

Hydrothemen

KUNDENINFORMATION

NR. 26 / MAI 2014



Liebe Kunden,

Hydrotec ist bei der Umsetzung der Wasserrahmen- sowie der Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie bundesweit gefragt. Wir unterstützen mehrere Bundesländer mit Modellrechnungen, GIS-Analysen, Web-Systemen und Informationstechnik. Lesen Sie mehr:

- Bayern: Ermittlung der Hochwassergefahrenflächen
- HYDRO_AS-2D – belastbare Hochwassergefahrenflächen berechnen

Komplexe Aufgaben an Gewässern sind bei uns in guten Händen. Unsere Modelle legen wasserwirtschaftliche Zusammenhänge offen und liefern Antworten, auf deren Basis unsere Auftraggeber Lösungen im Interesse der Gewässer und ihrer Anlieger finden. Beispiele für spannende und vielschichtige Projekte sind:

- Mirker Bach – Hochwasser ist nicht gleich Fluss-Hochwasser
- Inde – Bemessung von Einleitungen in ein potenzielles Lachslaugewässer

Werkzeuge und Standards bedürfen einer steten Weiterentwicklung, um zukünftigen Herausforderungen begegnen zu können. Wir stellen Ihnen als zukunftsweisende Projekte vor:

- Vorhersagegestützte Talsperren-Steuerung mit Delft-FEWS
- Industrie- und Gewerbegebäude vor Naturgefahren schützen

Nicht zuletzt finden Sie Neuigkeiten aus unserer Softwareentwicklung und dem Vertrieb:

- NASIM 4.3
- HYDRO_AS-2D

Im Namen des Hydrotec-Teams wünsche Ich Ihnen eine interessante Lektüre!

Anne Sintic

Anne Sintic

(Leitung Öffentlichkeitsarbeit)

Gewässeransichten:

*Bundeswasserstraße Donau
(oben), Urbangewässer Mirker
Bach, Wuppertal (Mitte),
Talsperre Eibenstock der
Zwickauer Mulde (unten)
(Foto: LTV Sachsen).*

Hydrotec
Ingenieurgesellschaft für
Wasser und Umwelt mbH

Ermittlung der Hochwassergefahrenflächen in Bayern

Hydrotec unterstützt den Freistaat bei der Umsetzung der EG-HWRM-RL

Im Rahmen der Umsetzung der EG-HWRM-RL wurden in Bayern zwischen Juli 2012 bis Dezember 2013 die Hochwassergefahrenflächen zur Meldung an die EU ermittelt.

Für ca. 7.600 km Fließgewässer waren in Bayern bis Ende 2013 Gefahren- und Risikokarten zu erstellen. Die Bayerische Wasserwirtschaftsverwaltung hatte dazu ein detailliertes mehrstufiges Verfahren entwickelt, das einheitliche Bearbeitungsstandards für alle Gewässer vorsah, eine hohe Qualität der erarbeiteten Daten sicherstellen sowie die Einhaltung des straffen Zeitplans gewährleisten sollte.

Aufträge für acht Einzugsgebiete

Hydrotec überzeugte die Bayerische Landesverwaltung in den Ausschreibungsverfahren: Für die Einzugsgebiete von Lech, Regen, Donau/Vils und Mittlerer Inn erarbeiteten wir als 2D-Modellierer die Grundlagen für die Hochwassergefahrenkarten. Je nach vorhandener Datenlage ließen sich teilweise bestehende Modelle nutzen. In den meisten Fällen waren aber – beginnend mit einer Gewässervermessung – von Grund auf neue Modelle zu erstellen.

Für die Hochwassergefahrenkarten der Flüsse Naab, Isar/Inn und Ammer/Amper übernahmen wir die Funktion als Qualitätssicherer im Unterauftrag der Firma Arcadis.

Die Arbeiten an den Projekten sind inzwischen nahezu abgeschlossen. Aktuell finden losweise die Abschlussbesprechungen und die Abgaben der Arbeitsdokumentationen statt.



Jabron für EWAWI+-Daten erweitert

Im Rahmen der Neuvermessung wurden neben den Profilen auch Längsstrukturen wie die Böschungsoberkante, die Uferlinie sowie Hochwasserschutzanlagen durchgehend aufgenommen. Für die Abgabe dieser Vermessungsdaten war das Format EWAWI+ vorgeschrieben. Um die Datenverarbeitung zu optimieren, erweiterten wir die Profilverwaltung in unserem 1D-Modell Jabron. Damit ließen sich Vermessungsdaten komfortabel und nachvollziehbar im EWAWI+-Format aufbereiten und kontrollieren.

Zusätzlich lassen sich die Vermessungsdaten mit dem EWAWI+-Tool als GIS-Dateien exportieren und Shape-Dateien zu den folgenden Themen erstellen:

- Längsstrukturen und Einzelpunkte aus der EWAWI+-EPL-Datei,
- Profilsuren und Profilpunkte aus der Jabron-MDB-Datei,
- Fotostandorte.

Die Jabron-EWAWI-Erweiterung überzeugte auch andere mit der Modellierung beauftragte Büros. Die meisten an das LfU abgelieferten Datensätze wurden mit diesem Werkzeug erstellt.

Karte: Die von Hydrotec bearbeiteten Flusseinzugsgebiete in Bayern – grüne Flächen: Modellierung, blaue Flächen: Qualitätssicherung.

Foto: Die Wertach bei Augsburg.

Qualitätssicherung

Die Aufgabe des Qualitätssicherers war die Begleitung, Beratung, Prüfung und Abnahme der Arbeiten des Modellierers. Er fungiert dabei als Bindeglied und erster fachlicher Ansprechpartner für alle Projektbeteiligten und übernimmt die Kommunikation zwischen Bearbeiter und den anderen Projektbeteiligten. Es wurde auf die Einhaltung eines hohen und homogenen Qualitätsstandards geachtet, der losübergreifend in Bayern für die Erarbeitung von Hochwassergefahrenflächen gilt. In Prüfberichten wurde die Einhaltung der Kriterien Format, Vollständigkeit, Qualität und Plausibilität dokumentiert. Ein Meilenstein war die Verifizierung der Rohergebnisse durch das zuständige WWA unter Federführung des LfU.

Positives Fazit

Das große Engagement unseres Teams „HWGK-Bayern“ (fast 20 Personen), unsere optimal strukturierte Arbeitsweise und die nach den Projektanforderungen entwickelten Software-Werkzeuge trugen dazu bei, dass der ehrgeizige Zeitplan eingehalten wurde.

Zu Beginn des Projekts war es erforderlich, unser Konzept zur Erstellung von 2D-Modellen zu überarbeiten und den Erfordernissen anzupassen. Diese Investition machte sich bezahlt: Unsere Simulationsergebnisse hielten den Überprüfungen stand. Sie sind nachvollziehbar, gut dokumentiert und stellen eine solide Basis für die weiteren Bearbeitungszyklen der HWRM-RL dar.

