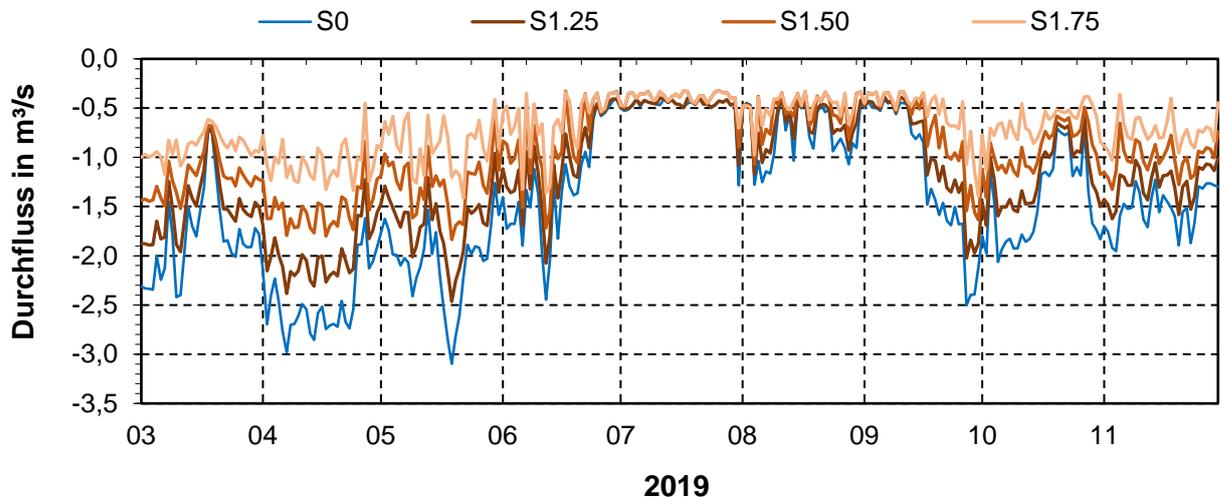


Bild 89: Durchfluss am Pegel Alsenbrücke (PFL-Kanal) im Istzustand (S0) und im Szenario S1 (negative Werte: Rückströmung Richtung Wannensee)

## 6.6 Szenario S2: klima- und baulich bedingte Veränderungen

### 6.6.1 Annahmen

In der Stauhaltung Unterhavel selbst sind keine baulichen Veränderungen geplant, diese gehen also nur indirekt über die Zuflüsse aus den S2-Szenarien der zuvor betrachteten Stauhaltungen in die für diese Stauhaltung berechneten Wasserstands- und Durchflussverhältnisse ein (vgl. Kapitel 4.6.1 und Kapitel 5.6.1).

Mit der im S2-Szenario der Stauhaltung Spandau geänderten Durchflussaufteilung des Ablaufs der Kläranlage Schönerlinde (vgl. auch Bild 32) ändert sich auch der Zufluss der Panke, die in die Stauhaltung Charlottenburg mündet (Nordhafen).

Bild 90 zeigt die Durchflussganglinie der Panke am Pegel Kühnemannstraße im Vergleich zum Istzustand (Messwerte), wenn wie für das S2-Szenario der Stauhaltung Spandau angenommen, nur noch 0,5 m<sup>3</sup>/s des gereinigten Abwassers des Klärwerks Schönerlinde in die Panke geleitet wird.

Der entsprechend höhere Durchfluss im Nordgraben (vgl. Bild 32) fehlt daher ab Anfang Juli in der Panke. Die höheren Durchflüsse im Zeitraum davor resultieren aus der Annahme, dass bei dieser Maßnahme kein Wasser aus der Panke mehr in den Nordgraben übergeleitet wird.

