

Hydrothemen

KUNDENINFORMATION

NR. 27 / NOVEMBER 2014



Liebe Kunden,

„Alles im Fluss“ – mit diesem Tagungstitel verabschiedeten wir unseren Gesellschafter Fritz Hatzfeld in den Ruhestand und stellten unser neu formiertes Führungsteam vor.

Ebenso „im Fluss“ befinden sich unsere Softwareprodukte, die wir stetig nach aktuellen wasserwirtschaftlichen und technischen Anforderungen weiterentwickeln.

Informieren Sie sich in dieser Ausgabe über

- HYDRO_AS-2D – Einsatz von Grafik- und Coprozessoren,
- Jabron 6.9 – Berechnung von Schubspannungen an der Gewässersohle,
- NASIM – hydrodynamischer Rechenkern für dynamische Fließprozesse.

Unsere Modelle tragen dazu bei, dass bei Hochwasser oder Starkregen nicht „alles in den Fluss“ gelangt:

- Urbane Sturzfluten – Kommunen sorgen mit kommunalen Schutzkonzepten vor,
- Vechte und Dinkel in Niedersachsen – Ökologie aufgewertet und Hochwasserschutz verbessert.

Hydrotec findet mit flexibel anpassbaren Werkzeugen und Methoden innovative Lösungen für die Aufgaben eines zeitgemäßen Flussgebietsmanagements. Wir freuen uns auf Ihre Fragestellung!

Im Namen des Hydrotec-Teams wünsche ich Ihnen eine interessante Lektüre

Anne Sintic

Anne Sintic
(Leitung Öffentlichkeitsarbeit)

*Landschaften prägen Flüsse –
Flüsse prägen Landschaften.*

*Oben: Zufluss der Niers im
niederrheinischen Flachland
(Quelle: Niersverband)*

*Mitte: Wupperzufluss im
Bergischen Land*

*Unten: Die Loisach am Fuß
der Alpen*

Hydrotec
Ingenieurgesellschaft für
Wasser und Umwelt mbH

Alles im Fluss

– wasserwirtschaftliche Fachtagung

Johann (Emschergenossenschaft) beeindruckende Bilder und Fakten zum Emscher-Umbau präsentierte.

Hochwasserschutz und Risikomanagement im Spannungsfeld zwischen Politik und Wirtschaftlichkeit – dazu referierten Dr. Sandra Pennekamp (Infrastruktur und Umwelt) und Arthur Kubik (Gesamtverband der deutschen Versicherungswirtschaft e. V).

Dr. Ivo Leiss und Jürg Elsener (Ernst Basler + Partner AG) blickten unter dem Aspekt Klimawandel nach China, während Bernd Mehlig (LANUV NRW) Lösungsansätze für die kommunale Überflutungsvorsorge in NRW skizzierte.

Die Tagung endete mit gegenwärtigen innovativen Projekten und einem Ausblick in die Zukunft: Ulrich Haberl (VERBUND Trading GmbH) referierte über den Einsatz des Abflussvorhersagesystems Delft-FEWS für energie-wirtschaftliche Planungen, während Benedikt Rothe und Dr. Alpaslan Yörük (Hydrotec) die künftige Ausrichtung der Softwareentwicklung vorstellten. Abschließend präsentierte Dr. Oliver Buchholz das neu formierte Hydrotec-Führungsteam.

Wir danken den Vortragenden und allen Teilnehmerinnen und Teilnehmern für ihren Beitrag zu einer gelungenen Tagung!



Zum Abschied von Fritz Hatzfeld

Fritz Hatzfeld gewann durch seine fachliche Kompetenz und sein vermittelndes aber bestimmtes Auftreten die Achtung unserer Auftraggeber und Mitarbeiter. Auch bei komplexen Projektkonstellationen gelang es ihm, Überblick und Ruhe zu bewahren und vereinbarte Ziele zu erreichen.

Lange bevor die Politik diese Themen aufnahm, war es für ihn selbstverständlich, naturnahe Gewässerentwicklung und Hochwasserschutz gemeinsam zu betrachten. Entsprechend suchte und fand er Lösungsansätze, mit denen sich beide Bereiche verbinden ließen.

Resultierend aus seinem Engagement für Umwelt- und Klimaschutz entwickelte er sich in den letzten Jahren zu einem gefragten Experten für die Themen urbane Sturzfluten und Starkregenereignisse. Er arbeitete an interdisziplinären Forschungsvorhaben mit und entwickelte Methoden in den Bereichen Hochwasserschutz und -vorsorge.

Die Worte „Ruhe“ und „Stand“ treffen seine Pläne für die kommenden Jahre nicht besonders gut: Für die gemeinnützige Stiftung „Senior Experten Service“ (SES) wird er wasserwirtschaftliche Projekte in aller Welt unterstützen.

Wir danken Fritz Hatzfeld für seinen Einsatz und wünschen ihm von Herzen alles Gute!

*Für das gesamte Hydrotec-Team:
Dr. Hartmut Sacher
und Ulrich Wolf-Schumann*

Mit einer wasserwirtschaftlichen Fachtagung am 23. Oktober würdigten zahlreiche Gäste, Referenten und KollegInnen das Wirken unseres langjährigen Gesellschafter Fritz Hatzfeld, der Ende Oktober 2014 seinen Ruhestand antrat.

Namhafte Referenten und Referentinnen aus dem deutschsprachigen Raum präsentierten spannende Projekte aus seinem Arbeitsspektrum und fanden ebenso wie seine Mitgesellschafter Dr. Hartmut Sacher und Ulrich Wolf-Schumann anerkennende Worte für ihn.

Zum Bereich Gewässerentwicklung stellte Professor Dr. Dietmar Schitthelm (Niersverband) die Wiederherstellung des guten Gewässerzustands als Gesamtaufgabe dar. Dr. Uwe Koenzen (Planungsbüro Koenzen) entwarf ein Zukunftsbild der Fließgewässer, während Georg

Ein erfolgreiches Team: Ulrich Wolf-Schumann, Fritz Hatzfeld und Dr. Hartmut Sacher haben Hydrotec 30 Jahre lang gemeinsam geleitet. Fritz Hatzfeld tritt nun seinen Ruhestand an.



