

Allgemeines

Die Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser definiert die Aufgaben der Wasserwirtschaft als „zielbewusste Ordnung aller menschlichen Eingriffe auf das ober- und unterirdische Wasser bezüglich Menge, Güte und Ökologie“ (LAWA, 1996).

Entsprechend der Zielsetzung der Wasserwirtschaft kann eine Aufteilung in Nutzwasserbau und Schutzwasserbau vorgenommen werden:

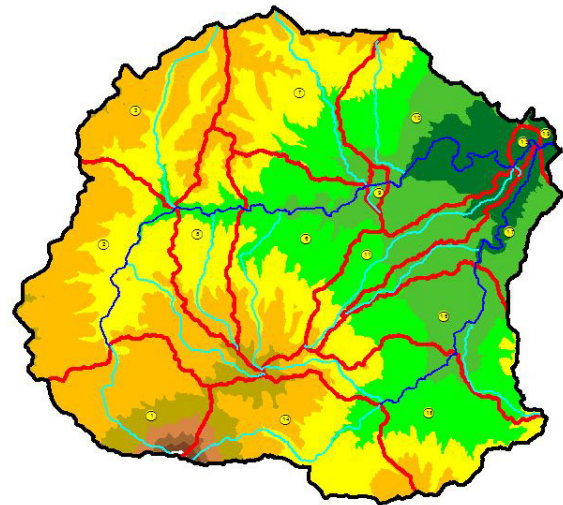
- **Nutzwasserbau:** Optimale Nutzung der vorhandenen Wasserressourcen für Landwirtschaft, Industrie, Energiegewinnung und Privathaushalte sowie Freizeitnutzung.
- **Schutzwasserbau:** Schutz des Menschen und wirtschaftlicher Güter vor den Gefahren des Wassers, die nicht nur durch Überflutungen bei Hochwasser sondern auch aus erosionsbedingten Gefahren bestehen (Uferabbrüche, Muren, Erdbeben etc.).

Diese Gliederung ist dabei als erste Orientierung zu sehen, da die Übergänge zwischen beiden Bereichen fließend sind. Auch werden jeweils ähnliche Werkzeuge und Modelle verwendet. In Deutschland obliegen die Aufgaben der Wasserwirtschaft in erster Linie staatlichen Stellen. Im Bereich der Wasserkraftnutzung sind allerdings auch private Investoren tätig. Private Ingenieurbüros sind in beiden Fällen in beratender Funktion tätig.

Der Schwerpunkt des Büros Dr. Blasy - Dr. Øverland Beratende Ingenieure liegt auf dem Gebiet des Schutzwasserbaus insbesondere im Hochwasserschutz. Die vom Büro eingesetzten Werkzeuge der wasserwirtschaftlichen Planung sind hydrologische Niederschlag-Abfluss-Modelle zur Ermittlung von Abflüssen und hydraulische Modelle zur Ermittlung von Wasserspiegellagen in einzelnen Gewässerabschnitten.

In mehreren Projekten wurden die Erfahrung des Büros auch im Nutzwasserbau erfolgreich umgesetzt (z.B. Erstellung von Wasserhaushaltsmodellen zur Untersuchung der Auswirkungen des Klimawandels auf Wasserbilanzen und Abflüsse im Einzugsgebiet des Main, Wassermanagement der Provinz Tungurahua in Ecuador).

Im Folgenden werden kurz die einzelnen Werkzeuge beschrieben und ein Beispiel zur Anwendung im Rahmen der Erstellung eines Hochwasserschutzkonzeptes aufgezeigt.

