

# REPORT

Cicerostr. 24  
D-10709 Berlin  
Germany  
Tel +49 (0)30 536 53 800  
Fax +49 (0)30 536 53 888  
www.kompetenz-wasser.de

Erläuterungsbericht zur weiteren  
Gewässergütesimulation der Stauhaltung  
Charlottenburg (Spree und Kanäle) unter  
Berücksichtigung von Mischwasserentlastungen  
im September 2005  
Project acronym: SAM-CSO

by  
Dr. Frank Schumacher  
Katharina Helling

for  
Kompetenzzentrum Wasser Berlin gGmbH

Preparation of this report was financed in part through funds provided by



Berlin, Germany

2009

## **Important Legal Notice**

**Disclaimer:** The information in this publication was considered technically sound by the consensus of persons engaged in the development and approval of the document at the time it was developed. KWB disclaims liability to the full extent for any personal injury, property, or other damages of any nature whatsoever, whether special, indirect, consequential, or compensatory, directly or indirectly resulting from the publication, use of application, or reliance on this document. KWB disclaims and makes no guaranty or warranty, expressed or implied, as to the accuracy or completeness of any information published herein. It is expressly pointed out that the information and results given in this publication may be out of date due to subsequent modifications. In addition, KWB disclaims and makes no warranty that the information in this document will fulfill any of your particular purposes or needs. The disclaimer on hand neither seeks to restrict nor to exclude KWB's liability against all relevant national statutory provisions.

## **Wichtiger rechtlicher Hinweis**

**Haftungsausschluss:** Die in dieser Publikation bereitgestellte Information wurde zum Zeitpunkt der Erstellung im Konsens mit den bei Entwicklung und Anfertigung des Dokumentes beteiligten Personen als technisch einwandfrei befunden. KWB schließt vollumfänglich die Haftung für jegliche Personen-, Sach- oder sonstige Schäden aus, ungeachtet ob diese speziell, indirekt, nachfolgend oder kompensatorisch, mittelbar oder unmittelbar sind oder direkt oder indirekt von dieser Publikation, einer Anwendung oder dem Vertrauen in dieses Dokument herrühren. KWB übernimmt keine Garantie und macht keine Zusicherungen ausdrücklicher oder stillschweigender Art bezüglich der Richtigkeit oder Vollständigkeit jeglicher Information hierin. Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die in der Publikation gegebenen Informationen und Ergebnisse aufgrund nachfolgender Änderungen nicht mehr aktuell sein können. Weiterhin lehnt KWB die Haftung ab und übernimmt keine Garantie, dass die in diesem Dokument enthaltenen Informationen der Erfüllung Ihrer besonderen Zwecke oder Ansprüche dienlich sind. Mit der vorliegenden Haftungsausschlussklausel wird weder bezweckt, die Haftung der KWB entgegen den einschlägigen nationalen Rechtsvorschriften einzuschränken noch sie in Fällen auszuschließen, in denen ein Ausschluss nach diesen Rechtsvorschriften nicht möglich ist.

## Abstract (English)

During the ISM study in the year 2007 first water quality simulations of the Berlin river Spree (stretch Charlottenburg) under consideration of combined sewer overflows (CSO) from the drainage system had been carried out. The period of September 2005 was simulated. A good correlation of simulation results with water quality measurements could only be observed for those days where the model boundary conditions were clearly defined (spot samples at the inflowing streams).

However, these spot samples are carried out only once a month. Given the simulation period of one month and the temporal resolution of 15 minutes this data availability for the inflowing streams is not sufficient. Even more, some parameters had to be assessed entirely since no measurements were available.

The data situation was especially critical for the inflow of the Landwehrkanal into the river Spree. No continuous measurement data was available for the following parameters: water temperature, oxygen content, pH and conductivity. For these parameters hydrographs had been assumed according to those at gauge Mühlendammschleuse with an offset calculated by the difference between the spot sampling at Landwehrkanal and the continuous values at Mühlendammschleuse.

Furthermore, during the simulations within the ISM study a second storm event with overflows could not be considered since the simulation of the drainage system (software INFOWORKS CS) carried out by Berliner Wasserbetriebe was not yet available.

The objective of the water quality simulations carried out within SAM-CSO was to take into account the full boundary conditions for the Landwehrkanal (continuous data now available). By comparison with the former simulation results the relevance of the inflow Landwehrkanal on the processes in the river Spree is shown.

A second simulation was carried out with meteorological data of high temporal resolution. Former simulations were conducted with daily averages for e.g. air temperature, wind speed, etc. The influence of the temporal resolution of the input data on the diurnal hydrographs of different water quality parameters was analysed (focus on water temperature and dissolved oxygen).

Finally, for the last simulation the data for the additional CSO event on 16-17 September 2005 was used (simulated by Berliner Wasserbetriebe with INFOWORKS CS).

The results show that considering meteorological data of high temporal resolution and continuous data for the boundary condition Landwehrkanal have a significant influence on the quality of the water quality simulation results for river Spree, especially for the parameters oxygen content, pH and conductivity. Now, for September 2005 simulation results are available that are based on the best set of data that is currently available for the studied river stretch.

## Abstract (German)

Mit Abschluss der ISM Studie im Jahr 2007 zeigten die ersten Simulationen der Gewässergüteverhältnisse in der Stauhaltung Charlottenburg unter Berücksichtigung von Mischwassereinleitung, dass für den gewählten Zeitraum September 2005 Mess- und Berechnungsergebnisse nur zeitnah zu den gemessenen Stichprobenwerten, die als Modellrandbedingungen verwendet wurden, gut übereinstimmen.

Da diese jedoch nur einmal im Monat ermittelt werden, ist dies für den Betrachtungszeitraum von einem Monat und einer zeitlichen Auflösung im 15-Minuten-Takt nicht hinreichend. Zudem mussten verschiedene Parameter gänzlich geschätzt werden, weil keine Messdaten für die entsprechenden Parameter vorhanden waren.

Dies traf insbesondere für den Zufluss aus dem Landwehrkanal zu, für den zunächst keine Sondenmesswerte für die Parameter Wassertemperatur, Sauerstoff, pH-Wert und Leitfähigkeit vorlagen. Für diese Größen wurde ein Ganglinienverlauf angenommen, der dem der Messstelle Mühlendammschleuse (Gütemessstelle 141) entsprach und um die Differenz zwischen Stichprobenmessung Landwehrkanal und den Messwerten der Multiparametersonde Mühlendammschleuse verschoben wurde.

Weiterhin konnte bei den Simulationsrechnungen, die im Rahmen der ISM Studie durchgeführt wurden, ein zweites, im September 2005 aufgetretenes Starkniederschlagsereignis nicht berücksichtigt werden, da die entsprechende Simulation mit dem Programm INFOWORKS CS von Seiten der Berliner Wasserbetriebe noch nicht vorlag.

Ziel der Simulationen im Rahmen des ISM-Nachfolgeprojektes SAM-CSO ist es daher, in einem ersten Schritt die bisherige Gütesimulation um die neu hinzugekommene Datenbasis für den Zufluss aus dem Landwehrkanal zu ergänzen. Über den Vergleich der Ergebnisse mit den zuvor geschätzten Parametern wird die Relevanz dieses Zuflusses auf die Berechnungsergebnisse in der Spree aufgezeigt.

Mit dem gleichen Ziel wird in einem zweiten Schritt untersucht, inwieweit sich zeitlich hochaufgelöste Wetterdaten (bisher wurde mit Tagesmittelwerten gerechnet) auf den berechneten Tagesgang der einzelnen Parameter (hier insbesondere den der Wassertemperatur und des Sauerstoffgehalts) auswirken.

Im dritten und letzten Schritt wird dann die Datenbasis um die Mischwasserzuläufe des zweiten, von den Berliner Wasserbetrieben simulierten Starkregenereignisses am 16./17. September ergänzt.

Im Ergebnis zeigt sich, dass die Berücksichtigung zeitlich hochaufgelöster meteorologischer Daten sowie kontinuierlicher Daten für die Randbedingung Landwehrkanal einen wesentlichen Einfluss auf die Güte der Simulationsergebnisse insbesondere für die Parameter Sauerstoffgehalt, pH und Leitfähigkeit hat. Es liegt nun für den Monat September 2005 ein simulierter Ereigniszeitraum vor, der auf der z.Z. bestmöglichen Datenbasis beruht.

## INHALTSVERZEICHNIS

1	Einleitung	3
2	Übersicht	4
2.1	Stauhaltung Charlottenburg	4
2.2	Untersuchungszeitraum (Ereignis) – September 2005	5
3	Sensitivitätsuntersuchungen auf der Datengrundlage der Studie ISM (2007)	6
3.1	Simulation mit kontinuierlich gemessenen Parametern für den Landwehrkanal	6
3.1.1	Eingangsdaten	6
3.1.2	Ergebnisse	9
3.2	Simulation mit zeitlich höheraufgelösten Wetterdaten (2)	11
3.2.1	Eingangsdaten	11
3.2.2	Ergebnisse	13
4	Gewässergütesimulation September 2005 mit vollständiger Datenbasis (Berücksichtigung der zweiten Mischwasserentlastung)	15
4.1	Eingangsdaten	15
4.1.1	Hydraulik	15
4.1.2	Gütesimulation	16
4.2	Ergebnisse	17
4.2.1	Hydraulik	17
4.2.2	Gütesimulation	17
5	Literaturverzeichnis	22

## 1 Einleitung

Mit Abschluss der Arbeiten zur Studie ISM (SCHUMACHER, F.; PAWLOWSKY-REUSING, E. u.a., 2007) im Jahr 2007 zeigte die Bestandsaufnahme und erste modelltechnische Rechnungen hinsichtlich der Simulation der Gewässergüteverhältnisse in der Stauhaltung Charlottenburg unter Berücksichtigung von Mischwassereinleitung, dass für den gewählten Zeitraum September 2005 Mess- und Berechnungsergebnissen nur zeitnah zu gemessenen Stichprobenwerten, die als Modellrandbedingungen verwendet wurden, gut übereinstimmen.

Da diese jedoch nur einmal im Monat ermittelt werden, ist dies für den Betrachtungszeitraum von einem Monat und einer zeitlichen Auflösung im 15-Minuten-Takt nicht hinreichend. Zudem mussten verschiedene Parameter gänzlich geschätzt werden, weil keine Messdaten für die entsprechenden Parameter vorhanden waren.

Dies traf insbesondere für den Zufluss aus dem Landwehrkanal zu, für den zunächst keine Sondenmesswerte für die Parameter Wassertemperatur, Sauerstoff, pH-Wert und Leitfähigkeit vorlagen, so dass für diese Größen ein um einen aus dem Offset der Stichprobenmessung verschobener Ganglinienverlauf aus den Messwerten der Multiparametersonde Mühlendamm (Gütemessstelle 141) angenommen werden musste.

Weiterhin konnte bei den Simulationsrechnungen, die im Jahr 2007 durchgeführt wurden, ein zweites, im September 2005 aufgetretenes Starkniederschlagsereignis nicht berücksichtigt werden, da die entsprechende Simulation mit dem Programm INFOWORKS von Seiten der Berliner Wasserbetriebe noch nicht vorlag.