Generationswechsel optimal vorbereitet

Mit dem Weggang von Fritz Hatzfeld kündigt sich ein Generationswechsel in der Führung unseres Büros an. Wir haben diesen Prozess langfristig intern vorbereitet, um einen reibungs-freien Übergang sicherzustellen. Die neuen Mitglieder des Leitungsteams wurden frühzeitig in interne Ent-

scheidungsfindungen integriert und für ihre zukünftigen Aufgaben in der Mitarbeiterführung und im Projektmanagement qualifiziert. Unsere Werkzeuge zur internen Kommunikation werden konsequent genutzt und erweitert. Dadurch stellen wir unseren Kunden gegenüber sicher,

dass wir Projekte kontinuierlich weiterführen und Fachwissen sowie Kontakte erhalten bleiben.

Wir freuen uns, Ihnen die neuen Gesellschafter neben Dr. Hartmut Sacher und Ulrich Wolf-Schumann vorzustellen:



Dr.-Ing. Oliver Buchholz

Der an der RWTH Aachen studierte und promovierte Bauingenieur bringt seit 2001 seine Spezialkenntnisse auf dem Gebiet der Hydrologie und der NA-Simulation bei Hydrotec ein. Mit seiner Arbeitsgruppe erstellt er **NA-Modelle** und **Hochwasserschutzkonzepte**, bearbeitet **wissenschaftliche Studien** und wird das Themengebiet urbane Sturzfluten von Fritz Hatzfeld weiterführen. Unter seiner Leitung realisierte Hydrotec in Kooperation mit Deltares nationale und internationale **Vorhersagesysteme** mit Delft-FEWS.



Dipl.-Ing. Heike Schröder

Nach dem Studium des technischen Umweltschutzes an der Universität Paderborn nahm sie 1996 ihre Tätigkeit in unserem Essener Büro auf. Mit fachlicher Versiertheit und strukturierter Herangehensweise arbeitet sie an der ökologischen Verbesserung des Emschersystems mit und sorgt für gewässerträglich gestaltete Einleitungen. Seit 2010 leitet sie die Zweigstelle in Essen mit acht Mitarbeitern und Mitarbeiterinnen mit den fachlichen Schwerpunkten **Stadthydrologie**, **ökologische Verbesserung** und **Planung**. Besonders unsere Kunden im Ruhrgebiet und im Sauerland schätzen die kurzen Wege zu ihr und ihrem Team.



Dipl.-Geogr. Lisa Friedeheim

Sie begann 1988 bei Hydrotec und ist damit die dienstälteste „Neue“. Aus ihrem Geografie-Studium in München und Bonn brachte sie GIS-Expertise in die Welt der Ingenieure. Bei Hydrotec leitet sie die Arbeitsgruppe **GIS und Hochwassergefahrenkarten**. In der Fachwelt hat sie sich als Spezialistin für die **Umsetzung der Hochwasserisikomanagement-Richtlinie** einen Namen gemacht. Nicht nur unsere Auftraggeber aus Baden-Württemberg schätzen ihre durchdachte Arbeitsweise, mit der sie komplexe Projekte sicher meistert.



Dr.-Ing. Alpaslan Yörük

Seine Laufbahn begann er 1996 mit dem Bauingenieur-Studium an der RWTH Aachen und einer Promotion am Institut für Wasserwesen der Universität der Bundeswehr München. Seit 2008 bereichert er Hydrotec mit Tatkraft und Fachkenntnissen zur **hydrodynamisch-numerischen Modellierung** von Fließgewässern sowie zur **Geschiebe-, Schadstofftransport- und Gewässergütesimulation**. Seine Arbeitsgruppe erstellte u. a. die Grundlagendaten für Hochwassergefahrenkarten für das Land Bayern. In vielen seiner Projekte erhalten unsere Softwareprodukte neue Funktionen, mit denen wir innovative Antworten auf wasserwirtschaftliche Fragestellungen finden.



Dipl.-Math. Benedikt Rothe

Nach seinem Mathematik-Studium an der RWTH Aachen begann er 1994, den damaligen NASIM-Fortran-Rechenkern weiterzuentwickeln. Seit November 2011 leitet er die **Entwicklung von Software-Produkten und Web-Anwendungen**. Mit Weitblick und manchmal unkonventionellen Lösungen lenkt er die Hydrotec-Softwareprodukte durch schwer vorhersehbare Technologieströmungen. Seine Ideen fließen ein in die Entwicklung von NASIM, kundenspezifischen Informationssystemen und GIS-Erweiterungen zu unseren Produkten.

Berechnung der Sohlschubspannung mit Jabron 6.9

Hohe Fließgeschwindigkeiten führen für die Lebewesen an der Gewässersohle (Makrozoobenthos) zu hydraulischem Stress. Das BWK Merkblatt 3 (BWK M3) formuliert deshalb Anforderungen an Misch- und Regenwassereinleitungen, die sicherstellen sollen, dass der in ihrem Bereich auftretende hydraulische Stress das Makrozoobenthos nicht stärker belastet als unter natürlichen Bedingungen.



Abb. 1:
Die 2 cm große Köcherfliegenlarve gehört zum Makrozoobenthos. Es soll besser vor hydraulischem Stress geschützt werden. (Quelle: André Karwath Aka)

Bisher wurde der Nachweis der Schubspannung nach BWK M3 indirekt geführt, indem bestimmte Maximalabflüsse eingehalten wurden. In einem Projekt für den Niersverband (Viersen) hat Hydrotec das 1D-Hydraulik-Programm Jabron so erweitert, dass es an der Gewässersohle auftretende Schubspannungen direkt ermittelt und als Verteilung über ein Gewässerprofil darstellt. Das ermöglicht, die Auswirkungen von Einleitungen in ein Gewässer und gezielte Maßnahmen am Gewässer zur Verringerung der Sohlschubspannung genauer zu quantifizieren und zu überprüfen.

Alternative Maßnahmen zu Rückhalteräumen?

Der Niersverband hat die Aufgabe, Einleitungen in einige kleinere Gewässer gemäß dem BWK Merkblatt 3 zu überprüfen und ihre Schädlichkeit nachzuweisen.

Um eine Verschlechterung der Situation im Vergleich zum potenziell natürlichen Zustand zu vermeiden, werden im Allgemeinen Retentionsmaßnahmen vor der Einleitung angeordnet, mit der sich die Einleitungsmenge drosseln lässt.

Alternativ dazu beabsichtigt der Niersverband, den hydraulischen Stress an der Gewässersohle durch Gewässeraufweitungen und Bewuchs in den Uferbereichen zu vermindern. Diese sollen das Fließverhalten so verändern, dass die kritischen Sohlschubspannungen eingehalten werden.

Für die hydraulische Modellierung der betroffenen Gewässer setzt der Niersverband bereits das 1D-Programm Jabron ein. Eine 2D-Modellierung liefert zwar grundsätzlich Schubspannungswerte, sieht aber keine Variierung der Bewuchsparameter vor. Deshalb soll diese Aufgabe ebenfalls mit Jabron gelöst werden.