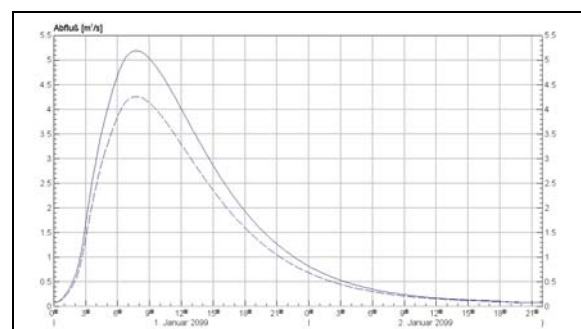


Einzugsgebiet des Río Ambato (Ecuador)

1. Hydrologische Modelle

Hydrologische Modelle werden zur Ermittlung wasserwirtschaftlicher Grundlagendaten eingesetzt. Dabei versteht man unter diesem Begriff Niederschlag-Abfluss-Modelle oder Flussgebietsmodelle, die verschiedene Berechnungsansätze für die Abflussbildung im Gebiet und zur Abflusskonzentration miteinander verknüpfen und es somit ermöglichen, aus gemessenen, vorhergesagten oder statistisch ermittelten Niederschlägen den Abfluss in einer Gewässerstrecke zu ermitteln.

In der Wasserwirtschaft werden Niederschlag-Abfluss-Modelle zur Ermittlung von Bemessungsabflüssen und zur Hochwasservorhersage eingesetzt. Zudem ist mit Hilfe dieser Modelle die Erarbeitung von Hochwasserschutzkonzepten mittels Wasserrückhalt in der Fläche möglich (Wirkungsanalyse von Talsperren, Hochwasserrückhaltebecken, Flutpoldern etc.). In der Bayerischen Wasserwirtschaftsverwaltung ist das Modell FGMOD/LARSIM Standard für hydrologische Untersuchungen. Im Büro ist vielfältige Erfahrung in der Anwendung dieses Modells vorhanden. Gleiches gilt für den Einsatz weiterer hydrologischer Methoden sowie in der statistischen Auswertung von hydrologischen und meteorologischen Daten.



Synthetische Abflussganglinien für Extremereignisse

2. Hydraulische Modelle

Die hydraulische Berechnung von Wasserspiegellagen stellt eine wesentliche Grundlage für Planungen im und am Gewässer dar. Die Einsatzmöglichkeiten reichen von der Ermittlung der Wasserspiegelhöhen bei Hochwasserschutzmaßnahmen oder naturnahen Gewässerausbauten über das Quantifizieren der Strömungsverhältnisse an vorhandenen oder geplanten Bauwerken bis hin zur Ermittlung von Überschwemmungsgrenzen in bebauten und unbebauten Gebieten.

Als planendes Ingenieurbüro, das auf wasserwirtschaftliche und umwelttechnische Fragestellungen spezialisiert ist, setzen wir für diese Aufgaben seit vielen Jahren 1-dimensionale Strömungsmodelle, bei komplexen Fließbedingungen auch 2-dimensionale Modelle ein. In der Bayerischen Wasserwirtschaftsverwaltung werden dabei in letzter Zeit verstärkt 2-dimensionale Modelle eingesetzt. Da das Büro die Entwicklung dieser Modelle begleitet, seitdem der Einsatz in der ingenieurpraktischen Anwendung erfolgt, ist große Erfahrung in der 2-dimensionalen hydraulischen Wasserspiegellagenberechnung vorhanden.

```

C:\WINNT\system32\cmd.exe
E:\2-D-Hydrau\lik\1392_Donau3000_Regen100\P\Hydro-AS-2D\HYDRO_AS-2D_U130\hydro_a
s-1step_axN.exe

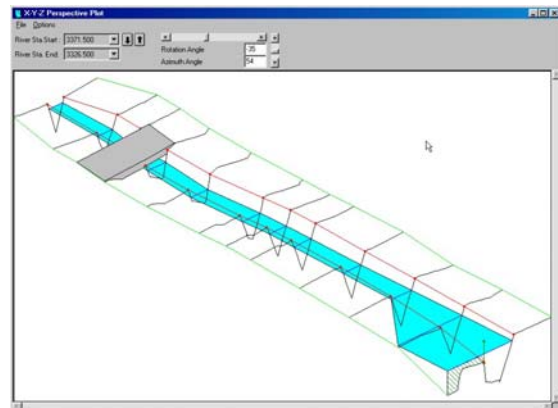
*****
HYDRO_AS-2D Programmversion 1.3.8 / 1-Step
*****
SIMULATIONSZEIT = 0.1760165 Sekunden, < DELT = 10.00000 >
Ergebnisdaten fuer SMS wurden ausgeschrieben
SIMULATIONSZEIT = 300.1952 Sekunden, < DELT = 1.150731 >
SIMULATIONSZEIT = 1000.011 Sekunden, < DELT = 0.4966551 >
SIMULATIONSZEIT = 1500.149 Sekunden, < DELT = 0.3822693 >
SIMULATIONSZEIT = 2000.102 Sekunden, < DELT = 0.4057919 >
SIMULATIONSZEIT = 2500.016 Sekunden, < DELT = 0.3814360 >
SIMULATIONSZEIT = 3000.302 Sekunden, < DELT = 0.3487335 >
SIMULATIONSZEIT = 3500.042 Sekunden, < DELT = 0.299232 >
SIMULATIONSZEIT = 4000.200 Sekunden, < DELT = 0.2719952 >
SIMULATIONSZEIT = 4500.047 Sekunden, < DELT = 0.1224949 >
SIMULATIONSZEIT = 5000.138 Sekunden, < DELT = 0.1512501 >
Ergebnisdaten fuer SMS wurden ausgeschrieben
SIMULATIONSZEIT = 5500.055 Sekunden, < DELT = 0.1363440 >
SIMULATIONSZEIT = 6000.098 Sekunden, < DELT = 0.1290116 >
SIMULATIONSZEIT = 6500.121 Sekunden, < DELT = 0.1235603 >
SIMULATIONSZEIT = 7000.117 Sekunden, < DELT = 0.1191069 >
    
```