Neben den fachlich-technischen Anforderungen spielte die Kommunikation innerhalb des Projektteams und zu den übrigen Projektbeteiligten eine große Rolle. Auch hier haben sich die von Hydrotec genutzten Werkzeuge wie unsere Kontakt- und die Projektdatenbank bewährt.

*Michael Bellinghausen,
Dr.-Ing. Hartmut Sacher,
Dipl.-Ing. Dirk Sobolewski,
Dr.-Ing. Alpaslan Yörük*

HYDRO_AS-2D – belastbare Hochwassergefahrenflächen berechnen

HYDRO_AS-2D hat sich zur Berechnung von Überflutungsflächen als vielseitiges und verlässlich anwendbares Simulations-Werkzeug erwiesen. Hydrodynamisch rechnende 2D-Modelle eignen sich besonders für flache Gebiete mit großen Überflutungsbereichen (z. B. Rheinebene) und für Gebiete mit einem hohen Vorlandabflussanteil, der hydraulisch unabhängig vom Flussschlauch ist.

Hydrotec hat ergänzend dazu Werkzeuge entwickelt sowie Verfahren zur Modellerstellung und insbesondere zur Prüfung der Modellgüte sowie der Modellergebnisse optimiert. Eine verstärkte Zusammenarbeit zwischen Dr. Nujic und Hydrotec ist vereinbart (s. S. 12).

Arbeitsschwerpunkte – Prüfung und Plausibilisierung

In den Anfängen des Einsatzes von HYDRO_AS-2D beanspruchte die Modellerstellung einen großen Anteil der Projektarbeit. Die Erzeugung der Ergebnisse erfolgte verhältnismäßig schnell. Das automatisierte Pre- und Postprocessing hat diese Situation deutlich verändert. Spezielle Software-Werkzeuge ermöglichen heute, die Berechnungsnetze für den Flussschlauch und das Vorland in kurzer Zeit zu erstellen.

Das sehr robust rechnende Modell schließt einen Simulationslauf auch dann ab, wenn die numerischen Anforderungen an die räumliche Diskretisierung im Berechnungsnetz nicht optimal erfüllt sind. Die Qualität der Modellergebnisse ist in diesen Fällen fraglich.

Der Schwerpunkt der Projektbearbeitung liegt deshalb aktuell in der Prüfung sowie der Plausibilisierung der erstellten Modelle und ihrer Netzgeometrien und der Modellergebnisse, mit dem Ziel belastbare Überflutungsflächen und daraus abgeleitete Hochwassergefahrenkarten zu erzeugen.

Vom DGM zum Berechnungsnetz

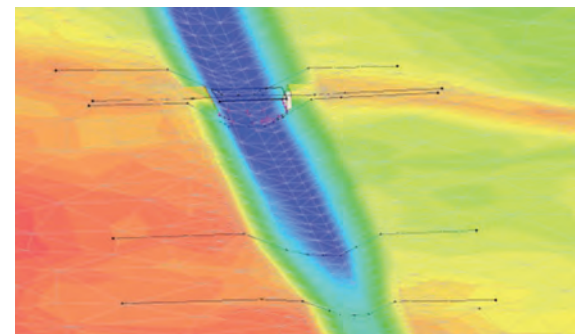
Die Abbildung des Berechnungsnetzes für das Vorland beruht auf einem Digitalen Geländemodell (DGM). Bei dessen Ausdünnung ist darauf zu achten, dass hydraulisch relevante Informationen erhalten bleiben und die Triangulation der verbleibenden Punkte ein qualitativ hohes Berechnungsnetz ergibt.

Es hat sich bewährt, zunächst 3D-Bruchkanten aus dem DGM abzuleiten und diese anschließend zu prüfen, aufzubereiten und bei Bedarf zu ergänzen. Im gleichen Schritt sind die signifikanten Grabenstrukturen im DGM durch repräsentative Profile in

die Modellierung aufzunehmen sowie abflusswirksame Strukturen wie Gebäude zu integrieren. Das Landnutzungsthema kann, wenn die Modellgröße das erlaubt, ebenfalls in die räumliche Diskretisierung übernommen werden.

Die Überprüfung des Vorlandnetzes sollte auf Grundlage erster Probe-Rechenläufe erfolgen. Die Verschneidung ihrer Ergebnisse mit dem DGM liefert Aussagen zur Qualität des Netzes:

- Bildet das Modell alle hydraulisch relevanten Strukturen wie Deiche, aber auch Straßen und Radwege ab?
- Sind alle Flächen im Vorland an das Hauptgewässer angeschlossen?
- Entsprechen die berechneten Fließwege denen des DGM?
- Enthält das Modell alle Straßendurchlässe?



Gemeinsame Darstellung von Berechnungsnetz und Vermessungsprofilen

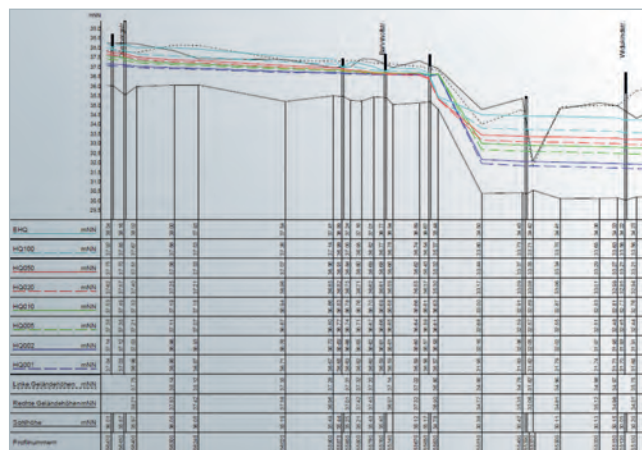
Überprüfung des Flussschlauchs mit JabPlot

Die von uns entwickelte Erweiterung JabPlot bietet Funktionen, mit denen die genaue Abbildung des Flussschlauchs kontrollierbar ist. Zunächst vergleicht man die Vermessungsprofile mit der lagegenauen Geometrie im 2D-Modell.

Im zweiten Schritt ist der interpolierte Bereich zwischen den Profilen - der Talweg - zu untersuchen, um künstliche Anhebungen der Sohle auszuschließen, die bei gleichzeitiger Interpolation für den rechten und linken Abschnitt entstehen können. Neben der 3D-Ansicht in der Programmoberfläche nutzen wir dazu die Längsschnittdarstellungen in JabPlot. Als Drittes ist die korrekte Abbildung von Bauwerken, ihren Abmessungen und den Wandrauheiten zu kontrollieren.

Wasserdichte Modellergebnisse

Die Ergebnisse eines Rechenlaufs sind stets auf die folgenden Aspekte hin zu analysieren:



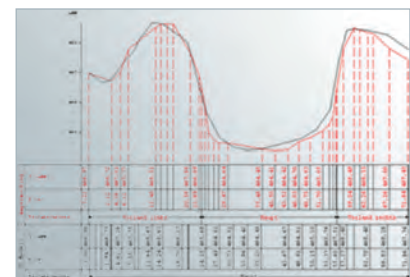
Links: Darstellung verschiedener Hochwasserabflüsse als Längsschnitt in JabPlot.

