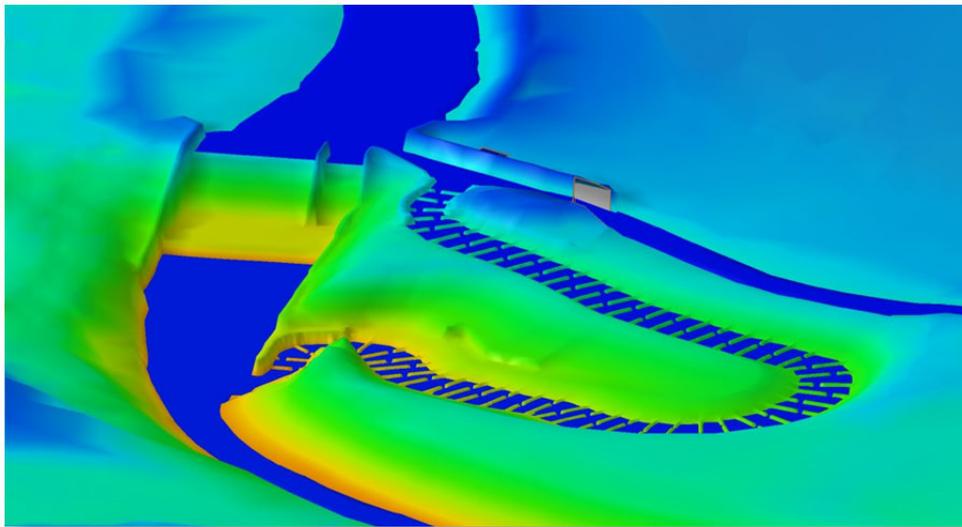


Tagungsband

Anwendertreffen HYDRO_AS-2D 2018



13. November 2018
Technologiezentrum am Europaplatz, Aachen



Impressum

Ingenieurbüro Dr. Nujić
Wallbergstraße 8
D-83026 Rosenheim

Hydrotec Ingenieurgesellschaft für
Wasser und Umwelt mbH
Bachstraße 62-64
D-52066 Aachen
Tel.: 0241 94689-0
Fax: 0241 506880
E-Mail: vertrieb@hydrotec.de
www.hydrotec.de

Jegliche, auch auszugsweise Verwertung des Tagungsbandes ist nur mit schriftlicher Zustimmung von beiden Firmen zulässig.

Herzlich Willkommen zum Anwendertreffen HYDRO_AS-2D 2018!

Wir freuen uns sehr, dass Sie unserer Einladung zum Anwendertreffen gefolgt sind und wir Sie als Gäste in Aachen begrüßen dürfen.

HYDRO_AS-2D hat sich in der Wasserwirtschaft als leistungsstarkes, robustes und vielseitig einsetzbares Software-Produkt vielfach bewährt. Die stetig wachsende Anzahl von Anwendern und das breiter werdende Einsatzspektrum bestätigen das deutlich.

HYDRO_AS-2D berechnet mit großräumigen Modellen Grundlagendaten für die Umsetzung der Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie. Wasserverbände setzen es für die Modellierung ihrer komplexen Systeme ein, um regional modernes Flussgebietsmanagement zu betreiben. Und immer mehr Kommunen setzen auf kleinräumige und detaillierte Analysen mit HYDRO_AS-2D, um Konzepte zum Schutz Ihrer Bürger vor urbanen Sturzfluten zu erhalten.

Hydrotec entwickelt HYDRO_AS-2D und seine Zusatzmodule im Dialog mit Dr. Nujić ständig weiter. Dabei orientieren wir uns an den Anforderungen aus der Wasserwirtschaft, den Bedürfnissen der Anwender und nicht zuletzt an technischen Neuerungen in der Informationstechnologie. Beispiele dafür sind die in Version 5.0 implementierte Benutzeroberfläche und die Scripting-Schnittstelle für die Modellierung von Bauwerkssteuerungen.

Unser Entwicklerteam befindet sich in einem kontinuierlichen Austausch mit Projektbearbeitern und Auftraggebern. Auch das Anwendertreffen leistet einen wertvollen Beitrag zur Kommunikation und wird Impulse für das weitere Software-Design geben.

Begleitend zu der Anwendertagung finden Aufbauschulungen zu HYDRO_AS-2D und eine Grundsicherung zu HYDRO_FT-2D statt. Aufgrund der großen Nachfrage bzgl. Aufbauschulungen beabsichtigen wir im kommenden Jahr zusätzliche Termine anzubieten.

Die Zusammenarbeit mit Aquaveo haben wir weiter intensiviert. In diesem Jahr wird Professor Alan Zundel, Geschäftsführer von Aquaveo, das Anwendertreffen mit einem Vortrag über die Weiterentwicklung von SMS bereichern. Wir freuen uns sehr auf seinen Besuch und seinen Vortrag.

Auch allen anderen Referenten und Referentinnen danken wir sehr für Ihre interessanten Präsentationen aus der Anwendungspraxis.

Wir wünschen Ihnen im Namen des ganzen Hydrotec-Teams ein anregendes Anwendertreffen und freuen uns auf einen intensiven Erfahrungsaustausch mit Ihnen!

Aachen, 13. November 2018



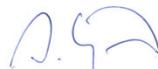
Dr.-Ing. Hartmut Sacher



Angela Deppe



Dipl.-Math Benedikt Rothe



Prof. Dr.-Ing. Alpaslan Yörük

Hydrotec Ingenieurgesellschaft für Wasser und Umwelt



Inhalt

Verbesserungen und Erweiterungen in SMS 13.0	4
Entwicklungen im Programmsystem HYDRO_AS-2D	5
Fortschreibung der Hochwassergefahrenkarten - Vorgehen in Baden-Württemberg	7
Integration von Betriebsregeln bei Rückhaltebecken in HYDRO_AS-2D	10
2D-HN-Modelle als Werkzeug der kommunalen Überflutungsvorsorge	14
Strunde: 2D gekoppelte Sturzflut- und Gewässer- Hochwassermodellierung	16
Modellierung von Renaturierungsmaßnahmen mit HYDRO_AS-2D	19
Geschiebetransportmodellierung mit HYDRO_FT-2D	22
Licca Liber Renaturierung – der freie Lech	23

Verbesserungen und Erweiterungen in SMS 13.0

*Prof. Dr. Alan Zundel, Aquaveo, 3210 N Canyon Rd Ste300, Provo, UT 84604, USA;
azundel@aquaveo.com*

1 Präsentation Gliederung

Die Präsentation wird zwei Teile umfassen. Zunächst wird die neue Version des Oberflächenwassermodellierungssystems (SMS) hervorgehoben. Zweitens werden die zukünftigen Pläne für SMS beschrieben.

2 Hauptmerkmale der neuen Version von SMS

Die Beta-Version von SMS Version 13.0 wurde im Oktober 2018 veröffentlicht. Eine vollständige Veröffentlichung ist noch vor Ende des Jahres geplant. Diese Version enthält eine Vielzahl neuer Funktionen und Verbesserungen, die für einen zweidimensionalen Modellierer von Interesse sind. Diese Funktionen umfassen:

- Management und Visualisierung von LiDAR-Punktwolken
- Verbesserungen für die Interaktion mit und die Generierung von Rastern und DEMs
- Verbesserungen bei Daten-Downloads von Web-Datenportalen
- Hinzufügen von Optionen zur Netzgenerierung und Reduzierung der Generierungszeiten
- Zusätzliche 2D-Plotfunktionen einschließlich Annotation

3 Zukunftspläne für die SMS-Schnittstelle

Das zukünftige Ziel der SMS-Schnittstelle umfasst Pläne zur Vereinfachung der Integration von Benutzerworkflows und Dienstprogrammen. Die neue Version 13.0 enthält die Möglichkeit, Python-Skripte in den Modellausführungsprozess einzubinden. Diese Funktionalität wird derzeit erweitert, damit Benutzer Workflows definieren und wiederverwenden können.

Das SMS-Entwicklungsteam von Aquaveo ist an der Interaktion mit der Modellierungs-Community interessiert. Das übergeordnete Ziel besteht darin, Bedürfnisse zu identifizieren und den Modellierungsprozess reibungsloser und effizienter zu gestalten.

Entwicklungen im Programmsystem HYDRO_AS-2D

Dipl.-Math. Benedikt Rothe, Dr. rer. nat. Eva Loch, Hydrotec;
 benedikt.rothe@hydrotec.de; eva.loch@hydrotec.de

1 Benutzeroberfläche HYDRO_AS-2D

Ab Version 5.0 verfügt HYDRO_AS-2D über eine Benutzeroberfläche. Damit können Sie Rechenläufe, Prüfungsvorgänge und Datenexport komfortabel und übersichtlich in einem Bedienfenster ansteuern.

Die Benutzeroberfläche wird über eine Desktop-Verknüpfung oder aus dem Start-Menü aufgerufen. Im Startfenster können Sie eine 2DM-Datei auswählen und öffnen, eine Prüfung veranlassen sowie einen Rechenlauf starten.

