

# INTERIM 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](http://www.kompetenz-wasser.de)

Instationäre, hydronumerische 1D-Berechnung von  
Wasserstand und Durchfluss in der Stauhaltung  
Charlottenburg (Spree und Kanäle) für die Abflussjahre  
2002 bis 2007

Project acronym: SAM-CSO

by

Dr. Frank Schumacher

for

Kompetenzzentrum Wasser Berlin gGmbH

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



Berlin, Germany

2008

## **Veranlassung**

Dr. Schumacher Ingenieurbüro für Wasser und Umwelt wurde im Rahmen des Projektes SAM-CSO beauftragt, eine Langzeitsimulation der hydraulischen Verhältnisse in der Stauhaltung Charlottenburg (Spree und Kanäle) für die Abflussjahre 2002 bis 2007 durchzuführen.

Diese Simulation erfolgt mit der Software HYDRAX und ist die Grundlage für die Simulation der Gewässergüteprozesse, die dann mit der Software QSIM durchgeführt wird.

Da bisher im Rahmen des Projektes eine Gewässergütesimulation lediglich für den September 2005 erfolgte (Fokus auf 2 Starkregenereignisse mit Mischwasserüberlauf), konnten noch keine allgemeinen Aussagen zur Güte der Simulation des Gewässerbasiszustandes über längere Zeiträume getroffen werden. Die Simulation des Basiszustandes (unter Vernachlässigung der Mischwassereinleitungen) und die Anpassung des Modells an die Berliner Gewässerverhältnisse ist ein wichtiger Schritt, bevor die spezifische Situation während Mischwasserüberlauf betrachtet werden kann.

## **Zusammenfassung des vorliegenden Berichts**

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass nach Korrektur der Zuflüsse über die Spree eine in Bezug auf den Referenzpegel Sophienwerder stimmige Durchflussbilanz erreicht werden konnte. Die aufgrund der instationären Berechnung verbleibende Bilanzdifferenz spiegelt gut das (im Vergleich zu den Stauhaltungen Mühlendamm/Kleinmachnow, Spandau oder Brandenburg mit ihren großen Seen) geringe Retentionsvermögen der Stauhaltung Charlottenburg wider.

Unter Berücksichtigung der Messunsicherheit werden auch die Wasserstände für alle Durchflussverhältnisse in guter, für die anschließende Gütesimulation mit mehr als hinreichender Genauigkeit, berechnet.

Hingewiesen sei darauf, dass bei einer Änderung der Zuflusssumme, z.B. durch die Berücksichtigung der bisher inaktiv gesetzten Mischwassereinleitungen, auch ein erneuter Bilanzausgleich vorgenommen werden sollte, da der Stauhaltung derzeit die vernachlässigten Größen indirekt über die Korrektur der Spreezuflüsse im Rahmen des Bilanzausgleichs zufließen.

## **Folgerung für das Projekt**

- Die Grundlage (Hydraulik) für die Gewässergütesimulation des Basiszustandes der Spree liegt nun vor.
- Die Gewässergütesimulation wird in Abstimmung mit Herrn Dr. Schumacher am KWB durchgeführt. Es erfolgt eine Identifikation, welche in QSIM simulierten Prozesse an die Berliner Situation angepasst werden müssen und in welcher Weise.
- Daraufhin erfolgt die Anpassung in Kooperation mit der BfG (Herrn Kirchesch).

29.10.2008, Kai Schroeder



**DR. SCHUMACHER**

Ingenieurbüro für Wasser und Umwelt

## **Projekt SAM-CSO**

### **Erläuterungsbericht**

**Instationäre, hydronumerische 1D-Berechnung  
von Wasserstand und Durchfluss  
in der Stauhaltung Charlottenburg (Spree und Kanäle)  
für die Abflussjahre 2002 bis 2007**

# Projekt SAM-CSO

## Erläuterungsbericht

### **Instationäre, hydronumerische 1D-Berechnung von Wasserstand und Durchfluss in der Stauhaltung Charlottenburg (Spree und Kanäle) für die Abflussjahre 2002 bis 2007**

Auftraggeber: **KompetenzZentrum Wasser Berlin**

Cicerostraße 24  
10709 Berlin

Fachliche Betreuung: KompetenzZentrum Wasser Berlin  
Herr Schroeder

Auftragnehmer: **DR. SCHUMACHER**  
Ingenieurbüro für Wasser und Umwelt  
Südwestkorso 70  
12161 Berlin

Bearbeitung: Dr. Frank Schumacher  
Ute Gebauer

Berlin, Oktober 2008

## **INHALTSVERZEICHNIS**

1	Einleitung	1
2	Modelldefinition der Stauhaltung Charlottenburg	3
2.1	Graph- und Strangdefinition	3
2.2	Randbedingungen	4
3	Ereignisse	5
4	Bilanzausgleich und Validierung	7
5	Literaturverzeichnis	12
6	Dateiverzeichnis	13

## 1 Einleitung

Bild 1 zeigt die Ergebnisse der Gütesimulation mit GERRIS/HYDRAX/Qsim in Rahmen der Projekte ISM (2007) und SAM-CSO (2008) am Beispiel der Parameter Wassertemperatur und Sauerstoffgehalt. Wie zu erkennen ist, kann z.B. der Temperaturverlauf mit der Simulation mit einer hohen Genauigkeit wiedergegeben werden, beim Sauerstoffgehalt sind die Abweichungen zum Teil deutlich größer.

Eine gute Übereinstimmung wird für diesen Parameter nur in einem Zeitraum von einer Woche erreicht, der sich an die durch Probenahmen Mitte des Monats zur Verfügung stehenden Eingangsparmeter wie Chlorophyll-a-Gehalt u.a.m. anschließt.