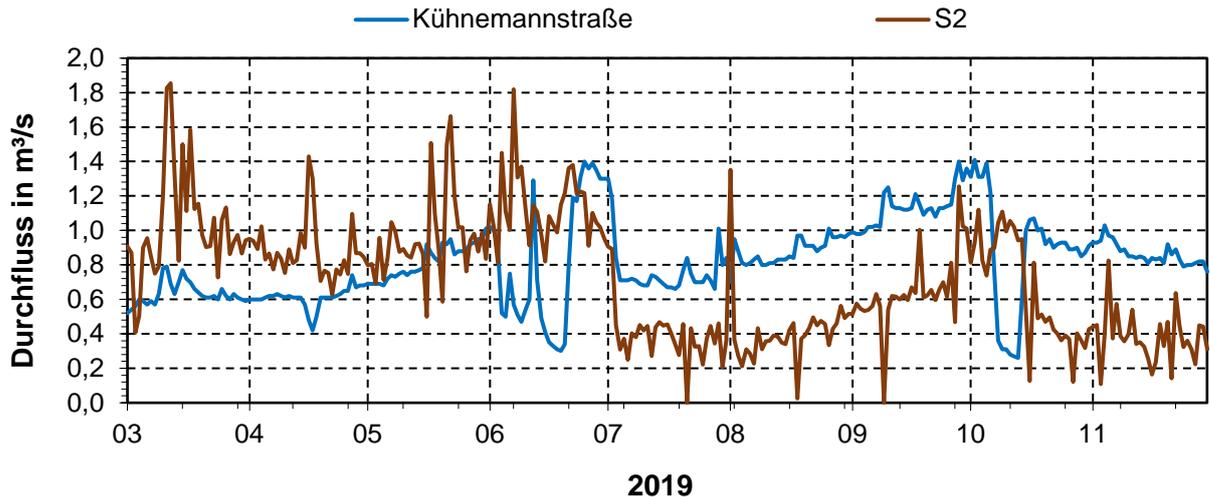


Bild 90: Vergleich der Durchflussganglinien der Panke im Istzustand (S0) und im Szenario S2 basierend auf den Messwerten der Messstelle Kühnemannstraße

### 6.6.2 Ergebnisse

Der Einfluss der baulichen Veränderungen in den Stauhaltungen Spandau und Mühlendamm auf den Abfluss am unterstromigen Ende des Berliner Gewässersystems ist überprägt vom angenommenen klimabedingten Rückgang der Zuflüsse aus den Einzugsgebiet von Spree und Havel (Szenario S1).

Entsprechend gering fallen die Unterschiede der in Bild 91 gezeigten Abflussganglinien im S2-Szenario zu denen im S1-Szenario aus.

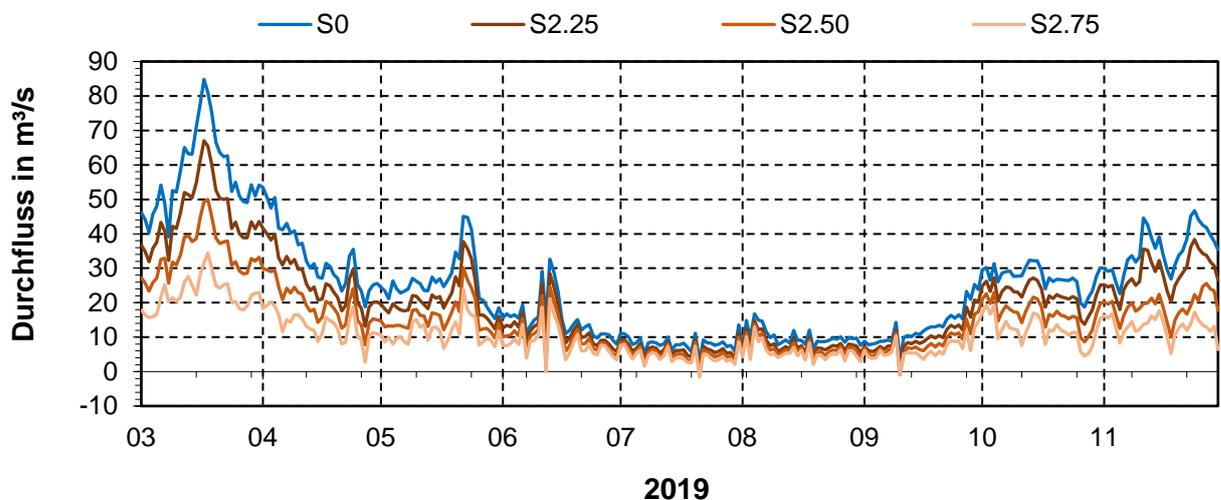


Bild 91: Abfluss aus Berlin (Glienicker Brücke) im Istzustand (S0) und im Szenario S2

Gleiches gilt auch für die Rückströmungen im PFL-Kanal (siehe Bild 92), insbesondere auch deshalb, da für Wehr und Schleuse Kleinmachnow im S2-Szenario der Stauhaltung Mühlendamm weiterhin von einem Spaltwasserverlust von 1,0 m³/s ausgegangen worden ist.

Die Größe der Rückströmung unterscheidet sich daher kaum quantitativ von der im S1-Szenario dieser Stauhaltung (vgl. Bild 89)