Die Benutzeroberfläche bietet die folgenden Untermenüs zur Arbeit mit der 2DM-Datei:

- Importprotokoll: Hinweise zur eingelesenen 2DM-Datei und den gesetzten Parametern
- Möglichkeiten der Prüfungen: Modellprüfungen starten (bisher Check2DM) und Prüfungsergebnisse ausgeben, Prüfparameter ändern, geolokalisierten Fehlermeldung exportieren für die Fehlerkorrektur in SMS
- Simulation: Vorgabe von Startparametern, Starten des Rechenkerns und Verfolgen der Ausgaben des Rechenkerns
- Exportieren: Speichern des kompletten Modells inkl. Parameter in eine neue 2DM-Datei, Konvertierung in die aktuelle Version der SMS-Vorlage

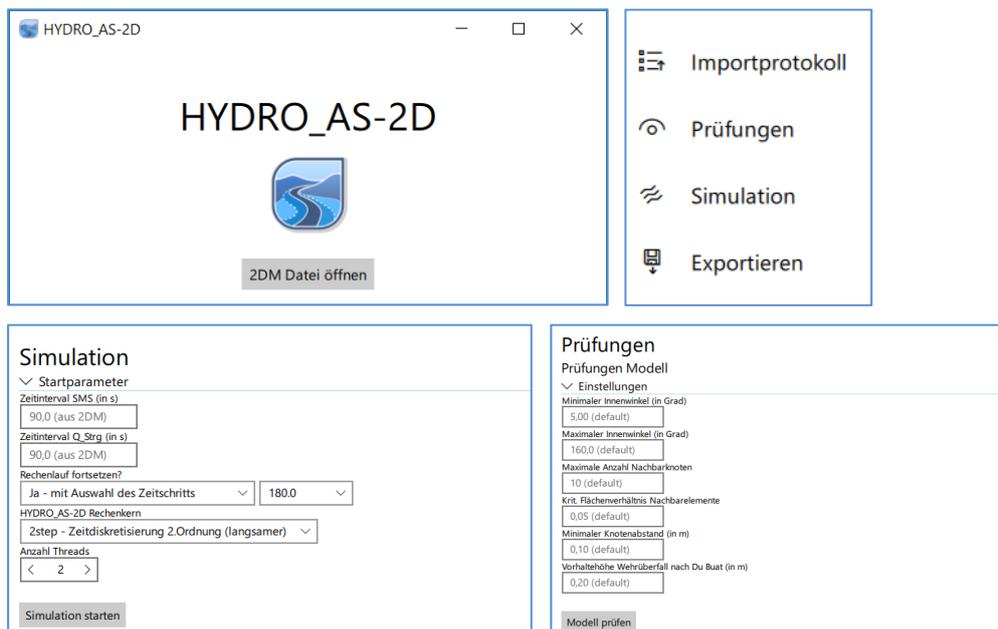


Bild 1: Mit Version 5.0 können Sie HYDRO_AS-2D komfortabel über eine Benutzeroberfläche ansteuern

Das LfU Augsburg hat die Entwicklung dieser neuen Funktionalität wesentlich unterstützt.

Wer den Rechenkern wie gewohnt steuern möchte, kann das per Command Prompt weiterhin tun.

Um das Netz zu bearbeiten oder Modellparameter einzugeben, verwenden Sie weiterhin die SMS-Nutzeroberfläche.

2 64-Bit Präprozessor und Prüffunktionen

Der vollständig überarbeitete Präprozessor basiert auf der 64-Bit Architektur und rechnet um Größenordnungen schneller als die bisherigen Versionen.

Er startet beim Öffnen einer 2DM-Datei aus der Benutzeroberfläche und liest das komplette Modell mit allen Parametern ein.

Sie können damit alle Modelldateien ab Version 3.0 direkt verarbeiten. Ein externes Konvertieren der Dateien in die aktuelle Dateiversion ist nicht mehr erforderlich.

3 Modelle ohne Limitierungen

Die Begrenzung für die maximale Anzahl von Nodestings, Knoten in Nodestings sowie Stützstellen von Zuflussganglinien und W-Q-Beziehungen wurden aufgehoben. Diese Größen sind nicht mehr limitiert.

4 Verbesserte Bilanzierung an Kontrollquerschnitten

Die Bilanzierung des Abflusses, der Geschiebefracht bzw. der Stofffrachten an einem vom Anwender festgelegten Kontrollquerschnitt wurde verbessert, sodass die Berechnung robuster läuft und genauere Werte liefert.

5 1D-Bauwerke: Berechnung überarbeitet

Die Berechnungsmethoden für 1D-Wehre und 1D-Durchlässe wurden verfeinert und ergänzt. Dadurch wird z. B. bei Durchlässen eine höhere Leistungsfähigkeit berechnet.

6 Modell-Steuerung per Scripting

Komplexe wasserwirtschaftliche Systeme, wie die Steuerung von Bauwerken, können Sie mit der Funktion "Steuerung mit Skripten" nun noch genauer abbilden.

Ab Version 5.0 haben Anwender die Möglichkeit, den Modellrahmen in HYDRO_AS-2D selbst zu erweitern, indem sie einfache Skripte in der Skript-Sprache "Lua" programmieren. Über eine neue Schnittstelle in HYDRO_AS-2D 5.0 können sie diese Lua-Skripte in die Rechenläufe integrieren.

Damit eröffnen sich zahlreiche neue oder verbesserte Anwendungsmöglichkeiten, die wir Ihnen detailliert auf dem Anwendertreffen vorstellen (siehe auch S. 10).

Fortschreibung der Hochwassergefahrenkarten - Vorgehen in Baden-Württemberg

Dipl.-Ing. Christoph Sommer, Regierungspräsidium Stuttgart, Ruppmanstraße 21, 70565 Stuttgart; Christoph.Sommer@rps.bwl.de

1 Anlassbezogene HWGK-Fortschreibung in der Bauleitplanung

Durch die Umsetzung von Hochwasserschutzmaßnahmen ändert sich die Gefahrensituation im Hochwasserfall maßgeblich. Ziel der HWGK-Fortschreibung ist es, diese geänderte Gefahrensituation zeitnah in die HWGK zu übernehmen. Vorhaben im Überschwemmungsgebiet benötigen in der Regel eine wasserwirtschaftliche Zulassung gemäß Wassergesetz Baden-Württemberg. In solch einem Verfahren werden die Auswirkungen einer geplanten Maßnahme auf den Hochwasserabfluss quantifiziert. Hierfür werden von den Zulassungsbehörden mit hydraulischen Modellen berechnete Nachweise als Entscheidungsgrundlage gefordert.

Von einer zeitnahen Darstellung der Hochwasserschutzmaßnahmen in den HWGK profitieren alle Nutzer der Karte. In diesem Zusammenhang sei exemplarisch die Versicherungswirtschaft erwähnt, welche auf Basis der HWGK-Flächen regelmäßig die Beträge für die Elementarschadensversicherung ermittelt (sog. ZÜRS-Zonierung).

Werden kommunale Maßnahmen zum Hochwasserschutz (z.B. Bau einer Hochwasserschutzmauer) geplant, werden die Belange der HWGK zukünftig bereits in der Planung und der hydraulischen Nachweisführung im Rahmen des Zulassungsverfahrens berücksichtigt. Damit wird sichergestellt, dass die Ergebnisse aus einer kommunalen Maßnahmenplanung mit den Anforderungen der HWGK-Fortschreibung konform gehen. Die HWGK kann somit nach der Umsetzung des Vorhabens schnellstmöglich fortgeschrieben werden und die Datensätze bei der LUBW ausgetauscht werden.

2 Vorteile der Anlassbezogenen Fortschreibung

- Kommunale Planer können weiterhin im Auftrag der Kommunen planen, auch wenn diese nicht die erforderliche GIS-Kompetenz für die HWGK-Fortschreibung bereitstellen können. Die HWGK-Fortschreibung wird auf Basis der Ergebnisse der Planer durch einen vom Land beauftragten Auftragnehmer durchgeführt.
- Es wird ein landesweit einheitlicher Qualitätsstandard für wasserwirtschaftliche Planungen und die HWGK-Fortschreibung sichergestellt. Es werden Synergieeffekte erzeugt, indem ein gemeinsames hydraulisches Modell für Maßnahmenplanung und HWGK-Fortschreibung verwendet wird.
- Die hydraulischen Ergebnisse, welche im Rahmen des Zulassungsverfahrens erzeugt werden, bilden sich direkt in der HWGK ab und die Gefahr von abweichenden Ergebnissen bei einer späteren Überrechnung eines gesamten Gebiets in einer gebietsweisen Fortschreibung durch das Land wird reduziert. Abweichende Ergebnisse können im schlimmsten Fall nachträglich genehmigungsschädlich sein.
- Alle relevanten Informationen sind in dem zentralen HWGK-Viewer zu finden. Dies schafft Planungssicherheit und es werden keine parallelen Kartenwerke dezentral vorgehalten.

3 Herausforderungen bei Anlassbezogenen Fortschreibung

- Die Umsetzung erfordert einen hohen Abstimmungs- und Kommunikationsbedarf zwischen Planer, Vorhabenträger und Unterer Wasserbehörde.
- Bereits bei Planungsbeginn müssen die grundlegenden Abstimmungen erfolgen, um

den zusätzlichen Aufwand für eine Angebotserstellung quantifizieren zu können.

- Wird vom Vorhabenträger eine fertige aber nicht mit HWGK abgestimmte Planung in die Zulassung eingereicht, kann dies zu einem großen nachträglichen Abstimmungs- und Kostenaufwand führen.

4 Ergänzende Anforderungen an die Vorhabenplanung

Eine Übernahme von hydraulischen Ergebnissen in die HWGK ist nur möglich, wenn das hydraulische Modell und die damit erzeugten Ergebnisse den HWGK-Qualitätsstandard einhalten. So kann beispielsweise am Übergang der vorliegenden HWGK zu einem neu berechneten Teil der HWGK (Austauschbereich) ein Abfluss- oder Wasserspiegellagensprung dazu führen, dass die Ergebnisse nicht plausibel in die vorliegende HWGK übernommen werden können.

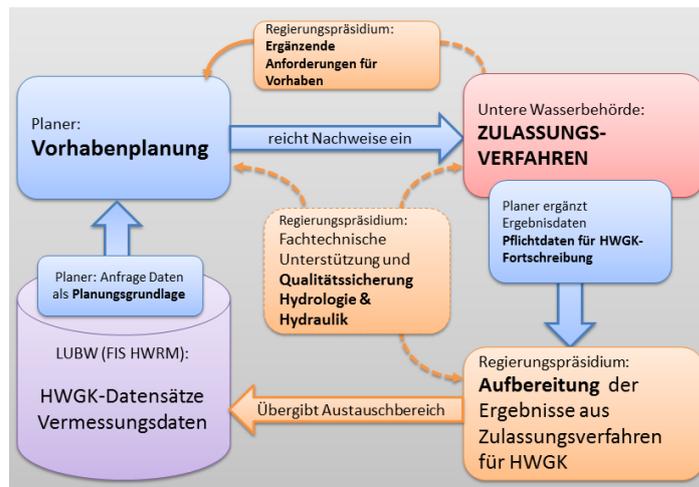


Bild 1: Vorgehen bei der Anlassbezogenen Fortschreibung der HWGK zur Sicherstellung der Qualität

Um diese Mindeststandards und damit die Übernahmefähigkeit eines Austauschbereichs mit den neuen hydraulischen Ergebnissen sicherzustellen, wird bei Planungsbeginn dem Vorhabenträger von der Unteren Wasserbehörde die sogenannten „Ergänzenden Anforderungen an das Vorhaben XY“ übergeben.