Voruntersuchung mit 2D-Modell HYDRO_AS-2D

Das 2D-hydrodynamisch-numerische Modell HYDRO_AS-2D berechnet direkt die Sohlschubspannung für jeden Knoten des Berechnungsnetzes. Ein Gewässerabschnitt wurde daher als Referenzmodell in HYDRO_AS-2D abgebildet.

Mit dem 2D-Modell untersuchten wir zunächst den Einfluss einer wechselseitigen Gewässeraufweitung auf die Sohlschubspannung und in einer zweiten Variante die Wirkung von Bewuchs am Gewässerrand, der die

Abflussgeschwindigkeit in Ufernähe so weit reduziert, dass das Makrozoobenthos der Belastung im Uferbereich standhalten kann. Eine Erhöhung der hydraulischen Belastung in der Mitte der Gewässersohle wird dann akzeptabel, weil die Organismen vom Ufer her den kompletten Querschnitt kurzfristig wieder besiedeln können.

Modelltechnische Grundlagen in Jabron

Für den hydraulischen Nachweis dieser Gewässerrandstreifen wurde das Programm Jabron erweitert. Das Querprofil wird dazu in vertikale Lamellen unterteilt, für die ein unterschiedlicher Bewuchs definiert werden kann.

Die Berechnung der Sohlschubspannung erfolgt unter der Annahme, dass das Reibungsgefälle dem Energieliniengefälle entspricht, nach der Formel:

$$\tau = \rho g R l_E$$

Mit: R = hydraulischer Radius [m]
 l_E = Energieliniengefälle [-]
 ρ = Dichte Wasser [kg/m³]
 g = Erdbeschleunigung [m/s²]

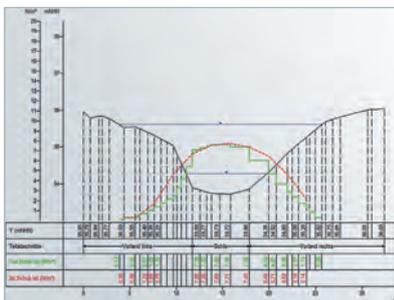
Über das Energieliniengefälle nach Darcy-Weisbach und die Summe der Widerstände aus der Sohlrauheit und dem Bewuchs kann die Sohl Schubspannung allein aus dem Sohl-Widerstandsbeiwert je Lamelle i berechnet und der Bewuchs getrennt berücksichtigt werden:

$$\begin{aligned}\tau_i &= \rho g R_i I_{E,i} \\ &= \rho g R_i \frac{v^2 \lambda_{S,i}}{8 g R_i} = \frac{\rho v^2 \lambda_{S,i}}{8} \\ &= \frac{\rho v_i^2}{8 \left(-2,03 \log_{10} \frac{k s_i}{14,84 R_i} \right)^2}\end{aligned}$$

Jabron und HYDRO_AS-2D liefern vergleichbare Schubspannungswerte

Abbildung 2 zeigt einen Vergleich der mit dem 1D- und dem 2D-Modell berechneten Schubspannungen für den Lastfall HQ2. Ergänzend sind die Wasserspiegellagen (gestrichelt MQ) eingezeichnet.

Bisherige Vergleiche der querschnittsgemittelten Schubspannungswerte aus 1D- und 2D-Berechnungen ergaben, dass die Werte aus der 1D-Simulation tendenziell unter denen der 2D-Simulation lagen.



Die aktuelle Jabron-Erweiterung zeigt insgesamt eine gute Übereinstimmung mit den 2D-Ergebnissen in Gewässermitte, während die Werte am Uferbereich insgesamt etwas geringer ausfallen.

Geringere Schubspannung durch Gewässeraufweitung

Mithilfe des Planzustands-Modells lässt sich der Einfluss einer wechselseitigen Gewässeraufweitung auf die Sohl Schubspannung quantifizieren.

Die Modellergebnisse zeigen, dass die Sohl Schubspannung im Vergleich zum Ist-Zustand deutlich abnimmt und einen gleichförmigeren Verlauf über das Querprofil aufweist.

Insgesamt zeigen die Ergebnisse einen deutlichen Rückgang der Sohl Schubspannung. Trotzdem ist festzuhalten, dass im aquatischen Bereich Abschnitte verbleiben, in denen der kritische Sohl Schubspannungswert von 3,5 N/m² weiterhin überschritten wird.

Bewuchs senkt hydraulischen Stress

Zusätzlich zur Gewässeraufweitung wird im nächsten Schritt den aquatischen Randlamellen (beidseitig) Bewuchs zugewiesen. Das Ziel ist, zumindest in diesen Randlamellen (innerhalb des aquatischen Bereichs) die kritische Sohl Schubspannung zu unterschreiten.

Abb. 2: Die Schubspannungswerte aus HYDRO_AS-2D (rot) und Jabron (grün) stimmen gut überein. Unterschiede treten im Uferbereich auf.

Abb. 3: JabMap ermöglicht die Darstellung der mit Jabron berechneten Schubspannungen in der Karte. Im Bereich der Gewässeraufweitungen in Planzustand 1 liegen die meisten Werte unterhalb der kritischen Marke von 3,5 N/m².



Abb. 4: Ergebnisdarstellung Wasserspiegellagen und Schubspannung Profil 104 Planzustand (PZ) 2 (FKM 90+623)

Die Analyse der Ergebnisse zeigt, dass der Wasserspiegel durch die Festlegung des Bewuchses innerhalb einer schmalen Lamelle im Vergleich zum Planzustand 1 nicht signifikant zunimmt.

Die Schubspannungen beider Planzustände besitzen qualitativ einen ähnlichen Verlauf. Der Unterschied liegt primär in den Bewuchsstreifen. Insgesamt zeigen die Ergebnisse, dass innerhalb der Bewuchsstreifen die kritische Sohl Schubspannung von 3,5 N/m² durchgehend unterschritten wird.

Module zur Schubspannungsberechnung in Jabron 6.9 und JabMap 5.0

Die Funktionen zur lamellenweisen Berechnung und Darstellung der Schubspannung wurden in Jabron 6.9 umgesetzt. Verglichen mit der bisherigen, in 1D-Modellen üblichen, querschnittsgemittelten Darstellung der Schubspannung erhalten die Modellierer damit wichtige zusätzliche Informationen, die für Planungen an Gewässern nutzbar sind.

Die berechneten Werte sind je Profil als Tabelle und als Querprofilplot (s. Abb. 2 und 4) darstellbar.