Ziel der Simulationen im Rahmen des ISM-Nachfolgeprojektes SAM-CSO ist es daher, in einem ersten Schritt die bisherige Gütesimulation um die neu hinzugekommene Datenbasis für den Zufluss aus dem Landwehrkanal zu ergänzen. Über den Vergleich der Ergebnisse mit den zuvor geschätzten Parametern kann die Relevanz dieses Zuflusses auf die Berechnungsergebnisse in der Spree aufgezeigt werden. Mit dem gleichen Ziel wird in einem zweiten Schritt auf der um die Zuflussdaten des Landwehrkanals (Lwk) erweiterten Datenbasis untersucht, inwieweit sich hochaufgelöste Wetterdaten (bisher wurde mit Tagesmittelwerten gerechnet) auf den berechneten Tagesgang der einzelnen Parameter (hier insbesondere den der Wassertemperatur und des Sauerstoffgehalts) auswirken.

Diese Sensitivitätsuntersuchungen sind insoweit von Interesse, als dass sich mit jeder weiteren hochaufgelösten Zeitreihe der Datenumfang stark erweitert (statt einem Tagesmittelwert z.B. 96 Viertelstundenwerte), der bei der angestrebten Langzeitsimulation ggf. zu Speicherplatz- und Performanceproblemen führen könnte.

Im dritten und letzten Schritt wird dann die Datenbasis um die Mischwasserzuläufe des zweiten, von den Berliner Wasserbetrieben simulierten Starkregenereignisses am 16./17. September ergänzt. Da damit neue Zuflüsse hinzukommen wird auch die Hydraulik neu gerechnet.

Im Ergebnis aller drei Schritte liegt dann für den Monat September 2005 ein simulierter Ereigniszeitraum vor, der auf der z.Z. bestmöglichen Datenbasis beruht.

## 2 Übersicht

### 2.1 Stauhaltung Charlottenburg

Die Stauhaltung Charlottenburg umfasst neben der Spree bis zur oberhalb anschließenden Schleuse Mühlendamm folgenden Kanäle (siehe auch SENSTADT BERLIN, 1985):

- Charlottenburger Verbindungskanal (CVK)
- Westhafenkanal (WHK)
- Berlin Spandauer Schifffahrtskanal (BSSK)
- Landwehrkanals (LwK) zwischen dem Kreuz Charlottenburg und der Unterschleuse
- Kupfergraben

Bild 1 zeigt die Systemskizze für diesen Abschnitt der Spree (Spree-Oder-Wasserstraße, SOW) mit Angabe der Strangbezeichnung (zusammengesetzt aus einer Strangnummer und dem Gewässerkürzel) und der positiv definierten Fließrichtung, der Knotennummerierung sowie der Bezeichnung und Lage der Randbedingungen.

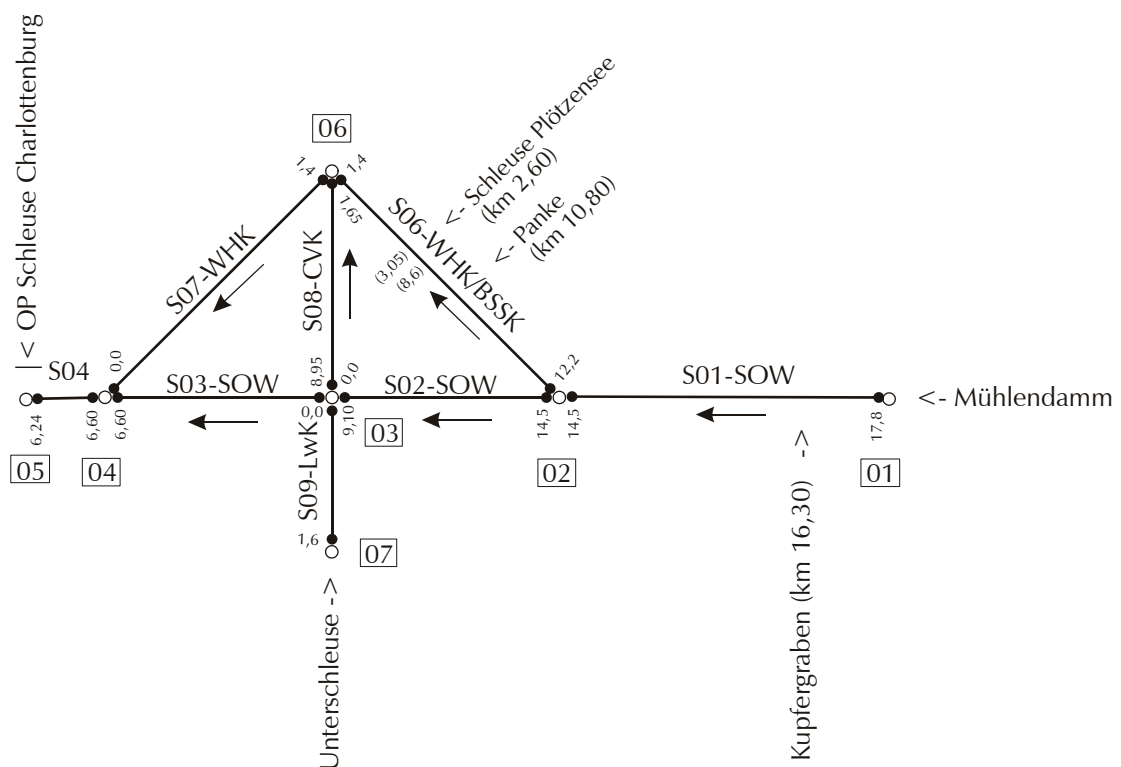


Bild 1: Hydraulische Systemskizze für die Stauhaltung Charlottenburg (ohne Mischwassereinleitungen)

Außer dem kurzen, spreeparallelen Kupfergraben sind alle Kanäle mit ihrer Gewässergeometrie im Modell abgebildet. Der Zufluss über das Wehr Kupfergraben (Teil der Stauanlage Schleuse Mühlendamm) wird an der Einmündung des Kupfergrabens in die Stadtspre (SOW km 16,30) eingeleitet.

Als weitere Zuflüsse werden die Schleuse Plötzensee (Berlin-Spandauer-Schifffahrtskanal), die Unterschleuse (Landwehrkanal) sowie die Panke im Modell berücksichtigt.

Darüber hinaus wurden insgesamt 65 Mischwassereinleitungen als neue Zufluss-Randbedingungen definiert, deren Einträge sowohl in quantitativer als auch qualitativer Hinsicht in Abhängigkeit eines Niederschlagsereignisses mit dem bei den Berliner Wasserbetrieben aufgebauten Modell der Mischwasserkanalisation mit dem Programmsystems INFOWORKS berechnet werden können.

Die sieben Überläufe, die in den im Modell nicht abgebildeten, ca. 1,9 km langen Kupfergraben einleiten, sind der Einmündung des Kupfergrabens bei SOW-km 16,30 (Monbijoubücke) zugeordnet worden.

## **2.2 Untersuchungszeitraum (Ereignis) – September 2005**

Zur Erprobung der Modellkoppelung zwischen Kanalnetz- (INFOWORKS) und Gewässergütemodell (GERRIS/HYDRAX/Qsim) wurde bereits bei der Studie ISM 2007 der Zeitraum September 2005 ausgewählt.

Gründe dafür waren, dass es sich nicht um einen Zeitraum mit Extremzuständen (wie z.B. im Sommer 2003) handelt und außerdem ausreichend Daten für die Kanalnetzmodellierung mit INFOWORKS zur Verfügung standen. Weiterhin lag vor dem ersten Starkregenereignis am 11.09.2005 ein längerer Zeitraum ohne Mischwasserüberläufe, so dass deren Einfluss besonders deutlich werden müsste.

Für die Eingangsdaten der Gewässergüte-Simulation lagen zum damaligen Zeitpunkt für den Zufluss aus dem Landwehrkanal keine kontinuierlich gemessenen Parameter vor, so dass diese aus je einem Stichprobenahmewert im Untersuchungszeitraum geschätzt werden mussten.

Weiterhin wurde das Wetter auf der Grundlage von Tages(mittel)werten berechnet, für die nun ergänzend hochaufgelöste Messungen der Lufttemperatur durch die Berliner Wasserbetriebe bereitgestellt werden konnten (Stundenmittelwerte der OWA Tegel).

Nachdem durch die Berliner Wasserbetriebe auch noch das zweite Starkregenereignis vom 16.09, bei dem es ebenfalls zu nennenswerten Mischwasserüberläufen gekommen ist, berechnet wurde, liegen für den Untersuchungszeitraum für alle Zufluss-Randbedingungen vollständig Zeitreihen für die Hydraulik und die wichtigsten Gewässergüteparameter vor.

Um zunächst den Einfluss der hochaufgelösten Daten für den Landwehrkanal und den der Wetterdaten auf die Simulationsergebnisse der Gewässergütesimulationen erkennen zu können, sind die Berechnungen, wie sie im Rahmen der ISM-Studie durchgeführt wurden, zunächst um den Eingabedatensatz des Lwk (1) und anschließend um den der hochaufgelösten Wetterdaten (2) ergänzt worden.

In einem abschließenden dritten Simulationslauf sind dann auch die Ergebnisse der Kanalnetzsimulation mit INFOWORKS nach GERRIS/HYDRAX/Qsim übernommen worden. Für eine vollständige Simulation ist dazu zunächst die Hydraulik (ergänzt um die Einleitungsmengen aus den Mischwasserüberläufen) und anschließend auf dieser Basis die Gütesimulation mit dann allen zur Verfügung stehenden Eingangsdaten wiederholt worden.



### **3 Sensitivitätsuntersuchungen auf der Datengrundlage der Studie ISM (2007)**

#### **3.1 Simulation mit kontinuierlich gemessenen Parametern für den Landwehrkanal**

##### **3.1.1 Eingangsdaten**

Anfang April 2008 wurden von der SenGesUmV, Berlin die Daten der vier kontinuierlich gemessenen Parameter:

- Wassertemperatur
- Sauerstoffgehalt
- pH-Wert und
- Leitfähigkeit

für den Zufluss aus dem Landwehrkanal (Lwk) übergeben. Bei der Simulation im Rahmen der ISM-Studie mussten diese Werte noch geschätzt werden. Dazu wurde der aus der Stichprobenmessung im Landwehrkanal (515) bekannte Offset zur Sondenmessung der Messstelle Mühlendamm (141) als konstant für den gesamten Betrachtungszeitraum angenommen und damit die Ganglinie der kontinuierlichen Messwerte parallelverschoben.

Für die Wassertemperatur betrug der Offset  $-0,9^{\circ}\text{C}$ . Für die drei anderen Parameter liegt der Wert der Stichprobenmessung im Landwehrkanal so nah am Mittelwert (8-16 Uhr) der Messwerte der Spree, dass die Sondenwerte der Messstelle 141 direkt ohne Umrechnung als Eingangswerte für den Zufluss aus dem Landwehrkanal übernommen wurden.