Unten: Mit JabPlot lassen sich Vermessungsprofil- und Berechnungsnetzdaten gegenüberstellen.

- Längsschnitte der Wasserspiegel-lagen (inkl. Ansicht Talweg und Bauwerke) auf der Gewässerachse,
- Instabilitäten bzw. unrealistische Werte von Tiefen, Geschwindigkeiten, Abflüssen,
- Abflusskapazität der 1D-Durchlässe,
- Wasserspiegel an den Bauwerken (insbesondere bei Wehren).

Verschneidung deckt Fehler auf

Auch die so überprüften Berechnungsergebnisse können weitere Unplausibilitäten enthalten, deshalb ist vor der Darstellung der Ergebnisse ein weiterer Prüfschritt anzuordnen.



Die räumliche Diskretisierung des Modells führt oft zu einem inhomogenen Verlauf der Überflutungsgrenze. Es hat sich als vorteilhaft erwiesen, die Modellergebnisse mit dem DGM zu verschneiden. Dies ermöglicht eine abschließende Kontrolle der Berechnungsergebnisse und eine belastbare Angabe der Überflutungsflächen.

Dr.-Ing. Alpaslan Yörük
Dr.-Ing. Hartmut Sacher

Hochwasser ist nicht gleich Fluss-Hochwasser

„Fluss“-Hochwasserrisiko versus Überflutungsrisiko im Einzugsgebiet des Mirker Bachs

Überflutungen können verschiedene Ursachen haben:

- zu geringe Leistungsfähigkeit eines Fluss- oder Bachbettes,
- Überlastung einer Gewässerverrohrung,
- Oberflächenabflüsse, die nach einem Starkregen auftreten,
- Überlastung der Kanalisation.

Wenn der Mirker Bach über seine Ufer tritt, vermischen sich diese Ursachen häufig miteinander. Der urban geprägte Mittelgebirgsbach im Einzugsgebiet der Wupper besitzt steile



Die Hochwassersituation an dem Urbangewässer wurde mit verschiedenen Modellen eingehend untersucht.

Hänge, an denen sich bei Starkregen schnell Hangwasser bildet. Der Versiegelungsgrad liegt bei ca. 30 %. Der ca. 6 km lange Bach verläuft durch meh-

rere z. T. lange Verrohrungen, die – vor allem an den Einläufen – das Hochwasserrisiko erhöhen. Durch die Anschlüsse des Regenwassernetzes an

die Gewässerverrohrungen kommt es auch im Kanalnetz häufig zu Rückstau und zu Wasseraustritt auf die Straße. Diese Situation wirft gewässerswirtschaftliche und rechtliche Fragen nach der Hochwasserentstehung und dem relevanten Schutzziel auf.

Integrierte Betrachtung aller Hochwasserrisiken

Der Mirker Bach wurde nach der vorläufigen Bewertung des Landes NRW als Risikogewässer im Sinne der EG-Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie (HWRM-RL) eingestuft. Zur Umsetzung der Richtlinie erhielt Hydrotec von der Bezirksregierung Düsseldorf den Auftrag, Risiko- und Gefahrenkarten für das Gewässer zu erstellen. Parallel dazu erarbeitete Hydrotec bereits für den Wupperverband hydraulische und hydrologische Untersuchungen für das Einzugsgebiet. Das eröffnete die Möglichkeit, die auftretenden Hochwassertypen integriert zu untersuchen, da Daten, Modelle und Ergebnisse beider Projekte gemeinsam genutzt werden konnten. Der Wupperverband entwickelte hierzu mit der Arbeitsgruppe aus Bezirksregierung, Hydrotec und Hydro & Meteo ein Konzept, welches anschließend gemeinsam umgesetzt wurde.

Modellierung von Gewässer, Kanalnetz und Oberfläche

Ein Modell allein ist nicht in der Lage, das Hochwasserverhalten des komplexen Gesamtsystems abzubilden. Deshalb haben wir für die erforderlichen hydrologischen und hydraulischen Berechnungen vier Modelle genutzt und z.T. miteinander gekoppelt:

- NASIM: detailliertes hydrologisches Gebietsmodell,
- Mouse: hydrodynamisches Kanalnetzmodell,
- Jabron: 1D-hydraulisches Modell,
- HYDRO_AS-2D: 2D-hydrodynamisches Modell.



Links und Mitte: die in NASIM angesetzten, zeitlich und räumlich variierenden Niederschlagshöhen.

Rechts: die daraus berechnete Abflusskonzentration.

Damit konnten die Ausuferungen des Gewässers, die Überlastungen in den Verrohrungen und im Kanalnetz und auch die im gesamten Einzugsgebiet flächig auftretenden Oberflächenabflüsse simuliert werden. Durch die erstmalige Verwendung von Radar-daten zur Langzeitsimulation wurde hier ein hoher Detaillierungsgrad erreicht.

Um die Ausbreitung des Wassers bei Starkregen auf der Oberfläche realitätsnah abzubilden, wurden hochaufgelöste Laserscandaten der Geländeoberfläche aufbereitet.

Diese bildeten die Grundlage des 2D-Modells, mit dem eine instationäre Berechnung der Abflusssituation auf der Oberfläche – außerhalb der Gewässerläufe – möglich ist. Die Ergebnisse wurden zur Verifizierung mit Berichten der Feuerwehr von Einsätzen bei Unwetterereignissen verglichen. Die beschriebenen Erfahrungen und Einsatzorte bestätigten eindrucksvoll die mit dem im 2D-Modell ermittelten Fließwege auf der Oberfläche.

Maßgebliche Überschwemmungsflächen

Die maßgeblichen Überschwemmungsflächen wurden anschließend mithilfe der folgenden Modelle und Modellkombinationen ermittelt:

- 1D-Modell Jabron: Wasserspiegel-lagen im offen fließenden Mirker Bach oberhalb km 2,700,
- Mouse: Abfluss in den Verrohrungen, Übergabe des Anfangswasserstandes am Einlauf der Verrohrungen an Jabron, Übergabe der aus den Schächten austretenden

Wassermengen an HYDRO_AS-2D, • HYDRO_AS-2D: Abfluss im Gesamt-gelände ab km 2,700 bis zur Mündung in die Wupper.

Das Volumen des Kanalnetzes spielt bei den betrachteten seltenen Ereignissen von $T_n=100$ Jahren und seltener keine Rolle (überschlägig ermittelt). Es wurde daher bei diesen Modellberechnungen nicht berücksichtigt.

Welche Gebiete sind durch Oberflächenabfluss gefährdet?

Als weitere Abflusskomponente wurde nun der direkte Oberflächenabfluss in die Gesamtbetrachtung einbezogen. Das 2D-Modell wurde dazu neben den Abflussganglinien aus dem Gewässer und den Schachtbauwerken mit direktem Oberflächenabfluss belastet. Dies stellt eine Extremsituation dar, die nur bei seltenen Ereignissen eintreten wird. Dieses Verfahren liefert jedoch eine gute Übersicht über potenziell gefährdete Bereiche im Stadtgebiet.