Durchführung einer 2-dimensionalen hydraulischen Berechnung

1-dimensionale Berechnung

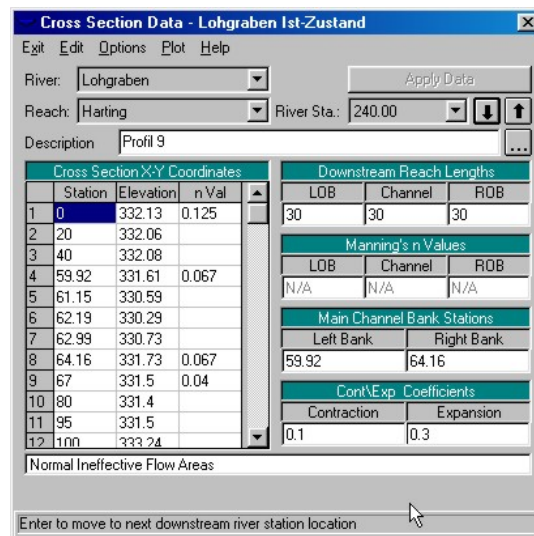
Für 1-dimensionale hydraulische Wasserspiegellagenberechnungen setzen wir je nach Anforderung die Modelle HYDRA-WSP oder HEC-RAS ein. Das Modell HYDRA-WSP wird mit seiner Windowsoberfläche WSPWIN als Standardprogramm in der bayerischen Wasserwirtschaftsverwaltung eingesetzt. Das Modell HEC-RAS stellt eines der weltweit am häufigsten verbreiteten Simulationsinstrumente dar, das vor allem durch einfache Benutzung und sehr umfangreiche Berechnungsmöglichkeiten besticht.

Voraussetzung für eine 1-dimensionale Berechnung sind Strömungsverhältnisse, bei denen die Geschwindigkeitskomponente in der Hauptfließrichtung vorherrscht und Querströmungen vernachlässigt werden können. Die Gelände- und Flussbettgeometrie wird über Talprofile an diskreten Punkten dargestellt und im Modell in die Abflussbereiche linkes Vorland, Flussschlauch und rechtes Vorland unterteilt.



3D-Ansicht eines Gewässerabschnitts (mit HEC-RAS)

Bei der Ermittlung von Überschwemmungsgebieten aus 1-dimensionalen hydraulischen Berechnungen werden die im Flussschlauch berechneten Wasserspiegellagen auf das umliegende Gelände übertragen. Bei höheren Genauigkeitsanforderungen benötigt man hierzu ein digitales Geländemodell, das im günstigsten Fall aus vorhandenen digitalen Höhendaten erstellt wird. Erfahrungsgemäß sind für den Aufbau eines digitalen Geländemodells Nacherhebungen zumindest in Teilbereichen erforderlich.