In den Diagrammen in Bild 2 bis Bild 5 wird jeweils die Ganglinie der neu hinzugekommenen Messwerte für den Zufluss aus dem Landwehrkanal gezeigt, denen zum Vergleich auch die zuvor angenommene Ganglinie für den jeweiligen Parameter gegenübergestellt ist.

Im Einzelnen ist zunächst am Verlauf der beiden Ganglinien für die Wassertemperatur in Bild 2 zu erkennen, dass die Annahme, die Sondenwerte der Spree in Höhe Mühlendamm (Messstelle 141) einfach um den aus dem einen Stichprobenwert an der Probenahmestelle (515) abgeleiteten Offset von  $0,9^{\circ}\text{C}$  parallel zu verschieben, sehr gut mit den gemessenen Werten übereinstimmt.

Hier ist die Korrelation offensichtlich sehr hoch, wohl bedingt durch den Umstand, dass der Landwehrkanal im wesentlichen mit Spreewasser gespeist wird, das erst kurz oberhalb der Schleuse Mühlendamm über die Oberschleuse in diesen abgeleitet wird.

Entsprechend gut stimmten dann im Ergebnis der Simulationsrechnung mit  $Q_{\text{sim}}$  auch die berechneten mit den gemessenen Wassertemperaturen am Beispiel der Messstelle Caprivi-Brücke (151) überein (vgl. Bild 6).

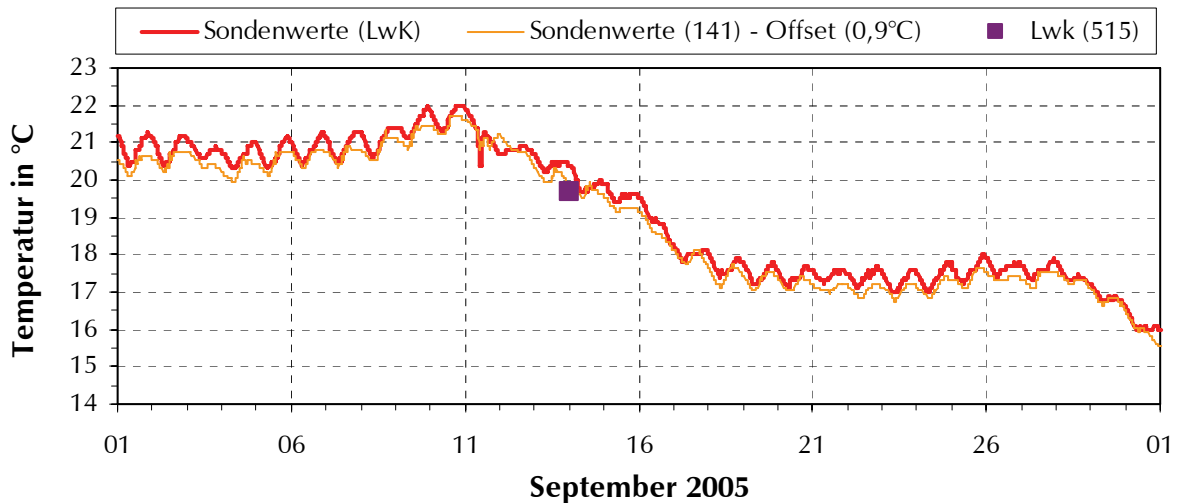


Bild 2: Vergleich zwischen angenommener und gemessener Wassertemperatur für den Zufluss aus dem Landwehrkanal

Ein ganz anderes Ergebnis liefert dagegen der Vergleich für den Sauerstoff-Gehalt. Wie in Bild 3 zu erkennen ist, liegt der kontinuierlich gemessene Sauerstoff-Gehalt im Lwk über den gesamten Zeitraum deutlich niedriger als dies aus dem einen Stichprobenwert, der zudem nicht mit dem kontinuierlich gemessenen Wert übereinstimmt, erwartet worden war.

Die kontinuierlichen Messwerte für den Lwk zeigen auch, dass der Sauerstoffgehalt mit Einsetzen der Mischwasserentlastung während dem Starkregenereignis am 11. September deutlich stärker als in der Spree zurückgeht. Im Landwehrkanal sinkt der Sauerstoff-Gehalt auf Werte unter 2 mg/l, was auf die stärkere Belastung des Lwk durch Mischwassereinleitungen zurückzuführen ist.

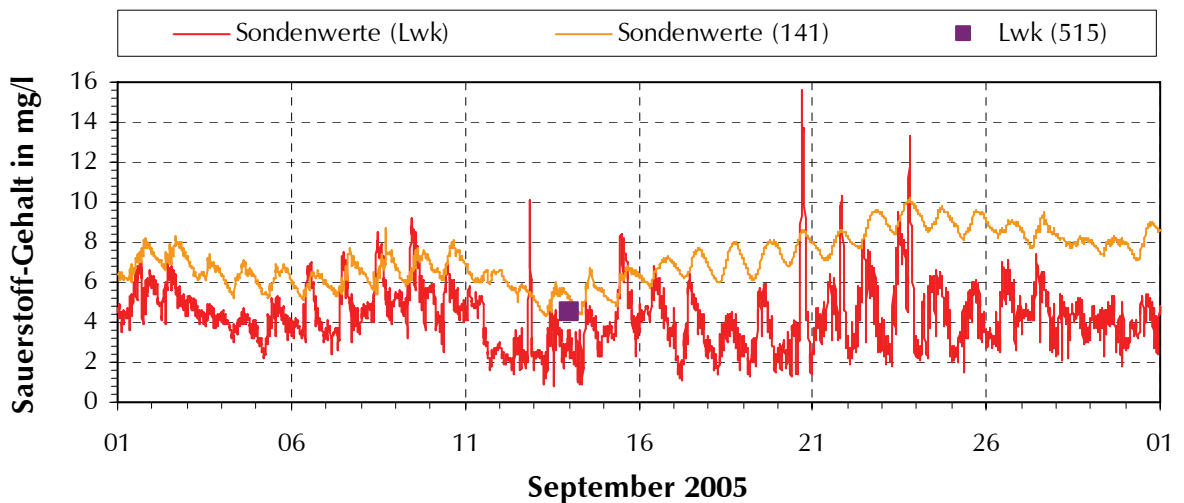


Bild 3: Vergleich zwischen angenommenem und gemessenem Sauerstoff-Gehalt für den Zufluss aus dem Landwehrkanal

Ebenso deutlich liegt der kontinuierlich gemessene pH-Wert im Lwk im gesamten Zeitraum unter den Werten der Spree. Auch hier lieferte der Stichprobenwert an der Dovebrücke (515) einen deutlich höheren Wert als er mit der Multiparametersonde kontinuierlich gemessen wurde.

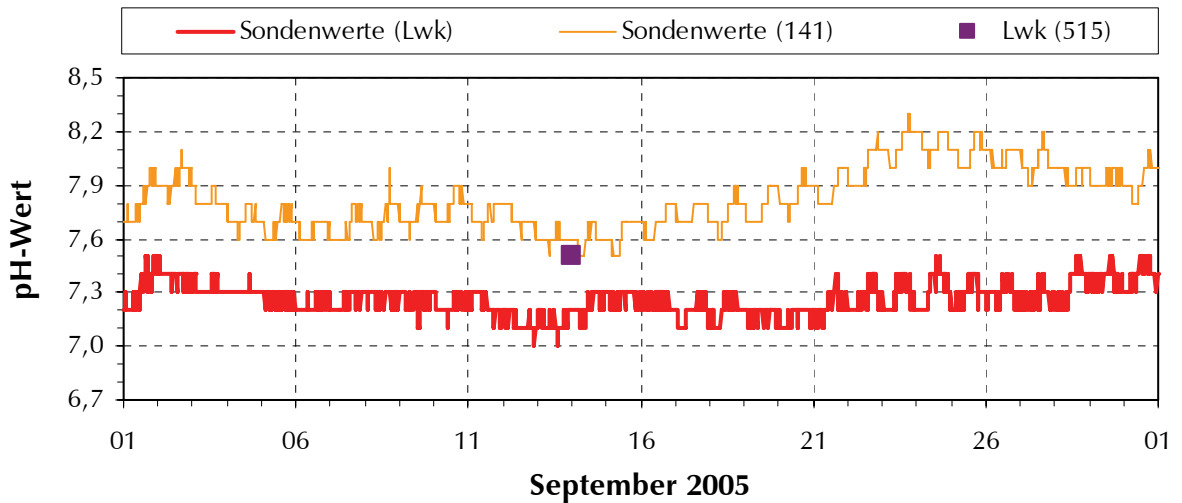


Bild 4: Vergleich zwischen angenommenem und gemessenem pH-Wert für den Zufluss aus dem Landwehrkanal

Abschließend zeigt der Vergleich der Leitfähigkeit bis auf die Zeiträume der Mischwasserüberläufe wieder eine gute Übereinstimmung zwischen angenommenen und gemessenen Werten, was in erster Linie darauf zurückzuführen ist, dass bei diesem Parameter der Stichprobenwert in etwa den kontinuierlich gemessenen Werten im Zeitraum der Probenahme entspricht.

Auch anhand dieses Parameters lässt sich am plötzlichen Absinken der Leitfähigkeit die deutlich stärkere Belastung des Landwehrkanals durch die stoßartigen Einleitungen aus der Mischwasserkanalisation erkennen, für die eine Leitfähigkeit von 270  $\mu\text{S}/\text{cm}$  bei der Gütesimulation angenommen wird.

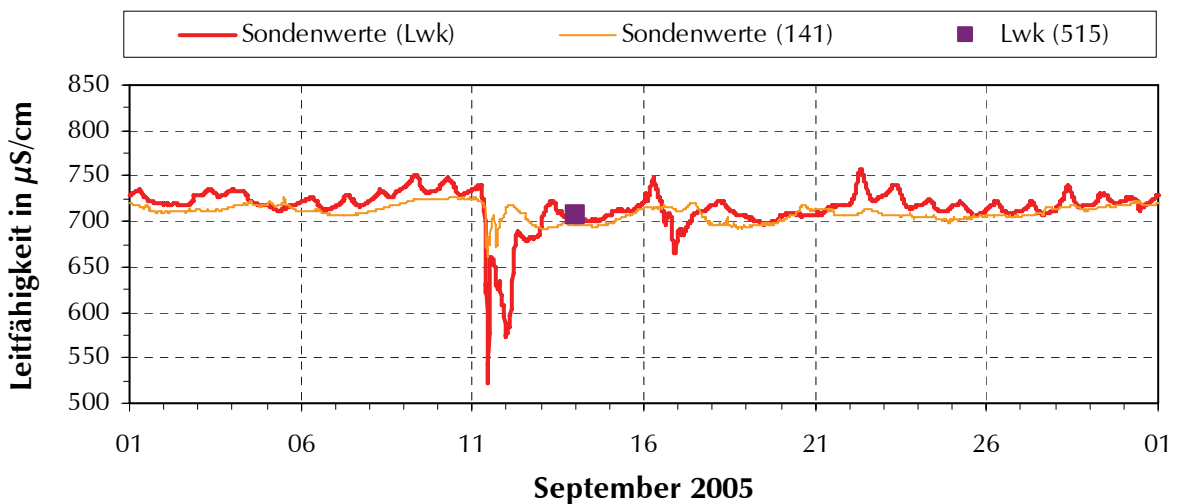


Bild 5: Vergleich zwischen angenommener und gemessener Leitfähigkeit für den Zufluss aus dem Landwehrkanal

### 3.1.2 Ergebnisse

Der Landwehrkanal mündet kurz oberhalb der Messstelle Caprivi-Brücke (151, SOW-km 8,29) in die Spree. Sein Abflussanteil in dem unterstromigen Abschnitt der Spree beträgt ca. 42% im Mittel des betrachteten Monats. Es ist von daher zu erwarten, dass mit der verbesserten Datenlage die Messwerte der zur Zeit noch einzigen Referenzmessstelle Caprivi-Brücke (151) besser angenähert werden, als dies bisher mit den auf den Stichprobenwerten basierenden Annahmen der Fall war. Die Ergebnisse der erneuten Simulation mit den hochaufgelösten Eingangsdaten für den Zufluss des Lwk in die Stauhaltung Charlottenburg zeigen die folgenden Gangliniendiagramme.