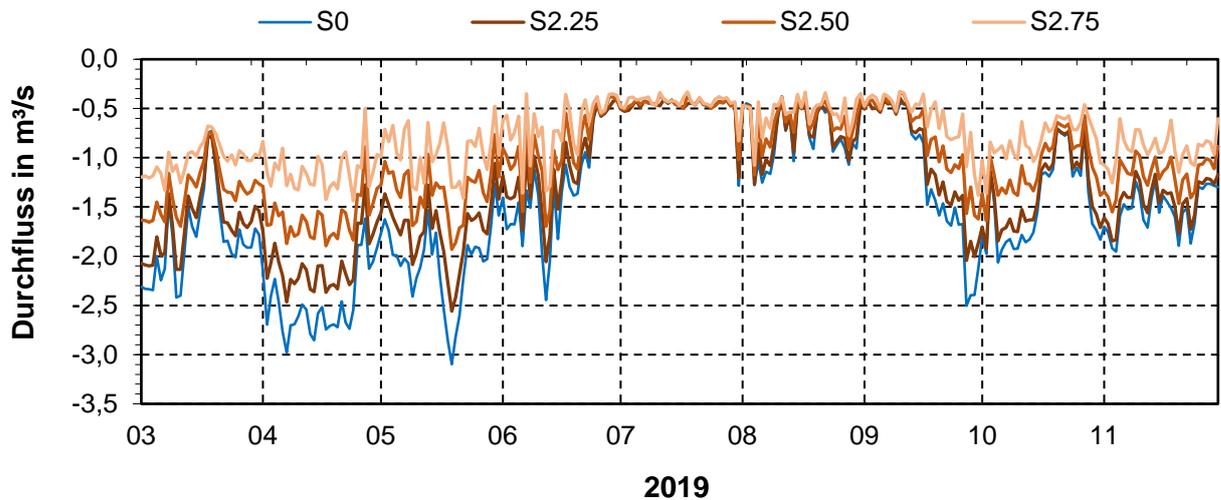


Bild 92: Durchfluss am Pegel Alsenbrücke (PFL-Kanal) im Istzustand (S0) und im Szenario S2 (negative Werte: Rückströmung Richtung Wannsee)

## 6.7 Szenario S3: klima-, baulich und bedarfsbedingte Veränderungen

### 6.7.1 Annahmen

Die bedarfsmäßigen Annahmen hinsichtlich der an den prognostizierten Trinkwasserbedarf im Jahr 2050 angepassten Rohwasserförderung der drei Wasserwerke Tiefwerder, Kladow und Beelitzhof und die damit erhöhte Entnahme aus der Stauhaltung Unterhavel in Form von Uferfiltrat und Oberflächenwasser (OWA Beelitzhof) ist bereits in Kapitel 6.4.1 für das Szenario S0.2050 beschrieben worden.

Für den Abfluss an geklärtem Abwasser des Klärwerks Ruhleben gehen die Planungen der BWB auf der Grundlage der Variante 2042 V1 von einem Rückgang um den Faktor 0,79 aus. Für das Klärwerk Stahnsdorf wird hingegen ein Anstieg um den Faktor 1,92 erwartet.

### 6.7.2 Ergebnisse

In Summe beider Klärwerke ergibt sich mit den zuvor genannten Faktoren eine gleichbleibende Einleitmenge über den Betrachtungszeitraum von im Mittel 3,45 m<sup>3</sup>/s. Zusammen mit der nur geringfügig erhöhten Entnahme durch die drei Wasserwerke sind die Änderungen aufgrund der Bedarfsprognosen der BWB für den Abfluss aus Berlin gegenüber dem bereits in Bild 91 gezeigten Ganglinien zu vernachlässigen und werden daher hier nicht gezeigt.

Die in diesem Szenario nahezu verdoppelte ( $f = 1,92$ ) Einleitmenge des Klärwerks Stahnsdorf führt im Vergleich mit den beiden anderen Szenarien zu den höchsten Rückströmungen im

PFL-Kanal, die wiederum für das Szenario S3.25 mit im Mittel  $-1,4 \text{ m}^3/\text{s}$  über den gesamten Betrachtungszeitraum am höchsten liegen (siehe Bild 92).