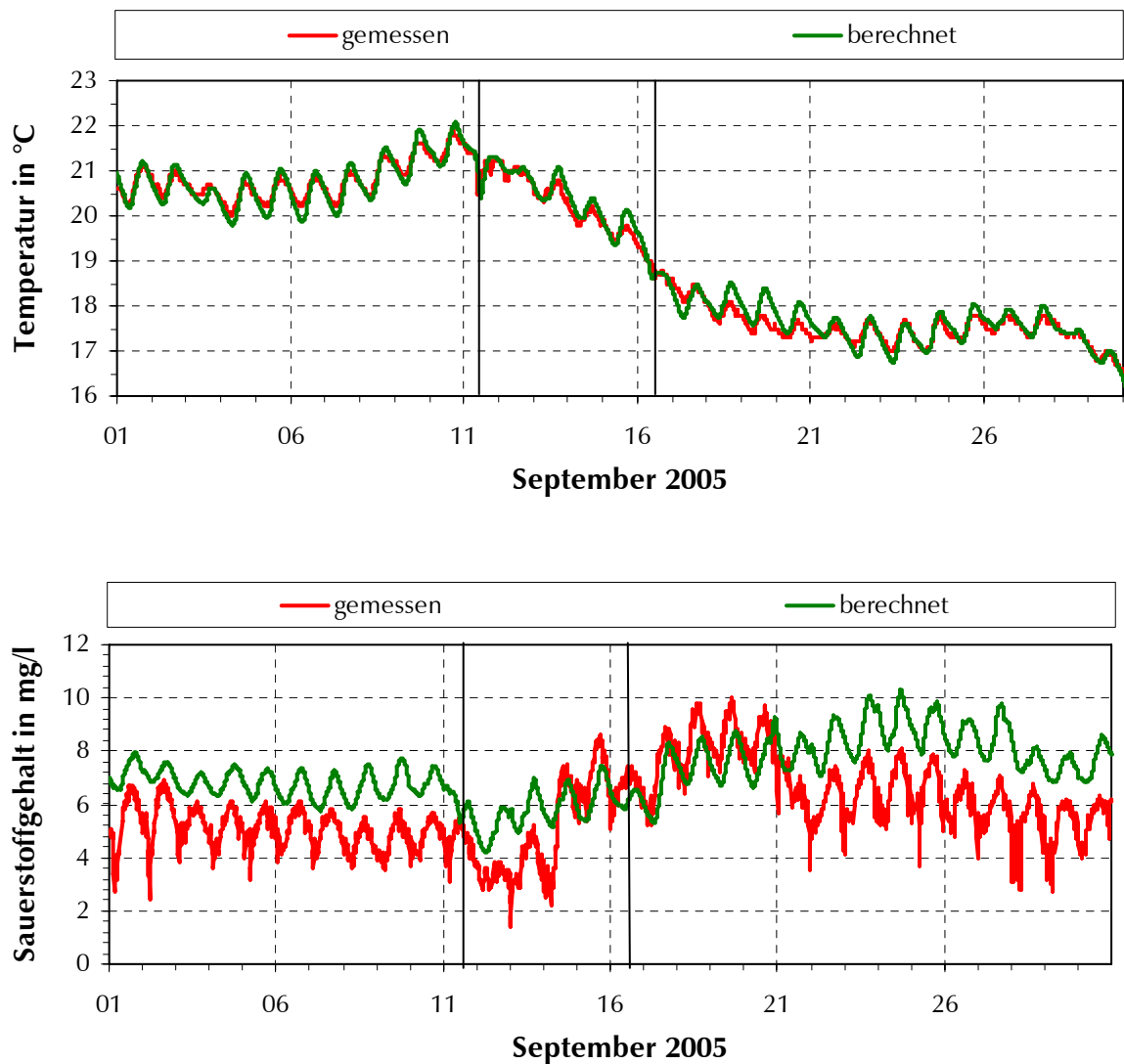


Bild 1: Berechnungsergebnisse für die Parameter Temperatur (oben) und Sauerstoffgehalt (unten) im Vergleich mit den 15-min-Sondenwerten an der Messstelle Caprivi-Brücke (151)

Um im weiteren Projektverlauf von SAM-CSO die Gewässergüteverhältnisse der Stadtspreewasserstraße besser beurteilen zu können, sollen in einem nächsten Arbeitsschritt die Gewässergüteverhältnisse mit GERRIS/HYDRAX/Qsim für je einen Jahresgang am Beispiel der Abflussjahre 2002 bis 2007 simuliert werden.

Dazu sind wie nachfolgend erläutert in einem ersten Schritt die Wasserstands- und Durchflussverhältnisse für den genannten Zeitraum mit GERRIS/HYDRAX berechnet worden.

GERRIS/ HYDRAX ist die Bezeichnung für ein von der Bundesanstalt für Gewässerkunde entwickeltes Programmsystem zur eindimensionalen hydrodynamischen Berechnung von Fließgewässern auf der Grundlage der Saint-Venant-Gleichungen (siehe OPPERMANN, 2002).

Als Ergebnis der hydraulischen Berechnung werden mit HYDRAX die folgenden Größen an allen Stationen (Gewässerkilometer mit einem Querprofil, Ortsvariable  $x$ ) für jeden Zeitpunkt  $t_i$  mit der Zeitschrittweite  $\Delta t$  innerhalb des Betrachtungszeitraums von  $t_0$  bis  $t_n = t_0 + n \Delta t$  berechnet:

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

Der hydraulische Zustand eines Fließgewässers ist durch folgende Angaben eindeutig definiert.

- Angaben zur Gewässergeometrie (Quer- als auch Längsschnitt)
- Angaben zur Sohlrauheit (in Form von Manning-Strickler-Beiwerten o.a.)
- Angaben zu den Randbedingungen (Zuflüsse, Abflüsse, Einleitungen und Entnahmen usw.)

Um mit dem Programm verschiedene hydraulische Zustände eines Fließgewässers berechnen zu können, sind in einem Modell nur die Art und Lage der Randbedingungen definiert. Zur Modelldefinition gehört die Abbildung des Gewässersgraphen und der Randbedingungen sowie die Abbildung der Querprofilgeometrie und der Sohlrauheit (siehe Kapitel 2).

Um bei der eindimensionalen numerischen Berechnung eine mathematisch eindeutige Lösung zu erzeugen, muss für eine zu modellierende Stauhaltung genau ein Wasserstand (am unteren Modellrand) und mindestens ein Durchfluss (am oberen Modellrand) als Randbedingung vorgegeben sein.

Die hydraulische Berechnung erfolgt mit der HYDRAX-Version 4.140 vom 14.04.2008.

Die hydraulische Berechnung wird in Form einer GERRIS-Datenbank (Dateiname: Charlottenburg\_2002-2007.MDB) an den Auftraggeber auf beiliegender CD-ROM übergeben (siehe Kapitel 6 – Dateiverzeichnis).

## 2 Modelldefinition der Stauhaltung Charlottenburg

### 2.1 Graph- und Strangdefinition

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)
- Landwehrkanal (LwK) zwischen dem Kreuz Charlottenburg und der Unterschleuse
- Kupfergraben

Bild 2 zeigt die in GERRIS/HYDRAX modellierte 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.

