

Hydrothemen

KUNDENINFORMATION

NR. 30 / APRIL 2016



SCHWERPUNKT

- > NASIM: Professionelle Werkzeuge für aktuelle Fragen der Gewässerbewirtschaftung
- > Niederschlag-Abfluss-Modelle flächendifferenziert kalibrieren

SOFTWARE-PRODUKTE

- > NASIM-Optimierer berechnet automatisch Rückhaltevolumen
- > HYDRO_AS-2D 4.2 modelliert komplexe Wehrsteuerungen

PROJEKTE

- > Kommunale Hochwasserschutzregister schaffen Planungsspielraum
- > 2D-Berechnung: Wieviel Retentionsraum entsteht durch eine Renaturierung?

MELDUNGEN

- > HYDRO_AS-2D: Anwendertreffen am 05.10.2016
- > Delft-FEWS: Tagung der deutschsprachigen Anwender am 05.07.2016
- > Teilnahme am Esri Developer Summit 2016
- > Verstärkte Zusammenarbeit zwischen Aquaveo und Hydrotec



Liebe Kunden,

Niederschlag-Abfluss-Modelle liefern wichtige Grundlagendaten für ein breites Spektrum von Aufgaben der Gewässerbewirtschaftung. Deshalb sind bei ihrer Berechnung hohe fachliche Anforderungen zu erfüllen, z. B. um korrekte Bemessungsabflüsse zu erhalten.

Bei der Diskussion um die Genauigkeit von hydraulischen Modellierungen wird dieser Aspekt häufig zu wenig beachtet. Wir richten daher in dieser Ausgabe der Hydrothemen den Fokus auf die N-A-Simulation und unsere Software NASIM.

Wir geben einen Überblick über die vielfältigen Einsatzbereiche von NASIM, das Ihnen praxistaugliche und mächtige Werkzeuge zur N-A-Modellierung bietet.

Auch die Methodik der hydrologischen Modellierung entwickeln wir weiter. Ein verbessertes Verfahren der Modellkalibrierung auf Ebene der Elementarflächen stellen wir Ihnen in diesem Heft vor.

Außerdem lernen Sie den NASIM-Optimierer kennen - eine neue Funktion zur automatisierten Optimierung von Beckenvolumina und Abflüssen.

Hydrotec steht Ihnen als fachlich hervorragender Dienstleister für anspruchsvolle Aufgaben der Gewässerbewirtschaftung gern zur Verfügung. Nehmen Sie mit uns Kontakt auf. Wir freuen uns auf Ihre Anfrage.

Eine informative Lektüre wünscht Ihnen

Anne Sintic

Anne Sintic

(Leitung Öffentlichkeitsarbeit)

Esri Developer Summit in Palm Springs

Der 11. Esri Developer Summit in Palm Springs war mit über 1500 GIS-Entwicklern aus aller Welt der erfolgreichste bislang. Unser Mitarbeiter Michael Bellinghausen konnte sich vor Ort über die aktuellen Neuerungen und Methoden in der Software-Entwicklung mit Esri-Produkten informieren.

Die Themenschwerpunkte des Esri Developer Summit:

- Erstellen von Apps auf Basis von ArcGIS Runtime SDKs
- Entwicklung von Desktop-Anwendungen mit ArcObjects, Python und ArcGIS Pro
- Verbesserung von Web-Systemen in punkto Sicherheit, Performance, Online-Analysen, etc.

Den Konferenzteilnehmern wurde ein vielfältiges, hochkarätiges Vortragsprogramm mit mehr als 250 technischen Sessions über vier Tage geboten. Außerdem erhielten sie die Gelegenheit, sich mit Esri-Entwicklern zu treffen und ihre Fragestellungen und Lösungsansätze zu diskutieren.

Der bekannte Entwickler und Buchautor Douglas Crockford hielt eine überzeugende Keynote über die praktische Anwendung von JavaScript in immer komplexer werdenden Web-Anwendungen. Er zeigte auf, warum JavaScript noch lange Bestand haben wird und welche Anforderungen auf die zukünftigen Generationen der Programmiersprache zukommen werden.



Delft-FEWS: Tagung der deutschsprachigen Anwender

Hydrotec lädt alle deutschsprachigen Anwender des Vorhersagesystems Delft-FEWS für den 5. und 6. Juli 2016 zu einer Tagung und einem Workshop nach Aachen ein.

Am 5. Juli findet eine Tagung mit Vorträgen und Diskussionsrunden statt, in deren Rahmen Delft-FEWS-Anwender sich über die vielfältigen Einsatz-

möglichkeiten des Vorhersagesystems austauschen, Neuerungen kennenlernen sowie offene Fragen mit den Entwicklern des Systems diskutieren können.

Am 6. Juli leitet Dr. Dirk Schwanenberg (Deltares) einen Workshop zum Thema „Datenassimilierung in hydrologischen Modellen und die Verbesserung der Vorhersagegüte“. Die Teilnehmer erhalten Gelegenheit zur Erstellung, Assimilation und Analyse eines konzeptionellen hydrologischen Modells anhand eigener Daten. Weitere Informationen und ein Anmeldeformular finden Sie auf unserer Homepage.

Bitte melden Sie sich rechtzeitig an, da die Teilnehmerzahl für beide Termine begrenzt ist. Wir freuen uns auf zwei informative und anregende Tage mit Ihnen!



Verstärkte Zusammen- arbeit mit Aquaveo

Aquaveo, Utah/USA entwickelt und vertreibt wasserwirtschaftliche Fach-Software wie das Surface-Water Modeling System SMS. HYDRO_AS-2D-Anwender nutzen das Programm als Ein- und Ausgabewerkzeug für die 2D-Modellierung.

Aquaveo hat SMS in den vergangenen Jahren stetig weiterentwickelt und Verbesserungen und neue Funktionen für die 2D-Modellierer integriert.

Unser Vertriebs-Team Angela Deppe und Anne Sintic besuchten Aquaveo im März dieses Jahres und führten Gespräche über eine künftige verstärkte Zusammenarbeit.

Hydrotec wird den Vertrieb von weiteren Aquaveo-Produkten für den europäischen Raum übernehmen. Dazu gehört unter anderem die Software GMS (Groundwater Modeling System) für die Modellierung von Grundwasserströmungen.

Ein Gegenbesuch im Oktober 2016 ist schon in Planung: Ein Aquaveo-Mitarbeiter wird das HYDRO_AS-2D-Anwendertreffen sowie den Workshop in München mitgestalten.

HYDRO_AS-2D: Anwendertreffen 2016 in München

Alle HYDRO_AS-2D-Anwender sollten sich den 5. Oktober 2016 vormerken. Wir laden Sie herzlich zu einer Fachtagung ein. Veranstaltungsort ist die TU München.