Eingabemaske für Geometriedaten (HEC-RAS)

2-dimensionale Berechnung

Mit 2-dimensionalen hydraulischen Wasserspiegellagenberechnungen können die Strömungsverhältnisse und die Überflutungsvorgänge in beliebig strukturierten Gebieten deutlich genauer als bei einer 1-dimensionalen Berechnung erfasst werden. Eine getrennte Berechnung von Flussschlauch und Vorländern entfällt. Das Untersuchungsgebiet wird durch ein aus Vierecks- oder Dreieckselementen bestehendes Berechnungsnetz nachgebildet. Die Verwendung eines solchen Gitters ermöglicht eine gute Anpassung an die topographischen und hydrodynamischen Gegebenheiten.

heiten des jeweiligen Untersuchungsgebietes. Fließ-, Deich- und Wegeverläufe können relativ einfach und vor allem genau erfasst werden, was für den zu modellierenden Strömungsprozess eine entscheidende Rolle spielen kann.

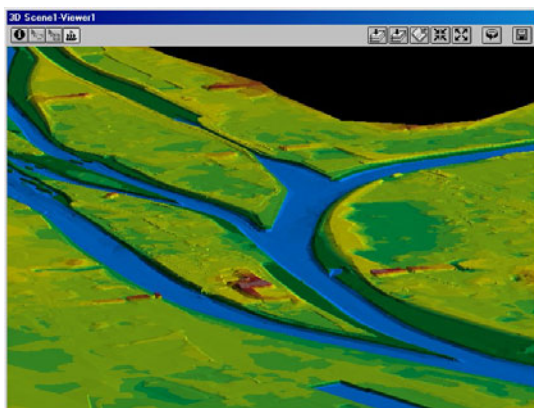
Die Netzerstellung erfolgt mit Hilfe gängiger CAD-Software und Geoinformationssystemen sowie der Spezialsoftware SMS (Surfacewater Modelling System), die zum Aufbereiten der Daten für das eigentliche hydraulische Rechenmodell und zur Ergebnisauswertung dient (Pre- und Postprocessing).

Für die 2-dimensionale hydraulische Berechnung wird das Modell HYDRO_AS-2D verwendet, das u.a. in der bayerischen Wasserwirtschaftsverwaltung als Standardprogramm für ähnlich komplexe Fragestellungen eingesetzt wird.

Beispiel: Überschwemmungsgefährdete Gebiete in der Stadt Regensburg

Im Jahr 2000 wurden vom Büro auf Grundlage einer vom Bayerischen Landesamt für Wasserwirtschaft durchgeführten hydraulischen Berechnung der Wasserspiegellagen im Auftrag der Stadt Regensburg und des Wasserwirtschaftsamtes Regensburg die überschwemmungsgefährdeten Gebiete ermittelt. Die vorhandene Wasserspiegellagenberechnungen des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft wurden in Teilbereichen durch eigene Berechnungen ergänzt.

Die überschwemmungsgefährdeten Gebiete ergeben sich durch Überlagerung der berechneten Wasserspiegellagen mit einem digitalen Geländemodell, das auf terrestrischen Vermessungsdaten, photogrammetrischen Auswertungen, Querprofilen der Gewässer und digitalisierten Höhenangaben aus analogen Karten beruht.

