

# Hochwasser- und Abflussvorhersage für kleine Gewässer und Kanalnetze, Modelkopplung mit Kläranlagenmodell über OGC-Standards unter Nutzung von Sensornetzwerken

H. Sommer<sup>1</sup>, K. Schütz<sup>2</sup>, O. Sterger<sup>3</sup>, W. Genthe<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Sieker mbH, Hoppegarten, Germany

<sup>2</sup>3S Sensors Solutions, Berlin, Germany

<sup>3</sup>ENVIATEC, Berlin, Germany

<sup>4</sup>LAR, Berlin, Germany

\*Email des korrespondierenden Autors: h.sommer@sieker.de

**Kurzfassung** Starkniederschläge sind die Hauptursache von Hochwasserereignissen sowohl im städtischen als auch im ländlichen Raum mit kleinen Fließgewässern. Durch erhöhte Flächenversiegelung und veränderte Landnutzungen können sie zu hohen Abflüssen im Gewässer führen. Dabei kann besonders in urbanen und kleinen Einzugsgebieten die Zeitspanne zwischen Regenereignis und Abflussspitze sehr kurz sein.

Durch das hydraulische Niederschlag-Abfluss-Modell STORM.XXL kann mit Hilfe von Niederschlags-Vorhersagedaten zur Überwachung und Steuerung von urbanen Abflusssystemen und zum Hochwasserschutz genutzt werden. Die Abflussvorhersage mit STORM.XXL unterstützt den Einsatz von Alarmierungssystemen für kurzfristige Sicherungsmaßnahmen an gefährdeten und besonders wichtigen Standorten.

Die Kopplung von Vorhersage- und Messdaten ermöglicht damit sowohl die Steuerung von Rückhalteräumen zur Abminderung von Abflussspitzen in Regenwasserkanälen und an Gewässern. Ferner kann sie aber auch zur Optimierung von Gesamtemissionen aus Mischwassernetzen in die Gewässer verwendet werden..

Das vorgestellte System nutzt den offenen SOS-Standard des OGC (Open GIS Consortiums) für den Zugriff auf reale und virtuelle Daten. Die Webanwendungen „HydroWebView“ bzw. „WebControlDesk“ ermöglichen die Abfrage und Visualisierung der aktuellen Mess- und simulierten Vorhersagedaten für das Gewässer, Kanalnetz und Niederschlag über das Internet..

*Schlagwörter:* Hochwasserschutz, Hochwasserwarnsystem, Gesamtemission, OGC, SOS-Standard

## 1 EINLEITUNG

Die Hochwasserkatastrophen der letzten Jahre waren noch in guter Erinnerung. Schon die starke Medienpräsenz 1993/1995 am Rhein, 1997 an der Oder, 2002 beim Elbehochwasser, und natürlich auch das aktuellen 2. „Jahrhunderthochwasser“ im diesjährigen Sommer 2013 an Donau und Elbe mit ihren Nebenflüssen haben die Sensibilität für derartige Ereignisse noch einmal erhöht.

Hochwasserereignisse finden aber nicht nur an den großen Flüssen statt. Auch kleine Flüsse und Bäche oder Kanalisationen können überlaufen und lokal recht erhebliche Schäden verursachen. Ursache hierfür sind meist Starkniederschläge, die von den bestehenden Entwässerungssystemen (Kanalnetze, Grabensysteme, natürliche Gewässer) nicht mehr abgeführt werden können. Da die üblichen Maßnahmen des technischen Hochwasserschutzes (Rückhaltebecken, Schaffung erhöhter Abflusskapazität, etc.) aber auch die Ansätze zum verstärkten Wasserrückhalt in der Fläche (Regenwasserversickerung, Flächenmanagement, etc.) häufig keine vollständige Lösung des Problems ermöglichen, kommt der Warnung vor solchen Ereignissen eine immer größere Bedeutung zu. Aufgrund der kurzen Zeitspanne zwischen Regenereignis und Hochwasserwelle von oft nur wenigen Stunden ist eine pegelbasierte Warnung – wie bei größeren Gewässern üblich – in kleinen urbanen Gebieten nicht ausreichend. Ein Lösungsansatz besteht in der Abflusssimulation auf der Basis von Niederschlagsvorhersagen.