Erfahrene Referenten werden spannende Projekte vorstellen, Programmierer von Aquaveo und Hydrotec präsentieren neu entwickelte Software-Werkzeuge und stehen Ihnen für Fragen zur Verfügung.

Für den 6. Oktober ist – ebenfalls in München – ein Workshop für fortgeschrittene Anwender von HYDRO_AS-2D und SMS geplant. Weitere Informationen finden Sie in Kürze auf unserer Homepage.

Reise-Eindrücke: Links das Kongress-Zentrum in Palm Springs und unten der Double Arch im Arches Nationalpark, Utah.



NASIM - Software für die Hydrologie mit breitem Einsatzspektrum

NASIM ist ein seit vielen Jahren bewährtes Niederschlag-Abfluss-Modell, das die hydrologischen Prozesse natürlicher und urbaner Einzugsgebiete detailliert abbildet. Mit der Entwicklung der Gewässerbewirtschaftung haben sich die Einsatzfelder des N-A-Modells stark aufgefächert und spezialisiert. NASIM ermöglicht es, die vielfältigen hydrologischen Aufgaben der Praxis mit einem einzigen, wissenschaftlich basierten Modell zu bearbeiten.

NASIM zeichnet sich aus durch umfassende Funktionalitäten, leichte Bedienbarkeit und Offenheit zu anderen Systemen. Durch die Visualisierung des hydrologischen Systems in Systemplan und Karte behalten Anwender auch bei komplexen Topologien den Überblick. Das Programm bietet Werkzeuge für ArcGIS sowie Module für statistische Auswertungen, mit denen sich effizient Daten aufbereiten und Ergebnisse auswerten lassen.

Wasserwirtschaftliche Kennwerte ermitteln

Mit NASIM ermitteln Sie wasserwirtschaftliche Grundlagendaten wie Bemessungsabflüsse und Überflutungsdauern. Sie können die zeitliche Auflösung beliebig festlegen und erstellen auf einfache Weise statistische Auswertungen (z. B. Zeitreihen, extreme Jahre, Dauerlinien, langjährige Mittel, HQx).

Einzugsgebiete analysieren und bewirtschaften

Wer die hydrologischen Zusammenhänge eines Einzugsgebiets detailliert kennt, kann es optimal und nachhaltig bewirtschaften. NASIM ermöglicht es, klassische Wasserhaushaltsbilanzen über lange Zeiträume zu erstellen, das Wasserdargebot, die Entstehung von Hochwasser, die Laufzeiten und die Wellenüberlagerung zu analysieren.

Mit NASIM lassen sich die Auswirkungen von Landnutzungsänderungen ermitteln und Maßnahmen zur Bewirtschaftung wie Entnahmen, Einleitungen, Überleitungen abbilden.

Hochwasserschutzkonzepte entwickeln

Kommunale und regionale Hochwasserschutzkonzepte basieren auf detaillierten hydrologischen und hydraulischen Modellierungen. Mit NASIM weisen Sie die Wirkung von Hochwasserrückhaltebauwerken, Gewässerrenaturierungen und Rückhalt in der Fläche nach. Durch die integrierte Variantenhaltung werden optionale Maßnahmen leicht miteinander vergleichbar.

Einleitungsnachweise führen

Der Nachweis der hydraulischen und stofflichen Belastung eines Gewässers im Bereich einer Einleitung erfordert oft die Anwendung des detaillierten Verfahrens nach BWK M3/M7.

Mit NASIM können Sie den Ist-Zustand, den potenziell naturnahen Zustand sowie den Prognosezustand simulieren und dadurch Einleitungsnachweise entsprechend der Anforderungen effizient und zuverlässig erstellen.

Mit Optimierungsrechnungen erhalten Sie das günstigste Kosten-Nutzen-Verhältnis für erforderliche Maßnahmen.

Abflüsse und Wasserstände vorhersagen

NASIM lässt sich als hydrologisches Modell für Hoch- und Niedrigwasservorhersagen verwenden. Mit seiner Schnittstelle zu Delft-FEWS hat es sich vielfach für den operationellen Einsatz bewährt.

Beckenvolumen und Betriebsregeln optimieren

NASIM versetzt Sie in die Lage, hydrologische Systeme sehr genau abzubilden und Betriebsregeln nach den für Sie maßgebenden Faktoren zu optimieren.

Die Betriebsregeln von Rückhaltebecken, Stauanlagen und Aufteilungsbauwerken können Sie mit NASIM modellieren und in jedem Simulationsschritt Berechnungsgrößen wie z.B. Wasserstand, Schneehöhe oder Abfluss ermitteln.

Ein neues Optimierungswerkzeug ermöglicht es, die Volumina mehrerer Becken eines Einzugsgebiets automatisiert, z. B. nach den Anforderungen nach BWK M7, zu optimieren (siehe S. 8/9).

Hydraulisch komplexe Elemente modellieren

Mit dem hydrodynamischen Rechenkern bietet NASIM ab Sommer 2016 zusätzlich ein 1D-hydraulisches Wellenablaufverfahren an (s. Hydrothemen Nr. 27).

Er ist im Systemelement „Gewässerstrang“ aktivierbar und ermöglicht es, Rückstauereffekte an Einmündungen von Nebengewässern, in Kanälen und Stauanlagen korrekt abzubilden.

Schmutzfrachten berechnen

NASIM verfügt über ein vollwertiges Schmutzfrachtmodell, das es ermöglicht, Nachweise für die Dimensionierung von Mischwasserentlastungen zu führen. Dabei werden die wesentlichen Anforderungen des ATV-Arbeitsblatts 128 und weiterhin die Anforderungen des BWK Merkblatts 3 erfüllt. Mit NASIM können Sie

- die stofflichen Einträge ins Gewässer quantifizieren,
- Mischungsrechnungen in Kanalhaltungen und Fließgewässern durchführen,
- Fremdwasserzuflüsse in Kanalhaltungen berücksichtigen,
- Ammoniumtoxizität und Sauerstoffdefizit im Gewässer ermitteln.

Urbanhydrologie/städtische Systeme abbilden

Mit NASIM bilden Sie detailliert städtische Entwässerungs-Infrastruktur ab und stellen sie im Zusammenhang mit dem natürlichen Abfluss-System dar. Dadurch können Sie

- Niederschlags- und Abwasser-Abflüsse in Trenn- und Mischsystemen quantifizieren,
 - Schmutzfrachten quantifizieren und qualitativ analysieren,
 - Retentionsbodenfilter abbilden,
 - Kanäle 1D-hydrodynamisch modellieren (ab Sommer 2016),
- und effizient Nachweise für Sonderbauwerke und Kanalnetze erstellen.