Der Wupperverband hat diese detaillierten und umfangreichen Untersuchungen mit dem Ziel durchführen lassen, die Gesamtheit des Überflutungsrisikos im Einzugsgebiet des Mirker Bachs zur Verfügung zu stellen. Erste Vorschläge für eine kartografische Darstellung wurden erarbeitet und diskutiert. In einem Projekt des HKC (Hochwasser Kompetenz Centrum e.V.) soll gemeinsam die Integration in ein umfassendes Hochwasserrisikomanagement erarbeitet werden.

Dipl.-Ing. Heike Schröder,
Dipl.-Ing. Tilman Surkemper

Hochwasserwellen wirksam dämpfen – Vorhersagesystem Delft-FEWS optimiert den Betrieb von Talsperren im Hochwasserfall

Im Hochwasserfall verhindern Rückhaltebecken oder Talsperren immense Schäden, vorausgesetzt, sie werden so gesteuert, dass sie den Scheitel der Hochwasserwelle dämpfen. Dazu muss das Betriebspersonal im richtigen Moment die richtige Entscheidung treffen – meist auf der Grundlage von Mess- und Erfahrungswerten, erweitert durch Wetter- und Abflussvorhersagen. Für den Einsatzbereich Abflussvorhersage hat sich das Abflussvorhersagesystem Delft-FEWS in Kopplung mit NASIM europaweit als zuverlässig und flexibel bewährt.

Speziell für den optimalen Betrieb von Speichern entwickelte Deltares das Optimierungswerkzeug RTC-Tools (siehe Kasten). Sie ermöglichen eine vorhersagegestützte Steuerung unter Berücksichtigung der Steuerziele des Talsperrenbetreibers sowie die bestehenden Betriebsregeln und örtlichen Gegebenheiten. Die automatisierten Abläufe vom Datenimport bis zur Simulation in Delft-FEWS ermöglichen es den Hydrologen, sich im Hochwasserfall voll auf die fachlichen Belange zu konzentrieren. Eine Pilotstudie an der Talsperre Eibenstock bestätigte die Praxistauglichkeit des Systems.

Talsperre Eibenstock – Schlüsselfunktion im Hochwasserfall

Die Talsperre Eibenstock der Landes-talsperrenverwaltung Sachsen (LTV Sachsen) mit einem Einzugsgebiet von 200 km² liegt im Erzgebirge im Oberlauf der Zwickauer Mulde. Aufgrund der geringmächtigen Böden und der steilen Topografie steigt der Gewässerpegel bei intensiven Niederschlägen sehr schnell an.



Die Talsperre Eibenstock bei laufender Hochwasserentlastung – Vorhersagewerkzeuge unterstützen den Betreiber dabei, die Steuervorgaben im Hochwasserfall optimal einzuhalten (Foto: LTV Sachsen).

Der gewöhnliche Hochwasserrückhalteraum des Mehrzweckspeichers umfasst 10 Mio. m³. Im Hochwasserfall verfolgt die Talsperrensteuerung das Ziel, eine ungünstige Überlagerung der Wellenscheitel aus der Zwickauer Mulde und dem unterhalb des Speichers zufließenden Schwarzwasser zu verhindern.

Potenzial vorhersagegestützter Speichersteuerungen

Üblicherweise beruhen die Steuerregeln von Speichern auf aktuellen Messwerten wie Zufluss, Füllstand, Unterwasserpegel etc. Im Hochwasserfall treffen die Talsperrenbetreiber häufig von diesen Regeln abweichende Entscheidungen, die auf ihrem langjährigen Erfahrungswissen beruhen. Operationelle Abflussvorhersagesysteme bieten zusätzliche Informationen durch deterministische oder probabilistische Vorhersagen von Niederschlägen und Abflüssen. Die Rückhalteeffektivität lässt sich weiter steigern, wenn Optimierungswerkzeuge in das Vorhersagesystem integriert sind. Durch wiederholte Simulation über den Vorhersagehorizont ermitteln sie die Drosselabgabe, mit der sich die Steuerziele optimal erreichen lassen. Dadurch unterstüt-

zen sie die Entscheidungsfindung über die im Ereignisfall anzuwendende Steuerstrategie.

Pilotstudie simuliert das Hochwasserereignis von Juni 2013

In einer Studie wurde für die Talsperre untersucht, inwieweit eine vorhersagebasierte und optimierte Steuerung den Hochwasserrückhalt gegenüber einer regel- bzw. erfahrungsbasierten durchgeführten Steuerung verbessern kann (1), (2). Die verwendeten Daten stammten vom Hochwasser im Juni 2013. Dazu wurde für das Untersuchungsgebiet Zwickauer Mulde bis zum Pegel „Aue 3“ ein Prototyp-Vorhersagesystem auf der Plattform Delft-FEWS aufgebaut. Es besteht aus dem Niederschlag-Abfluss-Modell NASIM und RTC-Tools (Real Time Control) für die Vorhersage und die Abbildung bzw. Optimierung von Steuerzenarien.

Zusammenspiel von Delft-FEWS, NASIM und RTC-Tools

Für die Optimierung der Talsperrenabgabe mit RTC-Tools wurde ein vereinfachtes Ersatzsystem konfiguriert, das die physikalischen Prozesse abbildet. Die Optimierung erfolgt über

einen definierten Vorhersagehorizont von mehreren Tagen mit den folgenden Steuerzielen:

- Einhalten des Stauziels von 536,66 mNHN,
- möglichst keine Überschreitung von 210 m³/s am Pegel Aue 3,
- Unterbindung von starken Fluktuationen in der Drosselabgabe.

Delft-FEWS importiert alle externen Daten und stellt sie den Modellen aufbereitet zur Verfügung und organisiert die Kommunikation zwischen NASIM und RTC-Tools. NASIM berechnet einmalig für jeden Vorhersagezyklus den Zufluss der Talsperre Eibenstock, den Abfluss des Schwarzwassers und des Zwischenzugsgebiets unterhalb der Talsperre Eibenstock bis zur Vereinigung von Zwickauer Mulde und Schwarzwasser. Zum Vorhersagezeitpunkt t_0 schließt sich eine Vorhersage an, für die NASIM ebenfalls die Zuflüsse berechnet.

Mit diesen Informationen optimiert RTC-Tools durch wiederholte Simulation die Drosselabgabe, sodass die Steuerziele über den ersten Vorhersagehorizont eingehalten werden. Für den nächsten Vorhersagezyklus zum Zeitpunkt t_{0+1} führt NASIM mit den

Literatur:

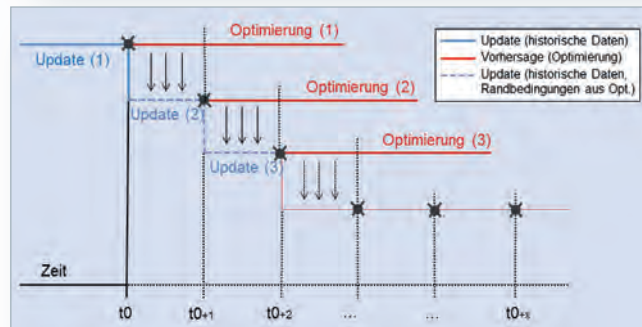
1) Meier, P. (2014): Short-term reservoir optimization for mitigation downstream flood risks, Master Thesis in "Transnational ecosystem-based Water Management (TWM)". Radboud University Nijmegen, the Netherlands University of Duisburg-Essen, Germany.