## 2 ABFLUSSSIMULATION MIT NIEDERSCHLAGSVORHERSAGE

Basierend auf den Niederschlagsprognosen können Abflussvorhersagen mit dem Simulationsmodell STORM.XXL (IPS, 2013) erstellt werden. STORM.XXL ist ein hydrologisches Modell mit dem die Niederschlags-Abfluss-Prozesse sowohl urbaner Einzugsgebiete als auch in natürlichen Einzugsgebieten (inkl. Bodenwasser-haushalts-modellierung) abgebildet werden können. Die Simulation von Stofftransportprozessen ist ebenfalls möglich.

Für die Nutzung zur Abflussvorhersage ist das Niederschlags-Abfluss-Modell an historischen Regenereignissen und Pegelmesswerten zu kalibrieren und kann anhand der laufenden Simulations- und Messergebnisse weiter angepasst werden. Die Niederschlagsvorhersagedaten stellt die Fa. HST Systemtechnik GmbH über die Webplattform „NiraWeb“ Niederschlagsdaten des Wetterdienstes Meteomedia [HST, 2013]. Die über einen Web-Browser einsehbaren oder auch über FTP abrufbaren Daten werden aus Radarbildern gewonnen und über ein dichtes Netz herkömmlicher Regenschreiber an terrestrische Messungen angeeicht. Durch diese Kombination von Radar- und klassischer Messtechnik können für ganz Deutschland Niederschlagsdaten flächendeckend und zeitlich hochauflösend zur Verfügung gestellt werden – sowohl für vergangene Zeiträume als auch in Form einer Niederschlagsprognose über max. 72 Stunden. Die Vorhersagedaten liegen für einen Vorhersagezeitraum von 2 Stunden in einer zeitlichen Auflösung von 5 Minuten vor und für einen Vorhersagezeitraum von 72 Stunden als Stundenwerte.

Die Anbindung an die „Virtuellen Regenschreiber“ erfolgt über das Modul STORM.XXL, das die Regendaten von einem FTP-Server liest und die Simulation nach einem festzulegenden Zeitintervall (z.B. alle 10 min) oder beim Vorliegen neuer Prognosedaten automatisch startet. Bei größeren Einzugsgebieten können auch mehrere virtuelle Regen-schreiber zur Berechnung von Gebietsniederschlägen herangezogen werden. In Abhängigkeit der Modellkomplexität können so innerhalb weniger Minuten nach Bereitstellung der Niederschlagsvorhersage Abflussprognosen für „virtuelle Pegel“ erstellt werden.

## 3 SENSOREN UND SIMULATION

Die Schnittstelle OpenMI, die lange Zeit für die Modellkopplung favorisiert wurde, konnte nicht verwendet werden, da nur wenige Modelle diese Schnittstelle implementiert haben. Im Projekt Prozess Optimierte Steuerung von Kläranlagen (ProOptKA, gefördert durch das BMWi) wurde die gekoppelte Simulation von Mischwassereinzugsgebiet und Kläranlage und die Visualisierung und Steuerung über ein Webportal entwickelt. Dies geschah unter Verwendung der OGC-Standards (Open Geospatial Consortium) für Datenaustausch und Steuerung (SOS (Sensor Observation Service) und SPS (Sensor Planning Service)).

Um einen Zugriff auf die Mess- und Simulationsdaten unabhängig von spezieller Hard- oder Software zu ermöglichen, werden die simulierten Daten von STORM.Control in einer Web-Datenbank (PostgreSQL) gespeichert. Für die Datenabfrage wird ein Sensor Observation Service (SOS) genutzt, der Anfragen nach den Standards des OGC-Konsortiums (OGC, 2009) verarbeitet. Dieser Standard bietet Möglichkeiten zur Abfrage von Lage und gemessenen Größen der virtuellen und realen Sensoren sowie zur Bereitstellung der Messwerte für bestimmte Sensoren und Zeiträume. Somit stehen die Daten für jede Anwendung zur Verfügung, die Abfragen nach SOS-Standard beherrscht. Durch die Nutzung von offenen Standard-schnittstellen ist die Einbindung in andere Systeme (Leitwarten, Leitstellensysteme, Hochwasser-warndienste, etc.) relativ einfach zu realisieren.

## 4 WEB VISUALISIERUNG

Für die Datenabfrage und Visualisierung steht „HydroWebView“ bzw. das „WebControlDesk“ zur Verfügung, eine Webseite auf Grundlage von HTML und Javascript, die mit jedem Browser aufgerufen werden kann. Beide bieten Möglichkeiten zum Einladen von WebMap-Diensten (WMS) in eine Kartenansicht und von SOS-Diensten für die Darstellung der Sensoren in der Karte und die Gangliniendarstellung von Messwerten (bzw. Simulations- und Vorhersagewerten).