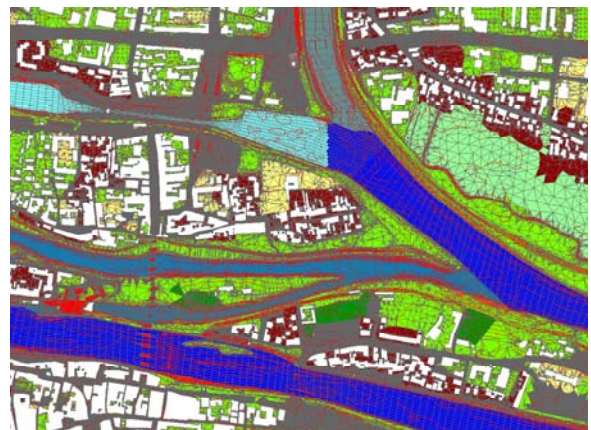


Digitales Geländemodell der Stadt Regensburg (3D)

Die überschwemmungsgefährdeten Gebiete wurden im Lageplan zusammen mit der digitalen Grundkarte der Stadt Regensburg dargestellt.

Im Zuge der Planung des Hochwasserschutzes der Stadt Regensburg wurden die 1-dimensionalen Berechnungen 2005 aktualisiert. Neben der Berücksichtigung neuester Geländedaten wurde aufgrund der fortgeschrittenen Entwicklung 2-dimensionaler Modelle eine 2-dimensionale Berechnung durchgeführt. Im Vergleich der Berechnungsergebnisse beider Berechnungen zeigt sich, dass sich die größten Differenzen im Bereich von Abflussaufteilungen ergeben wie z.B. an der Staustufe Regensburg, wo das Wasser im Donausüdarms, -nordarm und im Schleusenkanal abfließt.

Die Abflussaufteilung muss bei der 1-dimensionalen Berechnung vorgegeben werden, wohingegen sie sich in der 2-dimensionalen Berechnung als Ergebnis der Berechnung ergibt. Ein weiterer Vorteil der 2-dimensionalen Berechnung ist, dass die Rückstauereffekte in den Poldern, aber auch an einzelnen Straßenzügen im Hinblick auf die hydraulische Wirkung wesentlich besser erfasst werden, als dies in der 1-dimensionalen Berechnung möglich ist.



2D-Berechnungsnetz der Innenstadt von Regensburg

3. Hochwasserschutzkonzepte

Im Rahmen der Erarbeitung von Hochwasserschutzkonzepten finden sämtliche der beschriebenen hydrologischen und hydraulischen Modelle ihren Einsatz:

(i) Die hydrologischen Modelle dienen zunächst der Grundlagenmittlung. Wenn an den zu untersuchenden Gewässerabschnitten keine Abflussbeobachtungen vorliegen, können basierend auf Gebietskennwerten (Topographie, Bodenbedeckung, Landnutzung etc.) und Extremniederschlägen die maßgebenden Bemessungsabflüsse ermittelt werden. Neben der Bestimmung von Maximalwerten des Abflusses ist zudem die Berechnung synthetischer Abflussganglinien möglich, in denen neben dem Maximalwert des

Abflusses das enthaltene Wasservolumen eine weitere Kenngröße darstellt, die u.a. von der Ereignisdauer bestimmt wird.

(ii) Mit den bekannten Bemessungsabflüssen können mit Hilfe hydraulischer Berechnungen die Gefährdungspotenziale in den untersuchten Bereichen (überschwemmungsgefährdete Gebiete) aufgezeigt werden. Zudem kann mit den hydraulischen Modellen die Leistungsfähigkeit der einzelnen Gewässerabschnitte bestimmt werden.

(iii) Im weiteren Verlauf der Untersuchungen können mit den hydrologischen Modellen die Auswirkungen möglicher Hochwasserrückhaltemaßnahmen sowohl auf den Maximalwert des Abflusses als auch auf die Fülle der Hochwasserganglinie abgeschätzt werden. Die anzustrebende Reduktion der Abflussmenge ergibt sich aus einer hydraulischen Leistungsfähigkeitsermittlung der einzelnen Gewässerabschnitte.

(iv) Basierend auf den Ergebnissen der vorangegangenen Untersuchungsschritte können zusätzlich zu etwaigen Rückhaltemaßnahmen weitere Hochwasserschutzmaßnahmen an den Gewässern konzipiert werden. Die Wirksamkeit dieser Maßnahmen wird anschließend mit hydraulischen Berechnungen nachgewiesen.