2) Buchholz, O.; Meier, P.; Schwanenberg, D.; Winkler, U. (2014): Potenziale eines optimierten, vorhersagegestützten Speicherbetriebs. In: Stamm, J.; Graw, K.-U. (Hrsg.): Simulationsverfahren und Modelle für Wasserbau und Wasserwirtschaft. Dresdner Wasserbaukolloquium 2014. Dresden, 13./14. März 2014 (Dresdner Wasserbauliche Mitteilungen, Heft 49), S. 459 - 468.

3) Schwanenberg, D. und Becker, B. (2013): RTC-Tools - Software Tools for Modeling Real-Time Control - Reference Manual. Delft. Deltares.



Fließschema – die Talsperre Eibenstock schützt die Unterlieger an der Zwickauer Mulde vor Hochwasser.



Mit Vorhersage- und Update- und Optimierungsrechnungen tastet sich RTC-Tools an die optimale Betriebsweise des Hochwasserspeichers heran.

dann verfügbaren Messwerten den nächsten Updatelauf und mit den numerischen Wettervorhersagen die nächste Vorhersagesimulation aus. Darauf folgt wiederum der nächste RTC-Tools-Updatelauf zum Nachführen der Speicherfüllung und des Wellenablaufs und die nächste Optimierung der RTC-Tools.

RTC-Tools findet die optimale Steuerstrategie

Ein Überlaufen der Talsperre lässt sich bei einem Extremereignis wie im Sommer 2013 in keinem Fall verhindern. Die Zielvorgaben werden aber durch die folgenden Maßnahmen optimal eingehalten:

- Vorabsenkung in Verbindung mit Drosselabgabe von Null während des Scheiteldurchgangs im Schwarzwasser und
- möglichst später Beginn des Überlaufs.

Diese Strategie wurde im Juni 2013 aufgrund des Erfahrungs- und Expertenwissens der LTV-Mitarbeiter umgesetzt und das Optimum nahezu erreicht.

RTC-Tools sind mit den geeigneten Vorhersageprodukten in der Lage, das in diesem Fall erforderliche Maß

der Vorabsenkung der Talsperre zu erkennen. Verglichen mit der erfolgten Steuerung während des Ereignisses von Juni 2013 ist das System noch ein wenig erfolgreicher, indem es eine weitergehende Absenkung des Hochwasserscheitels erreicht.

Die Untersuchung zeigt, dass das vorhersagegestützte Optimierungswerkzeug RTC-Tools im Ereignisfall Steuerentscheidungen testen, beurteilen und absichern kann.

Dr.-Ing. Oliver Buchholz,
Dipl.-Ing. Benedikt Sommer

RTC-Tools

RTC steht für Real Time Control (Echtzeitsteuerung).

RTC-Tools ist eine modular aufgebaute Open Source Toolbox zur Echtzeitsteuerung von hydraulischen Bauwerken wie Wehren, Pumpen, Wasserkraft-Turbinen etc., das von Deltares (Delft, NL) als Open Source Projekt weiterentwickelt wird (oss.deltares.nl/web/rtc-tools).

Es dient vielfach zur vorhersagebasierten, operationellen Steuerung von Speichersystemen zur Optimierung der Energieerzeugung unter konkurrierenden Bewirtschaftungszielen (3).

Im vorgestellten Projekt ergänzt RTC-Tools die Abflussvorhersage mit NASIM und Delft-FEWS um ein Modul zur Optimierung von Steuerstrategien.

Sind Misch- und Regenwasser-Einleitungen ein Hindernis für die Ansiedlung von Lachsen?

Detaillierte Simulation mit NASIM und SOBEK/1D-Water Quality liefert Antworten

Als potenzielles Lachslaichgewässer wurde die Rur in das Wanderfisch-Programm NRW aufgenommen. Für den Wasserverband Eifel-Rur (WVER) hat Hydrotec ein Verfahren entwickelt, mit dem sich untersuchen lässt, ob die Zuflüsse der Rur (Inde, Vicht und Wehebach) im Hinblick auf Misch- und Regenwasser-Einleitungen ebenfalls als Lachslaichgewässer in Frage kommen.

Potenzielles Lachslaichgewässer Inde

Die Inde entspringt am Rand der Nordeifel und mündet als ein von Schotter und Kies geprägter Flusstyp im Tiefland in die Rur. Den Oberlauf prägen Wald und Grünlandwirtschaft. Am Mittellauf befinden sich größere städtische und industrielle Ansiedlungen. Zu den möglichen Hindernissen einer Wiederansiedlung des Lachses zählen hier u.a. die Misch- und Regenwasser-Einleitungen. Der Unterlauf ist vom Braunkohleabbau beeinflusst.

Die EG-WRRL erfordert die Betrachtung der Wirkung von Misch- und Regenwasser-Einleitungen auf die Gewässerbiozönose. Mehrere technische Merkblätter zur Immissionsbetrachtung (z. B. BWK-M3, BWK-M7, Leitfaden zur wasserwirtschaftlich ökologischen Sanierung von Salmoniden-Laichgewässern in NRW) geben Leitlinien zur Umsetzung.

Neben einer möglichen hydraulischen Überlastung der Gewässer stehen stoffliche Belastungen durch Ammoniak, Sauerstoffdefizit und abfiltrierbare Stoffe (AfS) im Fokus.



Modellsimulation NASIM/SOBEK

Für den Nachweis der stofflichen Belastung wurde eine detaillierte Langzeitsimulation durchgeführt. Basis dafür ist das Programmsystem NASIM, das Stofftransportberechnungen für Abflüsse von befestigten Flächen sowie für alle Abflusskomponenten von unbefestigten Flächen ermöglicht.

Die aus den befestigten und unbefestigten Flächen resultierenden stofflichen Belastungen entstammen Messwerten, Merkblättern und aktuellen Forschungsarbeiten. Die Stofftransport- und Umsatzprozesse der Parameter AfS und Ammoniak (in Abhängigkeit von Ammonium, pH-Wert und Wassertemperatur) wurden mit dem NASIM-Schmutzfrachtmodul durchgeführt.

Für die Berechnung des Sauerstoffdefizits spielt die Wiederbelüftung des Gewässers eine maßgebliche Rolle. Hierzu wurde NASIM mit dem Programmsystem SOBEK/1D-Water

In der Inde sollen sich zukünftig die Lachse wieder heimisch fühlen (Foto: Wasserverband Eifel-Rur).

Quality (Deltares, Delft) gekoppelt. NASIM übergibt die BSB5-Konzentration als Zeitreihe an SOBEK, das daraus das Sauerstoffdefizit ermittelt.

Als Ergebnis liegen Stoffzeitreihen mit einer Auflösung von fünf Minuten über einen Zeitraum von 14 Jahren vor.