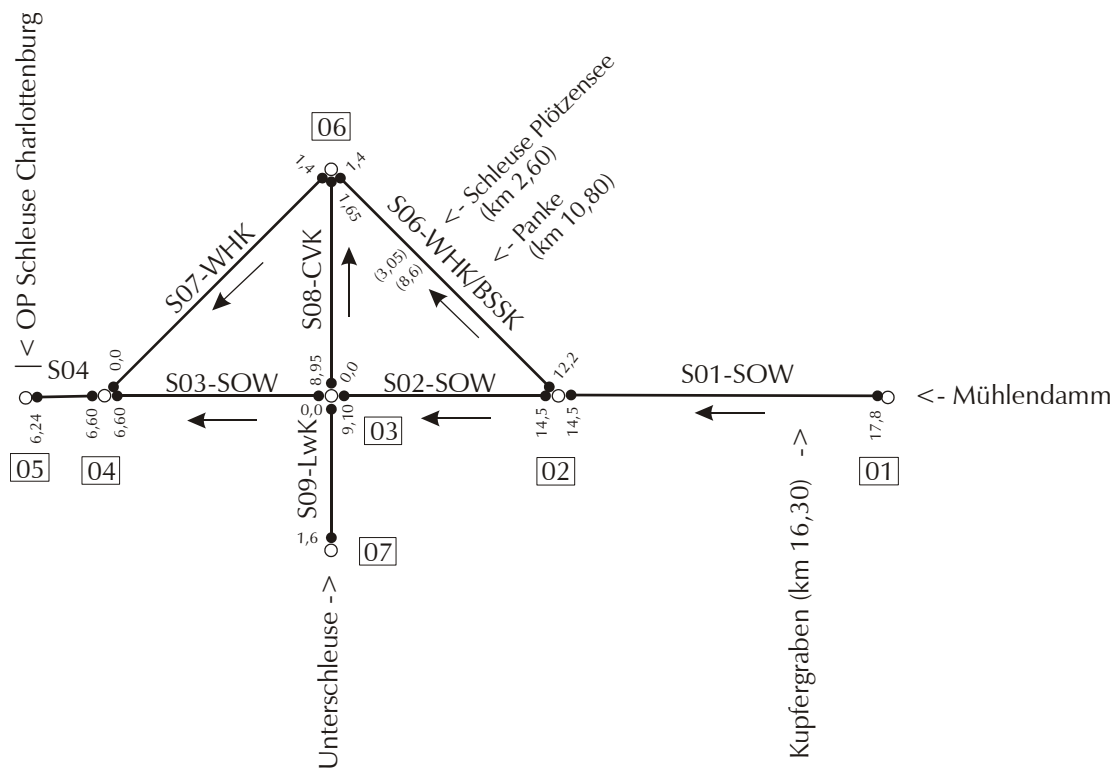


Bild 2: Hydraulische Systemskizze für die Stauhaltung Charlottenburg (ohne Mischwassereinleitungen und HKW Moabit)

Außer dem kurzen, spreeparallelen Kupfergraben sind alle Kanäle mit ihrer Gewässergeometrie im Modell abgebildet.



## 2.2 Randbedingungen

Im Modell werden derzeit für die Stauhaltung Charlottenburg die folgenden Wasserstands- und Durchfluss-Randbedingungen berücksichtigt:

Wasserstand:

Name	Messstelle	Gewässer, km	Bemerkungen
Charlottenburg	Charlottenburg OP	Spree; km 6,34	PN = 28,01 mü.NN.

Durchflüsse:

Name	Messstelle	Gewässer, km	Bemerkungen
Mühlendamm	Berlin-Mühlendamm OP	Spree, km 17,9	Tagesmittelwerte

Zuflüsse:

Name	Messstelle	Gewässer, km	Bemerkungen
Kupfergraben	Berlin-Kupfergraben OP	Kupfergraben, km	Tagesmittelwerte
Unterschleuse	Unterschleuse OP	Spree, km 9,10	Zufluss am Knoten 2.04
Panke	Kühnemannstraße, km 3,9	BSSK, km 10,80	W,Q-Beziehung, seit 01.11.1985
Schleuse Plötzensee	(keine)	WHK km 2,60	Erfasst wird das Schleusenwasser, Daten liegen nicht vor. Geschätzt: $Q = 0,2 \text{ m}^3/\text{s}$ konstant

Als weitere Randbedingungen sind im Modell die Einleitung und Entnahme von Kühlwasser durch das Heizkraftwerk (HKW) Moabit implementiert. Da hydraulisch die Differenz zwischen entnommener und eingeleiteter Wassermenge vernachlässigbar ist (Durchlaufkühlung), sind diese beiden Randbedingungen in der hier verwendeten Modellvariante „inaktiv“ gesetzt.

Gleiches gilt für die im Rahmen der Arbeiten im Projekt ISM (2007) im Modell der Stauhaltung Charlottenburg definierten insgesamt 66 Mischwassereinleitungen, da für diese bei der Simulation der Jahregänge keine Informationen über die Zuflussmengen vorliegen.

Nicht im Modell berücksichtigt sind der Ein- bzw. Austrag von Wasser durch Niederschlag und Verdunstung auf die bzw. von der Wasseroberfläche, ein nicht zu quantifizierender Grundwasserzufluss oder -abfluss sowie sonstige kleinere (Regen-) Einleiter.

### 3 Ereignisse

Die Wasserstands- und Durchflussverhältnisse in der Stauhaltung Charlottenburg werden als jeweils ein Ereignis für jedes Abflussjahr im Zeitraum von 2002 bis 2007 berechnet. Ein Abflussjahr beginnt am 01.11. des Vorjahres und endet am 31.10.

In der GERRIS-Datenbank (Charlottenburg\_2002-2007.mdb) sind diese Ereignisse mit 2002, 2003, 2004, 2005, 2006 und 2007 bezeichnet.

Alle Eingangswerte sind Tagesmittelwerte. Nur für den Zufluss über die Schleuse Plötzensee wird aufgrund von fehlenden Messwerten ein über den gesamten Zeitraum konstanter Zufluss von  $0,2 \text{ m}^3/\text{s}$  (Schleusungswasser) angenommen.

Die modellgerechte Datenaufbereitung erfolgte mit Hilfe von Exceltabellen, die ebenfalls auf der beiliegenden CD-ROM abgelegt sind (siehe Kapitel 6 – Dateiverzeichnis).

Alle Zeitreihen sind darüber hinaus in den entsprechenden Tabellenblättern (Grafik W, Grafik Q und Grafik N) als Gangliniengrafiken dargestellt.

Die nachfolgenden Bilder (Bild 3 Bild 4 und Bild 5) zeigen je eine dieser Grafiken am Beispiel des Abflussjahres 2006.

Zu erkennen sind hier insbesondere die für alle Jahre typischen niedrigen Durchflüsse im Sommer und die dazu vergleichsweise hohen Abflüsse im Winterhalbjahr (Bild 4) bei einem nahezu konstanten Wasserstand (Stauziel) am OP der Schleuse Charlottenburg (Bild 3).