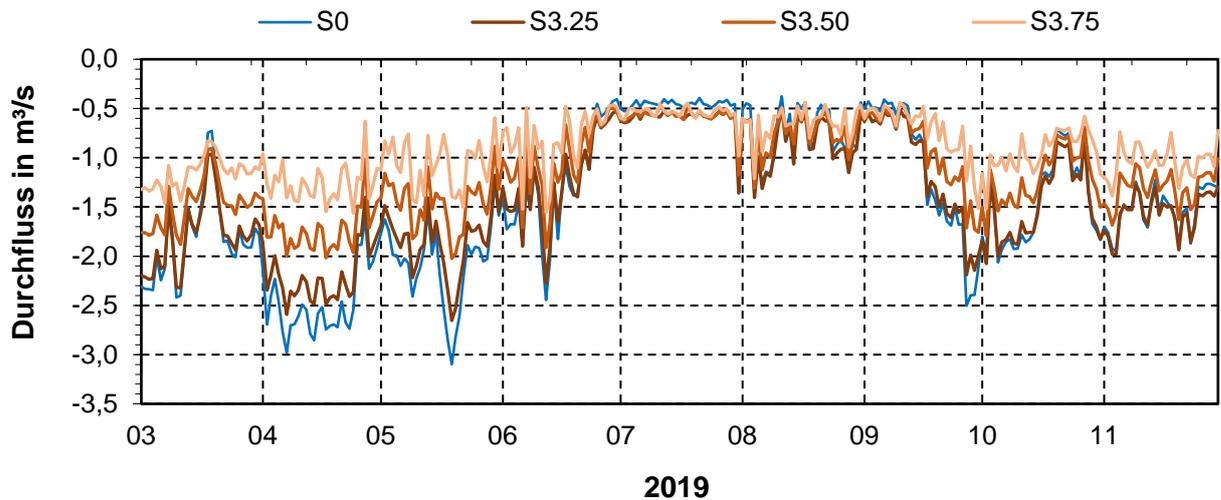


Bild 93: Durchfluss am Pegel Alsenbrücke (PFL-Kanal) im Istzustand (S0) und im Szenario S3 (negative Werte: Rückströmung Richtung Wannsee)

## 6.8 Zusammenfassung

In diesem Teilmodell der Stauhaltung Brandenburg, das am Knoten Glienicker Brücke, der Landesgrenze zwischen Berlin und Brandenburg endet, kann auf die veränderten Zuflussrandbedingungen der einzelnen Szenarien nicht durch eine veränderte Abflusssteuerung an den Wehren und Schleusen in der Stadt Brandenburg reagiert werden. Für alle Szenarien ist daher der gleiche Wasserstand (Pegel Glienicker Brücke) wie im Istzustand vorgegeben worden.

Eine integrale Betrachtung der gesamten Stauhaltung wäre nur bei einer länderübergreifenden Zusammenarbeit mit dem Gesamtmodell der Stauhaltung Brandenburg, das beim WSA Brandenburg für operationelle Fragestellungen vorgehalten wird und von der Bundesanstalt für Gewässerkunde für verschiedene Fragestellungen hinsichtlich der Gewässergüte im Rahmen des Projektes VDE 17 ebenfalls genutzt wurde, möglich. Dabei ist die Frage, ob detaillierte Angaben zu den Nutzern/Verbrauchern vorliegen, derzeit ungeklärt.

Daher sind hier im Folgenden in Tabelle 20 nur die Mittelwerte der einzelnen Komponenten der Wasserbilanz für den Niedrigwasserzeitraum Juli bis September 2019 zusammengestellt. Die Wasserspiegellagen bleiben innerhalb der Stauhaltung trotz der stark veränderten Zu- und Abflussverhältnisse nahezu unverändert – da ohnehin praktisch ausgespiegelt.

Tabelle 20: Mittelwerte der einzelnen Komponenten der Wasserbilanz für den Zeitraum Juli bis September 2019 (Stauhaltung Brandenburg)

Szenario	Zufluss	Zufluss Panke	N	KW	Abfluss	WW	V
	m <sup>3</sup> /s						
S0	9,90	0,92	0,28	1,43	10,36	1,05	0,87
S0.2050	9,30	0,92	0,28	1,43	9,68	1,14	0,87
S1.25	8,19	0,92	0,28	1,43	8,58	1,05	0,94
S1.50	6,71	0,92	0,28	1,43	7,11	1,05	0,94
S1.75	5,63	0,92	0,28	1,43	6,02	1,05	0,94
S2.25	6,28	0,48	0,28	3,33	8,14	1,05	0,94
S2.50	4,89	0,48	0,28	3,33	6,75	1,05	0,94
S2.75	3,60	0,48	0,28	3,33	5,46	1,05	0,94
S3.25	6,13	0,48	0,28	3,33	7,90	1,14	0,94
S3.50	4,74	0,48	0,28	3,33	6,50	1,14	0,94
S3.75	3,48	0,48	0,28	3,33	5,25	1,14	0,94

Abkürzungen: N = Niederschlag, V = Verdunstung, KW = Klärwerke, Einleitung, WW = Wasserwerke, Uferfiltrat- und OWA Entnahme

Im Istzustand, wie auch in allen weiteren zehn hier untersuchten Szenarien, fließt über den gesamten Betrachtungszeitraum (neun Monate) geklärtes, aber keimbelastetes Abwasser der Klärwerke Waßmannsdorf, Ruhleben und Stahnsdorf aus dem Teltowkanal über den Prinz-Friedrich-Leopold-Kanal (Kleine-Wannsee-Seenkette) in den Großen Wannsee.

Die Richtung Großer Wannsee geströmte Menge ist im Istzustand (S0) am größten, und wird dann annähernd wieder im Szenario S3.25 erreicht (siehe Tabelle 21). In diesem Szenario ist neben den sonstigen Annahmen die Einleitung des Klärwerks Stahnsdorf gemäß den Planungen der BWB um den Faktor 1,92 erhöht, dafür fehlt die Einleitung des Klärwerks Ruhleben in den Teltowkanal, die in diesem Szenario UV-behandelt direkt in die Spree erfolgt.