Grenzwertverletzungen für Salmonidengewässer

Die Auswertung zeigt Verletzungen der Grenzwerte von Lachslaichgewässern überwiegend bei langen Dauern und häufigen Ereignissen. Kurze Dauern und seltene Ereignisse bleiben durchgehend ohne Verletzungen der Grenzwerte. Hinsichtlich der Stoffe lassen sich folgende Unterschiede feststellen:

- Grenzwertverletzungen für AfS treten nahezu im gesamten Gewässerverlauf auf,

- Grenzwertverletzungen bei Ammoniak treten in der Regel in Bereichen mit hohem pH-Wert auf,
- Grenzwertverletzungen beim Sauerstoff treten überwiegend ab dem Mittellauf der Inde auf. Ursache dafür dürften die geringere Wiederbelüftung und die höheren Wassertemperaturen sein.

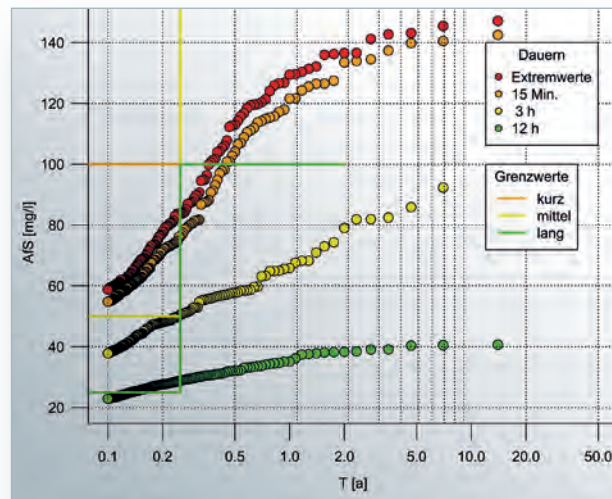
Sanierung erforderlich?

Die Entwicklung der Inde zum Lachslaichgewässer erfordert es, ausgewählte Misch- und Regenwasser-Einleitungen zu sanieren. Durch die detaillierte Modellierung können die Verursacher von Verschmutzungen identifiziert und die Wirksamkeit möglicher Maßnahmen wie der Bau von Regenrückhalte- und Retentionsbodenfilterbecken sehr genau untersucht werden.

Eine Entscheidung über den Status der Gewässer als Lachslaichgewässer steht noch aus. Deshalb umfassen die Nachweise zusätzlich die Gegenüberstellung mit den entsprechenden Grenzwerten für Mittelgebirgs-gewässer. Verletzungen der Grenzwerte für Mittelgebirgs-gewässer sind durchgehend nicht festzustellen.

Verfahren auf andere Gewässer übertragbar

Das entwickelte Verfahren lässt sich auch auf andere Einzugsgebiete übertragen. Nach einer Pilotphase für das Einzugsgebiet des Wehebachs wurde es auf das größere Gebiet von Inde und Vicht angewandt. Aktuell führt Hydrotec Berechnungen und Auswertungen für die Wurm durch. Um ausreichend lange Reihen auch für seltene Ereignisse zu generieren, ist ein Simulations-Zeitraum von 10 bis 15 Jahren erforderlich. Die stoffliche Belastung für unbefestigte Flächen kann aus Messwerten oder vorliegenden Erfahrungswerten festgelegt werden.



Berechnete Werte und Grenzwerte für Lachslaichgewässer bzgl. der Abfiltrierbaren Stoffe (AFS) in der Inde oberhalb von Vicht. Bei häufigen Ereignissen und langen Dauern wird der Grenzwert überschritten.

Simulation erhöht das Prozessverständnis

Hervorzuheben ist die gute Nachvollziehbarkeit der Berechnungen. Von den ausgewerteten Ergebnissen über die zugrunde liegenden Zeitreihen bis zu den stofflichen Eingabedaten lässt sich zurückverfolgen, ob Ergebnisse plausibel sind.

Das Modell erlaubt es, Ausgabezeitreihen an beliebigen Stellen des Systems zu erzeugen. Diese Transparenz fördert das Prozessverständnis und liefert Antworten auf folgende Fragen: Wie überlagern sich Stoff- und Abflusszeitreihen aus RÜB-Abschlägen und Gewässer? Wie wirken Speicherbauwerke auf die Stoffkonzentrationen? Wie wirken sich unterschiedliche Bedingungen (z. B. unterschiedliche Wassertemperaturen, unterschiedliche pH-Werte usw.) auf die Ergebnisse aus?

Zukünftig Verbesserungen des Schmutzfrachtmodells

Während der Projektbearbeitung wurde deutlich, um welche Funktionen das Simulationssystem mit NASIM weiterzuentwickeln ist, um eine noch genauere und komfortablere Immissionsbetrachtung zu ermöglichen. Die Wassertemperatur wird als Jahresgang (interpoliert aus Messwerten) vorgegeben. Die O₂- und die Ammoniakkonzentration sind u. a. von der Wassertemperatur abhängig. Die

Berechnung der Wassertemperatur als Tagesgang kann zu einer besseren Abbildung der Prozesse und Belastungen beitragen.

Die stoffliche Belastung von unbefestigten Flächen kann nach Nutzungen (Wald, Wiese, Acker) differenziert werden. Eingabedaten können über GIS-Auswertungen ermittelt oder aus Stoffbilanzmodellen übernommen werden.

Aktuell nutzt NASIM konstante Stoffkonzentrationen. Durch die Modellierung von Stoffablagerung und Remobilisation im Kanalnetz (Spülstoß) könnten variable Stoffkonzentrationen berücksichtigt werden.

Ein Merkmal des NA-Modells ist die Ermittlung von Oberflächenabfluss aufgrund hoher Niederschlagsintensitäten. Erosionsereignisse können demnach ebenfalls anhand der Niederschlags- und Abflussintensität identifiziert werden. Zeitlich differenziert könnte der Eintrag in die Gewässer aus Erosionsereignissen berücksichtigt werden.

Die stoffliche Hintergrundbelastung aus unbefestigten Flächen wird momentan als konstanter Wert abgebildet. Belastungszeitpunkte (z. B. Düngzeitpunkte oder Laubfall) sollten zeitlich differenziert abgebildet werden können.

M.A. Geogr. Manfred Dorp,
Dr.-Ing. Ellen-Rose Trübger

Risiken kennen und Naturgefahren vorbeugen

Welche Regeln gelten für den Schutz von Industrie- und Gewerbegebäuden?

Viele Industrieanlagen wurden in Fluss- oder Küstennähe angesiedelt. Hochwasser- und Starkregenereignisse können diesen Anlagen immense Schäden zufügen, Produktionsausfälle verursachen oder zu einem Austritt umweltgefährdender Stoffe führen. Genau wie Eigenheimbesitzer sind Unternehmer gefordert, Eigenvorsorge zu betreiben und ihre Anlagen und die Umwelt zu schützen. Hydrotec unterstützt Unternehmen dabei. Anhand von Modellrechnungen analysieren wir die Gefährdung, benennen die bestehenden Risiken und entwickeln Maßnahmenvorschläge zur Verbesserung des Schutzes vor Naturgefahren.