Darin sind die zu erbringenden Datenformate, Qualitätsanforderungen und Pflichtdaten für die HWGK-Fortschreibung detailliert beschrieben. Zusammen mit den geforderten Nachweisen durch die Untere Wasserbehörde kann der Planer damit die erforderlichen Leistungen für die HWGK-Fortschreibung und das Vorhaben gegeneinander abgrenzen. Die ergänzenden Anforderungen basieren auf dem allgemeinen Leistungsverzeichnis HWGK-Fortschreibung. Die „Ergänzenden Anforderungen an das Vorhaben XY“ werden durch das örtlich zuständige Regierungspräsidium individuell an das jeweilige Vorhaben angepasst. Durch diese Anpassung wird sichergestellt, dass die HWGK-Anforderungen dem Vorhaben angemessen sind.

5 Fortführung des Gemeinschaftsprojekts

Die erfolgreiche Kooperation der HWGK-Erstellung als Gemeinschaftsprojekt zwischen Land und Kommunen wird zukünftig fortgeführt und um das Verursacherprinzip ergänzt: Derjenige, der eine mögliche Änderung an der HWGK verursacht und diese zeitnah in die Karte überführt haben möchte (i.d.R. der Vorhabenträger), muss die für eine Fortschreibung notwendigen Grundlagendaten erbringen. Diese und die erforderliche Qualität der Berechnung werden in den „Ergänzenden Anforderungen an das Vorhaben XY“ beschrieben und können parallel zur Vorhabenplanung erstellt werden.

Etwaige Mehrkosten für die Vorhabenträger im Zulassungsverfahren aufgrund der Fortschreibung der HWGK werden landeseinheitlich gemäß der Förderrichtlinie Wasserwirtschaft gefördert. Wird eine kommunale Maßnahme gefördert, wurde mit den Förderreferenten der Regierungspräsidien vereinbart, dass die Förderung des Mehraufwands durch die Fortschreibung HWGK mit demselben Fördersatz erfolgt, wie die Maßnahme bzw. die Flussgebietsuntersuchung. Werden zukünftig Flussgebietsuntersuchungen von Wasserverbänden in Auftrag gegeben oder fortgeschrieben, ist eine vorherige Abstimmung möglicher Synergieeffekte bezüglich der HWGK-Fortschreibung wünschenswert.

Die Aufbereitung und Ergänzung der Ergebnisdaten aus dem Zulassungsverfahren gemäß den Anforderungen der HWGK-Fortschreibung erfolgt wiederum durch das Land.

6 Stichtag bei der Planung von neuen Vorhaben

In der Zwischenzeit wurde die Fortschreibungskonzeption eingeführt. Das heißt bei neu beginnenden Planungen muss der Vorhabenträger im ersten Schritt mit der Unteren Wasserbehörde die Auswirkung der Maßnahme hinsichtlich HWGK-Fortschreibung einschätzen, damit seitens des örtlich zuständigen Regierungspräsidiums und Unterer Wasserbehörde die „Ergänzenden Anforderungen an das Vorhaben XY“ formuliert werden können.

Alle Vorhaben, die nach Januar 2018 über die Untere Wasserbehörde an das Regierungspräsidium über das FIS HWRM gemeldet wurden, sind gemäß dem Prozess der Anlassbezogenen Fortschreibung zu bearbeiten. Um den Aufwand bei allen Akteuren zu reduzieren, wird grundsätzlich empfohlen zu prüfen, inwieweit auf das bestehende hydraulische Modell der HWGK-Ersterstellung für die Maßnahmenplanung zurückgegriffen werden kann.

Aktuell liegen landesweit bereits mehr als 1.200 Meldungen vor, welche vor Januar 2018 gemeldet wurden. Diese werden aktuell priorisiert und im Anschluss sukzessive in die HWGK eingearbeitet. Hierbei handelt es sich zum Beispiel um Meldungen aus der Plausibilisierung der HWGK-Ersterstellung, welche auf die Fortschreibung verschoben wurden oder Meldungen zu Vorhaben, welche bereits geplant und umgesetzt wurden, bevor die Fortschreibungskonzeption eingeführt wurde. Diese Meldungen werden auf Verantwortung und Kosten des Landes eingearbeitet.

7 Zusammenfassung

Das Land Baden-Württemberg bietet mit der Fortschreibungskonzeption der HWGK einen Prozess an, wie im Rahmen der Planung von Hochwasserschutzmaßnahmen auch die für eine Fortschreibung der HWGK notwendigen Informationen zusätzlich erstellt werden können. Hierbei werden alle Akteure mit entsprechenden Angeboten unterstützt, um die notwendigen Qualitätsanforderungen einzuhalten. Entscheidend ist, dass der Vorhabenträger vor Planungsbeginn mit der Unteren Wasserbehörde die Anforderungen aus Sicht des Zulassungsverfahrens und auch ergänzend der HWGK-Fortschreibung abstimmt. Zusätzlich wird auch im Rahmen einer kommunalen Starkregenrisikomanagementanalyse empfohlen, mögliche Synergieeffekte bezüglich der HWGK-Fortschreibung zu prüfen.

8 Literatur und weiterführende Links

Hochwasserportal des Landes-Baden-Württemberg: www.hochwasserbw.de

Integration von Betriebsregeln bei Rückhaltebecken in HYDRO_AS-2D

*Dipl.-Ing. Thorsten Mordelt; Dipl.-Ing. Markus Leber, Niersverband, Am Niersverband 10; 41747 Viersen; mordelt.thorsten@niersverband.de; leber.markus@niersverband.de
Dipl.-Math. Benedikt Rothe, Hydrotec; benedikt.rothe@hydrotec.de*

1 Hochwasserrückhaltebecken Nierssee

Der Niersverband ist als nordrhein-westfälischer Wasserverband u.a. für den Ausgleich der Wasserführung an der Niers zuständig und betreibt zu diesem Zweck in der Stadt Mönchengladbach und im Kreis Viersen vier Hochwasserrückhaltebecken.

Die unterste und größte Anlage ist das Hochwasserrückhaltebecken Nierssee am Übergang zwischen Ober- und Unterlauf der Niers. Der Nierssee ist zwischen 1968 und 1970 als Auskiesung zur Baustoffgewinnung für den Bau des Autobahnkreuzes Neersen entstanden. Er dient mit der unteren Speicherlamelle von ca. 2 Mio. m³ als Schönungsteich für das Klärwerk Neuwerk und mit der oberen Lamelle von ca. 350.000 m³ als Hochwasserrückhaltebecken für die Niers.

Die Bewirtschaftung des im Nebenschluss zur Niers liegenden mittleren Hochwasserrückhaltebeckens erfolgt mit den Verschlussorganen am Einlauf und am Auslauf des Nierssees.



Bild 1: Das hydraulische Modell des Nierssees war in das bestehende 2D-Modell der Niers zu integrieren. Die komplexen Steuerungen für das Einlauf- und das Auslaufbauwerk wurden mithilfe von Lua-Skripten abgebildet.

Bildquelle: Niersverband

2 Betriebsregeln

Die wasserstandsabhängige Automatiksteuerung des Hochwasserrückhaltebeckens wird über zwei SPS-Baugruppen am Ein- und Auslauf ausgeführt. Als Eingangsgrößen werden vier Wasserstände in der Niers und im Nierssee sowie die Stellungen der fünf Verschlussorgane messtechnisch erfasst und in verschiedenen Steuerungsmodulen verarbeitet.

Die Automatiksteuerung am Einlauf beinhaltet die Einleitung eines Hochwassers aus der Niers in das Hochwasserrückhaltebecken, das Vorbeileiten der Niers bei vollgefülltem Speicherraum sowie die Verhinderung eines Rückflusses aus dem Nierssee in die Niers.

Am Auslauf wird der Abfluss aus dem Nierssee zuerst im Drosselmodul in Abhängigkeit des Wasserstandes in der Niers begrenzt. Bei Erreichen des Vollstaus werden die Öffnungen des Auslaufschützes und der Auslaufklappe dann im Stauzielmodul in Abhängigkeit des Wasserstandes im Nierssee erhöht. Ein weiteres Modul unterbindet den Rückstau aus der Niers in den Nierssee.

3 Aufgabenstellung

Der Niersverband steht im Rahmen der Anlagenüberwachung vor der Aufgabenstellung, die Hochwasserstauziele des Nierssees neu zu berechnen. Aufgrund der hydraulischen Abhängigkeiten zwischen Niers und Nierssee sollen die Berechnungen mit den im Rahmen der HWRM-RL in Kooperation mit der Bezirksregierung Düsseldorf aufgestellten 2D-Modellen vom Ober- und Mittellauf der Niers durchgeführt werden.

Das Ingenieurbüro Hydrotec wurde vom Niersverband beauftragt, die beiden Modelle zu verbinden und dabei die wasserstandsabhängigen Betriebsregeln des Hochwasserrückhaltebeckens Nierssee möglichst genau nachzubilden.

Das in HYDRO_AS-2D 5.0 verfügbare Scripting-Werkzeug wurde zur Bildung dieser komplexen Steuerungsprozesse entwickelt und erstmals erfolgreich eingesetzt.

Nachfolgend stellen wir einige Einsatzmöglichkeiten für das Skripting vor.