(v) Nach Erarbeitung eines Hochwasserschutzkonzeptes unterstützt das Büro weiterhin in der Ausführungsplanung sowie im Rahmen der Plangenehmigung bzw. Planfeststellung. Umweltverträglichkeitsstudien sind dabei ebenso im Leistungsspektrum des Büros enthalten wie die weitergehende Unterstützung des Auftraggebers im Hinblick auf die Vergabe und die Bauüberwachung.

Beispiel: Unteres Schweinbachtal (Landshut)

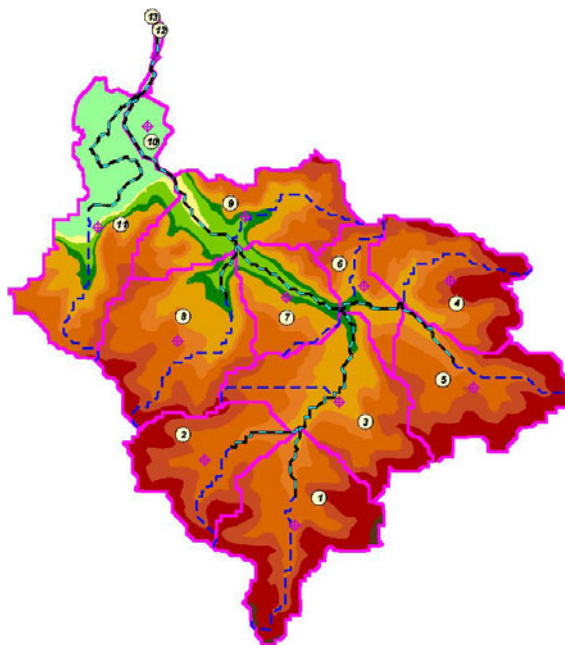
Im Stadtteil Schönbrunn der Stadt Landshut kam es häufiger zu Überschwemmungen durch den Schweinbach, von denen auch hochwertige Bausubstanz wie z.B. die Fachhochschule Landshut betroffen ist. Im Auftrag der Stadt Landshut wurden vom Ingenieurbüro deshalb Untersuchungen zur Verbesserung der Situation durchgeführt.

In einem ersten Schritt wurden die Bemessungsabflüsse im Schweinbach mit Hilfe eines Niederschlag-Abfluss-Modells ermittelt, bevor in einem zweiten Schritt die überschwemmungsgefährdeten Bereiche mit Hilfe einer 2-dimensionalen instationären hydraulischen Wasserspiegellagenberechnung bestimmt wurden. Die instationäre Berechnung, welche die Form der Hochwasserwelle explizit berücksichtigt, war in diesem Fall deshalb erforderlich, da neben der reinen Größe der Hochwasserabflüsse deren Volumen von entscheidender Bedeutung für den Umfang der überschwemmungsgefährdeten Bereiche ist.



Freie Gewässerstrecke des Schweinbachs

Weiterhin wurde die Wirkung zweier möglicher Rückhalte-räume untersucht, bevor Schutzmaßnahmen für die Stadtteile Auwaldsiedlung und Auloh konzipiert und in ihrer Wirksamkeit nachgewiesen wurden.

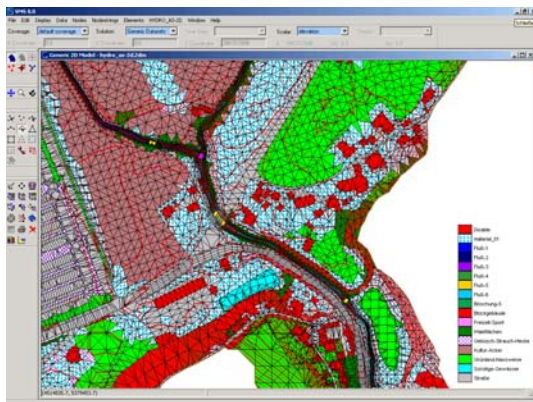


Teileinzugsgebiete des Schweinbachtals

Das Berechnungsnetz für die 2-dimensionale hydraulische Berechnung wurde auf der Grundlage photogrammetrisch ermittelter Geländedaten ergänzt durch zusätzliche terrestrische Vermessungen an hydraulisch relevanten Punkten wie z.B. Wehranlagen und Brücken erstellt. Für die Ausbreitung der Hochwasserwelle bedeutsame Bruchkanten wie beispielsweise Deichoberkanten und Straßenverläufe wurden explizit erfasst. Das endgültige Berechnungsnetz besteht aus ca. 116.000 Berechnungsknoten und ca. 190.000 Elementen, denen entsprechend der Gelände-nutzung ein