Szenarien für Klimaänderungen aufstellen

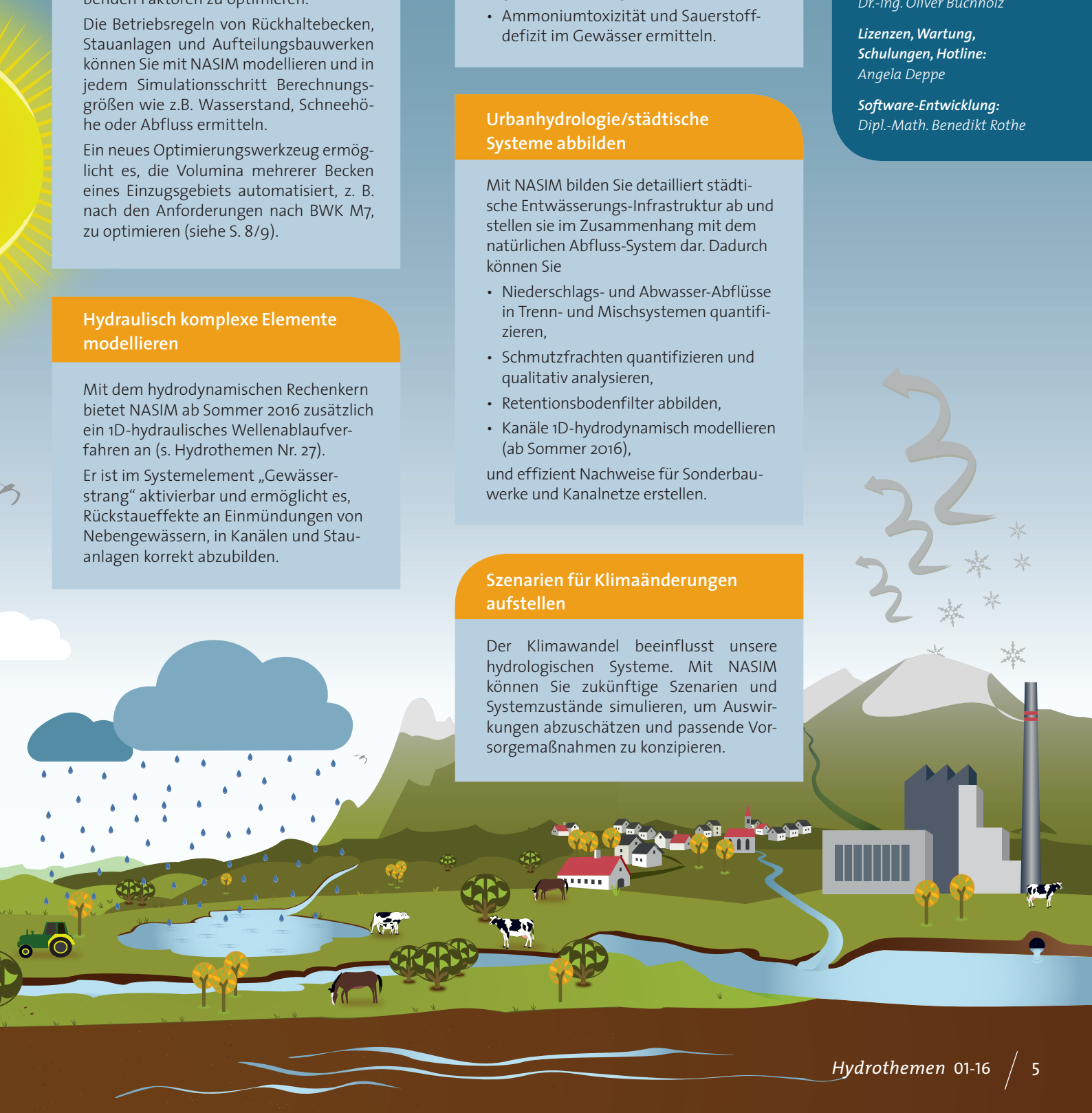
Der Klimawandel beeinflusst unsere hydrologischen Systeme. Mit NASIM können Sie zukünftige Szenarien und Systemzustände simulieren, um Auswirkungen abzuschätzen und passende Vorsorgemaßnahmen zu konzipieren.

Ihre NASIM-Ansprechpartner bei Hydrotec:

Projekte und Anwendung:
Dr.-Ing. Oliver Buchholz

Lizenzen, Wartung, Schulungen, Hotline:
Angela Deppe

Software-Entwicklung:
Dipl.-Math. Benedikt Rothe



Niederschlag-Abfluss-Prozesse flächendifferenziert kalibrieren und simulieren

Erweiterte Methode berücksichtigt die ökologische Bodenfeuchte und kalibriert Parameter auf Ebene der Elementarflächen

Hydrotec entwickelt Ansätze und Methoden der hydrologischen Modellierung kontinuierlich weiter. Dazu nutzen wir Verbesserungen im hydrologischen Prozesswissen sowie inzwischen verfügbare Geo-Grundlagendaten und setzen GIS-Techniken und Skripting-Methoden ein, um Massendaten zu verarbeiten.

Wir stellen Ihnen hydrologische und technische Ansätze vor, die es erlauben, Abflussbildungsprozesse differenzierter zu modellieren als bisher. Sie steigern das Verständnis für die hydrologischen Zusammenhänge eines Einzugsgebiets und führen durch die Identifizierung von Abflussbildungsschwerpunkten zu verbesserten Bemessungsgrundlagen.

Berechnung der Abflussbildung in NASIM

Das hydrologische Modell NASIM simuliert kontinuierlich den Feuchtegehalt der ungesättigten Bodenzone über die Prozesse Infiltration, Exfiltration, Evapotranspiration usw. Die Intensität dieser Prozesse ist gleichzeitig eine Funktion der aktuellen Bodenfeuchte. Im Modell wird die Abflussbildung für den aktuellen Niederschlag als Oberflächenabfluss (falls die aktuelle Infiltrationsleistung überschritten ist) oder als Sättigungsabfluss (falls die Aufnahmekapazität erreicht ist) berechnet.

NASIM nutzt ein Modell, das konzeptionelle, physikalisch begründete Parameter verwendet und erlaubt es somit, dass Modellierer ihre Vorstellungen von den Abhängigkeiten des Parameters (= Hypothese) in die Parameterschätzung einfließen lassen.

Hypothese berücksichtigt ökologische Bodenfeuchtebedingungen

Eine häufig genutzte Hypothese (z. B. nach Holtan) definiert die maximale Infiltrationsrate als Funktion von Bodenart bzw. Bodenkenwert.