Wie aufgrund der nahezu gleichen Eingangsdaten (vgl. Bild 2) nicht anders zu erwarten war, zeigt zunächst die in Bild 6 dargestellte Ganglinie der berechneten Wassertemperaturen kaum einen Unterschied zu den bisherigen Berechnungsergebnissen (ISM 2007). Damit bleiben auch die Abweichungen im Tagesgang relativ groß.

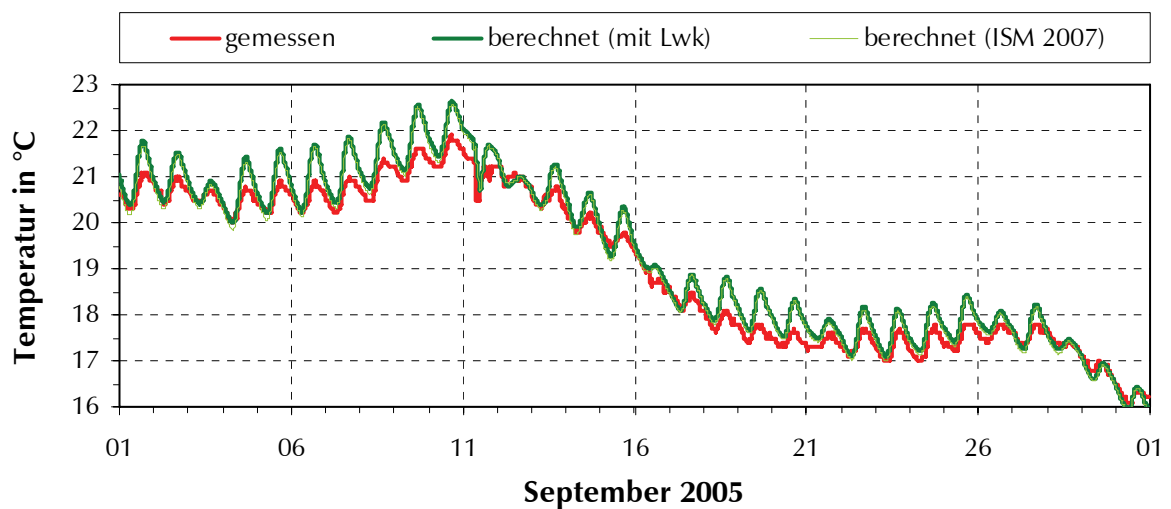


Bild 6: Ganglinie der berechneten Wassertemperatur im Vergleich mit den 15-min-Sondenwerten an der Messstelle Caprivi-Brücke (151)

Deutlich anders verhält es sich für die in Bild 7, oben gezeigte Ganglinie des Sauerstoffgehalts, die sich insbesondere in den Zeiträumen vor der Stichprobennahme (Mitte des Monats) wesentlich besser den gemessenen Werten annähert, ohne hier bereits von einer zufriedenstellenden Übereinstimmung sprechen zu können.

Der mit den kontinuierlichen Werten berechnete pH-Wert in Bild 7, mitte nähert sich den Messwerten an, liegt aber immer noch um ca. 0,5 über den gemessenen Werten an der Messstelle Caprivi-Brücke. Da die berechneten Werte sowohl mit dem Stichprobenwert im Landwehrkanal (Probenahmestelle 515) als auch mit dem in der Spree oberhalb der Mündung des Lwk übereinstimmen (Probenahmestelle 150), liegt hier u.U. auch eine systematische Messwertabweichung vor.

Die in Bild 7, unten gezeigten Werte der berechneten Leitfähigkeit stimmen bei Berücksichtigung der kontinuierlichen Messwerte für den Zufluss aus dem Lwk ebenfalls besser mit den gemessenen Werten überein.

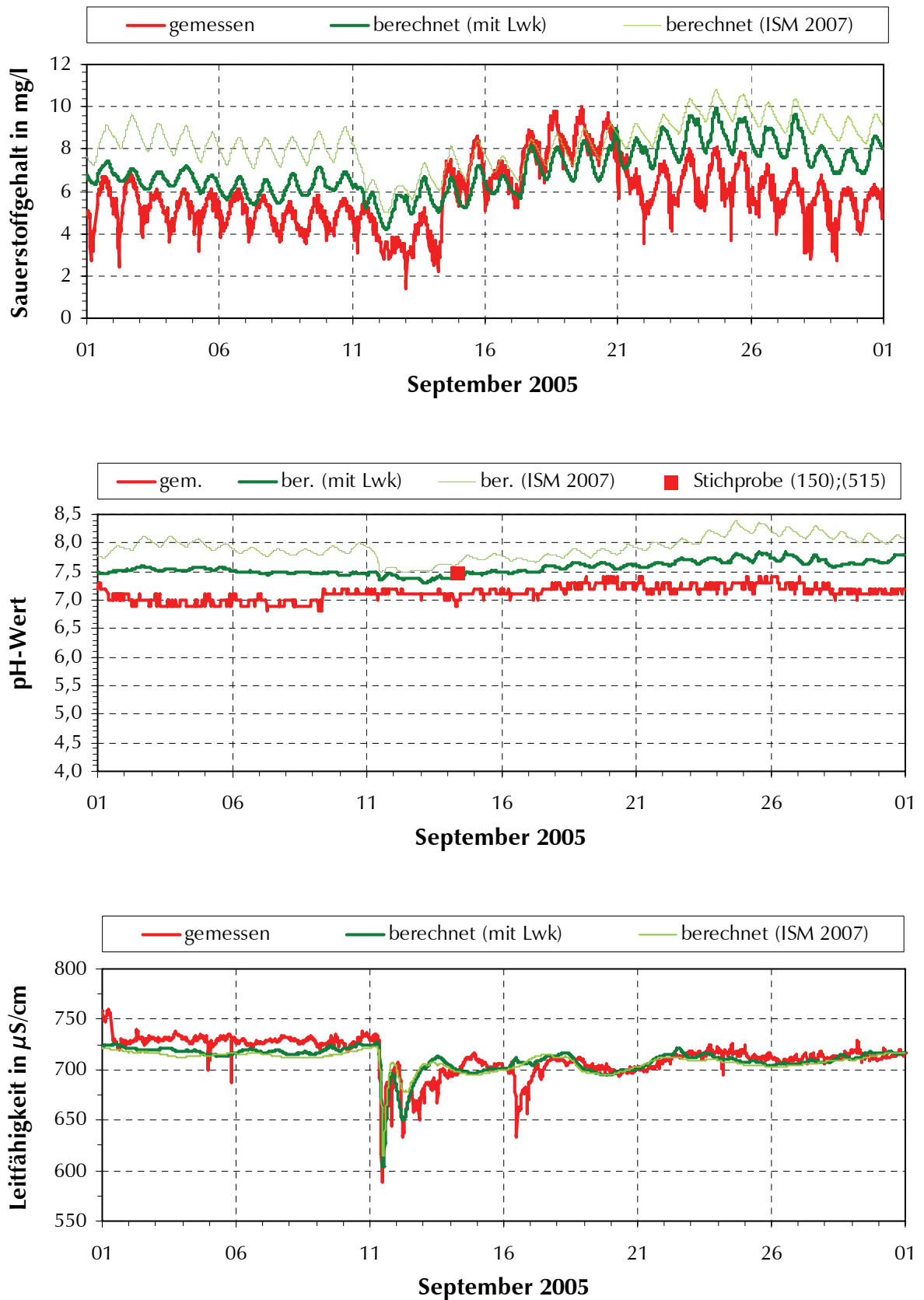


Bild 7: Ganglinien der berechneten Parameter: Sauerstoffgehalt (oben), pH-Wert (mitte) und Leitfähigkeit (unten) im Vergleich mit den 15-min-Sondenwerten an der Messstelle Caprivi-Brücke (151)

Der plötzliche starke Rückgang der Leitfähigkeit wird deutlich besser reproduziert, auch wenn die Spitze betragsmäßig noch nicht ganz erreicht wird. Bei diesen Berechnungen ist das zweite Regenerereignis am 16.09 noch nicht in die Datenbasis übernommen worden.

Zusammengefasst ist festzuhalten, dass die Berücksichtigung der kontinuierlichen Messdaten der Multiparametersonde im Landwehrkanal die Ergebnisse der Gütesimulation der Spree mit Ausnahme der ohnehin bereits recht gut angenährten Wassertemperatur deutlich verbessert.

## **3.2 Simulation mit zeitlich höheraufgelösten Wetterdaten (2)**

### **3.2.1 Eingangsdaten**

Die Wetterverhältnisse und damit der Einfluss auf die Wassertemperatur wird in Qsim durch die folgenden Daten berücksichtigt:

- Globalstrahlung (Tagessumme)
- Lufttemperatur (Tagesminimum und –maximum)
- Luftfeuchtigkeit
- Windgeschwindigkeit
- Bedeckungsgrad und Wolkentyp (in Achteln und Schlüsselcode)

Für die Lufttemperatur und die Luftfeuchtigkeit sind bei den Simulationen 2007 die Daten des Deutschen Wetterdienstes (DWD) an der Station Alexanderplatz, für den Wind, den Bedeckungsgrad und den Wolkentyp die Daten der Station Tempelhof und für die Globalstrahlung die der Station Potsdam in Form von Tageswerten verwendet worden.

Von Qsim wird in diesem Fall ein Tagesgang für die Globalstrahlung und die Lufttemperatur angenommen.

Mit der neuen Simulation wird der Einfluss der Wetterzeitbasis aufgezeigt, in dem statt der Tageswerte der Tagesgang durch Stundenwerte genauer abgebildet wird. Für die neben der Globalstrahlung wesentliche Einflussgröße der Lufttemperatur werden dafür die Stundenmittelwerte herangezogen, die an der OWA Tegel durch die BWB gemessen wurden.