Mit dem GIS-Modul JabMap 5.0 ist es möglich, die Daten zusätzlich als Shape-Dateien auszugeben und in der Karte (s. Abb. 3) darzustellen.

Michael Bellinghausen,
Dr.-Ing. Hartmut Sacher,
Dr.-Ing. Alpaslan Yörük

NASIM mit hydrodynamischem Rechenkern modelliert Rückstaueffekte korrekt

In Mündungsbereichen von Flachlandgewässern kommt es bei höheren Wasserständen häufig zu dynamischen Rückstaueffekten. Die dabei entstehenden Abflüsse und Fließrichtungswechsel konnte das NA-Modell NASIM aufgrund seines hydrologischen Modellansatzes bisher nicht modellieren.

Hydrotec hat im Auftrag des Niersverbands für NASIM einen hydrodynamischen Rechenkern entwickelt. Anwender können damit von Rückstau geprägte Fließverhältnisse zukünftig korrekt abbilden. Der hydrodynamische Rechenkern wird als auswählbare Berechnungsmethode in NASIM integriert werden.

Rückstau durch geringes Sohlgefälle

Große Abschnitte der Niers und ihrer Zuflüsse weisen ein sehr geringes Sohlgefälle auf. Im Hochwasserfall staut sich das Wasser in den Einmündungen der Nebengewässer häufig und fließt nur eingeschränkt bzw. zeitlich verzögert in die Niers. Dieser Prozess war z. B. bei den Hochwasserereignissen im August und November 2010 zu beobachten.

Auch im Mündungsbereich der Niers kann sich bei hohen Wasserständen der Maas ein Rückstau von mehreren Kilometern bilden.

Wenn in einer solchen Fließsituation Wasser in das Gewässer eingeleitet wird, sind die Fließrichtung und der Abfluss abhängig vom Wasserstand. Dieser Effekt tritt insbesondere dort auf, wo leistungsfähige Pumpen in gefällearme Gewässerstrecken entwässern.



Abb. 1: NASIM-Anwender können künftig Querprofil-Daten aus Jabron einlesen, um mit dem neuen Rechenkern hydrodynamische Fließvorgänge abzubilden.

Hydrodynamisch rechnende NASIM-Version

In der aktuellen NASIM-Version werden Rückstaueffekte berücksichtigt, soweit diese durch zugrundeliegende stationäre Wasserspiegelrechnungen abgebildet wurden (z. B. Engstellen, vorgegebene Wasserstände). Dynamische Rückstaueffekte, wie sie z. B. bei unterschiedlichen räumlichen Niederschlagsverteilungen, externen Wehr- oder Pumpsteuerungen auftreten, konnten mit NASIM bisher nicht modelliert werden.

Der Niersverband beauftragte Hydrotec Ende 2013 mit der Entwicklung einer hydrodynamisch rechnenden NASIM-Variante. Die Umsetzung des komplexen Vorhabens erfolgte schrittweise mit einer Machbarkeitsstudie, der Entwicklung eines hydrodynamischen Rechenkerns auf Basis der diffusen Wellenapproximation sowie dem Test der Software an einem Gewässerabschnitt.

Aktuell arbeiten wir in einem Pilotprojekt mit dem Wasserverband Eifel-Rur an einer Studie, die die Ergebnisse des hydrodynamischen Rechenkerns mit denen des 2D-Hydraulik-Programms SOBEK (Deltares) vergleicht.

Funktionsweise und Eigenschaften des hydrodynamischen Rechenkerns

Bei der diffusen Wellenapproximation wird die Saint-Venant-Gleichung vereinfacht, so dass man die Modellgleichungen

$$\frac{\partial}{\partial t} A + \frac{\partial}{\partial x} Q = q \quad \text{und} \quad \frac{\partial}{\partial x} y = S_f$$

erhält. Nach dem Fließgesetz von Darcy-Weißbach hängt der Abfluss von der durchströmten Fläche und dem Gefälle ab. Wegen der zweiten

Gleichung kann das Modell weiter vereinfacht werden. Es bleibt die Gleichung:

$$\frac{\partial}{\partial t} A + \frac{\partial}{\partial x} Q(A) = q \text{ mit}$$

$$Q(A) = \text{sign}\left(\frac{\partial y(A)}{\partial x}\right) \cdot C(A) \cdot \sqrt{\left|\frac{\partial y(A)}{\partial x}\right|}$$

Die Funktionen $y(A)$ und $C(A)$ beschreiben die Wasserhöhe bzw. die Conveyance (Durchleitung) in Abhängigkeit der Fläche. Sie werden für jedes Querprofil aus der Geometrie und den Rauheiten in Jabron nach Merkblatt DWK 220 berechnet. Das Merkblatt beschreibt Verfahren zur ungleichförmigen, stationären Bestimmung von Wasserspiegellagen. Diese Verfahren wurden auf die Berechnung der Conveyance übertragen.

Die diffuse Wellengleichung wird im NASIM-Rechenkern durch ein versetztes Gitter im Ort und ein implizites Verfahren in der Zeit numerisch gelöst. Das implizite Verfahren zusammen mit einem speziell angepassten gedämpften Newtonverfahren ermöglicht große Zeitschritte von einigen Minuten, wie sie in NASIM üblich sind. Ferner werden moderne Verfahren zur Behandlung dünn besetzter Matrizen intelligent eingesetzt, so dass die Rechenzeit des im Vergleich zum hydrologischen Modell aufwändigeren hydrodynamischen Modells nur leicht ansteigt.

Aufgrund der Umsetzung der DWK-220-Ansätze rechnet der Rechenkern für stationäre Abflusssituationen Wasserspiegel aus, die mit den von Jabron berechneten vergleichbar sind.

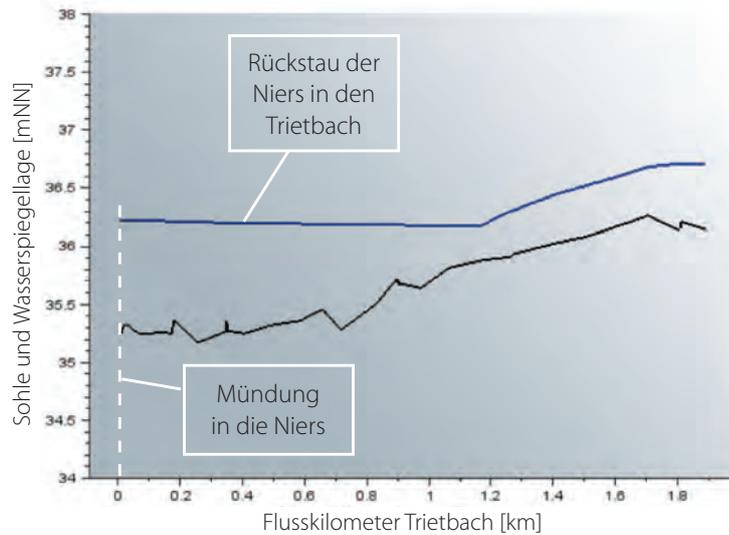


Abb. 2: Modellierung des Rückstaus an der Mündung des Trietbach in die Niers mit dem hydrodynamischen Rechenkern.