Mit einem Rückgang des Abflusses über den Teltowkanal geht auch die Rückströmung im Prinz-Friedrich-Leopold-Kanal deutlich zurück, allerdings erhöht sich je nach Szenario auch der Anteil an geklärtem Abwasser auf zeitweise 100% am Gesamtabfluss im Teltowkanal unterhalb der Staustufe Kleinmachnow.

Tabelle 21: Mittelwert des Durchflusses, Anzahl der Tage und Volumen der Rückströmung in den Großen Wannensee für die verschiedenen Szenarien

Szenario	März bis November			Juli bis September		
	Mittelwert	Anz. Tage	Volumen	Mittelwert	Anz. Tage	Volumen
	m <sup>3</sup> /s	d	Mio. m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /s	d	Mio. m <sup>3</sup>
S0	-1,44	275	-34,2	-0,78	92	-6,2
S0.2050	-1,42	275	-33,8	-0,77	92	-6,1
S1.25	-1,19	275	-28,2	-0,68	92	-5,4
S1.50	-0,93	275	-22,0	-0,54	92	-4,3
S1.75	-0,69	275	-16,5	-0,47	92	-3,7
S2.25	-1,28	275	-30,3	-0,73	92	-5,8
S2.50	-1,03	275	-24,5	-0,62	92	-4,9
S2.75	-0,78	275	-18,6	-0,52	92	-4,1
S3.25	-1,40	275	-33,4	-0,85	92	-6,7
S3.50	-1,16	275	-27,5	-0,74	92	-5,9
S3.75	-0,91	275	-21,6	-0,64	92	-5,1

## 7 Zusammenfassung und Ausblick

Die Ergebnisse für die Stauhaltung Spandau zeigen, dass bereits heute die Wasserbilanz in länger andauernden Trockenphasen nicht ausgeglichen ist, also mehr Wasser entnommen als zugeführt wird.

Die Situation verschärft sich mit geringeren Zuflüssen und wachsenden Trinkwasserbedarfen. Auch im günstigsten der hier betrachteten Szenarien mit gestiegenem Wasserbedarf (S3.25.2) würde ein Verfall des Wasserspiegels eintreten, der mit einem Absinken unter das Stauziel der Stauhaltung Charlottenburg weitere, zumindest hydraulische Überlegungen und wasserbauliche, aber insbesondere auch wasserwirtschaftliche Maßnahmen, erfordern würde, sollte der Bedarf an Trinkwasser im Jahr 2050 aus den drei Wasserwerken gedeckt werden sollen.

Unter der Annahme eines noch weitergehenden Rückgangs der Zuflüsse um 50% oder gar 75%, wäre ein Leerlaufen der Stauhaltung auch mit den angedachten baulichen Maßnahmen (reduzierte Umflut, erhöhte Überleitung von geklärtem Abwasser aus dem Klärwerk Schönerrindlinde) nicht zu verhindern.

In der Wasserbilanz der Stauhaltung Spandau fehlt im Betrachtungszeitraum unter den Annahmen des Szenarios S3.25 ein Wasservolumen von 13,8 Mio. m<sup>3</sup>, wenn der Wasserstand nicht unter das Sommerstauziel von 31,31 m NHN fallen soll. Diese Fehlmenge würde im „worst-case“-Szenario S3.75 bis auf 37,3 Mio. m<sup>3</sup> ansteigen, wobei die Bedarfe der Schifffahrt bei allen drei Szenarien nicht berücksichtigt wurden.

Die Wasserstände in der Stauhaltung Mühlendamm fallen in keinem Szenario unter den für die Schifffahrt (Abladetiefe) wichtigen Unteren Betriebswasserstand (BWu) von  $W = 32,10$  m NHN am OP Mühlendamm. Dabei sind im Rahmen der Szenarienberechnungen die Schleusungswassermengen nur soweit wie nötig eingeschränkt worden. Höhere Wasserstände wären also möglich, wenn stattdessen das Schleusungswasser an den drei Schleusen (Oberschleuse, Mühlendamm, Kleinmachnow) weiter eingeschränkt würde. Erst ab einem Rückgang der Zuflüsse um 50% bzw. 75% müsste der Schleusenbetrieb stärker eingeschränkt bzw. dann auch tageweise eingestellt werden, wenn der Wasserstand nicht weiter verfallen soll. Schifffahrtstechnische Überlegungen, die dann ggf. auch eine Priorisierung des Schleusenwasserbedarfs der drei Schleusen bzw. Aussagen zur angestrebten Abladetiefe für einzelne Gewässerabschnitte umfassen müsste, standen jedoch nicht im Fokus der Untersuchungen.