Besonderheiten für Industrie- und Gewerbebetriebe

Bereits heute entstehen durch Sturm-, Schnee-, Hagel- sowie Starkregen- und Hochwasserereignisse erhebliche Schäden in Deutschland. Allein die Hochwasser an der Elbe 2008 und 2013 haben zu Schäden von über 20 Mrd. Euro geführt. Sturmschäden erreichen ähnliche Größenordnungen in Deutschland. Diese Zahlen verdeutlichen, dass erheblicher Handlungsbedarf in Bezug auf besseren Umgang mit diesen Gefahren besteht! Zusätzlich ist die zu erwartende Entwicklung durch den Klimawandel zu berücksichtigen.

Naturgefahren werden unterschiedlich betrachtet

Die in Deutschland vorhandenen Informationen über die potenzielle Gefährdung, die Regelungen bzgl. des anzustrebenden Schutzniveaus für Gebäude und Anlagen und der Umgang mit dem „Überlastfall“ (d.h. die Bemessungsbelastung wird über-



Gewerbeflächen wie diese am Magdeburger Hafen sind wirkungsvoll vor Schäden durch Hochwasser zu schützen (Foto: Oliver Schlicht/Volksstimme).

schritten) sind für die betrachteten Naturgefahren sehr unterschiedlich. Wir stellen hier vereinfacht einige Kernaussagen zu Starkregen und Flusshochwasser dar.

Starkregen

Eine einfach handhabbare „Starkregengefahrenkarte“ wäre hilfreich. KOSTRA (DWD) bietet brauchbare Daten und wird bis heute auch für die Bemessungsaufgaben benutzt. Aber es ist nachgewiesen, dass die Bodenmessstationen des DWD die Starkregen oft nicht erfassen! Sehr unterschiedliche Bemessungsanforderungen bestehen für Gebäudeentwässerung, Grundstücksentwässerung und öffentliche Kanalisation. Der „Schutzgrad“ der öffentlichen Kanalisation ist mit einer maximal zulässigen 30-jährlichen Überflutung relativ gering. Es zeichnet sich hier ein Umdenken ab: Sowohl bei der Gebäudeentwässerung (obligatorisch per DIN) als auch bei der städtischen Kanalisation (mehr Empfehlungscharakter) wird zunehmend der Überlastfall betrachtet und Maßnahmen zur Schadensminderung vorgesehen. Hier bleibt aber noch viel zu tun! Gefahrenentwicklung bei Klimaänderung: Zunahme wahrscheinlich!

Flusshochwasser

Über Hochwassergefahren können sich Betriebe durch die Ende 2013

veröffentlichten Gefahren- und Risikokarten für große und mittlere Gewässer auch über Extremhochwasser jetzt sehr gut informieren. Vielerorts nicht bekannt sind die Gefahren bei Versagen der Hochwasserschutzanlagen, beispielsweise von Deichen. Im Unterschied zu den anderen Naturgefahren bestehen hier (fast) keine Anforderungen an Gebäude und Anlagen selbst! Offensichtlich wurde davon ausgegangen, dass durch die Festsetzung von Überschwemmungsgebieten gefährdete Bereiche auch nicht bebaut werden – eine Fehleinschätzung, die aus unserer Sicht dringend entsprechende Änderungen der Bauordnungen erfordert. Gefahrenentwicklung bei Klimaänderung: Uneinheitliches Bild, teilweise werden heute bereits „Klimazuschläge“ angewendet.

Anforderungen und technische Regeln aktualisiert

Spezielle Anforderungen und Normen für Industrieanlagen wie Störfall-VO („umgebungsbedingte Gefahrenquellen“) und „Technische Regeln Anlagensicherheit der Kommission für Anlagensicherheit“ TRAS 310 für Hochwasser und Starkregen sind jüngst veröffentlicht worden und sehr empfehlenswert!

Dipl.-Ing. Fritz Hatzfeld

Tabellenkalkulation in NASIM

NASIM 4.3 – Ergebnisse bequemer auswerten und mit Python-Scripts einfach Varianten berechnen



Die NASIM SE-Tabelle enthält alle Daten zu Systemelementen und die Berechnungsergebnisse. In NASIM 4.3 können die Anwender Auswertungen und weitergehende Berechnungen direkt in dieser Tabelle ausführen, sodass der bisher erforderliche Umweg über ein Tabellenkalkulationsprogramm entfällt. NASIM schreibt die Auswertungsergebnisse mit den übrigen Ergebnissen in die NASIM-Persistenzdatei. Sie sind dadurch einem Berechnungsgang zuzuordnen und bleiben den Modellierern dauerhaft verfügbar.

Die SE-Tabelle bietet die folgenden Funktionen:

- Filtern der SE-Tabelle auf selektierte Daten,
- Definieren neuer Spalten für Nutzereingaben oder Berechnungen,
- Freies Auswerten von Daten mit dem Formelgenerator.

Dadurch können Sie z. B. direkt in NASIM überprüfen, ob ein Bauwerk wie ein Retentionsbodenfilterbecken hinreichend dimensioniert ist.

- Ein Basismodell automatisiert und systematisch variieren und diese Varianten simulieren,
- Ergebnisse und Eingangsdaten einlesen und Auswertungen erstellen – ggf. unter Einbeziehung zusätzlicher externer Datenbestände,
- Automatisiert externe Datenbestände in ein NASIM-Modell einarbeiten,
- Unterschiedliche NASIM-Datensätze laden und vergleichen.

Das eröffnet den Anwendern viele Möglichkeiten für die Bearbeitung hydrologischer Fragestellungen mit NASIM. Hier einige konkrete Anwendungsbeispiele:

- Ein System nacheinander mit verschiedenen Niederschlagsreihen beaufschlagen und die Ergebnisse in eine bestimmte Datei schreiben lassen und untersuchen,
- Modellläufe mit verschiedenen TAPE18 starten und die Ergebnisse automatisiert vergleichen,
- Schmutzfrachtberechnungen mit verschiedenen Stoffkonzentrationen von natürlichen Flächen durchführen und die Auswirkungen auf die Konzentration im Gewässer analysieren.

Hydrotec bietet Ihnen regelmäßig die Schulung „NASIM und Python-Scripting“ an. Informationen dazu finden Sie auf unserer Homepage.

NASIM-Update für Sie

Wartungskunden erhalten wie immer kostenlos ein Update. Wenn Sie NASIM lizenzieren oder Ihre Lizenz aktualisieren möchten, schreiben Sie uns einfach eine E-Mail. Wir erstellen Ihnen gern ein günstiges Angebot.

Ausblick: NASIM 4.4 mit Optimierungsfunktionen

Für das 2. Halbjahr 2014 kündigen wir bereits das Release NASIM 4.4 an, das Anwendern ermöglicht, Optimierungsaufgaben für ihr Modellgebiet direkt im N-A-Modell zu lösen.