4 Bauwerkssteuerungen modellieren für Schütze, Wehre etc.

Bauwerke werden häufig in Abhängigkeit von Messgrößen gesteuert. Mithilfe der Modellierung lassen sich jetzt optimale Steuerregeln finden.

Mit HYDRO_AS-2D-Scripting können Sie Wasserstände oder Durchflüsse im Modell während der Simulation abfragen. In Abhängigkeit davon können Sie die Öffnung eines Schützes, bzw. bei 1D-Wehren die Kronenhöhe, variieren.

Auch die Geschwindigkeit, mit der die Bauwerksteile sich bewegen, kann so modelliert und eingestellt werden.

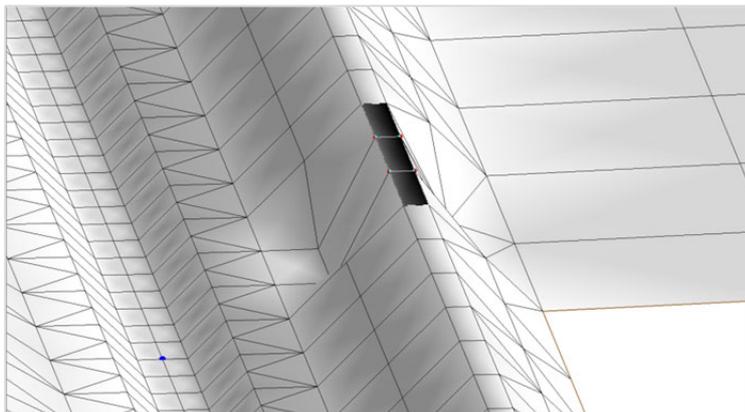


Bild 2: In HYDRO_AS-2D 5.0 implementierte Wehrsteuerung: Die Höhe der Wehrkrone ändert sich abhängig vom im Modell berechneten Wasserstand.

5 Zufluss-Zeitreihen automatisiert einlesen

Zufluss-Zeitreihen zu einem HYDRO_AS-2D-Modell werden üblicherweise in SMS komfortabel mit den entsprechenden Editoren eingegeben.

Dieser Weg über eine grafische Nutzeroberfläche ist aber dann hinderlich, wenn die Zufluss-Zeitreihen automatisiert aus anderen Datenquellen übernommen werden sollen, wie z. B. in Umgebungen von Online-Vorhersagen.

Mit HYDRO_AS-2D-Scripting können Sie externe Zufluss-Zeitreihen-Dateien einlesen, bearbeiten und während der Simulation an das Modell weiterreichen.

Evtl. erfordert ein Anwendungsfall sogar, die Zuflüsse in Abhängigkeit von internen Modellzuständen (Pegel, Durchflüsse) zu variieren. Auch das ist umsetzbar.

6 Bidirektional mit anderen Modellen interagieren (Grundwasser-, Kanalnetzmodelle)

HYDRO_AS-2D-Scripting ermöglicht die bidirektionale Interaktion mit anderen Modellen.

„Bidirektional“ bedeutet, dass sich die Eingaben und Ergebnisse der Modelle gegenseitig beeinflussen und die Modelle daher zeitlich verschränkt rechnen.

Beispielsweise kann der von HYDRO_AS-2D berechnete Wasserstand in einem städtischen Gebiet als Grundlage für den Zufluss zu einem Kanalnetz genutzt werden und andersherum der Überstau aus einem Kanalnetz als Zufluss zu einem HYDRO_AS-2D-Modell.

Mit HYDRO_AS-2D-Scripting können Sie das Kanalnetzmodell z. B. in 5-Minuten Schritten rechnen lassen, dabei die aktuellen Werte des 2D-Modells nutzen und die Ergebnisse des Kanalnetzmodells wieder in HYDRO_AS-2D weiterverwenden.

7 Deich- oder Dammbüche simulieren

HYDRO_AS-2D-Skripting vereinfacht die Modellierung von Deich- oder Dammbüchen deutlich. Dazu verwendet man ein Skript, das während der Simulation die Höhen des Deiches an der Bruchstelle herabsetzt.

Sie können diesen Zeitpunkt fest vorgeben oder ihn anhand des Modellzustandes im Skript selbst bestimmen. Der Deichbruch soll beispielsweise simuliert werden, wenn an einer bestimmten Stelle ein Wasserstand überschritten wird oder wenn er an dieser Stelle seit wenigstens einem Tag überschritten wurde.

8 Spezielle Auswertungen zu Modellergebnissen erzeugen

Mit HYDRO_AS-2D-Scripting können statistische Auswertungen zu Modellergebnissen effizient und genau während der Simulation berechnet werden.

Beispielsweise können für einzelne Modellknoten während der Simulation Einstau-Dauerlinien berechnet werden um zu ermitteln, wie lange der Modellknoten während der Simulation wie hoch überflutet war.

In bestimmten Fällen ist nicht nur die Überflutungshöhe relevant, sondern zur Berechnung der Gefährdung auch die Fließgeschwindigkeit an einer bestimmten Stelle zu berücksichtigen. Auch diese Information kann das Skript abgreifen.

Die Auswertung muss nicht auf den Ausgabezeitschritten von HYDRO_AS-2D basieren, sondern kann die internen Berechnungszeitschritte nutzen.

Diese Dauerlinien können Sie in einem Datenformat ausgeben, das in Ihrem konkreten Anwendungsfall am besten weiter verwendet werden kann.

9 Varianten berechnen

Üblicherweise nutzen Sie die in SMS angebotenen Funktionen für die Varianten-Rechnung. Wenn sehr viele Varianten zu berechnen sind, kann das jedoch aufwendig und fehleranfällig sein.

HYDRO_AS-2D-Scripting erleichtert die systematische Erstellung von Varianten: Die Änderung des Modells wird dazu nicht manuell vorgenommen, sondern durch das Skript. Sie legen vom Ausgangsmodell keine Kopie mehr an, sondern arbeiten immer nur mit dem

Ausgangsmodell und dem Skript, das die Variante erzeugt. Dadurch können Sie in einem Rechenlauf mehrere Varianten zeitlich hintereinander rechnen und anschließend vergleichen.

Diese Technik ist vor allem sinnvoll, wenn viele unterschiedliche Deichbruchstellen, viele verschiedene Zufluss-Zeitreihen oder mehrere Wehrhöhen bzw. Bauwerksöffnungen etc. zu untersuchen sind.

Für die Bemessung von Brücken können Sie die Konstruktionsunterkanten variabel einstellen. Man kann mehrere Varianten mit verschiedenen Brückenöffnungen automatisch anlegen und in einem Rechenlauf modellieren.

10 Programmieren mit Lua

Lua ist eine „kleine“, aber vollständige Programmiersprache. Sie ist leicht zu erlernen, besonders wenn man bereits Kenntnisse in Python, Java, oder C++ besitzt.

HYDRO_AS-2D ruft die Skripte in jedem internen Zeitschritt auf und arbeitet sie ab.

Der Einsatz von Skripten wird in der Dokumentation detailliert erklärt und anhand von Beispielen erläutert, sodass Anwender direkt beginnen können.

Hydrotec wird zusätzlich Aufbauschulungen zum Scripting für HYDRO_AS_2D anbieten.

```
-- Verknüpfung mit HYDRO AS-2D
local hydroas = require("hydroas")

-- Im Modell befindet sich am Auslauf eines Bauwerks ein Pegelpunkt mit dem Namen Pegel-1.
-- Zugriff auf diesen Modellknoten wird hier einmalig in der lokalen Variable PegelAuslauf
-- gespeichert.
local PegelAuslauf = hydroas.NodeSet.new("Pegel-1")
-- Das Drosselbauwerk ist ein 1D-Durchlass mit dem Namen BW-1.
-- Zugriff auf das 1D-Element wird hier einmalig in der lokalen Variable drossel gespeichert.
local drossel = hydroas.Culvert.new("BW-1")
-- Das Bauwerk wird zu Beginn der Simulation geschlossen,
-- indem der maximale Abfluss auf 0 gesetzt wird.
drossel:setQMax(0)

-- Hier fängt die Steuerung der Drossel an.
return {
  -- Funktion 'step' wird in jedem HYDRO AS-2D-Zeitschritt aufgerufen
  step = function()
    -- Wenn der Pegel am Auslauf klein genug ist, soll das Bauwerk komplett geöffnet werden.
    -- Komplett offen wird durch den maximalen Abfluss von 10.000 m3/s dargestellt.
    if drossel:qMax() < 10000 and PegelAuslauf:w() < 96 then
      drossel:setQMax(10000)
      print("***** Bauwerk komplett offen:", hydroas.Global.timestepStart())
    -- Wenn das Bauwerk offen ist und der Pegel am Auslauf zu hoch wird,
    -- wird das Bauwerk geschlossen, indem der maximale Abfluss auf Null gesetzt wird.
    elseif drossel:qMax() > 0 and PegelAuslauf:w() > 99 then
      drossel:setQMax(0)
      print("***** Bauwerk komplett geschlossen:", hydroas.Global.timestepStart())
    -- Wenn der Pegel am Auslauf im normalen Bereich liegt, wird der Abfluss des Bauwerks
    -- auf 30 m3/s gedrosselt.
    -- Der Wert für den maximalen Abfluss wird entsprechend gesetzt,
    -- falls er nicht schon auf den richtigen Wert eingestellt ist.
    elseif drossel:qMax() != 30 and PegelAuslauf:w() > 96 and PegelAuslauf:w() < 99 then
      drossel:setQMax(30)
    end
  end
end
}
```

Bild 3: Beispiel für ein Lua-Skript, das im 2D-Modell ein Drosselbauwerk in Abhängigkeit von einem Wasserstand an einem Pegelpunkt im Modell steuert.