Während in der Stauhaltung Mühlendamm die Wasserstände insofern auch bei extremen Niedrigwasserereignissen weitgehend gehalten werden können, zeigen die Berechnungen, dass ein verringerter Zufluss über Spree und Dahme in Verbindung mit den zunehmenden Trinkwasserbedarfen vor allem zu einem latenten „Wasserqualitätsproblem“ lanciert:

Bereits im Istzustand fließt an 64 Tagen Wasser mit einem Anteil von geklärtem Abwasser aus dem Klärwerk Münchehofe in den Müggelsee zurück. Das Volumen beträgt 2,8 Mio. m<sup>3</sup> und erhöht sich im Szenario S0.2050 im Wesentlichen durch die erhöhte Rohwasserförderung des Wasserwerks Friedrichshagen auf 4,2 Mio. m<sup>3</sup> unter sonst gleichen Randbedingungen wie im Istzustand. Im Szenario S3.50 nimmt die Rückströmung auf im Mittel 1 m<sup>3</sup>/s bzw. 10,1 Mio. m<sup>3</sup>

an 117 Tagen zu. Dabei verändert sich aufgrund der geringeren Zu- und Abflüsse auch zeitweise die Strömungsrichtung der Einleitungen der Klärwerks Waßmannsdorf in den Teltowkanal, so dass nicht ausgeschlossen werden kann, dass sich neben der Menge auch der Anteil an geklärtem Abwasser am Gesamtvolumen geändert hat.

Diese qualitative Betrachtung, bei der zur Bestimmung der Abwasseranteile die Fließwege und -zeiten berechnet werden müssen, ist Gegenstand des Teilprojekts II des Masterplans Wasser, bei dem die qualitativen Auswirkungen der hier zunächst nur hydraulisch betrachteten Verhältnisse unter den Annahmen der verschiedenen Szenarien untersucht werden sollen.

Um eine Rückströmung in den Müggelsee bei einem Rückgang aller Zuflüsse aus dem Einzugsgebiet um 50% zu verhindern, müsste der Zufluss über den Pegel Große Tränke an 116 Tagen um im Mittel 2,56 m<sup>3</sup>/s bzw. 25,7 Mio. m<sup>3</sup> erhöht werden. Der Mittelwert des Zuflusses über das Wehr Große Tränke beträgt z.B. in den Monaten Juli und August, dem Zeitraum mit der höchsten Rückströmung im Szenario S3.50, lediglich 1,0 m<sup>3</sup>/s.

Auch in der Stauhaltung Brandenburg, für die aufgrund der an der Landesgrenze endenden Teilmodells keine Steuerungsmaßnahmen an Wehren oder Schleusen an der Stauanlage Brandenburg untersucht werden konnten, steht die Rückströmung von geklärtem Abwasser – hier über den Prinz-Friedrich-Leopold-Kanal in den Großen Wannsee (Bilanzpunkt: Pegel Alsenbrücke) – im Vordergrund.

Wasser aus dem Großen Wannsee wird ebenfalls – hier durch die OWA Beelitzhof – zur Trinkwassergewinnung genutzt. Darüber hinaus liegt dort die Badestelle Strandbad Wannsee.

Für den Pegel Alsenbrücke haben die Berechnungen ergeben, dass im Istzustand über den gesamten Betrachtungszeitraum im Jahr 2019 die Strömung vom Teltowkanal zum Großen Wannsee gerichtet war. In Summe flossen dabei über neun Monate lang insgesamt 34,2 Mio. m<sup>3</sup> Wasser mit einem Anteil an geklärtem, aber noch keimbelastetem Abwasser der Klärwerke Ruhleben (ab April) und Stahnsdorf aus dem Teltowkanal über den Prinz-Friedrich-Leopold in Richtung Kleine-Wannsee-Seenkette und letztlich in den Großen Wannsee.

Zwar reduziert sich mit dem weiteren klimabedingten Rückgang der Abflüsse über den Teltowkanal auch hydraulisch bedingt die Rückströmung, der Anteil an geklärtem Abwasser nimmt jedoch zu. So ist im Szenario S3 die Einleitung des Klärwerks Stahnsdorf gemäß den Planungen der BWB um den Faktor 1,92 erhöht, dafür fehlt die Einleitung des Klärwerks Ruhleben in den Teltowkanal, die in diesem Szenario direkt in die Spree erfolgt.

Auch hier soll es Ziel und Aufgabe des Teilprojekts II sein, diese Mengenanteile zu quantifizieren.

Die hiermit vorliegenden Ergebnisse des Teilprojekts I des Masterplans Wasser können und sollen als Grundlage für die Erarbeitung weiterer mittel- und langfristiger Strategien, Konzepte und Planungen der Wasserwirtschaft in Berlin dienen. Damit sind sie ein erster und wichtiger Schritt, um die Trinkwasserversorgung, den Gewässerschutz sowie die geordnete Abwasserentsorgung der Metropolregion auch bei wachsender Bevölkerungszahl und unter den wasserwirtschaftlichen Folgen des Klimawandels, des Braunkohletagebaus sowie des Kohleausstiegs zu sichern.