Für die anderen Größen, mit Ausnahme der Luftfeuchtigkeit (liegen nicht vor), werden die Stundenwerte der bereits vorangehend genannten Stationen verwendet. Für die Luftfeuchtigkeit wird weiterhin der Tagesmittelwert verwendet.

Die folgenden Bilder zeigen die entsprechenden Ganglinien der Globalstrahlung, der Lufttemperatur und der Windgeschwindigkeit. Ebenfalls mit ihren Stundenmittelwerten gehen der Bedeckungsgrad und der Wolkentyp ein, die sich jedoch grafisch schlecht darstellen lassen.

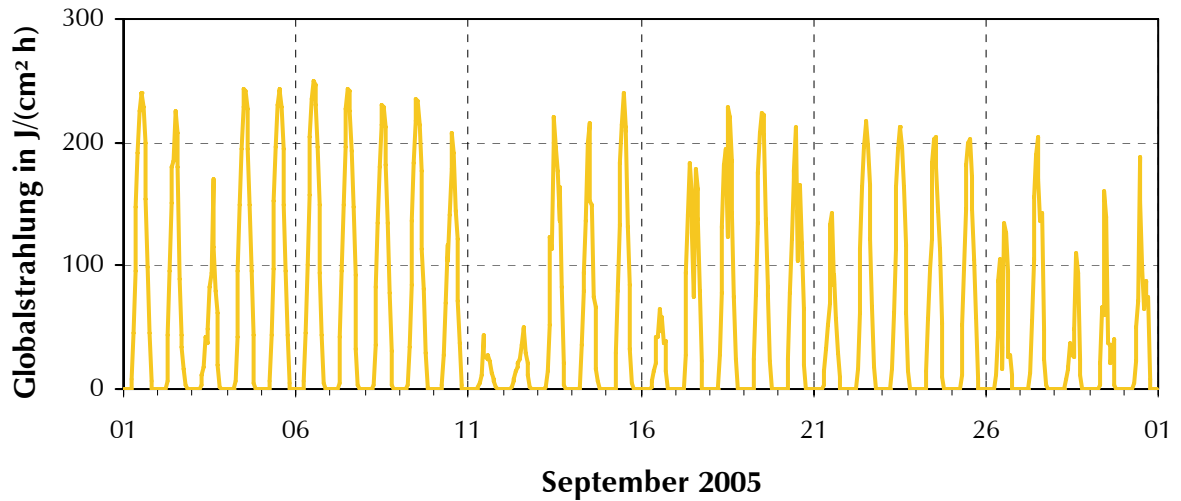


Bild 8: Ganglinie der Globalstrahlung (Stundenwerte) an der Station Potsdam (DWD)

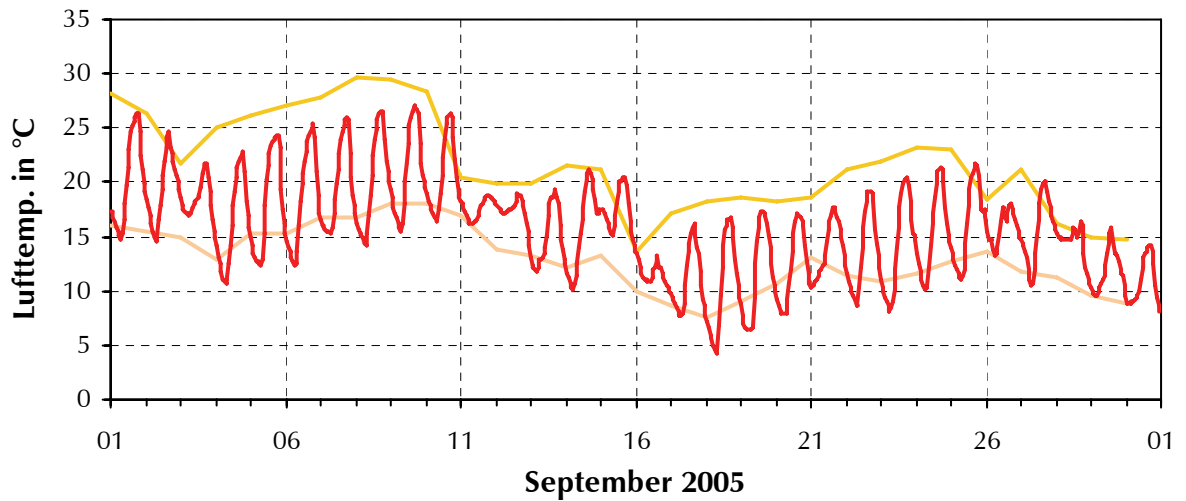


Bild 9: Ganglinie der Lufttemperatur (Stundenwerte) an der Station OWA Tegel (BWB) im Vergleich zu den Tagesmin- und -maxima an der Station Alexanderplatz (DWD)

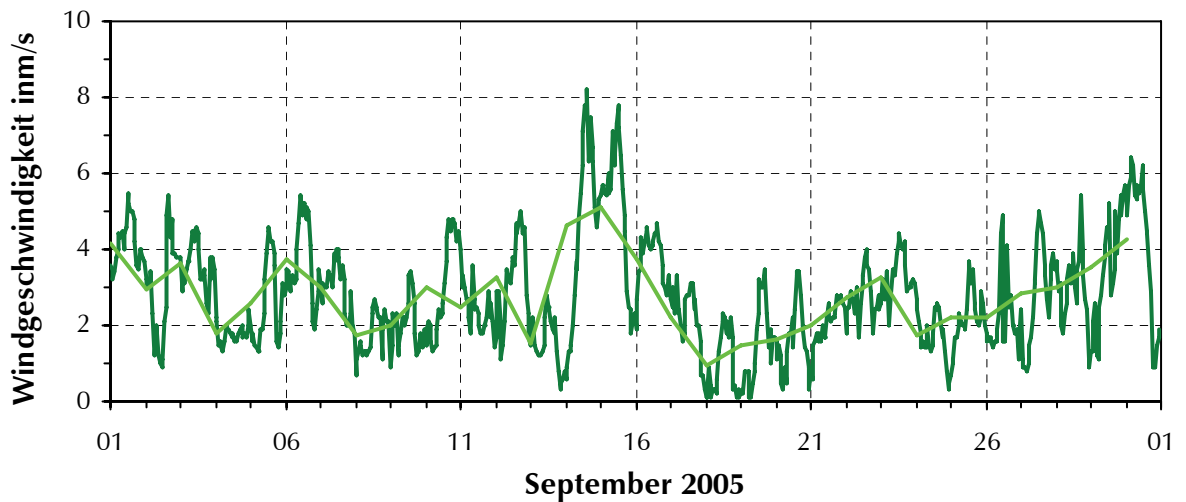


Bild 10: Ganglinie der Windgeschwindigkeit (Stundenmittelwerte) an der Station Berlin-Tempelhof im Vergleich zu den Tagesmittelwerten

Der Vergleich der an der OWA Tegel gemessenen Lufttemperatur mit den zuvor verwendeten Tagesminima und -maxima an der Station Alexanderplatz (Bild 9) zeigt nebenbei die Unterschiede, je nachdem welche Wetterstation im Umfeld der Stauhaltung Charlottenburg als repräsentativ angenommen wird.

Angemerkt sei, dass es prinzipiell möglich ist, jedem Strang eine andere Wetterstation – und damit (leicht) unterschiedliche Ganglinien der Wetterdaten - zuzuordnen.

### 3.2.2 Ergebnisse

Grundlage für die Simulation mit den zeitlich hochaufgelösten Wetterdaten bildet das zuvor beschriebene Ereignis mit den neu hinzugekommenen Daten des Landwehrkanals, dass um die höheraufgelösten Wetterdaten ergänzt worden ist (1+2).

Im folgenden wird diese Simulation mit „Lwk und Wetter“ bezeichnet, die den Simulationsergebnissen „Lwk“ (wie im vorangegangenen Kapitel beschrieben) oder denen aus der Simulation der ISM-Studie 2007 gegenübergestellt werden.

Die Simulationsergebnisse mit Berücksichtigung der hochaufgelösten Eingangsdaten für den Zufluss über den Landwehrkanal und denen des Wetters zeigen die folgenden Ganglinien für die Wassertemperatur (Bild 11) und den Sauerstoffgehalt (Bild 13).

Auf die Leitfähigkeit hat die höher aufgelöste Wetterdatenbasis keinen und auf den pH-Wert fast keinen Einfluss (Min/Mittel/Max = -0,02/+0,02/+0,07).

Zunächst zeigt der Vergleich zwischen gemessenen und berechneten Wassertemperaturen, dass sich auf dieser Datengrundlage beide Ganglinien kaum noch unterscheiden. Insbesondere stimmt nun auch die Amplitude des Tagesgangs deutlich besser überein. Selbst der markante kurzfristige Temperaturrückgang infolge des Regenereignisses am 11. September wird mit einer Genauigkeit von  $\pm 0,5^\circ\text{C}$  erfasst (dies bei einer Auflösung von 15 min). Im Mittel liegt die Schwankungsbreite (Standardabweichung =  $0,18^\circ\text{C}$ ) deutlich darunter (siehe Bild 12).

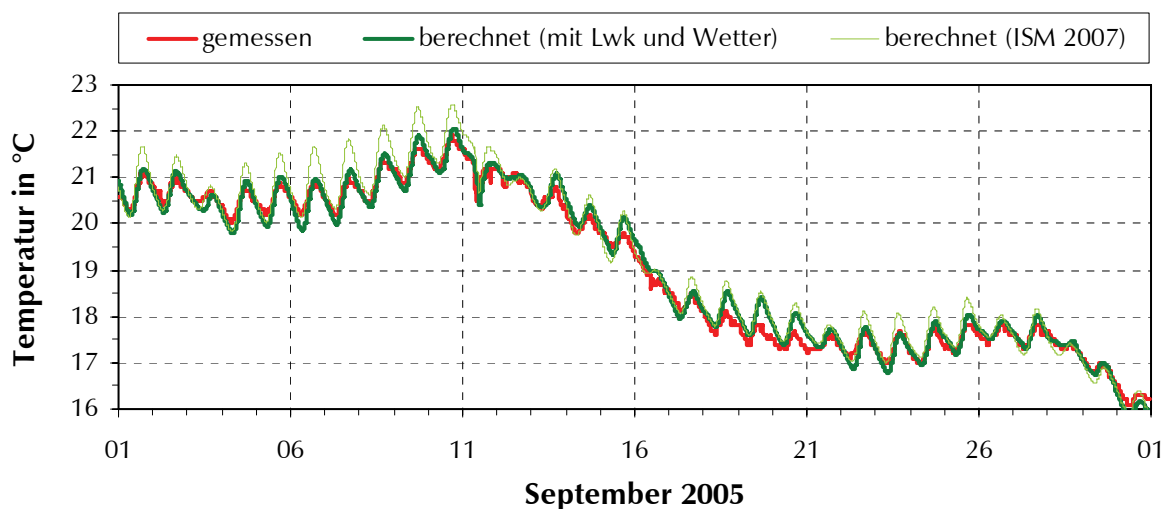


Bild 11: Vergleich zwischen gemessener und berechneter Wassertemperatur an der Messstelle Caprivi-Brücke (151)