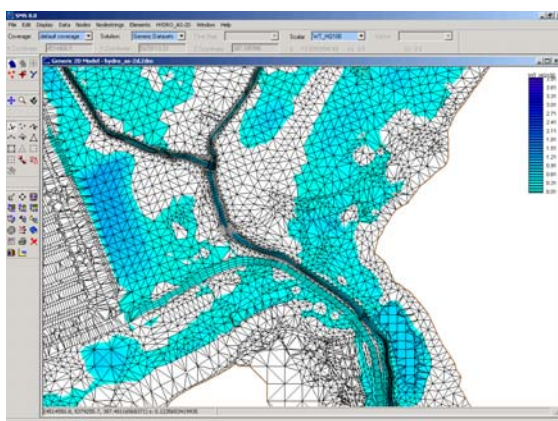
Rauhigkeitsbeiwert zugeordnet wurde. Gebäude werden als undurchlässig modelliert.

Basierend auf den Berechnungsergebnissen (Überschwemmungsgefährdeter Gebiete) und den Geländedaten wurden durch eine eingehende Analyse der Resultate mehrere Bereiche identifiziert, in denen mit kostengünstigen Maßnahmen eine Reduzierung der Überflutungsgefahr erreicht werden konnte. Die Wirksamkeit der vorgeschlagenen Maßnahmen konnte durch eine weitere hydraulische Wasserspiegellagenberechnung nachgewiesen werden.



2D-Berechnungsnetz im Schweinbachtal

Neben der üblichen Anwendung hydraulischer Rechenmodelle zur Ermittlung überschwemmungsgefährdeter Bereiche ist ein solches Modell bei sachgemäßer Anwendung also ein sehr wertvolles Instrument zur wirtschaftlichen Planung von Hochwasserschutzmaßnahmen.



Überflutungstiefen im Schweinbachtal

Leistungen des Ingenieurbüros

Nutzen Sie die Erfahrung und das Wissen von Dr. Blasy - Dr. Øverland Beratende Ingenieure in der Wasserwirtschaft. Wir bieten Ihnen u.a. folgende Leistungen an:

- ◆ Übernahme vorhandener Höhendaten verschiedener Datenquellen und -formate und Erstellung von digitalen Geländemodellen (DGM).
- ◆ Örtliche Gelände- und Gewässervermessung zur Ergänzung vorhandener oder anderweitig (z.B. photogrammetrisch) erhobener Höhendaten.



Terrestrische Vermessung

- ◆ Ermittlung von Bemessungsabflüssen durch statistische Auswertungen und mit Hilfe von Niederschlag-Abfluss-Modellen.
- ◆ Hydraulische Berechnung, die je nach Fragestellung mit 1-dimensionalen oder 2-dimensionalen Modellen durchgeführt wird.
- ◆ Auswertung und Darstellung der Ergebnisse vorhandener hydraulischer Berechnungen in Überschwemmungsplänen.
- ◆ Analyse möglicher Hochwasserschutzmaßnahmen und Nachweis der Auswirkungen dieser Maßnahmen anhand vergleichender hydrologischer und hydraulischer Berechnungen.
- ◆ Konstruktive Planung der konzipierten Hochwasserschutzmaßnahmen, Unterstützung im Genehmigungsverfahren, bei der Ausschreibung und in der Bauüberwachung.

Dr. Blasy - Dr. Øverland

Beratende Ingenieure GmbH & Co. KG

Moosstraße 3 82279 Eching am Ammersee

Tel.: 08143 / 997-100 Fax: 08143 / 997-150

info@blasy-overland.de www.blasy-overland.de