Hydrodynamischer Rechenkern besteht Praxistest

Als Anwendungsbeispiel simulierten wir die Mündung des Trietbach und den Oberlauf der Niers mit dem hydrodynamischen NASIM-Rechenkern. Dort wurden bei einem Hochwasserereignis im August 2010 die oben beschriebenen Rückstauereffekte beobachtet.

Abbildung 1 zeigt den hydraulischen Längsschnitt des Trietbach und seinen mit dem hydrodynamischen Rechenkern berechneten Wasserspiegel (blau). Damit wird deutlich, dass der neue Rechenkern in der Lage ist, einen zur Mündung hin ansteigenden Wasserstand abzubilden.

Weniger Aufwand, weniger Fehler, gleiche Performance

Zurzeit ist die Verknüpfung eines hydrologischen Modells mit einem hydrodynamischen Modell für den Modellierer mit einem hohen Aufwand verbunden. Viele händisch durchzuführende Arbeitsschritte machen diesen Vorgang außerdem fehleranfällig und schwer nachvollziehbar.

Mit der Integration des hydrodynamischen Rechenkerns in NASIM entfallen diese Nachteile. Der Aufwand für seine Anwendung ist vergleichbar zum Aufwand für ein klassisches hydrologisches Modell.

Auch die Rechenperformance bleibt im Vergleich zum nichtlinearen Kalinin-Miljukov-Ansatz nahezu konstant.

Ausblick: Einbindung in NASIM und Kanalnetzsimulation

Der hydrodynamische Rechenkern soll in einer künftigen NASIM-Version als alternative Berechnungsmethode in NASIM integriert sein. Teile des NASIM-Systemplans, für die dynamische Rückstauereffekte relevant sind, können dann hydrodynamisch berechnet werden, wobei das restliche Modell mit der bisherigen Methode bestimmt wird.

Das Modell eignet sich auch für geschlossene Profile und Kanäle. Für kürzere Abschnitte wurde dies bereits erfolgreich nachgewiesen. Aktuelle Untersuchungen sollen Möglichkeiten und Grenzen im Bezug auf Kanalnetze aufzeigen.

Dr. rer. nat. Eva Loch,
Dipl.-Math. Benedikt Rothe

Überflutung durch Starkregen – so können Kommunen sich schützen



Tropische Wetterverhältnisse führten in diesem Sommer in ganz Deutschland zu heftigen Starkregenereignissen. In vielen Städten überschwemmten die Wassermassen ganze Straßenzüge; sogar Tote waren zu beklagen. Feuerwehren und Helfer waren stundenlang im Einsatz, um vollgelaufene Keller leer zu pumpen und Schäden zu beseitigen.

Meteorologen warnen davor, dass die Gefahr solcher urbaner Sturzfluten in den kommenden Jahren zunehmen wird. Deshalb sollten Städte und Gemeinden es als ihre Aufgabe ansehen, die Gefährdungslage zu analysieren und Vorsorgemaßnahmen zu treffen. Hydrotec hat dazu eine abgestufte Vorgehensweise auf Basis von hydraulischen Untersuchungen mit HYDRO_AS-2D und den jeweils vorhandenen Kanalnetzmodellen entwickelt, mit dem die gefährdeten Bereiche und die bestehenden Risiken im Stadtgebiet aufgedeckt werden können. Die Simulationsergebnisse ermöglichen es den Kommunen und Anwohnern, gezielt und effektiv Vorsorgemaßnahmen zu treffen.

Wie kann eine Kommune sich auf die Starkregengefahr vorbereiten?

Es gibt viele wirksame und kosteneffiziente Maßnahmen, mit denen sich Kommunen auf Starkregenereignisse und Schadensminderung vorbereiten können. Der Bau größerer Kanäle stellt nach einhelliger Fachmeinung keine sinnvolle Lösung dar. Ein sinnvolles Schutzkonzept basiert auf den folgenden Schritten:

- Gefährdungs- und Risikoanalyse
- Risikobewertung und Festlegung von Schutzziele
- Konzeption und Umsetzung von Maßnahmen
- Risikokommunikation

Zunächst ist die **Gefährdung** innerhalb der besiedelten Bereiche zu **ermitteln**. Folgende Fragen sind zu klären: Wohin und wie schnell fließt das Regenwasser? Wo staut sich der Abfluss? An welchen Stellen wird das Kanalnetz überstaut? Welche Gewässer treten im städtischen Bereich über die Ufer?¹ Im Anschluss zeigt die Risikoanalyse auf, ob und in welchem Umfang durch die Überflutungen Schäden entstehen können.

Eine einfache **Risikoanalyse** kann sich darauf beschränken zu ermitteln, ob wichtige Infrastrukturen wie Krankenhäuser, öffentliche Gebäude oder Versorgungseinrichtungen betroffen sind. Mit einer detaillierten Risikoanalyse können auch die potenziellen wirtschaftlichen Schäden ermittelt werden.

Den absoluten Schutz vor Überflutungen gibt es nicht. Deshalb ist es wichtig, die ermittelten **Risiken zu bewerten** und angemessene **Schutzziele festzulegen**, d. h. welche Maßnahmen entsprechend Eintrittswahrscheinlichkeit oder Wasserstand sinnvoll und wirksam sind. Hier ist es ggf.

sinnvoll, eine Kosten-Nutzen-Abwägung durchzuführen.

Auf der Basis der gewonnenen Erkenntnisse ist es möglich, ein **Maßnahmenkonzept aufzustellen**, um die Kommune künftig wirksam vor Schäden durch urbane Sturzfluten zu schützen.

Kommunikation mit dem Bürger ist wichtig, um ein Bewusstsein für die bestehenden Risiken zu schaffen, und auch, damit Eigenvorsorge getroffen werden kann. Die gewonnenen Informationen können beispielsweise in Gefahren- und Risikokarten dargestellt und veröffentlicht werden. Erst damit wird es möglich, Maßnahmen mit Interessensgruppen abzustimmen und potenziell Betroffene zu eigenverantwortlichem Handeln zu bewegen.