Die grafische Ansicht umfasst zum Einen eine Karte mit der Position des Standorts der vorhandenen und virtuellen Sensoren. Zusätzlich können die tatsächlichen und vorausgesagten Daten in Diagrammen angezeigt werden. Wenn vorher festgelegt Wasserspiegel, Abflussgrenzen oder Messwerte an

irgendeinem vorhandenen Sensor überstiegen werden, kann eine Warnung über E-Mail und/oder SMS gesendet werden. (OGC, 2011). Gleichzeitig kann das System interaktiv gesteuert werden.

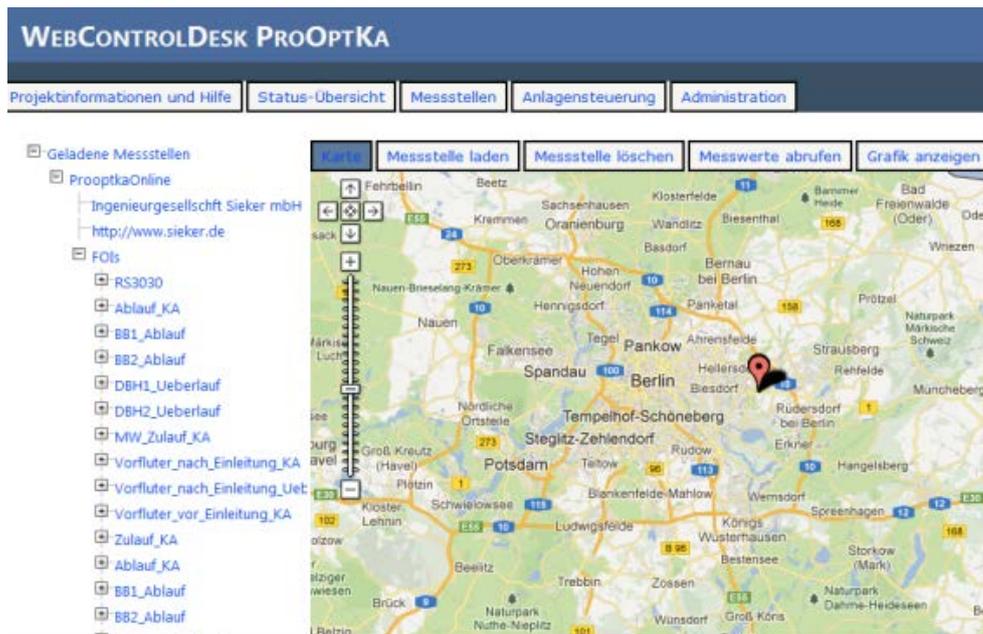


Abbildung 1: WeControlDesk für den Einsatz beim Projekt ProOptKA

In der Regel wird „HydroWebView“ über Voreinstellungen an das jeweilige Projektgebiet angepasst. Für die Kartendarstellung wird z.B. Google-Maps (Straßen, Luftbild oder Relief) genutzt, ergänzt um mögliche weitere Karten (wie z.B. Kanalnetz). Die Abflussprognosen stehen somit an jedem Arbeitsplatz mit Internetanbindung bzw. von mobilen Geräten aus zur Verfügung. Das WebControlDesk ermöglicht hierbei eine benutzerdefinierte Zugriffssteuerung.

## 5 ANWENDUNGSBEISPIELE

Das System wurde für 2 grundsätzliche Anwendungsbereiche entwickelt und steht zur Verfügung. Das erste sind Hochwasserwarnsysteme, das zweite ist eine gekoppelte Online-Simulation von Modellen.

### 5.1 Hochwasserwarnsystem



Abbildung 2: Hochwasserwarnsystem der Stadt Georgsmarienhütte

Für die Stadt Georgsmarienhütte besteht ein Hochwasserwarnsystem auf Basis der dargestellten Kombination aus hydrologischer Software mit Niederschlagsvorhersage. Mit diesem Modell werden die

Abflüsse und damit auch die Wasserstände in dem zu betrachtenden Gewässer simuliert und bei deren Überschreiten eine Warnung an die verantwortlichen Personen ausgelöst. So kann in diesem Einzugsgebiet mit schnellem Abfluss der Hochwasserwelle eine längere Vorwarnzeit von 1-2 Stunden erreicht werden, die für ein solches kleines Gewässer wie die Düte von wesentlicher Bedeutung ist.