2D-HN-Modelle als Werkzeug der kommunalen Überflutungsvorsorge

*M. Sc Dipl.-Ing. (FH) Tilo Sahlbach; Prof. Dr.-Ing. Hubertus Milke; HTWK Leipzig, IWS - Institut für Wasserbau und Siedlungswasserwirtschaft, Karl-Liebknecht-Straße 132, 04277 Leipzig
tilo.sahlbach@htwk-leipzig.de; hubertus.milke@htwk-leipzig.de
Dr.-Ing. Uwe Winkler, Leipziger Wasserwerke, Johannsgasse 7/9, 04103 Leipzig; u.winkler@l.de*

1 Veranlassung

In den letzten Jahren kam es in vielen Städten Deutschlands zu einer Reihe von, zum Teil lokal begrenzten Starkregenereignissen mit Niederschlagsintensitäten, die Wiederkehrzeiten zwischen 50 und > 100a aufwiesen. Diese flachlandtypischen Sturzfluten setzten teilweise Hauptstraßen kniehoch unter Wasser und machten diese unpassierbar.

Die vielerorts anzutreffende Wohnbebauung aus der Gründerzeit ist zumindest in überflutungsgefährdeten Bereichen durch Hochparterre und höherliegende Eingänge gekennzeichnet. Dadurch haben die früheren Baumeister, bewusst oder unbewusst, dem möglichen Schadenspotenzial bei Sturzfluten Rechnung getragen.



Bild 1: Überflutung der Georg-Schumann-Straße nach dem Starkregen am 27.07.2016 (Foto: LVZ)

Ohne auf die Hilfsmittel der Oberflächenabflusssimulation zurückgreifen zu können, waren sie sich der Gefahren bewusst und haben dementsprechend gebaut. Betrachtet man hingegen die insbesondere nach 1990 in Baulücken ergänzten neueren Gebäude, stellt man vielfach fest, dass diese ebenerdig, teilweise sogar mit direkter Zufahrt in die Tiefgarage gebaut wurden. Ein deutlicher Hinweis, wie notwendig es ist, das Bewusstsein für das mögliche Gefährdungspotenzial, sowohl in der Bevölkerung als auch bei Stadtplanern, Architekten und Ingenieuren in Zeiten zunehmender Starkregenereignisse zu schärfen.

2 Gegenwärtiger Stand

Mit der Einführung der DWA-M 119 wurde die Überflutungsvorsorge auch im Regelwerk der DWA vertiefend beschrieben. Ergänzend zur DWA-A 118 und DIN EN 752 wurden Hinweise zur Bearbeitung dieser Problematik gegeben. Dabei sollte immer eine Gefährdungs-, Schadens- und Risikoanalyse durchgeführt werden. Als probates Mittel zur Gefährdungsanalyse haben sich 2D-HN-Modelle etabliert. Sie können für die Ermittlung der Gefährdung für seltene als auch für außergewöhnliche Starkregenereignisse verwendet werden.

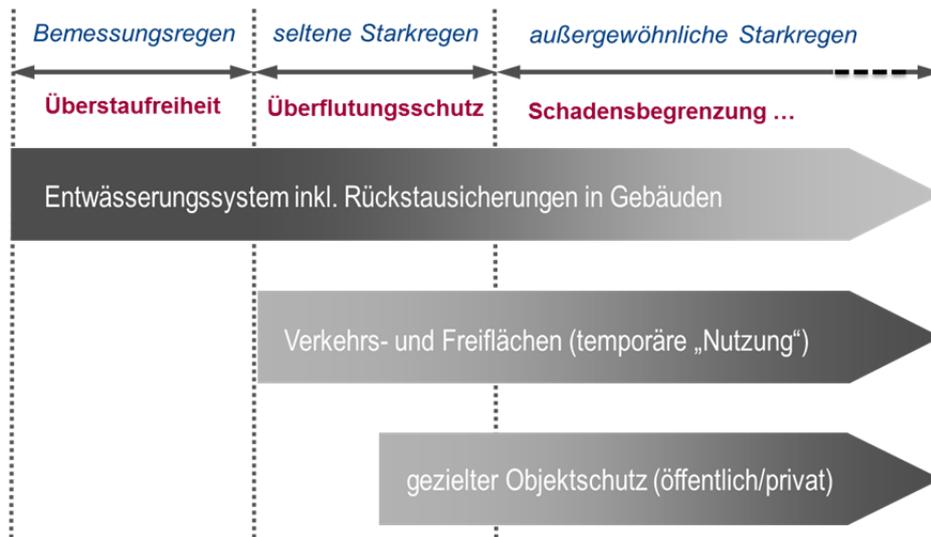


Bild 2: Überflutungsschutz und Überflutungsvorsorge als kommunale Gemeinschaftsaufgabe (DWA-M 119)

Eine reine Oberflächenbetrachtung hat den Nachteil, dass der Kanalabfluss nicht mit berücksichtigt wird. Weiterhin sind die Ergebnisse stark von der Datenqualität des Geländemodells abhängig. Um diese Nachteile in der Auswertung berücksichtigen zu können, ist immer eine Plausibilitätskontrolle, z.B. mithilfe von gemeldeten Schadensereignissen, Fotos und Videos unabdingbar.

Gegenwärtig findet in der Vorschriftenwelt ein Paradigmenwechsel statt, weg von der Bemessung hin zur Risikoanalyse. Unter diesem Gesichtspunkt werden zukünftig ein verstärkter Einsatz von 2D-HN-Modellen sowie deren Fortentwicklung (Kopplung zum Kanalnetz) erforderlich.

3 Literatur

DWA-M 119 Risikomanagement in der kommunalen Überflutungsvorsorge für Entwässerungssysteme bei Starkregen, DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., Hennef 2016

aqua urbana 2018: Überflutungsvorsorge Urbane Starkregen für Leipzig, H.Milke; T.Sahlbach IWS/ HTWK Leipzig, U.Meyer; M.Mucha Leipziger Wasserwerke, Frf.A.v.Fritsch Amt für Umweltschutz Leipzig, M. Jana Verkehrs- und Tiefbauamt Leipzig

Strunde: 2D gekoppelte Sturzflut- und Gewässer-Hochwasser-Modellierung

Dipl.-Ing. Robert Mittelstädt, Hydrotec; robert.mittelstaedt@hydrotec.de,

1 Hochwasserschutzkonzept und "Strunde hoch vier"

Von 2016 bis 2018 setzte der Strundeverband unter dem Projekt-Titel "Strunde hoch vier" wichtige Bestandteile des vorliegenden Hochwasserschutzkonzeptes um. In diesem Rahmen wurde die alte Strunde-Verrohrung in der Innenstadt von Bergisch Gladbach aufgegeben und durch eine ca. 1,2 km lange neue Verrohrung für die Ableitung eines HQ100 auf neuer Trasse ersetzt. Einige Abschnitte der Strunde wurden als Bypass offengelegt und in innerstädtische Grünanlagen integriert. Zu dem in Kooperation mit der Stadt Bergisch Gladbach durchgeführten Projekt zählen weiterhin Maßnahmen zur Regenwasserbehandlung und die Optimierung des innerstädtischen Verkehrsflusses durch die Anlage eines Kreisverkehrs.

Die nächsten Schritte sind u. a., ein bestehendes Hochwasserrückhaltebecken (HRB) zu vergrößern und einen ca. 950 m langen unterirdischen Hochwasserschutzkanal anzulegen, der bei Hochwasser einen Teil des Abflusses zum Rechtsrheinischen Kölner Randkanal ableitet.

Vor deren Konkretisierung will die Stadt sichergehen, dass die fertig gestellten Arbeiten zusammen mit geplanten Maßnahmen einen umfassenden Schutz vor Hochwasser der Strunde bilden. Zusätzlich soll die Gefährdung durch Starkregen beachtet werden, die bisher nicht in dem Konzept "Strunde hoch vier" berücksichtigt ist.



Bild1: Die urban geprägte Strunde wird aufwändig umgestalt und der Hochwasserschutz verbessert.

2 Hydraulisches 2D-Modell liefert Antworten

Hydrotec erhielt den Auftrag, den Ist- und Planzustand mit 2D-hydrnumerischer Modellierung in HYDRO_AS-2D zu analysieren und folgende Fragen zu beantworten:

- Bieten der geplante Hochwasserschutzkanal und das umgestaltete Hochwasserrückhaltebecken ausreichend Schutz vor Überschwemmungen bei HQ5, HQ30 oder HQ100?
- In welchen Bereichen ist zusätzlich Objektschutz notwendig; wo genügt es, die Anwohner zu warnen?
- Welche Gefahren bestehen bei einem Überstau des Kanalnetzes im weiteren Umfeld der Strunde?
- Welche Bereiche und Gebäude sind bei Starkregen besonders betroffen?

3 Plan-Zustand im 2D-Feinmodell abgebildet

Ein detailliertes 2D-hydraulisches-Modell für das hydrologische Einzugsgebiet der Strunde wurde in einem mehrstufigen Prozess aufgebaut. Die Basis bildete das DGM1 des Landes NRW, in das zunächst die Gebäudeumringe und das Flussnetzmodell der Strunde integriert wurden. Für das Hochwasserrückhaltebecken, die umgestalteten Gewässerabschnitte, das Verzweigungsbauwerk am Beginn des Hochwasserkanals und den Kreisverkehr lagen Planungsdaten vor. Das DGM1 wurde in diesen Bereichen um die entsprechenden Lage- und Höhendaten ergänzt, um den Plan-Zustand genau abbilden zu können.

Mit diesem Feinmodell wurden mit HYDRO_AS-2D mehrere Szenarien untersucht:

- Überflutung aufgrund von Hochwasser in der Strunde für drei Bemessungsabflüsse
- Überflutung aufgrund von flächiger Niederschlagsbelastung und Kanalüberstau für drei Bemessungsniederschläge
- Überflutung aufgrund von Kanalüberstau für drei Bemessungsniederschläge

Zusätzlich zum 2D-Gesamtmodell wurde die Leistungsfähigkeit sowie die Wellenretention und -translation des Strunde-Hochwasserkanals berechnet.

Das Ergebnis der Modellierungen sind detaillierte Starkregen-, Kanalüberstau- und Hochwassergefahrenkarten, welche die berechneten Überflutungsflächen, Fließwege und Fließtiefen dokumentieren.