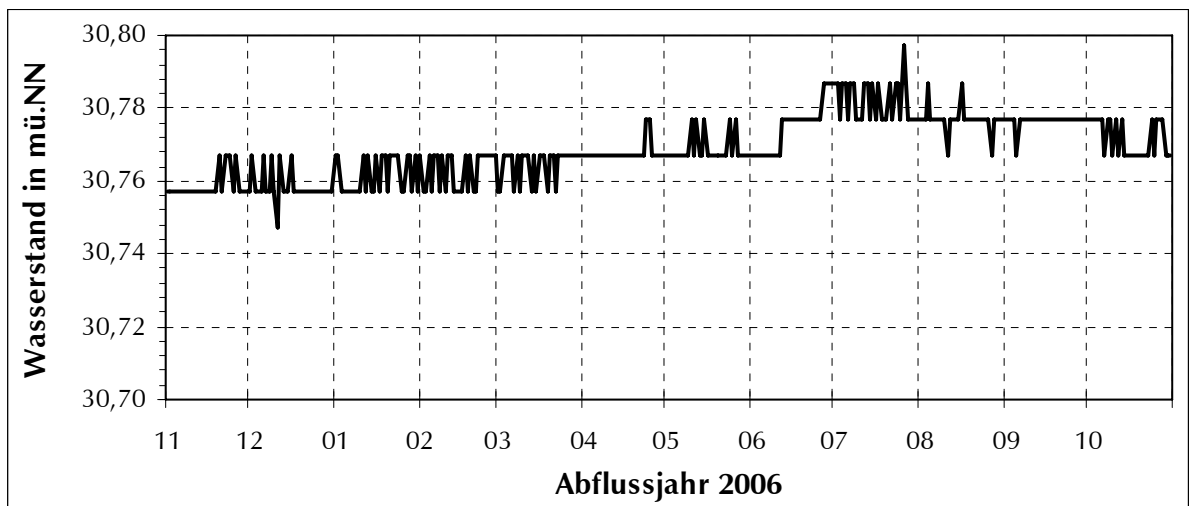


Bild 3: Wasserstandsganglinie am OP Schleuse Charlottenburg (SOW-km 6,34) - 2006

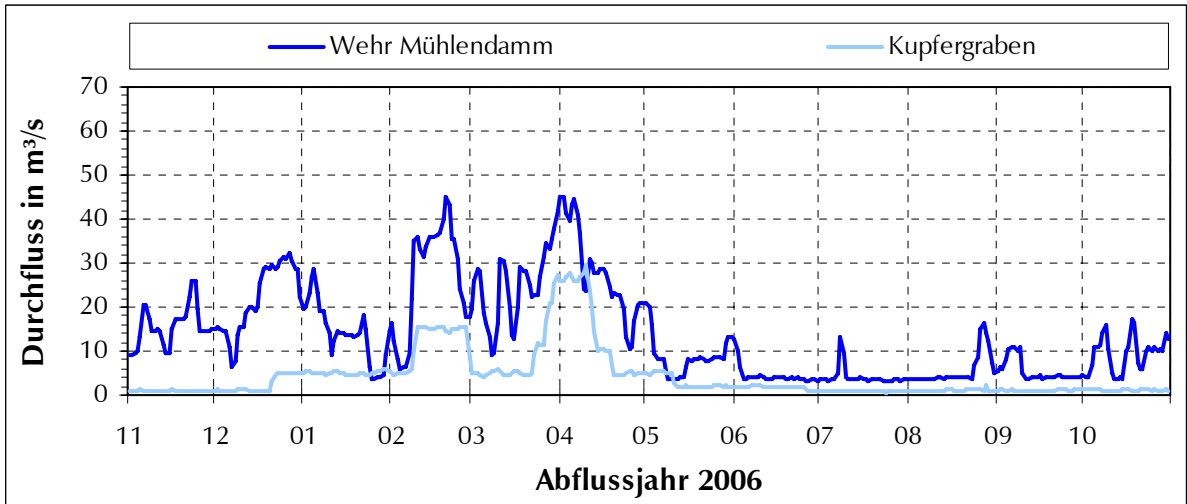


Bild 4: Durchflussganglinie Wehr Mühlendamm und Wehr Kupfergraben (Spree) - 2006

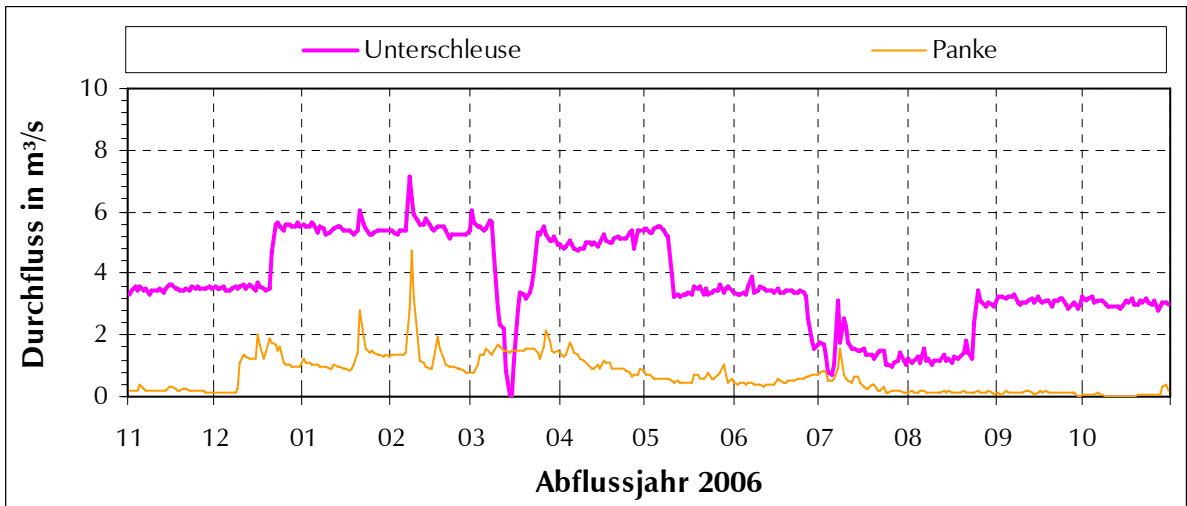


Bild 5: Durchflussganglinie Unterschleuse (LwK) und Panke - 2006

In einem ersten Schritt sind alle Eingangsdaten unverändert übernommen worden und die jeweiligen Ereignisse (2002 bis 2007) mit GERRIS/HYDRAX instationär berechnet worden. Der Berechnungszeit-takt beträgt 24 h (1Tag).

Die anschließende Validierung der Berechnungsergebnisse ergab die Notwendigkeit eines Bilanzausgleichs (Korrektur der Eingabewerte) und einer Anpassung in den Rauheiten, die im nachfolgenden Kapitel beschrieben wird.