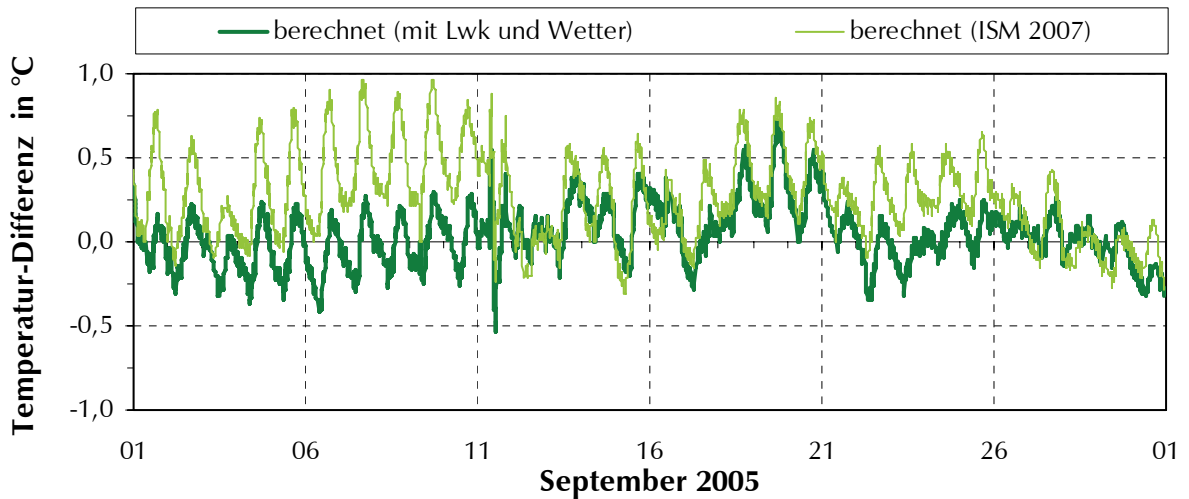


Bild 12: Differenz zwischen gemessener und berechneter Wassertemperatur an der Messstelle Caprivi-Brücke (151)

Der Einfluss der höheraufgelösten Wetterdaten auf den Sauerstoffgehalt ist dagegen weniger ausgeprägt (siehe Bild 13), was wohl vor allem daran liegt, dass die Wassertemperaturen auch bereits auf Tageswertbasis mit einer relativ guten Genauigkeit berechnet wurden.

Die Änderungen im Sauerstoffgehalt betragen Min/Mittel/Max = -0,31/+0,23/+0,7 gegenüber der Simulation, bei der bereits die Daten des Landwehrkanals berücksichtigt wurden.

Der Einfluss der zweiten Mischwasserentlastung am 16./17. September ist auch bei dieser Simulationsrechnung noch nicht berücksichtigt (siehe das folgende Kapitel)

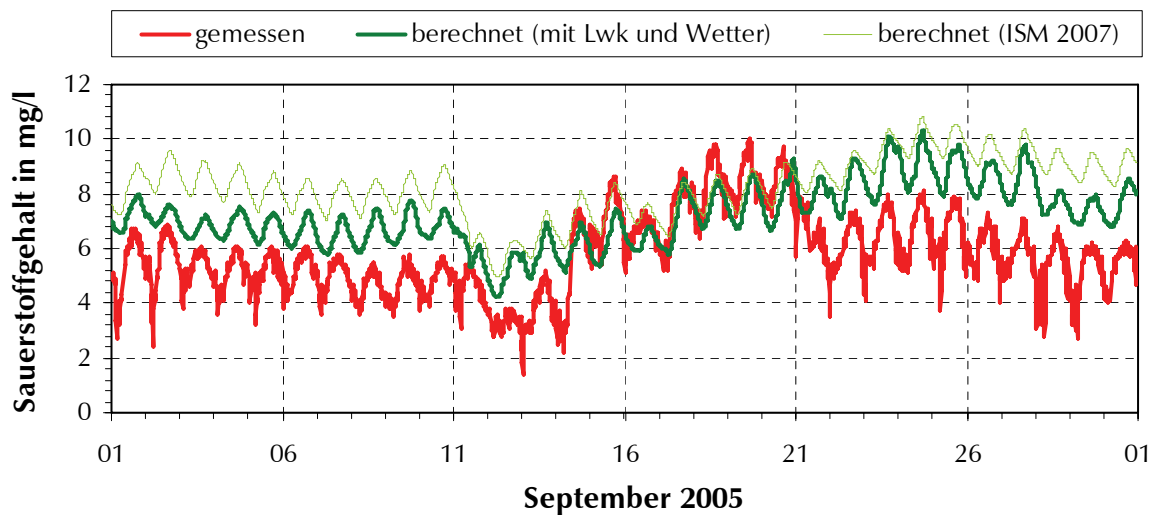


Bild 13: Vergleich zwischen gemessenem und berechnetem Sauerstoffgehalts an der Messstelle Caprivi-Brücke (151)

## 4 Gewässergütesimulation September 2005 mit vollständiger Datenbasis (Berücksichtigung der zweiten Mischwasserentlastung)

### 4.1 Eingangsdaten

#### 4.1.1 Hydraulik

Die Summe der mit INFOWORKS berechneten Zuflüsse aller Mischwasserüberläufe, die aus den beiden Starkregenereignissen am 11.09. und (neu) am 16.09.2005 resultieren, ist als Durchflussganglinie in Bild 14 dargestellt.

Zu erkennen ist, dass der Spitzenzufluss beim ersten Niederschlagsereignis etwa viermal so hoch lag wie beim zweiten, jetzt zusätzlich berechneten Ereignis. Trotz der etwa doppelt so lange anhaltenden Entlastungsdauer – sie betrug beim ersten Ereignis 14 h und beim zweiten 26 h - wurde beim zweiten Ereignis damit nur noch ein Mischwasservolumen von  $0,13 \text{ hm}^3$  – also weniger als die Hälfte des Entlastungsvolumen des ersten Niederschlagsereignisse ( $0,28 \text{ hm}^3$ ) - in die Stauhaltung eingeleitet.

Im Vergleich dazu betrug das gesamte, im Monat September 2005 über die Stauanlage Charlottenburg (SOW km 6,34) abgeflossene Wasservolumen  $40,5 \text{ hm}^3$ .

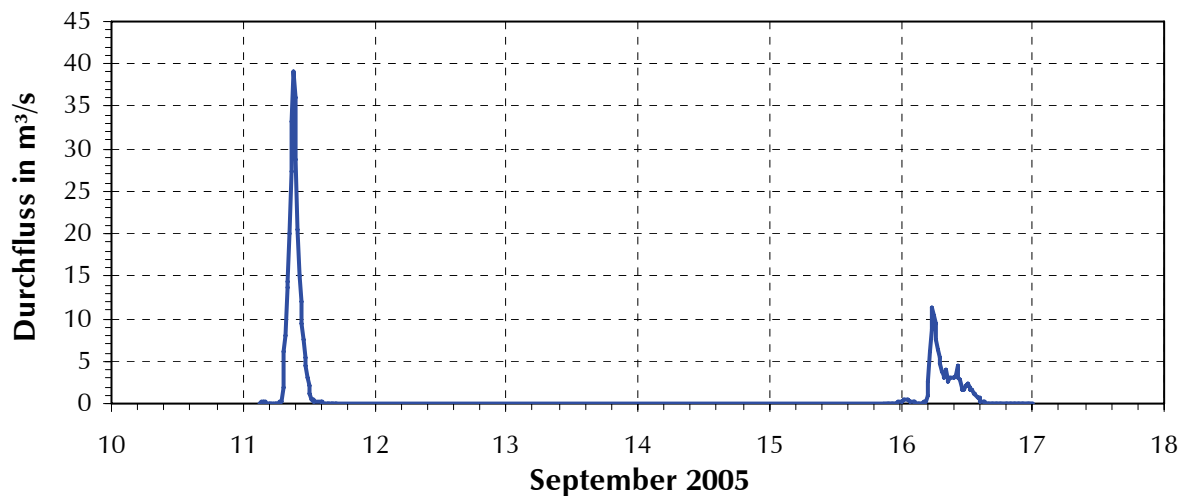


Bild 14: Summe der Mischwassereinleitungen in die Stauhaltung Charlottenburg im Zeitraum September 2005

#### 4.1.2 Gütesimulation

Entsprechend den Zuflüssen fallen beim zweiten Starkregenereignis auch die zur Entlastung eingeleiteten Frachten (Summe aller Einleitungen) deutlich geringer aus, wie dies die beiden nachfolgenden zwei Bilder für den Chemischen Sauerstoffbedarf (CSB, siehe Bild 15) und das Ammonium ( $\text{NH}_4$ , siehe Bild 16) beispielhaft zeigen.

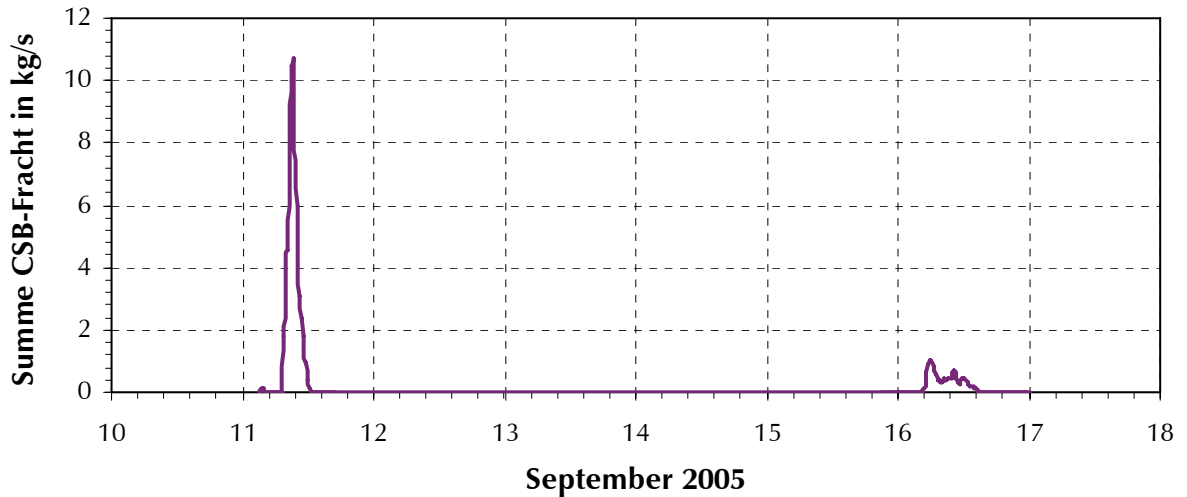


Bild 15: Ganglinie der Summe der über die Entlastung der Mischwasserkanalisation eingeleiteten CSB-Fracht