Ein davon abweichender Ansatz berücksichtigt den Zusammenhang zwischen der Abflussbildung und den ökologischen Feuchtebedingungen – langfristig feuchten Standorten werden demnach geringere Infiltrationsraten zugewiesen:

$$\text{Max. Infiltration} = f(\text{Feuchte})$$

Unsere Beobachtungen aus N-A-Studien, in denen es in benachbarten Gebieten trotz homogener Böden und Landnutzungen zu sehr unterschiedlicher Abflussbildung kommt, unterstützen diese Hypothese.

Kalibrierungsparameter auf Ebene der Elementarflächen

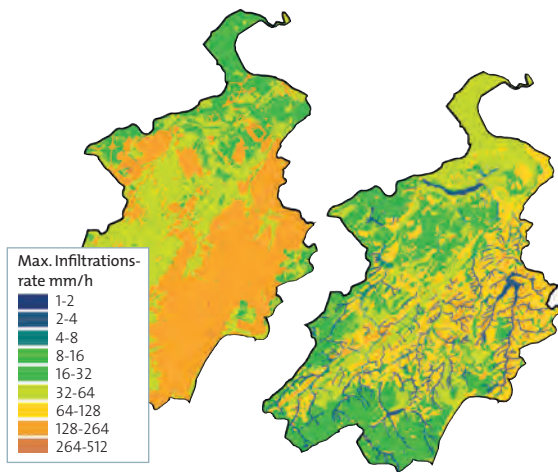
Bei der konventionellen Kalibrierung werden die Prozessraten für die Simulation mit Faktoren linear vergrößert oder verkleinert, bis am Pegel eine Übereinstimmung zwischen Modell- und Pegeldaten erreicht wird.

Diese Anpassung geschieht einheitlich für alle Elementarflächen eines Einzugsgebiets bis zum nächsten Pegel. Diese Verallgemeinerung kann zur Über- bzw. Unterschätzung der Abflussbildung innerhalb des

Elementarflächen – kleinste räumliche Einheiten

Um Parameter für die Abflussbildung abzuschätzen, sind Grundlagendaten wie Bodenarten, Flächennutzung und Geländehöhen auszuwerten. Durch Verschneidung dieser Eigenschaften wird das Einzugsgebiet in kleinste räumliche Einheiten aufgeteilt, die homogene für die Abflussbildung relevante Eigenschaften besitzen. Diese Einheiten werden z. B. als Elementarflächen, Hydrotope oder Hydrologic Response Unit (HRU) bezeichnet.





Gebiets führen, was beim Abgleich mit Zwischenpegeln erkennbar wird. Zusätzlich zum Ansatz nach Holtan entwickelten wir ein verfeinertes Kalibrierungsverfahren. Es ermöglicht, den Elementarflächen spezifische Kalibrierfaktoren zuzuordnen, abhängig von den verwendeten Elementarflächeneigenschaften.

Elementarflächen-Kalibrierung erprobt am Einzugsgebiet Inde/Vicht

Die beschriebenen Hypothesen und das verfeinerte Kalibrierungsverfahren untersuchten wir für das Einzugsgebiet der Inde (ca. 360 km²) im Auftrag des Wasserverbandes Eifel-Rur (WVER). In einem Einzugsgebiet mit gleichen oder ähnlichen Bodenarten wurden trockeneren Bereichen (gemäß Bodenfeuchteklassen der Bodenkarte NRW) gegenüber feuchteren Bereichen unterschiedliche Infiltrationsraten zugeordnet.

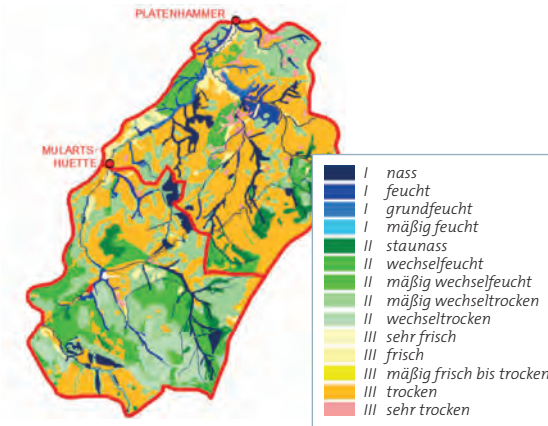
In der Karte wird erkennbar, dass das neue Verfahren die Abflussbildung räumlich stärker differenziert und andere Abflussschwerpunkte liefert. Plausibel erscheint, dass die Gewässerverläufe in der Karte rechts deutlich erkennbar werden (dunkelblaue Flächen mit geringster Infiltrationsrate).

Abflussbildung nach Eigenschaften räumlich differenziert

Zwei im Gewässerverlauf der Vicht (NG der Inde) aufeinanderfolgende Pegel (Mulartshütte und Platenhammer) liegen laut Feuchtekarte in sehr unterschiedlichen Bereichen, während die Bodenarten recht ähnlich sind. Das südliche Einzugsgebiet besitzt größere Anteile an feuchten Flächen, während das nördliche Gebiet größere Anteile an trockenen Flächen aufweist.

In früheren Modellstudien (1990) wurde das gesamte Gebiet anhand des im Norden liegenden Pegels Platenhammer kalibriert. In der in 2010 erstellten Modellierung standen zusätzlich Messwerte eines Zwischen-

pegels (Mulartshütte) zur Verfügung, sodass eine separate Kalibrierung der beiden Pegelzugsgebiete und ein Vergleich mit dem Alt-Modell möglich waren. Dadurch konnten wir bestätigen, dass die Abflussbildung bei der ursprünglichen Kalibrierung mit einem pauschalen Eichparameter für das gesamte Gebiet im südlichen Teilgebiet eher unterschätzt und im nördlichen Teilgebiet eher überschätzt wurde, um einen stimmigen Abgleich für den Pegel Platenhammer zu erreichen.



Die aktuelle feuchteabhängige Parameterschätzung und die selektive Kalibrierung sorgen dafür, dass die Abflussbildung in beiden Abschnitten zutreffender modelliert wird. Der bereits für Einzelereignisse kalibrierte Modelldatensatz konnte so für eine Langzeitsimulation verbessert werden.

Technische Umsetzung mit Python

Die Verwendung von Funktionsgleichungen oder Stützpunktkurven ermöglicht es, die beschriebene Hypothese für Massendaten umzusetzen, sodass im GIS für jede der Elementarflächen/Hydrotope die Prozessrate (max. Infiltrationsrate) berechnet wird. Dazu kommen Python-Skripte zum Einsatz. Sie lesen die Attribute aus den Datenbank-Tabellen der GIS-Dateien direkt aus, rechnen sie anhand der Funktionsgleichung um und schreiben sie in eine XML-Datei. Über die XML-Schnittstelle in NASIM können die geänderten Werte selektiv zum bestehenden Modelldatensatz hinzugeladen werden.