## 4 Bilanzausgleich und Validierung

Innerhalb der Stauhaltung Charlottenburg gibt es keine weitere Durchflussmessstelle, so dass zum Vergleich der Durchflusswerte erst wieder die etwa 6 km unterhalb der Schleuse Charlottenburg gelegene Durchflussmessstelle Sophienwerder (SOW-km 0,6) herangezogen werden kann.

Hierbei handelt es sich allerdings um eine Mehrebenen-Ultraschall-Durchflussmessstelle, an der damit der Durchfluss mit hoher Genauigkeit ermittelt wird.

Unter Berücksichtigung der Einleitung des seit 2002 zur Grundwasserhaltung genutzten WW Jungfernheide, lässt sich somit ein Referenzwert für den Abfluss über die Schleuse Charlottenburg ermitteln, der mit der Summe der Zuflüsse in die Stauhaltung verglichen werden kann.

Von den Berliner Wasserbetrieben wurde dazu die Werte der täglichen Rohwasserförderung des WW Jungfernheide für den Berechnungszeitraum (für 2002 erst ab 01.01.2002) übergeben. Die Reinwasserförderung des WW Jungfernheide wurde ab 11.10.2001 eingestellt, d.h. ab 12.10.2001 wird das geförderte Rohwasser in die Spree eingeleitet. Der geschätzte Uferfiltratanteil für das WW Jungfernheide beträgt 52% (AG Wasser, 1991) und damit die Nettoeinleitung in die Spree 48% der Gesamtfördermenge.

Für den Abfluss aus der Stauhaltung Charlottenburg (Spree) berechnet sich so ein Referenzabfluss von  $Q_{\text{Sophienwerder}} - Q_{\text{WW Netto}}$ . Wird dieser Referenzwert mit der Summe der Zuflüsse in die Stauhaltung verglichen, so wird eine Ganglinie der täglichen Bilanzdifferenzen erhalten, die in Bild 6 beispielhaft für das Abflussjahr 2006 gezeigt ist.

Zu erkennen ist das auch für die weiteren Jahre typische Muster, dass insbesondere bei höheren Abflüssen ( $> MQ$ ) mit der Summe der Zuflüsse nicht der Durchfluss erreicht wird, der am weiter unterhalb gelegenen Pegel Sophienwerder gemessen wird. Im Jahresmittel beträgt dieser Fehlbetrag z.B. im Jahr 2006 ca.  $1,6 \text{ m}^3/\text{s}$ , liegt aber hier von Januar bis Mai 2006 mit täglich ca. 3 bis  $5 \text{ m}^3/\text{s}$  deutlich darüber.

Weiterhin ist in Bild 6 ein extremer Ausreißer in der Bilanzdifferenz Anfang Juli 2006 zu erkennen. Dieser und der Fehlbetrag in der Wasserbilanz legen es zunächst nahe, diese Effekte auf den vernachlässigten Niederschlag zurückzuführen.

Allerdings zeigt die nachstehende Grafik in Bild 7, dass Niederschlag und Bilanzdifferenz nur schlecht bis gar nicht miteinander korrelieren. So ist zwar für die extrem große Bilanzdifferenz Anfang Juli tatsächlich ein entsprechend großes Niederschlagsereignis zu verzeichnen, andererseits führt aber eine noch deutlich größere Niederschlagshöhe ( $> 120 \text{ mm/d}$ ) Ende August zu keiner ungewöhnlich großen Bilanzdifferenz.

Ebenso kann die systematisch negative Bilanzdifferenz von Januar bis Mai nicht auf entsprechend hohe Niederschläge zurückgeführt werden. Dagegen ist auch bei mehreren aufeinanderfolgenden Niederschlagsereignissen - wie etwa Anfang August - die berechnete Bilanzdifferenz nahezu ausgeglichen.

Der Zusammenhang zwischen hohen Durchflüssen in der Spree ( $> 20 \text{ m}^3/\text{s}$ ) und entsprechend großen Bilanzdifferenzen, wie er in Bild 6 zu erkennen ist, ist dagegen deutlich signifikanter.

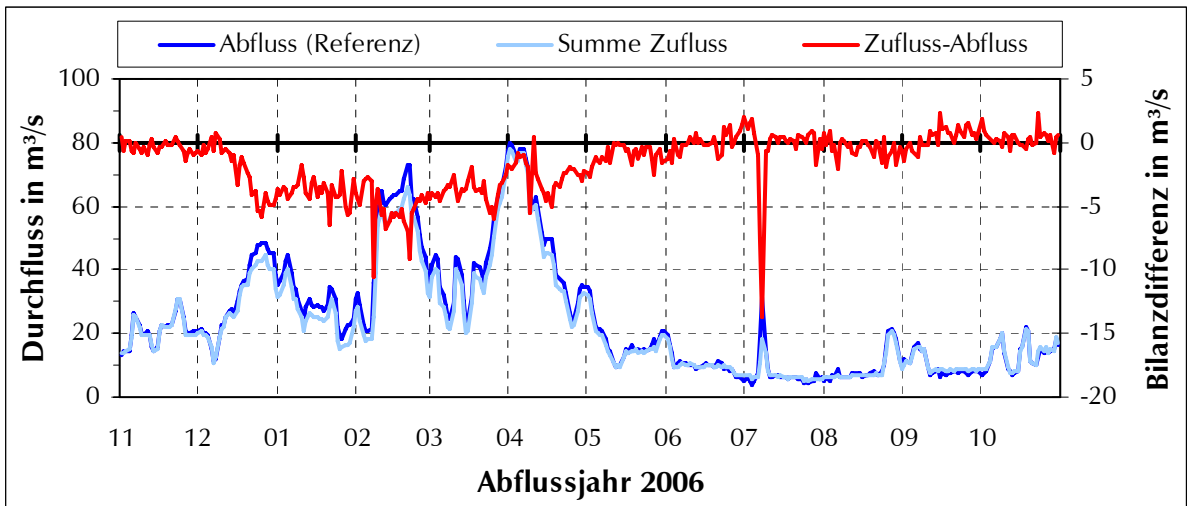


Bild 6: Bilanzdifferenz auf der Grundlage des Referenzpegels Sophienwerder (2006)