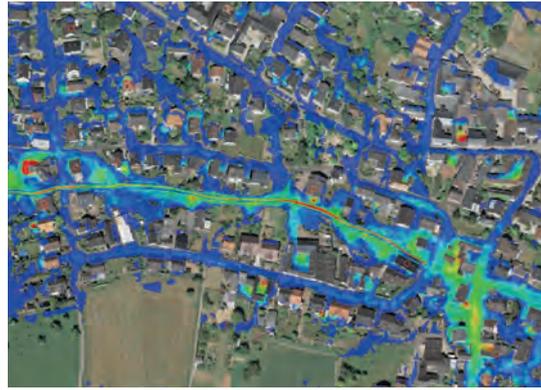
Zweistufiges Verfahren mit 3D-Geländemodell und 2D-hydraulischer Simulation

Hydrotec hat ein Modellierungsverfahren für Kommunen entwickelt. Es trägt wirkungsvoll dazu bei, die Gefährdung durch urbane Sturzfluten zu ermitteln und Gegenmaßnahmen zu konzipieren.

Zunächst werden mit einem „Grob“-Modell (Screening) die gefährdeten Bereiche ermittelt. Diese werden dann mit einer detaillierteren Modellierung genauer untersucht.

Das Verfahren basiert auf einem digitalen Geländemodell (DGM), das die Topografie des Stadtgebiets genau erfasst. Das Hydraulikmodell HYDRO_

¹) In Kürze erscheint das DWA Merkblatt M 119 „Gefährdungsanalyse zur Überflutungsvorsorge Kommunaler Entwässerungssysteme“, an dessen Vorgaben Kommunen und Ingenieurbüros sich orientieren können.



Links:
Stufe 1 der Analyse macht die gefährdeten Bereiche innerhalb einer Kommune sichtbar.

Rechts:
In Stufe 2 untersuchen wir die gefährdeten Bereiche detailliert und berechnen Fließwege, Fließstiefen und -geschwindigkeiten.

AS-2D berechnet den bei Starkregen entstehende Oberflächenabfluss und die zugehörigen Fließwege.

Auch Kanalnetzdaten lassen sich in das Modell integrieren. Der Niederschlag, der im Modell verwendet wird, ist zeitlich und räumlich variierbar, um Ereignisse mit unterschiedlicher Auftrittshäufigkeit realitätsnah abzubilden. Auch die Versickerung des Regenwassers auf den nicht versiegelten Flächen kann realistisch abgebildet werden.

Stufe 1: Die Grobanalyse verschafft Überblick

Zunächst schauen wir uns die Situation vor Ort an und dokumentieren bekannte kritische Punkte. Auch Informationen der Feuerwehr oder der Stadtentwässerungsbetriebe zu ver-

gangenen Schadensereignissen werfen wir aus, denn sie liefern wertvolle Hinweise auf „Schwachpunkte“. Diese Angaben dienen zusätzlich dazu, die Ergebnisse der Modellrechnungen später mit diesen Angaben zu plausibilisieren.

Mit einem DGM für das ganze Stadtgebiet werden die bei einer urbanen Sturzflut auftretenden Fließwege, Mulden und Überflutungsflächen ermittelt. Dazu können wir je nach Datenlage und Vorstellungen des Kunden GIS-Werkzeuge oder das hydraulische Modell HYDRO_AS-2D einsetzen.

Mit überschaubarem Aufwand lassen sich so die Gebiete abgrenzen, die besonders gefährdet sind. Diese sind in Stufe 2 genauer zu untersuchen.

Stufe 2: Gefährdete Bereiche unter der Lupe

Für die detaillierte Modellierung der Gefährdungsbereiche wird ein höher aufgelöstes DGM genutzt, das auch Straßen, Gebäude, Gewässer und weitere Bruchkanten enthält. Auch maßgebliche Kanalnetzpunkte werden integriert. Die hydraulische Simulation dieser Bereiche liefert genaue Angaben über die zu erwartenden Überflutungstiefen und Fließgeschwindigkeiten.

Eine Darstellung der Simulationsergebnisse in einer 3D-Ansicht oder in einer Karte zeigt auf, welche Straßen und Gebäude überflutet werden, an

welchen Stellen Wasser aus dem Kanalnetz austritt und wo das Kanalnetz Oberflächenabflüsse aufnehmen kann.

In Gefahren- und Risikokarten werden die so gewonnenen Erkenntnisse übersichtlich dargestellt. Sie dienen zur Information von Anwohnern und zur Planung von Maßnahmen.

Wirkungsvolle Maßnahmen planen und umsetzen

Es gibt einen ganzen Katalog von Maßnahmen zum Schutz vor Überflutungsschäden, die je nach örtlicher Situation angemessen sind. Einige Beispiele sind:

- **Lokal/Objektschutz:** Verwallung/Mauern, Notwasserwege
- **Dezentral:** Abkopplung von Dachflächen, Erhöhung von Bordsteinkanten
- **Kanal:** Vergrößerung des Querschnitts, druckdichte Schachtdeckel
- **Zentral:** Rückhaltebecken

Diese Maßnahmen lassen sich einzeln oder in Kombination in das hydraulische Modell integrieren, um sie auf ihre Wirksamkeit zu überprüfen.

Ggf. begleitend mit einer Kosten-Nutzen-Analyse wird so ein Paket von Maßnahmen geschnürt, mit denen effektiv und kostengünstig zukünftige Schäden vermindert werden.

Dr.-Ing. Oliver Buchholz,
Dipl.-Ing. Fritz Hatzfeld,
Dipl.-Ing. Robert Mittelstädt,
Dr.-Ing. Alpaslan Yörük

Konzepte gegen Starkregen

Ein Filmteam des WDR besuchte Hydrotec nach den urbanen Sturzfluten im Juli 2014, um sich über das von uns entwickelte Verfahren zu informieren. Der so entstandene Beitrag „Konzepte gegen Starkregen“ zeigt, dass Modellrechnungen wichtige Erkenntnisse zur Gefährdungssituation in der Ortslage liefern und deutlich machen, an welchen Stellen welche Maßnahmen zu treffen sind.

Schauen Sie sich den Filmbeitrag vom 29.07.2014 in der Internet-Mediathek des WDR an!