Weitere Untersuchungen folgen

Das beschriebene Verfahren bietet viele Freiheitsgrade und Möglichkeiten für Modellierer, aber auch ein gewisses Risiko für die Modellqualität. Die Anwendung sollte daher nur erfahrenen Modellierern überlassen bleiben. Eine sorgfältige und nachvollziehbare Dokumentation der verwendeten Parameter und der erzielten Ergebnisse sollte selbstverständlich sein.

Dieses Projekt konzentrierte sich auf einen einzigen Aspekt der Abflussbildung. Eine umfassende Überprüfung weiterer Ansätze, die z. B. den Faktor Gefälle aufgreifen, ist erforderlich, sodass sich sinnvolle und verlässliche Hypothesen für die praktische Arbeit ableiten lassen.

Hydrotec unterstützt die Untersuchung und Entwicklung dieses Ansatzes z. B. durch die Co-Betreuung von entsprechenden Abschlussarbeiten an Hochschulen.

Links: Infiltrationsraten im Einzugsgebiet der Inde

Linke Karte: Abschätzung nach Holtan (abhängig von der Landnutzung)

Rechte Karte: Abschätzung nach einer neuen Infiltrationshypothese (abhängig von der Bodenfeuchte)

Feuchteklassen im Einzugsgebiet der Vicht – trotz ähnlicher Bodenarten besitzt das nördliche Pegelzugsgebiet mehr trockene Flächen als das südliche.

Veröffentlichung zum Thema:

Dorp, M.; Buchholz, O. (2016):

Nutzung der Eigenschaften kleinster räumlicher Einheiten für die Kalibrierung von N-A-Modellen.

In: Casper, Markus; Gronz, Oliver (Hrsg.): *Räumliche Heterogenität. Erkennen, Abbilden, Validieren oder Ignorieren?* Beiträge zum 4. Trierer Workshop zur N-A-Modellierung am 5.-6.10.2015; *Schriftenreihe Fachgemeinschaft hydrologische Wissenschaften in der DWA, Heft 36.16, Hennef 2016*



Werkzeug in NASIM 4.4

NASIM-Optimierer ermittelt automatisch das optimale Rückhaltevolumen

Hydrologische Modelle werden häufig eingesetzt, um Rückhaltebauwerke optimal zu dimensionieren. NASIM unterstützt die Anwender bei dieser Aufgabe mit einem mächtigen Werkzeug zur automatischen, optimalen Dimensionierung von Bauwerken – dem NASIM-Optimierer. Er ist in der aktuellen Version 4.4 verfügbar.

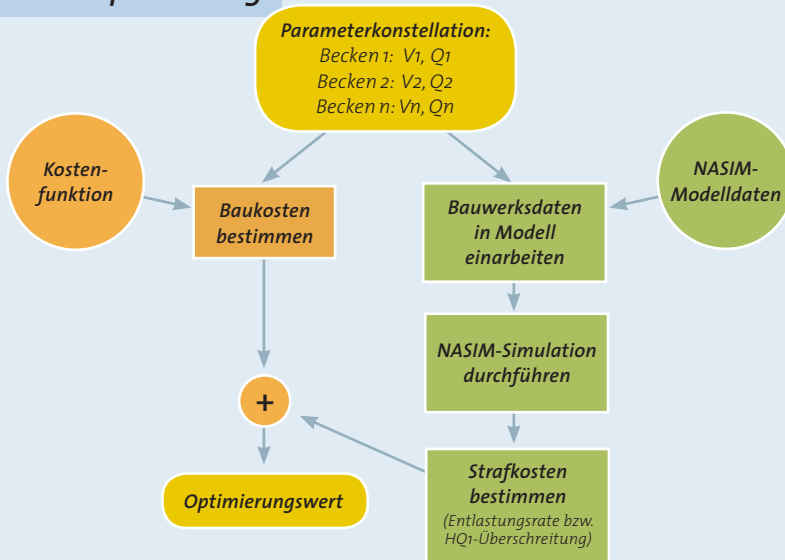
Einsatzbereiche sind:

- Dimensionierung von Regenüberlaufbecken nach A128
- Immissionsorientierte Einleitungsnachweise nach BWK M3/M7

Die Baukosten werden abhängig von der Beckengröße berechnet. Diese Kostenfunktion berücksichtigt, dass die spezifischen Kosten für größere Becken geringer sind als für kleinere. Grundsätzlich könnte in NASIM für jedes Becken eine eigene Kostenfunktion hinterlegt werden, um die jeweiligen Standortfaktoren zu berücksichtigen.

Bei Überschreitung der jeweiligen Grenzwerte (Entlastungsraten bei A128 oder HQ1-Überschreitungen bei M3/M7) werden sog. „Strafkosten“ ermittelt. Bei Einhaltung der Grenzwerte entfallen diese Strafkosten. Der zu optimierende Wert ist die Summe aus den Baukosten und den Strafkosten.

NASIM-Optimierung



Berechnungszeiten minimiert

In der Praxis kann es bei vielen gleichzeitig zu optimierenden Bauwerken durchaus zu 2.000 Parameterkonstellationen kommen, die zu simulieren und auszuwerten sind. Daraus leitet sich die Frage nach der Gesamtlaufzeit dieser automatisierten Optimierungen ab. Der NASIM-Optimierer bietet zwei Merkmale, die auch diese große Anzahl an durchzuführenden Simulationen praktikabel machen:

- Parallelisierung: Die sog. Populationen können zunächst unabhängig voneinander optimiert werden – diese Berechnung lässt sich daher parallelisieren. Der NASIM-Optimierer nutzt dazu Rechnerarchitekturen mit vielen Cores voll aus.
- Oberlieger einmalig rechnen: Die zu optimierenden Bauwerke haben in einem Niederschlag-Abfluss-Modell meist eine größere Zahl von Oberliegern, die stets die gleichen Ergebnisse für die Simulation liefern. Der NASIM-Optimierer erkennt diese Strukturen im Modell und nutzt die Ergebnisse des ersten Rechenlaufes für alle folgenden Läufe. Der dadurch entstehende Laufzeitgewinn ist erheblich (siehe Tabelle).

Workflow des NASIM-Optimierers. Automatisch variiert das Modell die Beckengrößen und die Drosselabgaben mit dem Ziel Grenzwerte einzuhalten und die Baukosten zu minimieren.