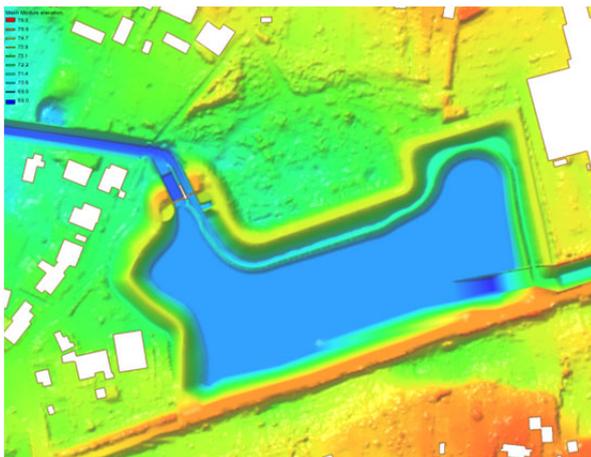


Bild 2: Im Rahmen der Modellstudie wurde die Leistungsfähigkeit des Hochwasserrückhaltebeckens überprüft.

4 Modellierung ermöglicht differenziertes Fazit

Die geplanten Maßnahmen reduzieren in weiten Teilen der Stadt die Überflutungsgefährdung infolge von Hochwasser. Für einige Bereiche sind jedoch auch negative Auswirkungen festzustellen. Hier sind Anpassungen der Planungen erforderlich.

Das Hochwasserrückhaltebecken kann bei allen Belastungsszenarien das Hochwasser vollständig zurückhalten und sorgt für eine Verringerung der Hochwassergefahr in den unterhalb gelegenen Siedlungsbereichen.

Die Starkregenmodellierung macht deutlich, dass zahlreiche Gebäude und Flächen der Stadt Bergisch Gladbach potenziell durch Sturzfluten gefährdet sind. Gefahr geht dabei sowohl von Hangabfluss als auch von Kanalüberstau aus.

Dezentrale kleinräumige Maßnahmen (Low Impact Development) im Rahmen der sog. grünen Infrastruktur sowie klassische Infrastruktur- und objektbezogene Maßnahmen innerhalb der Stadt, können diese Sturzflutgefahr zukünftig reduzieren.

5 Weichen für ein ganzheitliches Risikomanagement gestellt

Das Hochwasserschutzkonzept der Stadt Bergisch Gladbach bietet eine wichtige Basis für die Risikovorsorge. Die hier gewonnenen Erkenntnisse bestätigen im Wesentlichen die Wirksamkeit der geplanten Vorhaben, weisen aber auch auf einige Defizite hin. Die Starkregenmodellierung hat zusätzliche Gefahrenbereiche identifiziert und visualisiert.

Mit den hier entwickelten Starkregen- und Hochwassergefahrenkarten kann die Stadt Bergisch Gladbach betroffene Bürger gezielt über potenzielle Gefahren informieren. Zusätzlich können mit dem bestehenden 2D-Modell die Wirkungen von Maßnahmen zum Schutz vor Überflutungsgefährdungen infolge von Starkregen und Hochwasser untersucht werden. Auch Handlungsempfehlungen sowie Einsatzpläne für die Feuerwehr und den Katastrophenschutz lassen sich daraus ableiten.

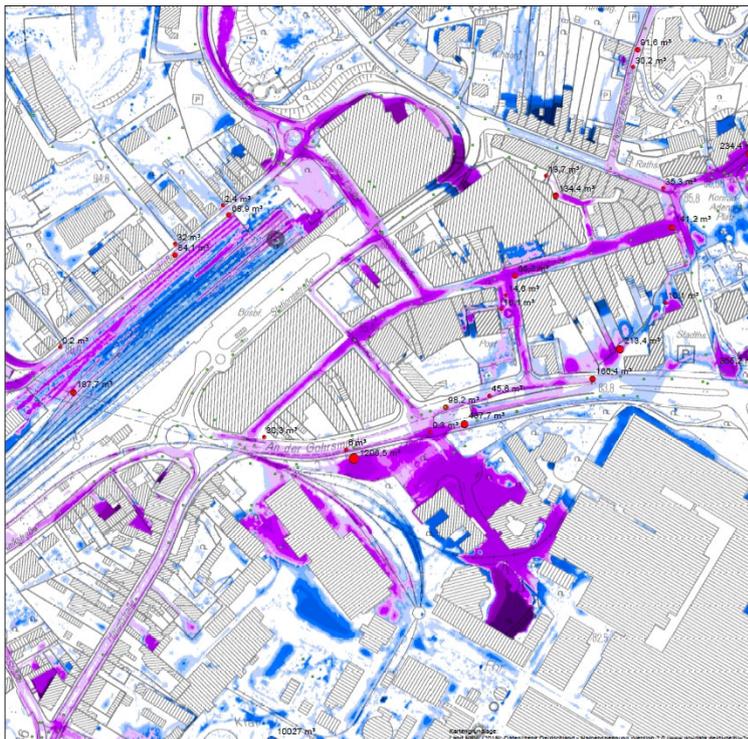


Bild 3: Kombinierte Gefahrenkarte für die Gefährdung aus Flusshochwasser und aus Starkregen

Durch die Integration des Starkregenthemas in die bestehenden Planungen kann die Stadt Bergisch Gladbach ein Handlungs- und Maßnahmenkonzept zur Hochwasser- und Starkregenvorsorge entwickeln, das alle Aspekte eines ganzheitlichen Risikomanagements berücksichtigt.

Modellierung von Renaturierungsmaßnahmen mit HYDRO_AS-2D

*Prof. Dr.-Ing. Markus Disse; Michael Neumayer, M. Sc.; René Heinrich, M. Sc.,
Technische Universität München, Lehrstuhl für Hydrologie und Flussgebietsmanagement;
Arcisstraße 21, 80333 München
markus.disse@tum.de; michael.neumayer@tum.de; rene.heinrich@tum.de,*

1 Das Projekt ProNaHo

Im Rahmen des laufenden Projektes ProNaHo (Prozessbasierte Modellierung Natürlicher sowie Dezentraler Hochwasserrückhaltmaßnahmen zur Analyse der ereignis- und gebietsabhängigen Wirksamkeit) des Lehrstuhls für Hydrologie und Flussgebietsmanagements der TU München (Auftraggeber: Bayerisches Landesamt für Umwelt) sollen bayernweit gültige Aussagen für die Wirksamkeit von natürlichen und dezentralen Hochwasserrückhaltmaßnahmen erarbeitet werden. Hierbei wird insbesondere die ereignis- und gebietsabhängige Wirksamkeit folgender Maßnahmen analysiert:

- Landnutzungs- und Bewirtschaftungsänderungen
- Renaturierungs- und Auengestaltungsmaßnahmen (inkl. Biberdammszenarien)
- Dezentrale Kleinrückhaltebecken

Für die Untersuchung dieser Gesichtspunkte werden die Methoden der Windachstudie (Rieger, 2012) weiterentwickelt und auf zusätzliche Untersuchungsgebiete angewandt. Die zu analysierenden Renaturierungs- und Auengestaltungsmaßnahmen spielen sowohl wegen ihrer positiven Synergieeffekte, als auch wegen ihrer Auswirkungen auf den Verlauf von Hochwasserereignissen eine besondere Rolle. Allerdings wird die Wirksamkeit solcher Maßnahmen oft kontrovers diskutiert. Die Anwendung verschiedener Modellansätze und unterschiedlicher Methoden zur Implementierung der Renaturierungs- und Auengestaltungsmaßnahmen erschweren die Vergleichbarkeit diverser Studien. In diesem Zusammenhang stellt ein Ziel des Projektes eine gebietsübergreifende Wirksamkeitsbetrachtung von Renaturierungs- und Auengestaltungsmaßnahmen unter Nutzung einer weitgehend prozessbasierten Modellierung dar.

2 Modellansatz

Die Umsetzung potenzieller Renaturierungs- und Auengestaltungsmaßnahmen in den Untersuchungsgebieten erfolgt mittels des zweidimensionalen numerischen Modells HYDRO_AS-2D. Mithilfe des überwiegend physikalisch basierten Wasserhaushaltsmodells WaSiM werden die Eingangsdaten der zu untersuchenden Hochwasserereignisse erstellt. Um entsprechend dem betrachteten Einzugsgebiet möglichst charakteristische Niederschlagsereignisse zu simulieren, werden diese unter Berücksichtigung zahlreicher Realereignisse generiert. Insgesamt werden pro Untersuchungsgebiet fünf Hochwasserereignisse mit unterschiedlicher Niederschlagscharakteristik (advektiv - konvektiv) und Jährlichkeit untersucht. Diese werden vom hydrologischen Modell über zahlreiche Zuflüsse entlang des zu analysierenden Flussabschnittes an das hydraulische Modell übergeben.

3 Umsetzung von Renaturierungs- und Auengestaltungsmaßnahmen im hydrodynamischen Modell

Im Zuge der laufenden ProNaHo-Studie wurden verschiedene Methoden zur Implementierung von Gewässer- und Auenrenaturierungsmaßnahmen in hydrodynamische Modelle entwickelt. Als allgemeines Szenarienziel der Modellrenaturierungen wird eine ca. 100 Jahre unbewirtschaftete Auenlandschaft definiert. Anthropogen überprägte Auen-elemente, wie Gräben, Drainagen und landwirtschaftliche Strukturen, aber auch wasserbauliche Ausbauten werden dabei, je nach Methodenwahl und deren Vorgaben, beseitigt oder teil-

weise im Modell belassen. Die nachfolgenden Schritte erläutern die Umsetzung der ganzheitlichen Renaturierungsansätze.