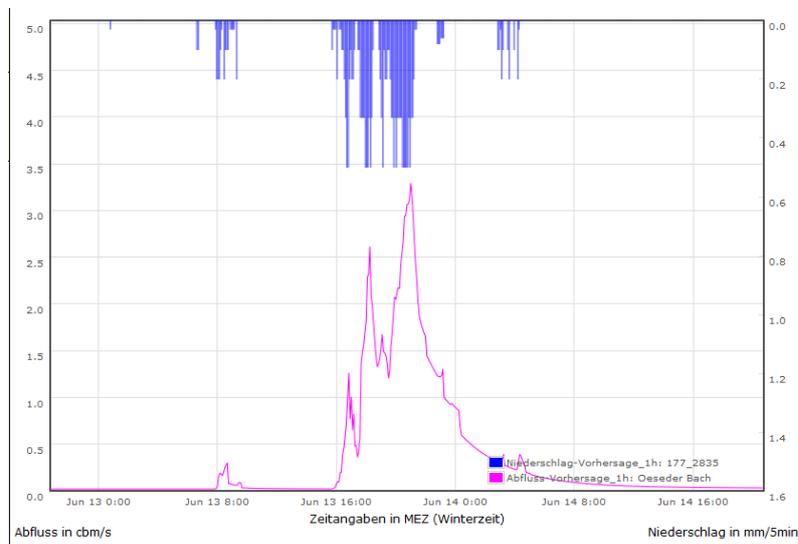


Abbildung 3: Niederschlag und Abflussvorhersage am Beispiel der Düte

## 5.2 Gesamtemissionsoptimierung

Am Beispiel der Optimierung der Gesamtemission aus einem Mischwassereinzugsgebiet und einer dazu gehörigen Kläranlage konnte gezeigt werden, dass mit Hilfe der gekoppelten Simulation des Einzugsgebietsmodells STORM.XXL und des Kläranlagenmodells STOAT eine Verminderung der Gewässerbelastung erreicht werden kann. Gleichzeitig kann der Energiebedarf ermittelt werden.

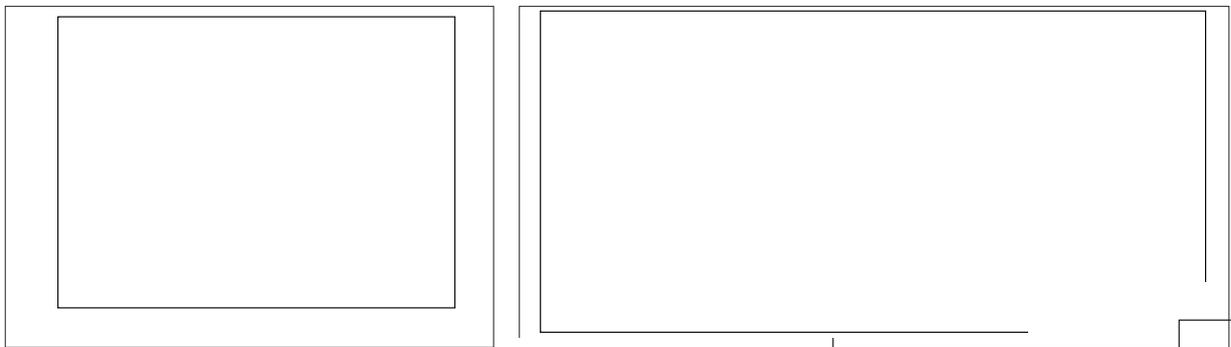


Abbildung 4: Mögliche Elimination der absetzbaren Stoffe bei dichter Besiedlung nach Munz (1966)

Mit der Weiterentwicklung des HydroWebView zum WebControlDesk kann sowohl die Visualisierung als auch die Steuerung der gekoppelten Simulation erreicht werden. Ein angedocktes DSS (Decision Support System), das mit historischen Daten gefüttert wird, ermöglicht Massnahmenvorschläge in Abhängigkeit von Regenereignissen sowohl für Kanalnetz als auch für Kläranlagen.

Anhand eines Modelleinzugsgebietes und einer Modellkläranlage mit 100.000 EW wurde das System getestet. Unterstützt wird die gekoppelte Simulation durch die Anwendung von gemessenen und vorausgesagten Niederschlagsdaten.