Anwendungsfälle in der Praxis können sein:

Beckengröße nach A128 optimieren: Dimensioniere mehrere Rückhaltebauwerke so, dass die Summe der Baukosten möglichst niedrig bleibt, während die Entlastungsraten an allen Einleitungen eingehalten werden.

Kanalnetz optimieren: Variiere die Drosselabflüsse von Rückhaltebauwerken so, dass die Entlastungsraten minimal sind.

Becken nach BWK-M3 optimieren: Plane Rückhaltebauwerke so, dass der vorgegebene potenziell natürliche Abfluss eingehalten wird und die Summe der Baukosten möglichst gering ausfällt.

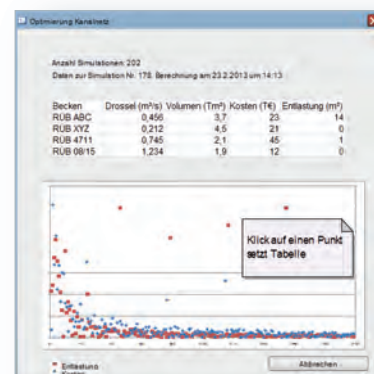
Dipl.-Math. Benedikt Rothe



NASIM-Python-Anbindung

NASIM wurde um eine Schnittstelle ergänzt, über die ein Großteil des NASIM-Datenmodells als Python-Code zur Verfügung steht. Mit der einfach zu erlernenden Programmiersprache, sind NASIM-Anwender in der Lage, automatisiert Daten aufzubereiten oder Ergebnisse auszuwerten.

Die NASIM-Python-Anbindung ermöglicht die folgenden Arbeitsabläufe:



Ausblick: Mit NASIM 4.4 lösen Sie Optimierungsaufgaben für Ihr Modellgebiet.

HYDRO_AS-2D – Zusammenarbeit mit Dr. Nujic verstärkt

Seit über 10 Jahren arbeitet Hydrotec als Anwender der HYDRO_AS-2D Programmfamilie und im Vertrieb mit dem Ingenieurbüro Dr. Nujic, Rosenheim, zusammen.

Aktuell haben beide Büros eine wesentlich verstärkte Kooperation vereinbart. Die Software-Entwicklung wird fortan gemeinsam erfolgen, um den vielfältigen Entwicklungspotenzialen gerecht zu werden.

Kürzere Rechenzeiten

In naher Zukunft wird eine neue HYDRO_AS-2D-Version herausgegeben, die Grafik-Prozessoren unterstützt und damit deutlich kürzere Simulationszeiten ermöglichen wird (vgl. www2.hydrotec.de/vertrieb/hydro_as_2d/grafikkarten-und-prozessoren).

Über weitere Entwicklungen und Ergebnisse der Zusammenarbeit informieren wir Sie auf unserer Homepage.

Anwendertreffen im Herbst

Für den November 2014 ist ein Anwendertreffen geplant, in dessen Rahmen wir Ihnen zu allen Programmmodulen Entwicklungen und interessante Programmanwendungen vorstellen werden.

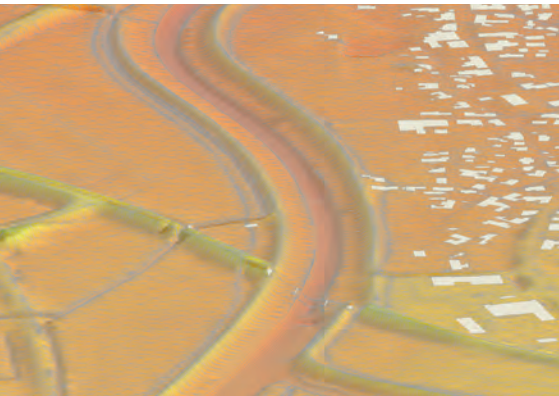
Angela Deppe,
Dr.-Ing. Hartmut Sacher,
Dr.-Ing. Alpaslan Yörük

Wasserwirtschaftliche Fachtagung in Aachen

Für Donnerstag, den 23. Oktober 2014 lädt Hydrotec zu einer Fachtagung nach Aachen ein. Anlass ist die Verabschiedung unseres langjährigen Gesellschafters Fritz Hatzfeld in den Ruhestand. Entsprechend liegt der Fokus der Veranstaltung bei seinen Kernthemen: Urbane Sturzfluten, Gewässerentwicklung und Immissionsorientierter Nachweis für Einleitungen in Gewässer.

In den Räumen des Technologiezentrums stellen namhafte Referenten und Referentinnen aus der Wasserwirtschaft spannende Projekte vor.

Wir freuen uns, Sie an diesem Tag begrüßen zu dürfen. Weitere Informationen folgen.



Jabron 6.9 ist fertig!



Wichtigste Neuerung: Mit Jabron 6.9 können Sie Ergebnisse für jede Punktlamelle ausgeben, sodass Sie eine Schubspannungs- oder Geschwindigkeitsverteilung über

jedes Profil erhalten. Außerdem können Sie mit Jabron Daten im EWAWI+-Format bearbeiten und Sie erhalten viele zusätzliche Optionen zur Erstellung von Querprofil-Plots.

Neu in Jabron 6.9:

- Detaillierte Ergebnisse für Geschwindigkeitsverteilung und Schubspannung innerhalb der Profile
- Unterstützung des EWAWI+-Formats
- Zweiter Festpunkt zur Festlegung der Projektionsachse im Importer für Vermessungsdaten möglich
- Erweiterte Optionen bei Querprofil-Plots
- Importieren einer Tabelle mit Flusspunkten zur nachträglichen Lokalisierung von Querprofilen
- Neue Option für Lagekoordinaten-Export

IMPRESSUM

Herausgeber:

Hydrotec Ingenieurgesellschaft
für Wasser und Umwelt mbH

Layout und Satz:

Designbüro Eusterbrock & Zepf, Aachen

Erscheinungsweise:

zweimal jährlich

Die Hydrothemen wird kostenlos verteilt.
Nehmen Sie bitte mit uns Kontakt auf,
wenn Sie in den Verteiler aufgenommen
werden möchten.

Copyright:

Kein Teil dieser Zeitschrift darf ohne die
ausdrückliche Genehmigung von Hydrotec
vervielfältigt oder weitergegeben werden.
Hydrotec übernimmt für sämtliche Informationen
in dieser Zeitschrift keine Gewähr.

Hydrotec
Ingenieurgesellschaft für
Wasser und Umwelt mbH

Bachstraße 62-64, 52066 Aachen

Tel.: (0241) 9 46 89-0

Fax: (0241) 50 68 89

Kaiser-Otto-Platz 13, 45276 Essen

Tel.: (0201) 85 01 99-50

Fax: (0201) 85 01 99-55

E-Mail: mail@hydrotec.de

Internet: www.hydrotec.de

V.i.S.d.P.: Dipl.-Ing. Anne Sintic

Jabron 6.9 für Sie

Wartungskunden erhalten kostenlos ein Update. Wenn Sie Jabron lizenzieren oder Ihre Lizenz aktualisieren möchten, schreiben Sie uns einfach eine E-Mail. Wir erstellen Ihnen gern ein günstiges Angebot.