Vechte und Dinkel – ökologische Verbesserung und Hochwasserschutz

Die durch den Westen Niedersachsens fließende Vechte wurde in den 1960er Jahren fast kanalartig ausgebaut. Man begradigte dutzende Mäanderschleifen und befestigte die Ufer des Flachlandflusses, um die häufig auftretenden Hochwasser verhindern, die große Schäden an Ackerpflanzen anrichteten. Mehrere Stauhaltungen sorgen auch im Sommer für einen gleichbleibend hohen Wasserstand.

In den folgenden Jahrzehnten verarmte die Ökologie der Vechte und ihrer ehemaligen Auflächen. Der landschaftliche Reiz der Flussregion drohte verloren zu gehen. Um dieser Entwicklung gegenzusteuern, erarbeiteten deutsche und niederländische Projektpartner 2007 bis 2009 die „Grenzüberschreitende Vechtetal-Strategie“. Sie enthält die Grundzüge dessen, was geschehen muss, um die Vechte bis zum Jahr 2050 wieder in einen lebendigen Fluss zu verwandeln.

Pilotprojekt Reaktivierung eines Altarms

Es liegt nahe, zu überprüfen, ob die vorhandenen Altarme wieder an den begradigten Gewässerlauf anschließbar sind. Dadurch verlängert sich der Fließweg und man schafft vielfältige Naturräume im und am Wasser. Verbesserungen für Hochwasserschutz und Gewässerökologie lassen sich so gleichzeitig erreichen.

Ein ehemaliger Mäander der Vechte nördlich von Nordhorn bot sich für ein Pilotprojekt an. Nach ersten Planungsschritten des Niedersächsischen Landesbetriebs für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) war zu klären, wie sich



Zum Ausführungsplan für den Anschluss des Altarms Frenswegen an die Vechte lieferte Hydrotec die hydraulischen Berechnungen.

eine solche Umgestaltung auf die Wasserführung des Flusses auswirkt. Hydrotec erstellte dazu im Auftrag des NLWKN ein 1D-hydraulisches Modell für den ca. 8 km langen Abschnitt in der Nähe des Klosters Frenswegen.

Nach Abbildung des Istzustandes wurden Planungsvarianten untersucht, die den verlängerten Flusslauf, eingebautes Totholz, entfernte Ufersicherungen und ein verändertes Stauziel am unterhalb gelegenen Wehr umfassten. Weiterhin sah die Planung vor, dass die Vechte unter normalen Umständen über den alten Mäander fließt, bei Hochwasser aber zusätzlich den begradigte Flusslauf zusammen mit der um 1 m abgetieften Auenfläche flutet.

Unsere Modellrechnungen bestätigten, dass der so gestaltete Anschluss des Altarms nicht zu einer Verschärfung der Hochwassersituation führen wird. Damit konnten die Planungen für dieses Vorhaben in die nächste Runde gehen.

Einheitliches 1D-hydraulisches Gesamtmodell der Vechte

Die Vechtestrategie und die Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie lassen in naher Zukunft weitere Ent-

wicklungsprojekte an der Vechte erwarten. Der NLWKN als wasserwirtschaftlicher Dienstleister in Niedersachsen beauftragte Hydrotec deshalb, im Anschluss an diese Pilotstudie, ein Gesamtmodell der niedersächsischen Fließstrecken der Vechte sowie ihres Nebenflusses Dinkel zu erstellen.

Aus vorhandenen Profil- und Modelldaten der Flüsse setzen wir mit dem 1D-Wasserspiegellagen-Programm Jabron ein einheitliches Gesamtmodell zusammen, das allerdings noch weiße Flecken aufwies. In diesen Bereichen wurden, mit Unterstützung eines Vermessungsbüros, ergänzende Querprofile aufgenommen.

Aus den Modellrechnungen mit Jabron resultierten die Wasserspiegellagen für den Istzustand für die Abflüsse MNQ, MQ und QBordvoll.

In anschließenden Varianten-Berechnungen wurden mögliche Umbaumaßnahmen am Gewässer, wie die Anschlüsse weiterer Altarme, modelliert und die Absenkung von Stauzielen an Wehranlagen untersucht.

Der NLWKN verfügt mit dem hydraulischen Gesamtmodell über eine Grundlage für die Bemessung von

Renaturierungsmaßnahmen, die es ermöglicht, deren Auswirkungen auf das Abflussverhalten der Vechte abzuschätzen.

Auch die Entwicklung in der hydraulischen Modellierung wurde bereits in den Blick genommen: Die Modelldaten wurden so aufbereitet, dass eine zukünftige Übernahme in ein 2-dimensional rechnendes Modell problemlos möglich ist.

Berechnung der Überschwemmungsgebiete berücksichtigt ökologische Verbesserungen

Der Aufbau des Gesamtmodells stellte gleichzeitig einen wichtigen Schritt zur Umsetzung der EU-Hoch-

wasserrisikomanagementrichtlinie (HWRM-RL) dar.

Der NLWKN erstellt und veröffentlicht auf Basis der hydraulischen Berechnungen Hochwassergefahren- und -risikokarten für Niedersachsen. Die Landkreise erhalten vom NLWKN die HQ100-ÜSG-Flächen aus dem HQ mittel-Szenario, um auf dieser Grundlage neue Überschwemmungsgebiete auszuweisen.

Auf Basis des 1D-Modells konnte Hydrotec die Überschwemmungsgebiete für die maßgebenden Bemessungsabflüsse HQ100 nachvollziehen und für die zwei zusätzlichen Lastfälle HQhäufig sowie HQextrem neu berechnen.

Durch die Ermittlung von Wasserspiegellagen bei einem HQ100 in Ist- und Planzustand konnte der Nachweis der HW-Neutralität der angedachten Umbauten geleistet werden.



Uferabbrüche im Altarm

Mäander Frenswegen auf Erfolgskurs

Im Winter 2012 konnte die Grafschaft Bentheim die Umbaumaßnahmen am Altarm Frenswegen schließlich beginnen. 20.000 m³ Erdreich wurden bewegt, um den ursprünglichen Flusslauf und die Aue wiederherzustellen. Der Vechte-Fließweg wurde dadurch um 0,5 km verlängert, eine Biotopschutzfläche von 11.000 m² bietet nun Lebensraum für Flora und Fauna.

Dipl.-Ing. Martin Dornseifer,
Dipl.-Ing. Heike Schröder

Hydrotec 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.

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

Fortsetzung von Seite 12

SMS – Zusammenarbeit mit Aquaveo

Die Datenaufbereitung und Kontrolle erfolgt mit der Software SMS (Surface-Water Modeling System) – der Nutzeroberfläche der amerikanischen Firma Aquaveo.