Eine Bewertung der Eintrittswahrscheinlichkeiten der verschiedenen Szenarien erfolgt nicht, da aktuell keine hinreichenden Erkenntnisse vorliegen, wie sich der Wasserhaushalt in den Einzugsgebieten von Spree und Havel zukünftig verändern wird.

Die Szenarienberechnungen stellen insofern keine Prognose oder Vorhersage der zukünftigen Abflussverhältnisse dar, sondern beschreiben, was geschehen würde, wenn die jeweiligen Annahmen eintreten. Damit leisten sie einen wichtigen Beitrag zum Systemverständnis als Basis für die Ableitung von Maßnahmen und Handlungsoptionen.

Berlin, im August 2020



**(Dr.-Ing. Frank Schumacher)**



**DR. SCHUMACHER**  
Ingenieurbüro für Wasser und Umwelt

Südwestkorso 70  
12161 Berlin

Tel. : (030) 269 329 90

Fax. : (030) 269 329 98

Email : [info@wasserundumw elt.de](mailto:info@wasserundumw elt.de)

Web : [www.wasserundumw elt.de](http://www.wasserundumw elt.de)

## 8 Literaturverzeichnis

- Arbeitsgruppe Flussgebietsbewirtschaftung Spree-Schwarze Elster. (2019a).  
Länderübergreifende Auswertung des Niedrigwassers 2018 in den Flussgebieten  
Schwarze Elster, Spree und Lausitzer Neiße. Noch unveröffentlichter Bericht des  
Arbeitskreises Wassermenge.
- Arbeitsgruppe Flussgebietsbewirtschaftung Spree-Schwarze Elster. (2019b). *Grundsätze für  
die länderübergreifende Bewirtschaftung der Flussgebiete Spree, Schwarze Elster  
und Lausitzer Neiße*. Stand:10.10.2019.
- BfG. (2004). Abflußbestimmung am Spandauer Mühlgraben und dem östlichen  
Abzugsgraben („Flume“). *Entwurf*. Koblenz: Bundesanstalt für Gewässerkunde.
- BMVI (Hrsg.). (2015). *KLIWAS – Auswirkungen des Klimawandels auf Wasserstraßen und  
Schifffahrt in Deutschland. Fachliche Schlussfolgerungen aus den Ergebnissen des  
Forschungsprogramms KLIWAS*. Bonn: Bundesministerium für Verkehr und digitale  
Infrastruktur .
- Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Abteilung Wasserstraßen. (Juni  
1999). *STLK – Standardleistungskatalog für den Wasserbau. Stahlwasserbau  
(Leistungsbereich 216)*. Karlsruhe: Verkehrswasserbauliche Zentralbibliothek.
- DWD. (2019). *Klimareport Brandenburg. Fakten bis zur Gegenwart - Erwartungen für die  
Zukunft*. Offenbach am Main: Deutscher Wetterdienst.
- Landesamt für Bauen und Verkehr (Hrsg.). (2018). *Bevölkerungsvorausschätzung 2017 bis  
2030. Ämter und amtsfreie Gemeinden des Landes Brandenburg. Berichte der  
Raumbeobachtung*. Hoppegarten: Landesamt für Bauen und Verkehr.
- Landtag Brandenburg. (2019). *Antwort der Landesregierung auf die Kleine Anfrage Nr. 4699  
der Abgeordneten Benjamin Raschke (Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN und  
Heide Schinowsky (Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN)). Drucksache 6/11710.  
Wasserhaushalt Lausitz*. Abgerufen am 24.08.2020 von [https://www.gruene-fraktion-  
brandenburg.de/fileadmin/ltf\\_brandenburg/Dokumente/Kleine\\_Anfragen/6\\_Wahlperio-  
de/6\\_4699\\_Wasserhaushalt\\_Lausitz.pdf](https://www.gruene-fraktion-brandenburg.de/fileadmin/ltf_brandenburg/Dokumente/Kleine_Anfragen/6_Wahlperiode/6_4699_Wasserhaushalt_Lausitz.pdf)
- Oppermann, R.; Schumacher, F.; et al. (2015). *HYDRAX: Ein hydrodynamisches 1-D Modell  
/ Mathematisches Modell und Datenschnittstellen. BfG-Bericht 1872*. Koblenz:  
Bundesanstalt für Gewässerkunde.
- Pohle, I. (2014). *Analyse der potenziellen Auswirkungen von Klima- und  
Landnutzungsänderungen auf den natürlichen Wasserhaushalt und die  
Wassermengenbewirtschaftung der Lausitz*. Cottbus: BTU Cottbus-Senftenberg.
- Reusswig, F.; Becker, C. et al. (2016). *Anpassung an die Folgen des Klimawandels in Berlin  
(AFOK). Klimaschutz Teilkonzept*. Potsdam, Berlin: Gutachten im Auftrag der  
Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt.
- Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen. (Januar 2016). *Bevölkerungsprognose  
für Berlin und die Bezirke 2015 – 2030. Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und  
Wohnen Ref. I A – Stadtentwicklungsplanung in Zusammenarbeit mit dem Amt für  
Statistik Berlin-Brandenburg*.

- Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen. (10. Dezember 2019). Bevölkerungsprognose für Berlin und die Bezirke 2018 – 2030. *Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen Ref. I A – Stadtentwicklungsplanung in Zusammenarbeit mit dem Amt für Statistik Berlin-Brandenburg.*
- WSA Spree-Havel. (2020). *Staubeiratssitzung 2019/2020. Tabellen und Graphiken zu den Havelwasserständen bis Anfang 2020 und statistische Auswertung der Durchflüsse einiger Nebengewässer der Havel.* Abgerufen am 24.08.2020 von [https://bscw.bund.de/pub/bscw.cgi/105551577?op=preview&back\\_url=4316562](https://bscw.bund.de/pub/bscw.cgi/105551577?op=preview&back_url=4316562)
- Arbeitsgruppe Flussgebietsbewirtschaftung Spree-Schwarze Elster. (2019b). *Grundsätze für die länderübergreifende Bewirtschaftung der Flussgebiete Spree, Schwarze Elster und Lausitzer Neiße.* Stand:10.10.2019.
- BfG. (2004). Abflußbestimmung am Spandauer Mühlgraben und dem östlichen Abzugsgraben („Flume“). *Entwurf.* Koblenz: Bundesanstalt für Gewässerkunde.
- BMVI (Hrsg.). (2015). *KLIWAS – Auswirkungen des Klimawandels auf Wasserstraßen und Schifffahrt in Deutschland. Fachliche Schlussfolgerungen aus den Ergebnissen des Forschungsprogramms KLIWAS.* Bonn: Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur .
- Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Abteilung Wasserstraßen. (Juni 1999). *STLK – Standardleistungskatalog für den Wasserbau. Stahlwasserbau (Leistungsbereich 216).* Karlsruhe: Verkehrswasserbauliche Zentralbibliothek.
- DWD. (2019). *Klimareport Brandenburg. Fakten bis zur Gegenwart - Erwartungen für die Zukunft.* Offenbach am Main: Deutscher Wetterdienst.
- Landesamt für Bauen und Verkehr (Hrsg.). (2018). *Bevölkerungsvorausschätzung 2017 bis 2030. Ämter und amtsfreie Gemeinden des Landes Brandenburg. Berichte der Raumbewertung.* Hoppegarten: Landesamt für Bauen und Verkehr.
- Landtag Brandenburg. (2019). *Antwort der Landesregierung auf die Kleine Anfrage Nr. 4699 der Abgeordneten Benjamin Raschke (Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN und Heide Schinowsky (Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN)). Drucksache 6/11710. Wasserhaushalt Lausitz.* Abgerufen am 24.08.2020 von [https://www.gruene-fraktion-brandenburg.de/fileadmin/ltf\\_brandenburg/Dokumente/Kleine\\_Anfragen/6\\_Wahlperio de/6\\_4699\\_Wasserhaushalt\\_Lausitz.pdf](https://www.gruene-fraktion-brandenburg.de/fileadmin/ltf_brandenburg/Dokumente/Kleine_Anfragen/6_Wahlperio de/6_4699_Wasserhaushalt_Lausitz.pdf)
- Oppermann, R.; Schumacher, F.; et al. (2015). *HYDRAX: Ein hydrodynamisches 1-D Modell / Mathematisches Modell und Datenschnittstellen. BfG-Bericht 1872.* Koblenz: Bundesanstalt für Gewässerkunde.
- Pohle, I. (2014). *Analyse der potenziellen Auswirkungen von Klima- und Landnutzungsänderungen auf den natürlichen Wasserhaushalt und die Wassermengenbewirtschaftung der Lausitz.* Cottbus: BTU Cottbus-Senftenberg.
- Reusswig, F.; Becker, C. et al. (2016). *Anpassung an die Folgen des Klimawandels in Berlin (AFOK). Klimaschutz Teilkonzept.* Potsdam, Berlin: Gutachten im Auftrag der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt.
- Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen. (Januar 2016). Bevölkerungsprognose für Berlin und die Bezirke 2015 – 2030. *Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und*

*Wohnen Ref. I A – Stadtentwicklungsplanung in Zusammenarbeit mit dem Amt für Statistik Berlin-Brandenburg.*