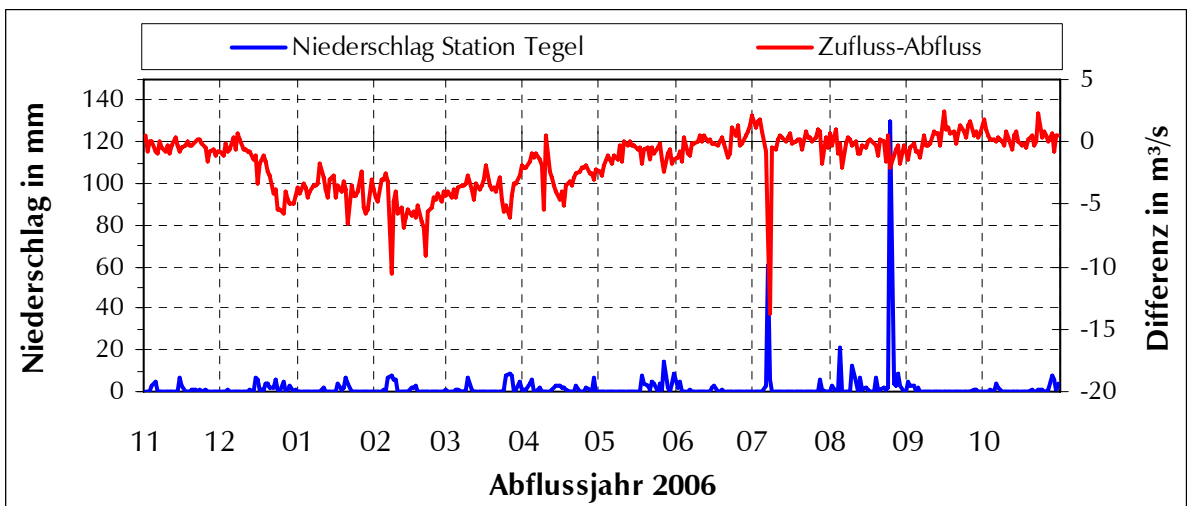


Bild 7: Zusammenhang zwischen Bilanzdifferenz und Niederschlag (2006)

Deshalb ist hier für die weitere hydronumerische Berechnung, wie bereits bei anderen Projekten auch, die Bilanzdifferenz über den Spreezufluss (Wehre Mühlendamm und Kupfergraben) ausgeglichen worden. Dabei wird die Bilanzdifferenz proportional zum Durchflussanteil der beiden Wehre auf die Messwerte verteilt.

Die Zuflüsse der Panke und des LwK über die Unterschleuse werden nicht korrigiert.

Im Ergebnis werden damit für den Durchfluss über das Wehr Mühlendamm und Wehr Kupfergraben neue, bilanzkorrigierte Messwerte erhalten, mit denen eine ausgeglichene tägliche Wasserbilanz der Spree zwischen Schleuse Mühlendamm (SOW-km 17,54) und Sophienwerder (SOW-km 0,6) erhalten wird.

Über die gemessenen Wasserstände am OP Schleuse Charlottenburg verbleibt bei einer instationären hydronumerischen Berechnung dennoch eine tägliche Bilanzdifferenz zwischen dem berechneten Abfluss an der Schleuse Charlottenburg und dem aus dem Durchfluss in Sophienwerder berechneten Referenzwert (= Summe der Zuflüsse), die den Rückhalt oder die zusätzliche Entnahme der wie oben beschrieben korrigierten Zuflüsse infolge der Wehrsteuerung widerspiegelt (siehe Bild 8).

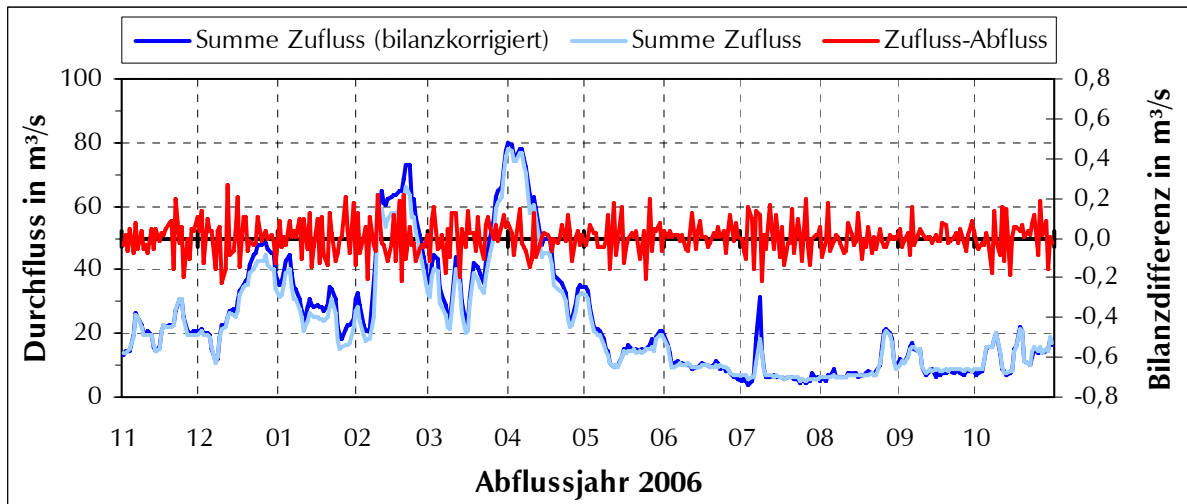


Bild 8: Ganglinie der verbleibenden Bilanzdifferenz nach Korrektur der Zuflusswerte Wehr Mühlendamm und Kupfergraben für das Abflussjahr 2006

Diese liegt dann allerdings in einer ganz anderen Größenordnung als die Bilanzdifferenz der unkorrigierten Werte (vgl. Bild 6 und Bild 8) und entspricht damit viel eher dem tatsächlichen Retentionsvermögen dieser Stauhaltung.

Bei einer Gewässerlänge von ca. 21 km (Spree und Kanäle) und einer mittleren Gewässerbreite von ca. 50 m ergibt ein über die gesamte Stauhaltung konstant angenommener Wasserspiegelanstieg um 1 cm ein Volumen von  $V = 21 \times 1.000 \times 50 \times 0,01 = 10.500 \text{ m}^3$ . Wird dieser 1 cm über einen Tag ( $24 \times 60 \times 60 = 86.400 \text{ s}$ ) angestaut bzw. abgesenkt, so entspricht dies einer Differenz zwischen Zu- und Abfluss von etwa  $\Delta Q = \pm 0,12 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Bei Wasserspiegelschwankungen am OP Charlottenburg von z.B. maximal -2/+1 cm und am UP Schleuse Mühlendamm von maximal -6/+4 cm an zwei aufeinander folgenden Tagen (in 2006) entspricht damit die berechnete Bilanzdifferenz (siehe Bild 8) der zu erwartenden Größenordnung. (Der Wasserspiegelanstieg erfolgt nicht konstant, sondern gemäß dem hydraulisch erforderlichen Gefälle).

In einem weiteren Schritt sind weiterhin die mit den korrigierten Eingangswerten berechneten Wasserspiegellagen am UP Mühlendamm und UP Unterschleuse mit den dortigen Messwerten verglichen worden. Dabei zeigte sich, wie bereits beim ersten Berechnungsdurchlauf mit den unkorrigierten Eingabewerten, dass die berechneten Wasserstände an diesen beiden Pegeln, insbesondere aber am UP Unterschleuse im Mittel deutlich zu hoch lagen.