Das bedienungsfreundlich gestaltete Programm ermöglicht

- leichte Handhabung verschiedener Datentypen,
- schnelle Datenvisualisierung und -prüfung,
- komfortable Netzbearbeitung,
- einfache Dateneingabe.

Um die weitere Entwicklung der SMS-Module im Sinne unserer Kunden sicherzustellen, tauschen wir uns regelmäßig mit den Softwareentwicklern von Aquaveo aus. Im September 2014 reisten unsere Mitarbeiter

Rainer Räder als versierter Anwender und Benedikt Rothe als erfahrener Programmierer zum Firmensitz in Utah, USA. Im persönlichen Gespräch mit der Aquaveo-Leitung diskutierten sie Anforderungen an SMS, die sich aus der 2D-Modellierung ergeben und stimmten die aktuellen Entwicklungen und die künftig erforderlichen Schnittstellen zwischen HYDRO_AS-2D und SMS ab. Für die Zukunft vereinbarten Aquaveo und Hydrotec eine vertiefte Zusammenarbeit.

Wir freuen uns, Dr. Alan Zundel, den Geschäftsführer von Aquaveo, zu unserer Tagung am 11.11.2014 in München als Referenten zu begrüßen. Er wird einen Ausblick auf die weiteren Entwicklungen geben.

Dr.-Ing. Marinko Nujic,
Dipl.-Math. Benedikt Rothe,
Dr.-Ing. Hartmut Sacher,
Dr.-Ing. Alpaslan Yörük

HYDRO_AS-2D – Neuigkeiten und Überblick



Für den 11. November 2014 haben Dr. Nujic und Hydrotec die Anwender und alle Interessierten zu einem Informationstag nach München eingeladen.

Referenten aus dem deutschsprachigen Raum präsentieren spannende Projekte aus der Ingenieurpraxis und Forschung. Die Softwareentwickler von HYDRO_AS-2D und SMS geben Einblick in ihre Arbeit und stellen aktuelle Neuerungen zu den Programmen vor.

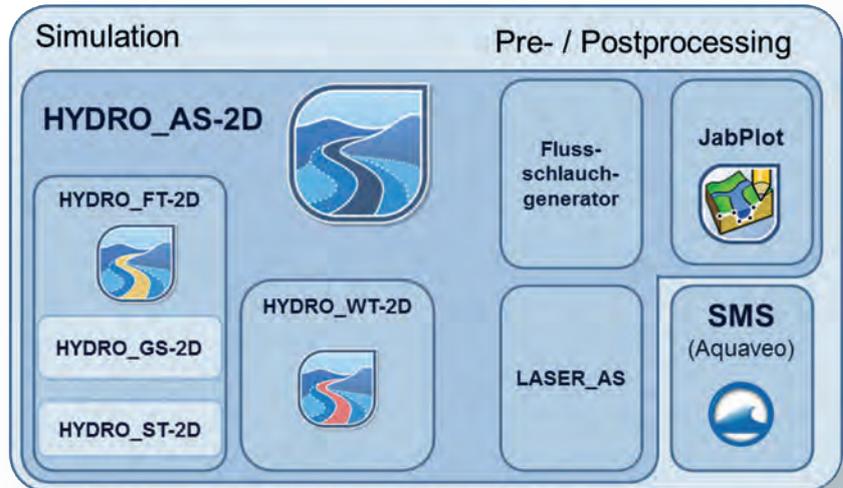
Vertrieb und Entwicklung von HYDRO_AS-2D

Hydrotec hat seit dem Sommer 2014 den Vertrieb aller HYDRO_AS-Produkte übernommen.

Unser Entwicklerteam arbeitet seit dem Sommer zusammen mit Dr. Nujic daran, das Programm und seine Module zukunftssträftig im Sinne der Anwender und der anstehenden Aufgaben in der Wasserwirtschaft weiterzuentwickeln.

HYDRO_AS-2D und seine Module

HYDRO_AS-2D hat sich zur Bearbeitung vielfältiger Aufgaben der Gewässerbewirtschaftung als flexibles und verlässlich anwendbares Werkzeug für die 2D-Simulation von Fließgewässern bewährt. Die für die Umsetzung der Hochwasserrisiko-management-Richtlinie erforderlichen hydraulischen Modellierungen wurden in Deutschland weitgehend hydrodynamisch-numerisch mit HYDRO_AS-2D durchgeführt. Auch für kommunale Schutzkonzepte gegen Starkregenüberflutungen findet das Programm vielfach Verwendung.



Die HYDRO_AS-Produktfamilie ist in den letzten Jahren erweitert worden.

Besonders in alpinen Bereichen beantworten Modellierer mithilfe von HYDRO_GS-2D Fragestellungen bez. Geschiebetransport- und Sedimentationsprozessen. Mit HYDRO_ST-2D lassen sich Untersuchungen zum Schwebstoff- und Schadstofftransport in Gewässern durchführen. Das Modul HYDRO_FT-2D (Feststofftransport) fasst diese beiden Erweiterungen zusammen.

Wärmetransportprozesse lassen sich mit HYDRO_AS-WT in das Modell integrieren.

Die grundlegende Datenbearbeitung für das Berechnungsnetz vor der Modellrechnung selbst wird durch die Module LASER_AS-2D und Fluss-schlauch-generator intelligent unterstützt.

Das Modul JabPlot unterstützt Modellierer dabei, Querprofil- und Längsschnittplots darzustellen.

Die HYDRO_AS-2D-Produktfamilie im Überblick. Seit dem Sommer 2014 arbeiten Dr. Nujic und Hydrotec zusammen an ihrer Entwicklung. Zu Aquaveo pflegt Hydrotec einen engen Kontakt.

Neuerungen – Potenzial der GPU- und Coprozessor-Technik

HYDRO_AS-2D Version 2 und insbesondere Version 3.1 nutzen die Vorteile von mehreren Prozessoren seit einiger Zeit erfolgreich.

Eine in Kürze verfügbare Spezial-Version HYDRO_AS-2D wird für die Verwendung von Grafikprozessoren (GPU) optimiert sein. Auch für den Einsatz von mathematischen Coprozessoren (XEONPhi) wird eine speziell programmierte Version verfügbar sein.

Damit können numerische Simulationen, insbesondere die mit einer großen Punktzahl, wesentlich schneller ausgeführt werden. Dies eröffnet auch neue Einsatzperspektiven wie den operationellen Einsatz für die Simulation von Hochwasserabflüssen oder die Langzeit-Stofftransport-simulation selbst für größere Gebiete und längere Gewässerabschnitte.

Lesen Sie weiter auf Seite 11