Die Leitbildentwicklung

Zur Entwicklung der gewässerspezifischen hydromorphologischen Leitbilder dient die einschlägige Literatur zur Gewässermorphologie und Typologie als Grundlage (z.B. Pottgiesser & Sommerhäuser (2008), Dahm et al. (2014), Koenzen (2005) und Briem et al. (2002)). Zusätzlich werden neben der Auswertung von topographischen, geologischen und historischen Kartengrundlagen (z.B. Bay. Urblatt) auch tiefenabhängige Analysen digitaler Geländemodelle (DGM) in Kombination mit Orthophotos durchgeführt. Querprofilaufnahmen, Feldmessungen von Boden- und Geschiebeproben sowie Vegetationsstrukturanalysen der Vorländer werden zusätzlich erhoben. Diese Untersuchungen ermöglichen Rückschlüsse auf rezente Gerinneverläufe, deren mögliche Querschnittsgeometrien und auf Grundwasserflurabstände.

Entwicklung eines potenziell natürlichen Gewässerverlaufs mit zugehörigen Querprofilen

Basierend auf den erarbeiteten gewässerspezifischen Leitbildern und den Berechnungsansätzen des Merkblatts DWA-M 610 (2010) erfolgt die jeweilige Dimensionierung der potenziell natürlichen Gewässerbreite, des Gewässerentwicklungskorridors sowie der Sinuosität des betrachteten Fließgewässers. Entsprechend dem vorherrschenden Fließgewässertyp werden in Anlehnung an die Systemskizzen nach Dahm et al. (2014) sowie unter Berücksichtigung der Vor-Ort-Kartierungen, je nach Methodenwahl, ca. drei bis zehn idealtypische Querprofiltypen abgeleitet. Basierend auf diesen Informationen wird der renaturierte Flussschlauch erstellt und in das hydraulische Modell eingefügt.

Anpassung der Rauheitsparametrisierung im Flussschlauch und Vorland

Durch Wildholzeintrag und -ablagerung, erhöhte Ufererosion sowie aufgrund von Auflandungen und Auskolkungen eines natürlichen Fließgewässers, erhöhen sich die Fließwiderstände gegenüber den heutigen Ausbauzuständen. Zur Simulation dieser erhöhten Rauheiten im Flussschlauch erfolgen entsprechend dem fließgewässerspezifischen hydromorphologischen Leitbild Anpassungen der Sohlrauheitsbeiwerte (Strickler-Beiwert) im hydrodynamisch-numerischen Modell. Da die untersuchten Hochwasserereignisse ausschließlich in den Sommermonaten stattfinden, ist von voll ausgebildeten auentypischen Vegetationsgesellschaften im Vorland auszugehen. Auch hier findet eine entsprechende Anpassung der Rauheitsbeiwerte statt.

4 Vergleich der Wirksamkeit von Renaturierungs- und Auen-gestaltungsmaßnahmen an zwei ausgewählten Untersuchungsgebieten

In diesem Vortrag werden die Wirksamkeiten der modellierten Renaturierungsmaßnahmen zweier Untersuchungsgebiete gegenübergestellt (vgl. Tabelle 1). Eines der Untersuchungsgebiete befindet sich im Einzugsgebiet der Glonn oberhalb des Pegels Odelzhäusen. Es liegt im Tertiären Hügelland und ist somit durch weitläufige Täler ohne spezifische Talform sowie durch ein durchgängig flaches Gebiets- und Sohlgefälle gekennzeichnet. Die Größe des Einzugsgebiets am Modellauslass beträgt ca. 104 km². Im Gegensatz hierzu entwässert ein ca. 569 km² großes Einzugsgebiet in den zweiten untersuchten Flussabschnitt am Weißen Main. Der als fein- bis grobmaterialreich klassifizierte Weiße Main durchquert im betrachteten Untersuchungsgebiet verschiedene geologische Regionen, welche ein stärker variierendes Sohl- und Gebietsgefälle zur Folge haben.

Tabelle 1: Gebiets- und Modellcharakteristika

	Glonn	Weißer Main
Induziertes Einzugsgebiet [km ²]	104	569
Länge Talmittellinie [km]	13,0	17,8
Ø Gebietsgefälle [‰]	1,5	3,9
Flusslänge Ist-Zustand [km]	13,7	24,2
Ø Sohlgefälle Ist-Zustand [‰]	1,4	3,0

Insgesamt zeigt die Analyse der Auswirkungen der modellierten Renaturierungsmaßnahmen auf die untersuchten Hochwasserereignisse im Falle der Glonn einen deutlich höheren Effekt als am Weißen Main. Dies ist mit hoher Wahrscheinlichkeit zum einen auf das geringere durchschnittliche Gebietsgefälle und zum anderen auf das kleinere Anstiegsvolumen der simulierten Hochwasserereignisse an der Glonn zurückzuführen.

5 Literatur

DWA M 610 (2010): Neue Wege der Gewässerunterhaltung - Pflege und Entwicklung von Fließgewässern (Juni 2010). - DEUTSCHE VEREINIGUNG FÜR WASSERWIRTSCHAFT, ABWASSER UND ABFALL DWA-Regelwerk: M 610. Hennef (Sieg).

BRIEM, E., JÜRING, P. & MAGELSDORF, J. (2002): Fließgewässerlandschaften in Bayern. In: BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT (Hrsg.). Fließgewässerlandschaften in Bayern. München: Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft.

DAHM V., KUPILAS B., ROLAUFFS P., HERING D., HAASE P., KAPPES H., LEPS M., SUNDERMANN A., DÖBBELT-GRÜNE S., HARTMANN CH., KOENZEN U., REUVERS CH., ZELLMER U., ZINS C. & WAGNER F. (2014): Hydromorphologische Steckbriefe der deutschen Fließgewässertypen; Forschungskennzahl 3710 24 207, UBA-FB 001936/ Anh. ,1.

KOENZEN, U. (2005): Fluss- und Stromauen in Deutschland: Typologie und Leitbilder: Ergebnisse des F+E-Vorhabens "Typologie und Leitbildentwicklung für Flussauen in der Bundesrepublik Deutschland" des Bundesamtes für Naturschutz FKZ: 803 82 100. Angewandte Landschaftsökologie 65. Bonn: Bundesamt für Naturschutz.

POTTGIESER, T. & SOMMERHÄUSER, M. (2008): Aktualisierung der Steckbriefe der bundesdeutschen Fließgewässertypen; Umweltbundesamt und Bund/Länder Arbeitsgemeinschaft Wasser; Förderkennzeichen 360 15 007.

RIEGER, W. (2012): Prozessorientierte Modellierung dezentraler Hochwasserschutzmaßnahmen. Zugl.: Neubiberg, Univ. der Bundeswehr München, Diss., 2012. Mitteilungen / Universität der Bundeswehr, München, Institut für Wasserwesen: Bd. 116. Aachen: Shaker.

Geschiebetransportmodellierung mit HYDRO_FT-2D

Prof. Dr.-Ing. Alpaslan Yörük, Hydrotec; alpaslan.yoeruek@hydrotec.de

1 HYDRO_FT-2D vollständig integriert

Das zweidimensionale Feststofftransportsimulationsmodell HYDRO_FT-2D stellt eine Erweiterung von HYDRO_AS-2D dar. Es löst die Gleichungen für den Feststofftransport (Schwebstoff und Geschiebe) sowie ggf. für die Sohlenveränderungen (Exner-Gleichung) numerisch. Auch die Simulation des Wärmetransports ist möglich.

Die Zusatz-Module zum Feststoff- und Wärmetransport sind komplett in die Programm-Umgebung integriert, sodass sie über HYDRO_AS-2D direkt aktivierbar sind.

Alle Neuerungen ab HYDRO_AS-2D 4.x gelten für die Produkte HYDRO_FT-2D, HYDRO_ST-2D, HYDRO_GS-2D und HYDRO_WT-2D.

2 Module für den Stoff- und Wärmetransport

HYDRO_FT-2D umfasst die folgenden Module:

- GS1: Geschiebetransport mit Einheitskorn
- GS_m: Geschiebetransport Mehrkorn mit bis zu 12 Kornfraktionen
- ST: Schwebstofftransport mit bis zu 12 Kornfraktionen auf Basis dreier wählbaren Transportformeln
- FT: Gekoppelter Geschiebe- und Schwebstofftransport mit bis zu 12 Kornfraktionen gleichzeitig und Verfügbarkeit mehrerer Transportformeln
- WT: Wärmetransport

Der Programmteil zur Simulation von bis zu 12 Kornfraktionen wurde mit dem Projektpartner Hunziker, Zarn & Partner AG (Aarau, Schweiz) entwickelt.

3 Pilotprojekt zur Evaluation von HYDRO_FT-2D

In einem Projekt im Auftrag des LfU Bayern evaluiert Hydrotec das Transportmodul anhand von Messdaten und arbeitet an der Verbesserung des mathematischen Modells. Dazu wird für einen Pilotabschnitt der Isar ein Feststofftransportmodell mit HYDRO_FT-2D erstellt und kalibriert, um die vorliegenden morphologischen Prozesse zu analysieren.

Das kalibrierte Modell soll hierzu für eine Prognosesimulation herangezogen werden, um die aktuell durchgeführten Geschiebezugaben in ihrer Wirkung zu untersuchen. Folgende Fragestellungen werden bearbeitet:

- Verbleib der zugegebenen Geschiebemengen
- Optimierungsmöglichkeiten der Geschiebezugaben (Ort, Form, Zusammensetzung, Ereignisse)
- Wirkung weiterer Geschiebezugaben
- Analyse von Maßnahmen auf den Geschiebehaushalt
- Ggf. Simulation eigendynamischer Entwicklung

Licca Liber – der freie Lech – Morphologische Untersuchungen

Dr.-Ing. Robert Klar, Universität Innsbruck, Arbeitsbereich für Wasserbau, Technikerstrasse 13a, 6020 Innsbruck, Österreich; robert.klar@uibk.ac.at

1 Projektanlass

Das Projekt *Licca liber* – Der freie Lech wird derzeit in enger Abstimmung durch die ARGE „SKI – IG KUP – UIBK“, bestehend aus SKI GmbH + Co.KG, Ingenieurgesellschaft Prof. Kobus und Partner GmbH, Universität Innsbruck – AB Wasserbau, REVITAL Integrierte Naturraumplanung GmbH sowie TB Zauner GmbH bearbeitet.