Komplexe Optimierungsaufgabe

Ein „optimales Bauwerk“ ist so dimensioniert, dass es die vorgeschriebene Funktion erfüllt und dabei minimale Kosten für den Bau entstehen. Diese Optimierungsaufgabe gestaltet sich oft sehr komplex, da mehrere Bauwerke im Kontext und außerdem die Bewirtschaftung der Bauwerke über die Drosselabgabe zu betrachten sind.

Die zu optimierende Größe ist die Summe der Baukosten aller Bauwerke, während die Parameter Beckengrößen und Drosselabgaben variiert werden.

Wie optimiert NASIM?

Eine Optimierung erfolgt iterativ durch mehrere NASIM-Rechenläufe, die der NASIM-Optimierer automatisch durchführt. Dazu nutzt er das in der Hydrologie weit verbreitete „Shuffled Complex Evolution“-Verfahren (SCE). Dabei variiert das Modell die Beckengrößen und die Drosselabgaben und berechnet die Auswirkung dieser Variationen auf den Optimierungswert.

	Volle Rechenzeit	Oberlieger einmalig rechnen	Faktor
Bemessung nach A128	3 Min.	10 Sek.	18
Nachweis nach BWK M3	14,5 Std.	22 Min.	40

Eine komplexe Optimierungsrechnung mit mehreren Bauwerken und einem größeren Systemplan kann durchaus zwei Tage benötigen. Sie erfordert aber keine weiteren Aktionen des Modellierers.

Komplexes Werkzeug einfach bedienbar

Der NASIM-Optimierer ist so ausgelegt, dass jeder Modellierer ihn vollständig über die grafische Nutzungsoberfläche bedienen kann. Spezielle IT-Kenntnisse sind nicht erforderlich. Der Anwender trägt die folgenden grundlegenden Daten der Optimierung tabellarisch ein:

- Welche Bauwerke sollen optimiert werden?
- In welchen Grenzen sollen für jedes Bauwerk das Volumen und die Drossel variieren?
- Optional: Anpassung der Kostenfunktion für jedes Bauwerk
- Nachweis nach BWK M3/M7: An welchen Stellen soll im Gewässer das HQ₁ berechnet werden? Wie ist der aus dem HQ_{1,potNat} abgeleitete Grenzwert?
- Bemessung nach A128: Welche konkrete Entlastungsrate muss eingehalten werden?

Der NASIM-Optimierer gibt Zwischenergebnisse als Grafik und Tabelle aus.

Optimierungsergebnisse nachvollziehbar dokumentiert

Die Grafik unten zeigt einen größeren Optimierungslauf. Jeder blaue und jeder orange Punkt steht für eine einzelne Parameterkonstellation (Beckengrößen/Drosseln). Die vom NASIM-Optimierer erzeugten Parameterkonstellationen sind in der Reihenfolge ihrer Erzeugung von links nach rechts aufgetragen.

Im linken Bereich sind die Baukosten (blaue Punkte) weit gestreut: In den frühen Phasen findet und untersucht das Verfahren sowohl teure als auch vereinzelt kostengünstige Beckenvarianten. In dieser Phase treten aber bei den kostengünstigen Beckenvarianten meist hohe Strafkosten (orange Punkte) – d. h. Grenzwertüberschreitungen – auf. Die teuren Varianten gehen häufig nicht mit Strafkosten einher.

Im rechten Bereich sind die Baukosten nah dem Grenzwert: In den späteren Phasen werden nur noch

die kostengünstigen Varianten untersucht. Bis zum Schluss kommt es aber immer wieder zu Parameterkonstellationen mit Grenzwertüberschreitungen: Das Verfahren „sucht“ die Grenzen zu den Strafkosten ab.

Bestehende Kanalnetze ohne Ausbau optimieren

Mit dem NASIM-Optimierer sind auch existierende Kanalnetze noch nachträglich zu optimieren. Dazu variiert er die Drosselabgaben, um bestimmte Entlastungsraten einzuhalten.

Betreiber können dadurch eine optimierte Einstellung der Drosselorgane ermitteln und die Entlastungsraten des Netzes ohne Ausbau der Bauwerke reduzieren.

Zusammenarbeit mit Wasserverbänden

Der NASIM-Optimierer stellt eine sehr wertvolle Erweiterung des Niederschlag-Abfluss-Modells NASIM dar. Für die Berechnung von Bauwerken im Kontext von Einleitungsnachweisen wird NASIM damit gestärkt.

Seine Entwicklung wurde maßgeblich von Ertverband, Emschergenossenschaft/Lippeverband, Niersverband und Wasserverband Eifel-Rur finanziert und fachlich begleitet.

Erweiterung auf weitere Anwendungsfälle

Die interne Konzeption des NASIM-Optimierers weist über die Bemessung von Bauwerken hinaus. Entwickler können ihn mithilfe von XML-Dateien und Python-Scripts für eigene Anwendungsfälle programmieren.

Beispielsweise wurde mit dem Konzept des NASIM-Optimierers bereits eine automatisierte Modellkalibrierung entwickelt. Bei diesem Anwendungsfall werden in den Parameterkonstellationen Eichfaktoren variiert und die Anpassungsgüte des Modells optimiert.

Hydrotec sieht hier großes Potenzial und sucht die Zusammenarbeit mit Universitäten und Forschungseinrichtungen, um auf Basis dieses Konzeptes weitere Ansätze zu erproben.

Dipl.-Math. Benedikt Rothe

Grafik unten: NASIM dokumentiert das Ergebnis jedes Optimierungslaufs grafisch und tabellarisch. Man erkennt, wie sich das Modell an die optimale Lösung herantastet.



Spielräume für die Stadtplanung

Retentionen ausgleichen mit kommunalen Hochwasserschutzregistern

Bundesweit liegen die Hochwassergefahrenkarten nach EU-Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie vor. Für die darin ausgewiesenen und festgesetzten Überschwemmungsgebiete gilt nach Wasserhaushaltsgesetz ein Verbot der Ausweisung neuer Baugebiete und der Errichtung von Neubauten. Ausnahmen sind nur unter bestimmten Bedingungen möglich. Eine von ihnen – der Ausgleich von Retentionsvolumen – kann in Baden-Württemberg über kommunale Hochwasserschutzregister erfüllt werden. Sie bilden die Grundlage für einen abgestimmten und flexiblen Ausgleich von Retentionsvolumen innerhalb einer Kommune.

ster die Genehmigung für eine Baumaßnahme in einem Überschwemmungsgebiet ermöglichen.

Das Hochwasserschutzregister stellt einen Pool von Maßnahmen zur Schaffung von Rückhalteraum dar. Es erlaubt die räumliche Trennung von Bau- und Ausgleichsmaßnahme und bietet die Möglichkeit des Ausgleichs durch die finanzielle Beteiligung des Bauherrn an Ausgleichsprojekten.