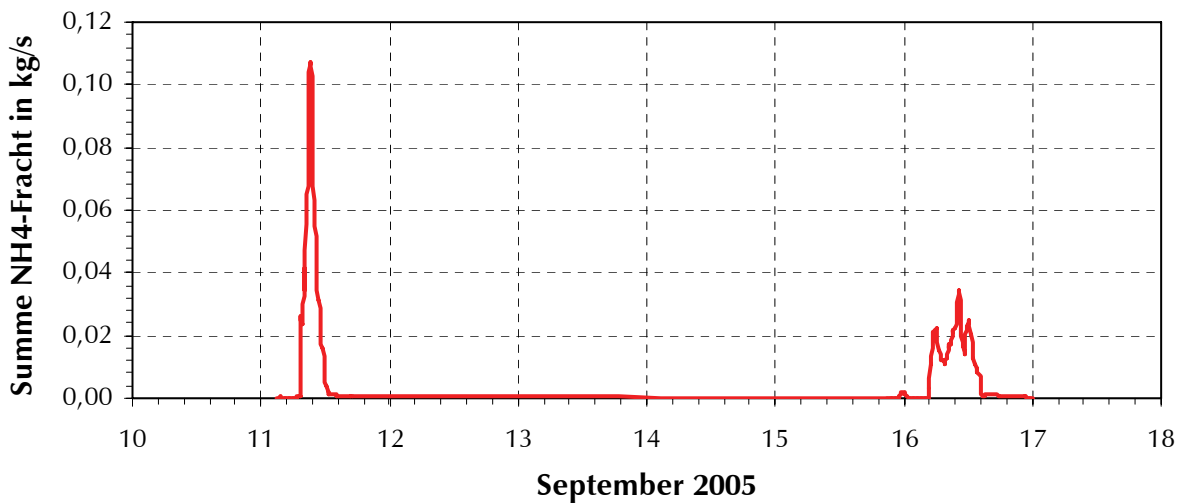


Bild 16: Ganglinie der Summe der über die Entlastung der Mischwasserkanalisation eingeleiteten Ammonium-Fracht

## 4.2 Ergebnisse

### 4.2.1 Hydraulik

Durch die Hinzunahme der Mischwassereinleitungen als Folge des zweiten Starkregenereignisses ist jetzt in der Monatsganglinie der Durchflüsse an der Schleuse Charlottenburg (siehe Bild 17) auch am 16.09 eine - im Vergleich zum 11.09. wesentlich kleinere - Durchflussspitze zu erkennen (roter Kreis). Die für die gesamte Stauhaltung neu berechneten Wasserstands- und Durchflussverhältnisse bilden die Grundlage für die im folgenden beschriebenen Ergebnisse der Simulationsrechnungen der Gewässergüte mit der vollständigen, z.Z. verfügbaren Datenbasis.

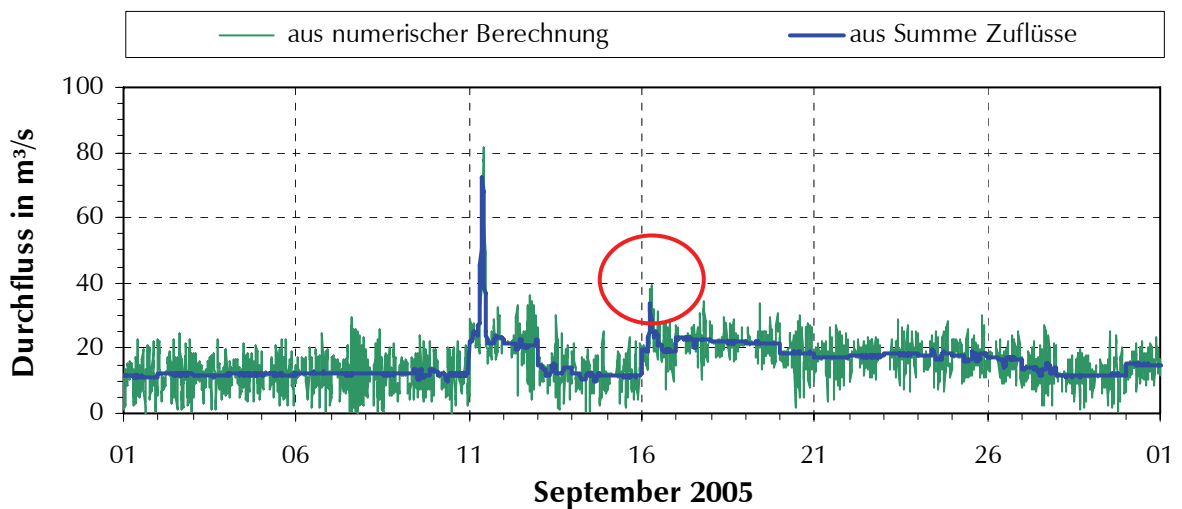


Bild 17: Berechneter Durchfluss an der Schleuse Charlottenburg (SOW-km 6,24) bei Berücksichtigung des zweiten Entlastungsereignisses

### 4.2.2 Gütesimulation

Werden zunächst wieder die berechneten Wassertemperaturen betrachtet, so zeigt der Ganglinienverlauf in Bild 18, dass gegenüber der Simulation ohne Berücksichtigung des zweiten Entlastungsereignisses (vgl. Bild 11) nur noch leichte Veränderungen kurz nach dem 16. September zu verzeichnen sind. Die einzigen, etwas größeren Abweichungen im an das zweite Entlastungsereignis anschließenden Zeitraum zwischen dem 18. und 21. September bleiben aber auch weiterhin bestehen, auch wenn noch die Mischwassereinleitungen infolge des zweiten Starkregenereignisses berücksichtigt werden.

Für die gegenüber den Simulationsergebnissen im Rahmen der Studie ISM 2007 erreichte bessere Anpassung der berechneten Wassertemperaturen an die Messwerte, ist damit insbesondere die Eingabe der Wetterdaten auf Stundenbasis verantwortlich (vgl. Kapitel 3.2), mit denen die Amplitude im Tagesgang wesentlich besser wiedergegeben wird, als dies auf der Grundlage einer theoretischen vorgegebenen Verteilung bei Eingabe von Tagesmittelwerten möglich ist.

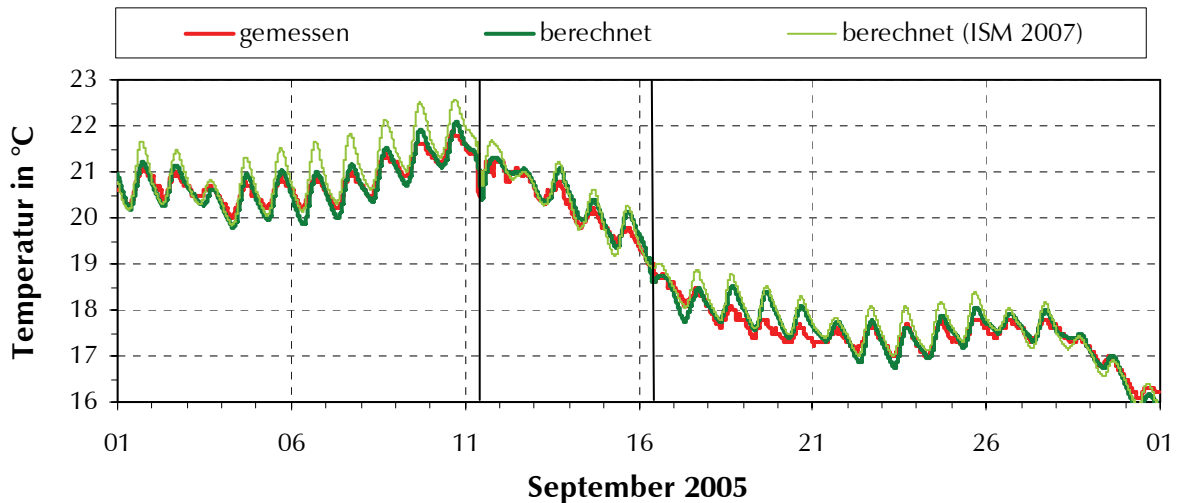


Bild 18: Vergleich zwischen gemessener und der berechneter Wassertemperatur an der Messstelle Caprivi-Brücke (151)

Obwohl - wie eben gezeigt - mit der Wassertemperatur einer der wesentlichen Einflussparameter auf den Sauerstoffgehalt sehr gut mit dem Temperaturbaustein von Qsim wiedergegeben wird, stimmen gemessene und berechnete Werte für diesen wichtigen Parameter auch nach Berücksichtigung aller derzeit verfügbaren Eingangsdaten weiterhin nur in einem etwa einwöchigen Zeitraum zufriedenstellend überein (siehe Bild 19).

Dieser Zeitraum beginnt nach Vorgabe der durch Probenahmen in der Spree (12.09) und im Landwehrkanal (14.09.) abgesicherten Eingangswerte (Modellrandbedingungen) für z.B. den Chlorophyll-a-Gehalt, die Biomasse oder den BSB<sub>5</sub>-Wert.

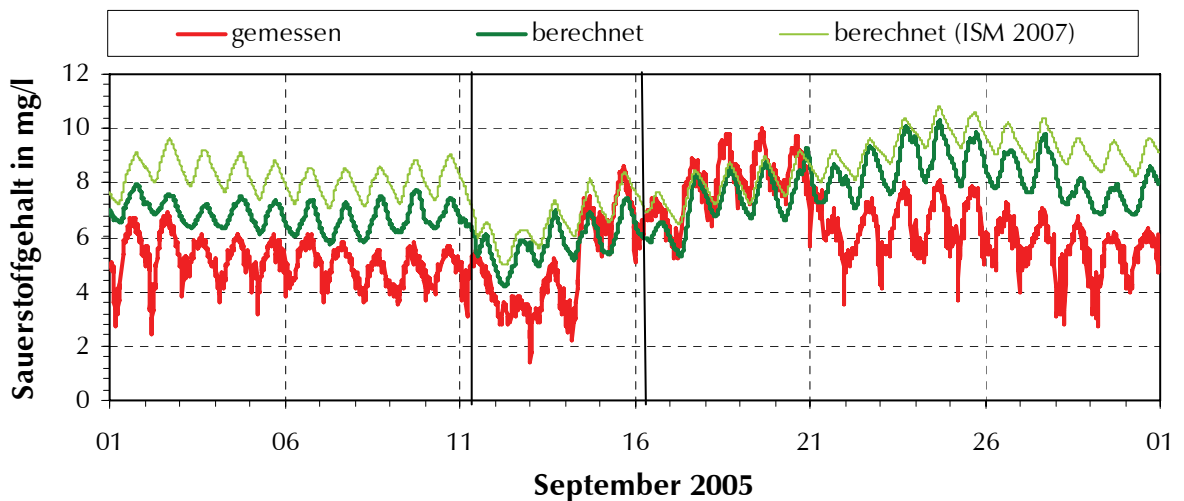


Bild 19: Vergleich zwischen gemessenem und berechnetem Sauerstoffgehalt an der Messstelle Caprivi-Brücke (151)

Es ist (offensichtlich) so, dass mit nur je einem Stichprobenwert im gesamten Untersuchungszeitraum für diese und weitere, für den Sauerstoffhaushalt relevanten Parametern, eine bessere Übereinstimmung nicht erreicht werden kann.