Daraufhin ist die bisher für alle Gewässerstränge einheitliche Rauheit in Form des Strickler-Beiwertes von  $k_{St} = 40 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$  auf  $k_{St} = 50 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$  im Landwehrkanal (LwK) und  $k_{St} = 42 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$  in allen anderen Gewässerabschnitten angepasst worden.

Allerdings konnte auch damit keine für alle Durchflussbereiche (MNQ bis HQ) deutlich verbesserte Übereinstimmung erreicht werden, wie die gegenübergestellten Ganglinienverläufe für beide Pegel in Bild 9 und Bild 10 wiederum für das Abflussjahr 2006 zeigen

Die weitere Auswertung der Daten zeigt allerdings, dass diese Abweichungen auf die (zumindest aus hydraulischer Sicht) unplausiblen Wasserstands-Messwerte zurückzuführen sind.

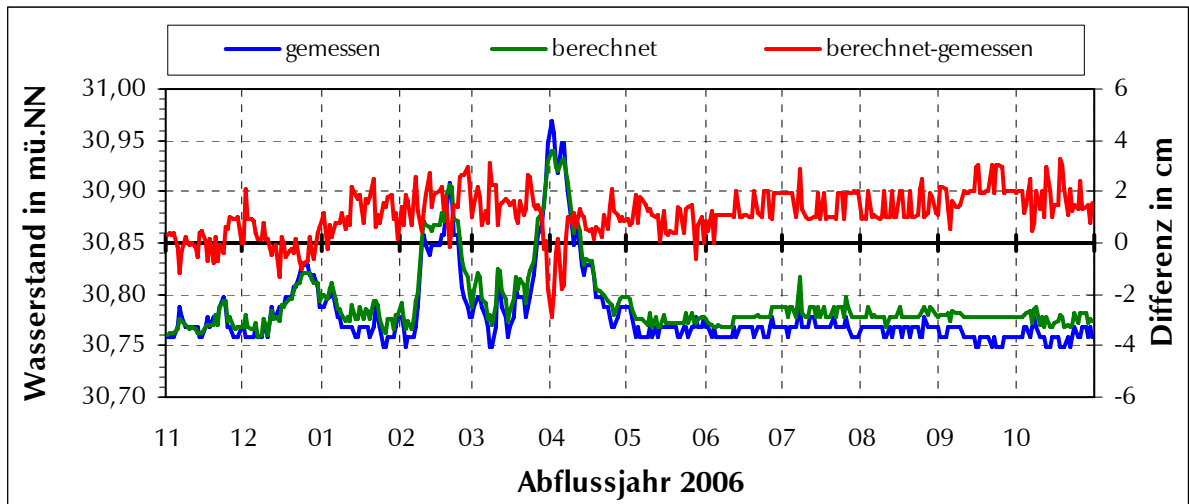


Bild 9: Vergleich zwischen berechneten und gemessenen Wasserständen am UP Schleuse Mühlendamm für das Abflussjahr 2006

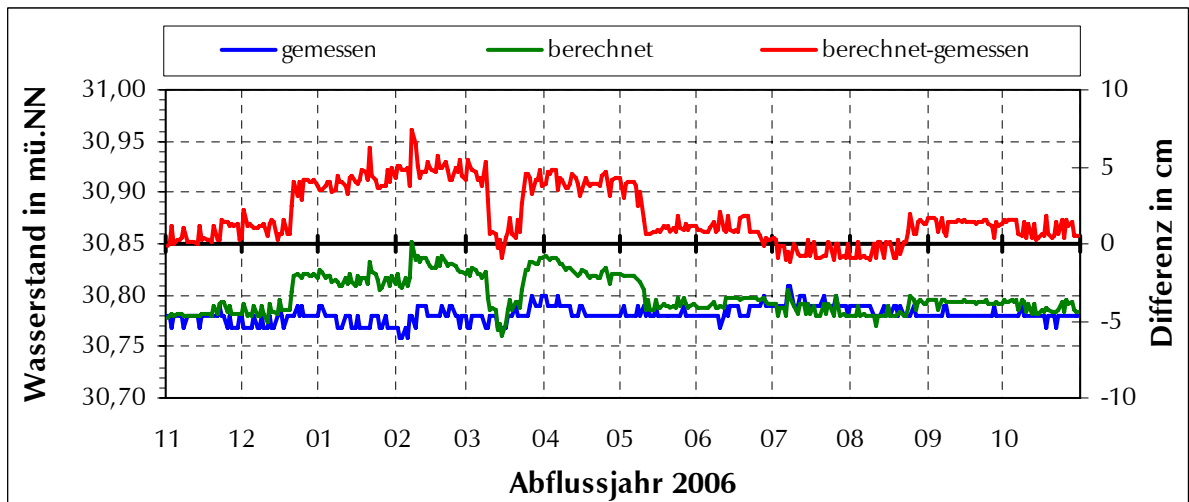


Bild 10: Vergleich zwischen berechneten und gemessenen Wasserständen am UP Unterschleuse für das Abflussjahr 2006

So ist z.B. die gemessene Wasserspiegeldifferenz zwischen OP Schleuse Charlottenburg und UP Schleuse Mühlendamm - wie in Bild 11 gezeigt - negativ (d.h. der Wasserspiegel ist am UP niedriger als am OP), womit sich hydraulisch kein Abfluss mehr in Richtung OP Charlottenburg berechnen lässt.

Im Mittel liegt der Wasserstand am UP Mühlendamm bei geringen Abflüssen um ca. 2-3 cm unter dem der Schleuse Charlottenburg, was in etwa dem Betrag entspricht, um den der Wasserstand mit dem Modell zu hoch berechnet wird (vgl. Bild 9). Eine weitere Anpassung der Rauheiten verbietet sich damit.

Ähnlich verhält es sich mit den berechneten Wasserständen am UP Unterschleuse (siehe Bild 10). Bei größeren Abflüssen ist im hydraulischen Modell ein deutlich größeres Gefälle und damit ein höherer Wasserstand erforderlich, als dies durch die Messwerte wiedergegeben wird.