Das Projekt umfasst als vorläufigen Planungsabschnitt den Lech auf der Höhe der Stadt Augsburg von Fl.km 56+795 (Bild 1, Staustufe 23) bis 37+000. Anlass des Projektes sind aus der historischen Lechkorrektur resultierende Defizite hinsichtlich Geschiebetransport bzw. Sohlstabilität und Gewässerstruktur, die Standsicherheitsrisiken für Bauwerke und Beeinträchtigungen der Naturvielfalt nach sich ziehen. Abschnittsweise hat die fortschreitende Sohleintiefung bereits die tertiäre Bodenschicht erreicht – ein zukünftiger Sohl-durchschlag kann dort nicht ausgeschlossen werden. Die Sohlstabilisierung soll durch flussbauliche, möglichst naturnahe Maßnahmen wie z. B. raue Rampen, Sohlbelegungen (offene Deckwerke), weiche Ufer oder auch Aufweitungen des Flussbettes erzielt werden. Innerhalb von Flächen, die zur Verfügung gestellt werden können, soll sich der Fluss wieder möglichst frei entwickeln.

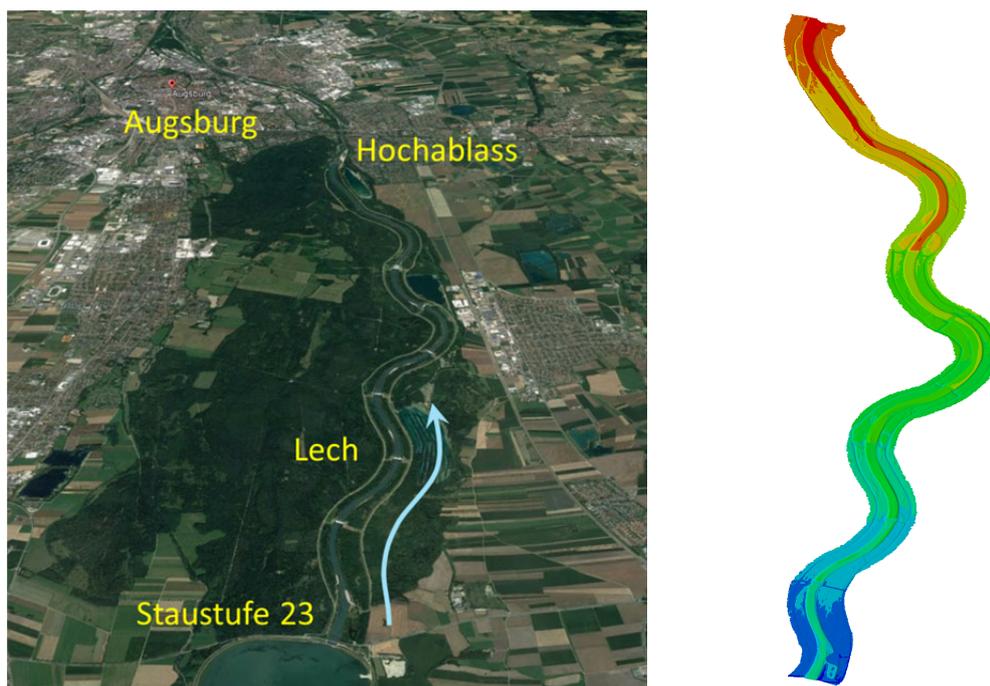


Bild 1: Perspektivischer Blick auf den Planungsabschnitt in Lech Fließrichtung (links) und des Bezugsmodells bis zum Hochablass (rechts).

2 Bezugszustand: Modellkonzept, Kalibrierung, Validierung

Die Modellgrundlagen für den Modellaufbau stützen sich auf die Untersuchungen der Oberflächenwasserhydraulik, bisherige vom Auftraggeber Wasserwirtschaftsamt Donauwörth zur Verfügung gestellte Studien, auf die Morphologische Studie der TUM (Rutschmann, Grünzner & Liepert, 2012) und eigene Erhebungen z. B. zur Kornzusammensetzung des Sohlenmaterials.

Das Modellkonzept zur Kalibrierung und Validierung lehnt sich stark an Methoden an, die in Klar (2016) definiert und untersucht wurden. Das Konzept muss Lösungen für unterschiedliche Herausforderungen bieten. Bei der Simulation langjähriger Zeiträume mit zweidimensionalen Strömungs- und Feststofftransportmodellen treten z. B. große Rechenzeiten auf. Bei der Frage nach der Anzahl an möglichen Rechenläufen, die im Rahmen von Kalibrierung, Validierung und Sensitivitätsanalysen in einem vorhandenen Bearbeitungszeitraum durchgeführt werden können, ist die Rechenzeit sogar der bestimmende Faktor. Durch geeignete Maßnahmen wie z. B. die Beschränkung auf geschieberelevante Zeiträume sowie die Optimierung des Berechnungsnetzes, des Beschleunigungsfaktors und der Anzahl an Kornklassen konnte letztlich ein guter Kompromiss zwischen Genauigkeitsanspruch und möglichst geringen Rechenzeiten gefunden werden.

Die Kalibrierung und Validierung erfolgt jeweils für einen mehrjährigen Zeitraum mit guter Datengrundlage. Zur Untersuchung der Sohleintiefung stehen Querprofilaufnahmen des Wasserwirtschaftsamtes Donauwörth und der Uniper ab dem Jahre 1976 zu Verfügung. Die Auswertung dieser Daten ermöglicht eine Abschätzung der Erosion bzw. Auflandung zwischen den Querprofilen für unterschiedliche Zeitabschnitte und damit des Geschiebetransports für Kalibrier- und Validierungszeiträume. In einer Serie von Rechenläufen werden die vermessene der jeweils berechneten Sohlentwicklung gegenübergestellt und daraus durch geeignete Ansätze verbesserte Modellparameter abgeleitet. Der Zielparametersatz zeichnet sich durch möglichst geringe Sohldifferenzen zur erwarteten Zielsohle am Ende des Kalibrierungszeitraums aus und wird mittels der Simulation eines weiteren mehrjährigen Zeitraums validiert.

3 Planungsvarianten: ausgewählte Aspekte der morphodynamischen Modellierung

Durch eine Reihe von Staustufen ist die Geschiebedurchgängigkeit des Lechs nicht mehr gegeben. Am oberen Modellrand unterhalb der Staustufe 23 (Bild 1) ist daher kein Geschiebeeintrag zu erwarten. Die Planvarianten sollen u. a. wieder eine gewisse Sohldynamik aufweisen und damit die Naturvielfalt – so weit wie möglich – wiederherstellen. Aus diesem Grund wird eine Geschiebezugabe z. B. in Form von seitlichen Depots an geeigneten Stellen in den obersten Abschnitten des Planungsbereichs erwogen. Die Mengen und die zeitliche Verteilung einer solchen Geschiebezugabe sind unbekannte Planungsparameter und stark von der Flussbettgestaltung (Längsneigung, Sohlbreite, etc.) der Planungsentwürfe abhängig. Die morphodynamische Modellierung soll darauf eine möglichst prognosesichere Antwort liefern und die sohlstabilisierende und ökologische Wirksamkeit der Planung insgesamt nachweisen. Ausgewählte Aspekte und Möglichkeiten der numerischen Modellierung werden erläutert und die zu bewältigenden Herausforderungen dem noch frühen Projektstand entsprechend diskutiert.

4 Literatur

Klar, R. (2016). Langzeitsimulation des Geschiebetransports in alpinen Tälern: Weiterentwicklung von Methoden zur Modellierung der langfristigen Sohlagenentwicklung und zur Ermittlung von Hochwassergefahren in inneralpinen Tälern. (Dissertation, Forum Umwelttechnik und Wasserbau, Band 24), Universität Innsbruck, Innsbruck.

Rutschmann, P., Grünzner, M., & Liepert, T. (2012). „Licca Liber“ – Der freie Lech, Untersuchung der flussbaulichen Möglichkeiten zur Sanierung des Lechs, Morphologische Grundlagenstudie. Studie. Lehrstuhl und Versuchsanstalt für Wasserbau und Wasserwirtschaft. Technische Universität München. München.



HYDRO_AS-2D

2D-Simulation von Fließgewässern

HYDRO_AS-2D ist die ideale Software für die hydrodynamisch-numerische Simulation von Fließgewässern. Das flexibel anwendbare Programm liefert verlässliche Ergebnisse für Ihre Projekte in den Bereichen Hochwasserschutz, Gewässerentwicklung und Sturzflutvorsorge.

Zusatzmodule



HYDRO_FT-2D

Erweiterung zur 2D-Simulation von Transportprozessen

HYDRO_FT-2D berechnet den Geschiebetransport mit bis zu zwölf Kornfraktionen. Das Modell berücksichtigt den Einfluss der Flusskrümmung, der Sohlform sowie der Längs- und Querneigung der Gewässersohle. Es berechnet Sohlenveränderungen infolge Sedimenterosion und -ablagerung.

Weiterhin ist die Modellierung des Schwebstoff- und Schadstofftransports getrennt oder gekoppelt möglich.



HYDRO_WT-2D

Wärmetransport in Fließgewässern modellieren



Flussschlauchgenerator

Berechnungsnetz für den Flussschlauch aus Profildaten erstellen



JabPlot

Querprofile und Längsschnitte aus Ergebnissen und Modellen erzeugen



LASER_AS-2D

Laserscandaten intelligent ausdünnen und hochwertige Berechnungsnetze erstellen

Hydrotec

Ingenieurgesellschaft für
Wasser und Umwelt mbH

Kompetenz für die Wasserwirtschaft

- Gewässerhydraulik
- Hydrologie
- Gewässerentwicklung
- Hochwasserschutz
- Hochwasservorhersage
- Stadtentwässerung
- Softwareprodukte
- Softwareentwicklung
- Öffentlichkeitsarbeit

Hydrotec Ingenieurgesellschaft für Wasser und Umwelt mbH

Bachstraße 62-64
52066 Aachen

☎ 0241 94689-0
✉ mail@hydrotec.de

www.hydrotec.de