Die gegenüber den vorangegangenen Simulationsergebnissen (ISM 2007) bessere Anpassung des berechneten Sauerstoffgehalts an die Messwerte im übrigen Zeitraum, ist vor allem auf die kontinuierlich gemessenen Parameter für den Zufluss aus dem Landwehrkanal zurückzuführen (vgl. Bild 7, oben).

Der berechnete pH-Wert bleibt wie zu erwarten auch bei Berücksichtigung der zweiten Mischwasserentlastung gegenüber den Messwerten der Multiparametersonde an der Messstelle Caprivi-Brücke im gesamten Betrachtungszeitraum zu niedrig. Der in Bild 20 gezeigte Rückgang der berechneten pH-Werte in Richtung der Messwerte im Vergleich zu den Ergebnissen in Rahmen der Studie ISM 2007 ist auch für diesen Parameter allein auf den Einfluss der niedrigeren, kontinuierlich gemessenen pH-Werte aus dem Landwehrkanal (vgl. Bild 4) als Eingangsgrößen zurückzuführen.

Anzumerken bleibt (vgl. Kapitel 3.1.2), dass die berechneten pH-Werte sowohl mit dem Stichprobenwert im Landwehrkanal (Probenahmestelle 515) als auch mit dem in der Spree (Probenahmestelle 150) oberhalb der Mündung des Lwk übereinstimmen (siehe Bild 7, mitte). Die Frage, warum die gemessenen pH-Werte der Stichproben von denen der Multiparametersonden an der Messstelle Caprivi-Brücke (Spree) und im Landwehrkanal sich trotzdem so deutlich unterscheiden, ist zur Zeit noch offen.

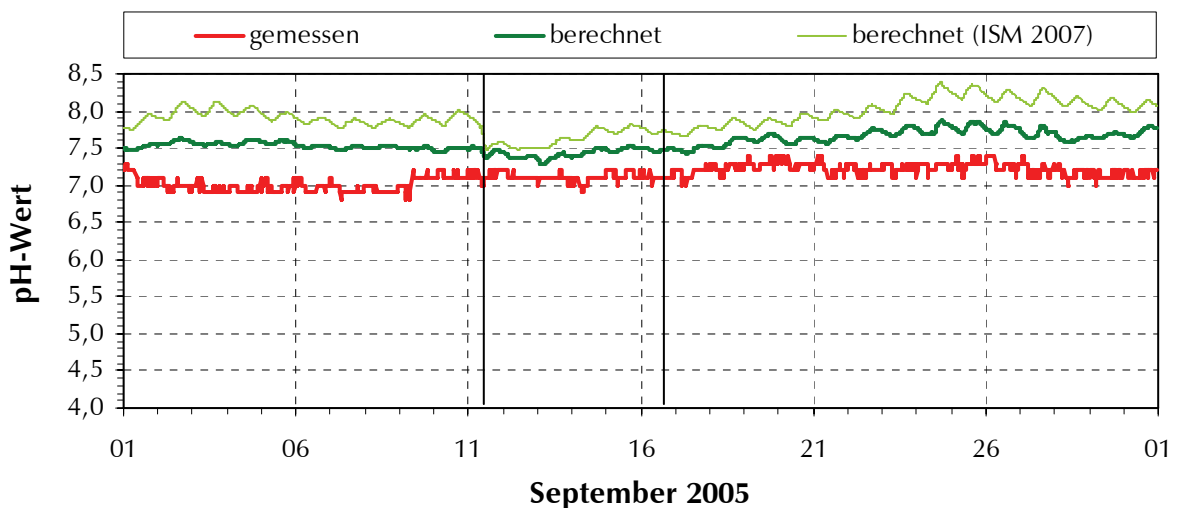


Bild 20: Vergleich zwischen gemessenem und berechnetem pH-Wert an der Messstelle Caprivi-Brücke (151)

Letztlich ist mit Berücksichtigung des zweiten Überlaufereignisses nun auch bei der berechneten Leitfähigkeit der Einfluss der Mischwasserentlastung auf diesen Parameter zu erkennen (siehe Bild 21), der betragsmäßig aber nicht die gemessenen Werte erreicht.

Der starke, plötzliche Rückgang der Leitfähigkeit mit Einsetzen der Mischwasserüberläufe ins Gewässer konnte für das erste Überlaufereignis dagegen noch wesentlich besser durch die Simulation nachvollzogen werden. Wie der Vergleich mit den Simulationsergebnissen der Studie ISM 2007 zeigt, spielt für diesen Parameter die Berücksichtigung der Mischwasserentlastungen eine entscheidende Rolle.

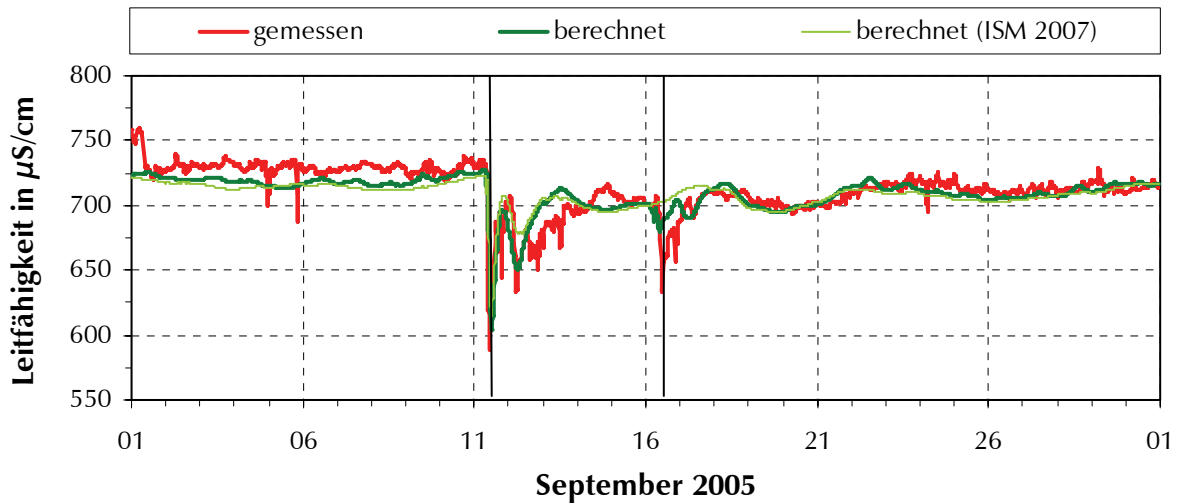


Bild 21: Vergleich zwischen gemessener und dem berechneter Leitfähigkeit an der Messstelle Caprivi-Brücke (151)

Abschließend zeigt Bild 22 die Gangliniendarstellung für den mit dem Gewässergütemodell Qsim berechneten Parameter Ammonium, einem Parameter, der bisher nur durch vereinzelte Stichproben, die in der Regel nicht mit dem Auftreten der Spitzenkonzentration zusammenfallen, gemessen wurde.

Der Vergleich des berechneten Ammoniumgehalts für beide Mischwasserentlastungen zeigt, dass beim zweiten Überlaufereignis der Ammoniumgehalt etwa im Verhältnis (4:1) der eingebrachten Frachten (vgl. Bild 16) niedriger liegt. Eine Verifizierung der Simulationsergebnisse durch entsprechende kontinuierliche Messungen im Gewässer steht in einem der nächsten Arbeitsschritte noch aus.

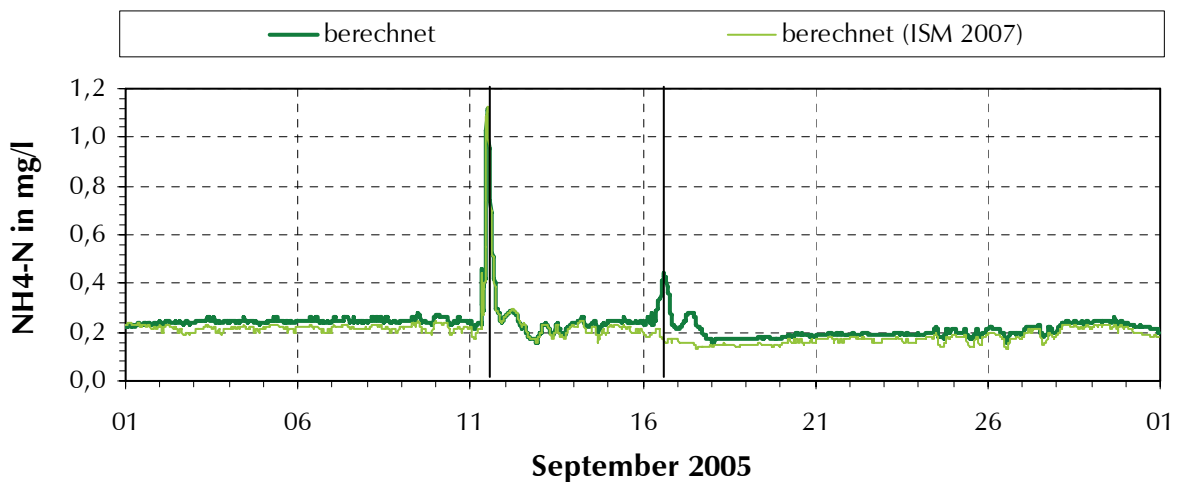


Bild 22: Ganglinie des berechneten Ammoniumgehalts an der Messstelle Caprivi-Brücke bei erweiterter Datenbasis im Vergleich zu den Ergebnissen der Studie ISM 2007

Berlin, den 20.05.2009

Dr.-Ing. Frank Schumacher

(Ingenieurbüro für Wasser und Umwelt)



## 5 Literaturverzeichnis

- SENSTADT BERLIN, 1985: *Die Kanäle nördlich der Spree*. Besondere Mitteilungen zum Gewässerkundlichen Jahresbericht des Landes Berlin.
- SCHUMACHER, F. (2001): *Dokumentation des Modellaufbaus und der Modellkalibrierung für die Stauhaltungen Mühlendamm/Kleinmachnow, Charlottenburg und Brandenburg*. Dr. Schumacher - Ingenieurbüro für Wasser und Umwelt; Berlin im Auftrag der Bundesanstalt für Gewässerkunde – unveröffentlicht
- SCHUMACHER, F.; PAWLOWSKY-REUSING, E. u.a. (2007): *Gewässergütesimulation der Stauhaltung Charlottenburg (Spree und Kanäle) unter Berücksichtigung der Mischwasserentlastungen am Beispiel eines Starkregenereignisses im September 2005*. Abschlussbericht für Kompetenzzentrum Wasser Berlin gGmbH im Rahmen des Projektes „Integrated Sewage Management“ (ISM).