Dies ermöglicht den Kommunen, Hochwasserschutz und Bebauung vorausschauend und integriert zu entwickeln. Oft lassen sich mit solchen Vorhaben gleichzeitig auch Anforderungen aus der Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie erfüllen.

Weiterhin müssen einzelne Bauherren und Architekten sich nicht fachlich und planerisch mit der Bereitstellung von Ausgleichsflächen befassen und sind von der Durchführung von Maßnahmen entlastet.

Die Kommune legt die Handhabung ihres Hochwasserschutzregisters über eine Satzung fest, die den Ausgleich im Einzelfall sowie die Kostenerstattung regelt. Auch die Unterhaltung der Maßnahmen muss gesichert sein.

Maßnahmen für den Hochwasserrückhalt

Mögliche Maßnahmen für den Ausgleich von Retentionsvolumen können sein:

- Renaturierung von Gewässerstrecken mit Profilaufweitungen und/oder Laufverlängerungen
- Anbindung bzw. Reaktivierung von Auenbereichen
- Abgrabungen von Flächen im Überschwemmungsgebiet
- Schaffung von Flutmulden
- Dammrückverlegungen
- Anlage von Rückhaltebecken

Für jede dieser Maßnahmen ist die positive Wirkung auf die Hochwassersituation nachzuweisen.

Projekt für die Stadt Geislingen an der Steige

Konkret erstellt Hydrotec im Auftrag der Stadt Geislingen an der Steige ein Hochwasserschutzregister. Zum einen plant man dort die Verlegung eines Straßendamms im Überschwemmungsgebiet, zum anderen möchte man generell die Möglichkeit schaffen, singuläre Baumaßnahmen innerhalb der festgesetzten Überschwemmungsgebiete durchzuführen.

Mit dem Hochwasserregister erhält die Stadt Geislingen ein Werkzeug, mit dem sie die Stadtentwicklung flexibel gestalten und Baumaßnahmen im Überschwemmungsgebiet hochwassersicher ermöglichen kann.

Dr.-Ing. Oliver Buchholz,
Dipl.-Ing. Dirk Sobolewski



Ausschnitt der Hochwassergefahrenkarte von Geislingen an der Steige

Werkzeuge: GIS-Analysen und 2D-hydraulische Modellierungen

Hochwasserschutzregister führen konkrete Maßnahmen am Gewässer bzw. im Überschwemmungsgebiet auf, die sich zur Schaffung von Retentionsraum eignen und quantifizieren das durch sie erreichbare zusätzliche Rückhaltevolumen.

Hydrotec erstellt kommunale Hochwasserregister auf Basis von GIS-Analysen und 2D-hydraulischen Modellierungen. Wir lokalisieren die Bereiche, die sich potenziell für Ausgleichsmaßnahmen anbieten und analysieren diese. Der Retentionsraumgewinn ergibt sich durch den Vergleich des eingestauten Wasservolumens zweier Varianten. Einhergehende Änderungen der Wasserspiegel, der ÜSG und der Geländeänderungen werden dargestellt.

Hochwasserschutzregister schaffen Spielräume für die Stadtplanung

Alternativ zu diesen Anforderungen kann nach dem Wassergesetz für Baden-Württemberg auch die Umsetzung einer Maßnahme aus dem Hochwasserschutzregi-



Wie viel Retentionsraum entsteht durch eine Renaturierungsmaßnahme?

Die Stadt Aalen renaturierte 2014/2015 einen geradlinig verlaufenden Abschnitt im Oberlauf des Kochers. Der Flusslauf erhielt ein neues, naturnah und durchgängig gestaltetes Bett, mit dem sich die Fließlänge von 540 m auf 680 m verlängerte. Hydrotec wies mit einer detaillierten 2D-Simulation nach, wieviel neuer Retentionsraum mit dieser Maßnahme im Überschwemmungsgebiet HQ₁₀₀ entstand. Das gewonnene Rückhaltevolumen steht im Gemeindegebiet als Ausgleich für andere Bauvorhaben zur Verfügung.

Renaturierung im Oberlauf des Kochers

2014 renaturierte die Stadt einen Abschnitt des Kochers im Bereich des Zusammenflusses der Quellflüsse Schwarzer Kocher und Weißer Kocher.

Der bisherige gradlinige Verlauf des Kochers wurde verlegt und von 540 auf 680 m verlängert. Insgesamt wurden 17.000 m² Gewässer mit einem vielfältig strukturierten Flussbett, naturnahen Uferzonen und Gewässerrandstreifen gestaltet.

Die Maßnahme umfasste auch den Umbau von zwei im Abschnitt liegenden Wehrabstürzen in fischdurchgängige raue Rampen. Eine Begrünung und Bepflanzung im Frühjahr 2015 bildeten den Abschluss des Projektes.

Die Stadt erhielt zu den Kosten in Höhe von fast zwei Millionen Euro vom Land Baden-Württemberg einen 70%en Förderzuschuss.

2D-Simulation quantifiziert zusätzliches Retentionsvolumen

Im renaturierten Zustand ist der Gewässerverlauf länger als zuvor, der Gewässerquerschnitt breiter und die Gewässersohle naturnah gestaltet. Dementsprechend nimmt der Renaturierungsbereich bei einem Hochwasser mehr Wasser auf als zuvor und entlastet die unterhalb liegenden Gebiete. Die genaue Zahl der gewonnenen Kubikmeter bei einem hundertjährigen Hochwasser (HQ₁₀₀) wies Hydrotec anhand einer 2D-Simulation nach.

Aus der Ermittlung der Hochwassergefahrenkarten für das Einzugsgebiet des Kochers existierte bereits ein stationäres 2D-Modell, das den Zustand vor der Renaturierungsmaßnahme abbildete. Demnach bietet der betroffene Bereich ein Retentionsvolumen von 7.000 m³.

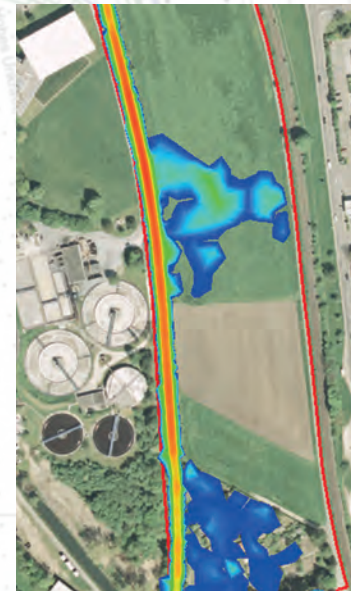
Anhand von topografischen Daten, die die Stadt nach Abschluss der Umgestaltung aufnahm, aktualisierten wir dieses Modell und rechneten die Wasserspiegel-lagen für ein HQ₁₀₀ nach. Die Berechnungsergebnisse wurden nach den Vorgaben für die HWGK in Baden-Württemberg aufbereitet und analysiert.