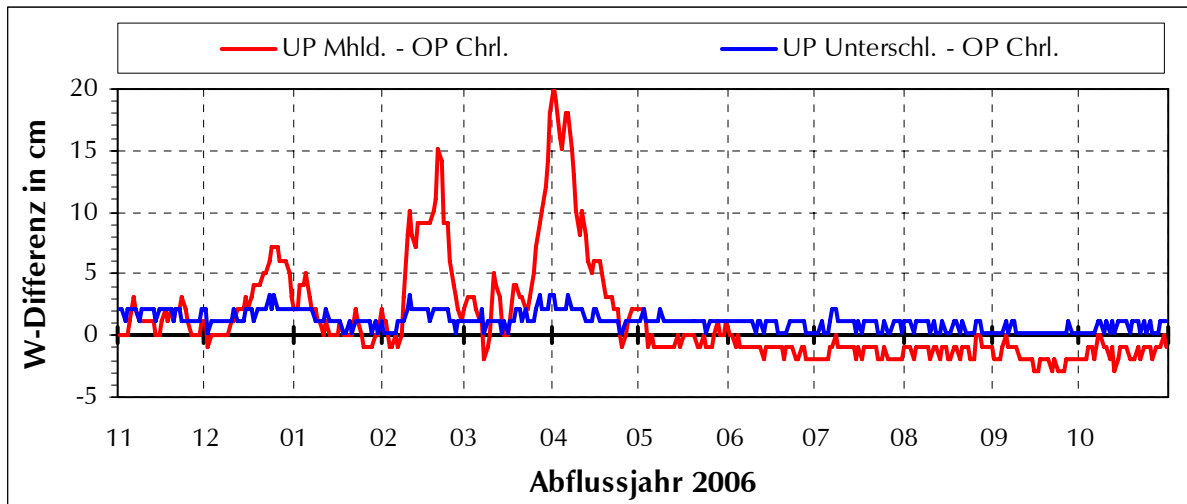


Bild 11: Gemessene Wasserspiegeldifferenzen zwischen OP Charlottenburg und UP Schleuse Mühlendamm bzw. UP Unterschleuse für das Abflussjahr 2006

Eine weitere Erhöhung des Strickler-Beiwertes über den ohnehin schon sehr glatt angenommenen Rauheitsbeiwert von  $k_{st} = 50 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$  hinaus, ist allerdings hydraulisch nicht mehr zu vertreten. Hier ist bei Gelegenheit die genaue Lage des Unterpegel zu recherchieren (im Wehrrarm?).

Für die hier einleitend genannte Aufgabenstellung ist allerdings die nach Bild 9 und Bild 10 erreichte Genauigkeit in den Wasserspiegellagen mehr als hinreichend, da in die Gütesimulation die Wassertiefe (etwa 3 bis 4 m) und nicht die absolute Höhe des Wasserstands eingeht.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass mit der durchgeführten Korrektur der Zuflüsse über die Spree eine in Bezug auf den Referenzpegel Sophienwerder stimmige Durchflussbilanz erreicht werden konnte. Die aufgrund der instationären Berechnung verbleibende Bilanzdifferenz spiegelt gut das (im Vergleich zu den Stauhaltungen Mühlendamm/Kleinmachnow, Spandau oder Brandenburg mit ihren großen Seen) geringe Retentionsvermögen der Stauhaltung Charlottenburg wider.

Unter Berücksichtigung der Messunsicherheit werden auch die Wasserstände für alle Durchflussverhältnisse in guter, für die anschließende Gütesimulation mit mehr als hinreichender Genauigkeit, berechnet.

Hingewiesen sei darauf, dass bei einer Änderung der Zuflusssumme, z.B. durch die Berücksichtigung der bisher inaktiv gesetzten Mischwassereinleitungen, auch ein erneuter Bilanzausgleich vorgenommen werden sollte, da der Stauhaltung derzeit die vernachlässigten Größen indirekt über die Korrektur der Spreezuflüsse im Rahmen des Bilanzausgleichs zufließen.

Berlin, den 14.10.2008

Dr.-Ing. Frank Schumacher  
(Ingenieurbüro für Wasser und Umwelt)



## 5 Literaturverzeichnis

- OPPERMANN (2002): *Das Programmsystem HYDRAX - Mathematisches Modell und Datenschnittstellen* -. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Berlin – unveröffentlicht
- SCHUMACHER, F. (2001): *Dokumentation des Modellaufbaus und der Modellkalibrierung für die Stauhaltungen Mühlendamm/Kleinmachnow, Charlottenburg und Brandenburg*. Ingenieurbüro für Wasser und Umwelt; Berlin im Auftrag der Bundesanstalt für Gewässerkunde – unveröffentlicht
- SENSTADT BERLIN, 1984: *Der Landwehrkanal und der Neuköllner Schifffahrtskanal*. Besondere Mitteilungen zum Gewässerkundlichen Jahresbericht des Landes Berlin.
- SENSTADT BERLIN, 1985: *Die Kanäle nördlich der Spree*. Besondere Mitteilungen zum Gewässerkundlichen Jahresbericht des Landes Berlin.

## 6 Dateiverzeichnis

### CHARLOTTENBURG\_2002-2007.MDB:

GERRIS-Datenbank mit den HYDRAX-Ereignissen für die Abflussjahre 2002 bis 2007.

#### Hinweis:

Vor der Berechnung mit Qsim im Zeittakt von z.B. 1h ist die Berechnung der Ereignisse mit einem an den Zeittakt von Qsim angepassten Zeittakt (z.B. 1h) zu wiederholen.

### WQN\_2002-2007.XLS:

W: Zusammenstellung der Eingabewerte für die Wasserstandsrandbedingung OP Charlottenburg sowie der zur Validierung herangezogenen Wasserstände am UP Schleuse Mühlendamm und UP Unterschleuse

GrafikW: Gangliniengrafiken für die Zeitreihen im Tabellenblatt W

Q: Zusammenstellung der Eingabewerte für die Durchflussrandbedingungen Wehr Mühlendamm und Wehr Kupfergraben, Panke und Unterschleuse sowie die zum Bilanzausgleich herangezogenen Messwerte der Messstelle Sophienwerder

GrafikQ: Gangliniengrafiken für die Zeitreihen im Tabellenblatt Q

N: Zusammenstellung von täglichen Niederschlagshöhen an der Station Tegel zu Zwecken der Plausibilisierung und Information (nicht modellrelevant).

GrafikN: Gangliniengrafiken für die Zeitreihen im Tabellenblatt N

### PLAUSIBILISIERUNG\_2002-2007.XLS:

W: Zusammenstellung der Mess- und Berechnungsdaten der zur Plausibilisierung herangezogenen Wasserstände (UP Schleuse Mühlendamm und UP Unterschleuse, OP Charlottenburg und Differenzen)

GrafikW: Gangliniengrafiken der Zeitreihen mit den Wasserstands-Differenzen zwischen Messung und Berechnung

Bilanz: Zusammenstellung aller Daten zur Berechnung des Bilanzausgleichs der Mess- und Berechnungsdaten der zur Plausibilisierung herangezogenen Wasserstände (UP Schleuse Mühlendamm und UP Unterschleuse, OP Charlottenburg und Differenzen)

GrafikBilanz: Gangliniengrafiken der Zeitreihen mit den korrigierten Bilanzdifferenzen und den Summenlinien der Bilanzdifferenz