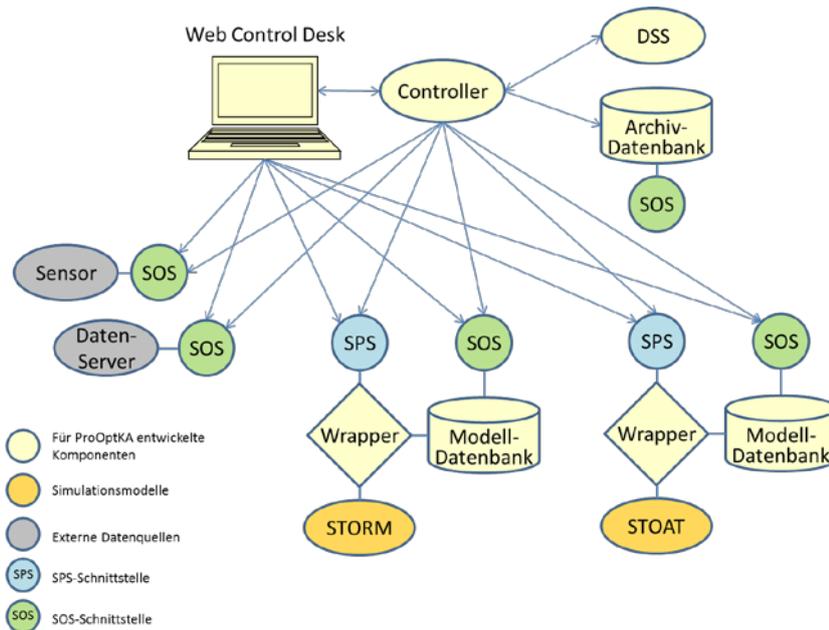


Abbildung 5: Mögliche Elimination der absetzbaren Stoffe bei dichter Besiedlung nach Munz (1966)

## 6 SCHLUSSFOLGERUNGEN

Hochwasserschutz und Hochwassermanagement in urbanen Gebieten sind Hauptaspekte der Regenwasserbewirtschaftung. Mit konventionellen Überwachungs- und Steuerungssystemen ist bei Starkregenereignissen die Reaktionszeit zu kurz für wirksame Warnungen und Schutzmaßnahmen für Personen und Sachwerte.

Diese Problemstellung war der Ausgangspunkt für die Entwicklung von Systemen zum Hochwasserschutz auf Grundlage von Niederschlagsvorhersagen. Mit STORM.XXL ist die Steuerung und Überwachung großer Speicher wie Rückhaltebecken und kleiner Speicherelemente (Rigolen, Feldspeicher) möglich sowie die Abflussvorhersage unter Einbeziehung Niederschlagsprognose.

Mit HydroWebView kann auf die im SOS-Dienst verwalteten Daten abgefragt und visualisiert werden. Der Dienst ist von jedem Rechner mit Internetanschluss und Browser zugänglich und bedarf keiner weiteren Software-Installation.

Das vorgestellte System kann in weiteren Einsatzgebieten angewendet werden:

- Hochwasserwarnung in urbanen und ländlichen Gebieten
- Alarmierungssysteme für den Katastrophenschutz
- Online-Überwachung von Kanalnetzen und Gewässern
- (Halb-)Automatisierte Steuerung von Kanalnetzen durch die Steuerung von Speicherräumen
- Optimierung der Gesamtemission aus Mischwassernetzen und Kläranlage

## 7 REFERENZEN

HST (2007), Virtuelle Regenschreiber – flächendeckende Niederschlagswerte für die Wasserwirtschaft, Broschüre, download unter [www.systemtechnik.net](http://www.systemtechnik.net)

IPS (2010), Manual STORM, Version XXL, Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Sieker mbH

OGC (2009), OpenGIS Standards, Open GIS Consortium, [www.opengeospatial.org](http://www.opengeospatial.org)

Gesteuerte Kleinspeicher (2010), Projektbericht, gefördert vom Ministeriums für Wirtschaft des Landes Brandenburg, 2007-2010, unveröffentlicht

HydroSensorWeb (2010), Projektbericht, gefördert vom Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie, 2008-2010, unveröffentlicht

ProOptKA (2013), Projektbericht, gefördert vom Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie, 2011-2013, unveröffentlicht

Sommer, H. et al. (2012), Model Coupling of Sewer Catchment and Waste Water Treatment Plant via OGC Standards, IWRM, Karlsruhe