Der Vergleich der Ergebnisse zeigte, dass die Renaturierung einen Gewinn von 3.000 m³ zusätzlichem Retentionsvolumen brachte.

Dreifach-Nutzen für die Kommune

Die Stadt Aalen profitiert von dieser Maßnahme in dreierlei Hinsicht:

- 1) Der Hochwasserschutz für die Siedlungs- und Gewerbebereiche wird verbessert.
- 2) Neue Naturräume stehen zur ökologisch vielfältigen Entwicklung von Fauna und Flora zur Verfügung und kommen auch den Bürgern und Bürgerinnen zugute.
- 3) Die Stadt erhält zusätzliches Ausgleichs-Retentionsvolumen, das Spielraum für die weitergehende Planung von Siedlungs- und Gewerbeflächen bietet.



Der bisherige geradlinige Verlauf führt im Hochwasserfall zu Ausuferungen.



Mit der Renaturierung schafft die Gemeinde ein Rückhaltevolumen von 3.000 m³.

Dipl.-Geogr. Lisa Friedeheim,
Dr.-Ing. Ellen-Rose Trübger





HYDRO_AS-2D modelliert komplexe Wehrsteuerung durch neue Randbedingung

Eine Weiterentwicklung der Wehrsteuerung in HYDRO_AS_2D ermöglicht künftig, komplexe Steuerregeln wie z. B. eine Vorabsenkung innerhalb einer Staustufe im 2D-Modell abzubilden. Dadurch lassen sich Steuerungsregeln für den Hochwasserrückhalt durch Wehre testen und optimieren.

Bewirtschaftung von Staustufen verbessert Hochwasserschutz

Die angepasste Betriebsweise von Staustufen bietet das Potenzial, entscheidend auf die Retention einer Hochwasserwelle Einfluss zu nehmen. Dazu ist der Wasserspiegel im Stauraum beim Anlaufen der Hochwasserwelle abzusenken und vor Erreichen des Wellenscheitels anzuheben. Dadurch entsteht Rückhaltevolumen, um den Hochwasserscheitel zu kappen. Zusätzliches Volumen kann durch Überstauregelungen generiert werden.

Die Wirksamkeit dieser Staustufenbewirtschaftung hängt wesentlich ab von der Größe des Stauraums, der Kapazität der Wehre, dem Abfluss, dem Unterwasserstand und der Vorhersage der Hochwasserwelle.

Komplexe Wehrsteuerung in HYDRO_AS-2D

In HYDRO_AS-2D wurden steuerbare Wehre bisher über eine definierte monoton steigende W-Q-Beziehung als Randbedingung und einen Pegelpunkt als Eingangssteuerungsparameter modelliert.

Wir haben HYDRO_AS-2D um die Randbedingung „H-Wehr (Steuerung)“ erweitert. Das macht es möglich, eine Wehrsteuerung in Abhängigkeit von einem Abfluss und einem Wasserstand im Oberwasser der Staustufe zu simulieren. Der Modellierer gibt dazu Abflussspektren vor, in denen ein bestimmter Wasserstand im Oberwasser durch die Wehrsteuerung eingehalten werden soll.

Beispiel Wehrsteuerung mit Vorabsenkung

Für eine Wehrsteuerung mit Vorabsenkung sind drei Abflussgrenzen (Q_1 , Q_2 und Q_3) zum Definieren der Abflussspektren und die gewünschten Wasserspiegel im Oberwasserpunkt (W_1 , W_2 und W_3) zu definieren. Die Abbildung zeigt die einstellbaren Stauziele im Verlauf eines Hochwassers:

- Spektrum 1: $Q < Q_1$; Normalabfluss, Steuerung auf normales Stauziel W_1
- Spektrum 2: $Q > Q_1$; anlaufende Hochwasserwelle, Steuerung auf Vorabsenkungsziel W_2
- Spektrum 3: Beginn $Q > Q_2$, Ende $Q < Q_3$; Hochwasserscheitel, Steuerung auf das außergewöhnliche Stauziel W_3
- Spektrum 4: $Q < Q_3$; ablaufende Hochwasserwelle, Steuerung auf normales Stauziel $W_4 = W_1$

Hohe Realitätsnähe wird dadurch erreicht, dass der Modellierer die Geschwindigkeit der Wehrbewegung (Vorgabe in m/s) sowie die Abflussabminderung infolge unvollkommenen Überfalls (Vorgabe Unterwasserpegel) im Modell berücksichtigen kann.

Wehrsteuerung verfügbar in HYDRO_AS-2D 4.2

Die Erweiterung der Wehrsteuerung wird Modellierern mit dem nächsten Release (HYDRO_AS-2D 4.2) zur Verfügung stehen. Anwendung und Einsatzbeispiele werden wir im Rahmen des Anwendertreffens HYDRO_AS-2D vorstellen, das am 05.10.2016 in München stattfindet (Informationen dazu finden Sie auf S. 2/3).

Dr. rer. nat. Eva Loch,
Professor Dr.-Ing. Alpaslan Yörük



Abb. rechts: Staustufe in der Donau. Mit HYDRO_AS-2D können komplexe Wehrsteuerungen zur Verbesserung der Hochwasserretention abgebildet werden.

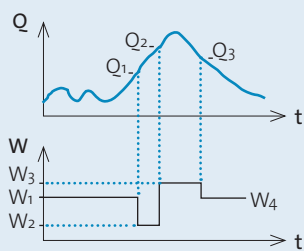


Abb. oben: Beispiel einer Wehrsteuerung mit Vorabsenkung im Hochwasserfall. (Q: Abfluss; W: Wasserspiegel z. B. am Kontrollquerschnitt im Oberwasser)

Hydrotec
Ingenieurgesellschaft für
Wasser und Umwelt mbH

Herausgeber:

Hydrotec Ingenieurgesellschaft
für Wasser und Umwelt mbH

Layout und Satz:

Katharina Eusterbrock, Aachen

Bachstraße 62-64, 52066 Aachen

Tel.: (0241) 9 46 89-0

Kaiser-Otto-Platz 13, 45276 Essen

Tel.: (0201) 85 01 99-50

E-Mail: mail@hydrotec.de

Internet: www.hydrotec.de

Die Hydrothemen erscheinen zweimal jährlich und werden kostenlos verteilt. Wir nehmen Sie gern in den Verteiler auf.

Copyright:

Vervielfältigung und Weitergabe sind unter Nennung des Herausgebers erlaubt.

Hydrotec übernimmt für sämtliche Informationen in dieser Zeitschrift keine Gewähr.