

# HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

---

Conference Paper, Published Version

**Reisenbüchler, Markus; Liepert, Tobias; Aguirre Iñiguez, Diego Vladimir; De Vos, Frederik; Giehl, Stefan; Minh Duc Bui, Minh Duc; Rutschmann, Peter**

## **VieWBay – Wasserwirtschaftliche Modellierung der Fließgewässer Bayerns**

VAW Mitteilungen

Zur Verfügung gestellt in Kooperation mit/Provided in Cooperation with:  
**ETH Zürich, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW)**

---

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/108433>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Reisenbüchler, Markus; Liepert, Tobias; Aguirre Iñiguez, Diego Vladimir; De Vos, Frederik; Giehl, Stefan; Minh Duc Bui, Minh Duc; Rutschmann, Peter (2021): VieWBay – Wasserwirtschaftliche Modellierung der Fließgewässer Bayerns. In: Boes, Robert (Hg.): Wasserbau-Symposium 2021. Wasserbau in Zeiten von Energiewende, Gewässerschutz und Klimawandel. Band 2. VAW Mitteilungen 263. Zürich: ETH Zürich, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie. S. 437-446.

### **Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:**

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.

Verwertungsrechte: CC BY 4.0



# VieWBay – Wasserwirtschaftliche Modellierung der Fließgewässer Bayerns

*VieWBay – Modeling Bavarian Rivers*

**Markus Reisenbüchler, Tobias Liepert, Diego Vladimir Aguirre Iñiguez, Frederik De Vos, Stefan Giehl, Minh Duc Bui, Peter Rutschmann**

## **Kurzfassung**

Der globale Klimawandel wird auch in Deutschland zu neuen Herausforderungen für die Wasserwirtschaft führen. Klimaforscher vermuten unter anderem Änderungen beim Aufkommen extremer Hochwasser- und Starkregenereignisse, eine Häufung von Hitzeperioden mit einhergehender Wasserknappheit und Veränderungen der Temperatur der Fließgewässer. Um die künftigen Probleme wirkungsvoll anzugehen, bedarf es eines integrativen Ansatzes, in dem alle zuständigen Fachdisziplinen beteiligt sind und der großräumig Flussgebiete einschließt. Im Forschungsprojekt VieWBay, gefördert vom Bayerischen Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz, wird diese Thematik für den Freistaat Bayern angegangen. VieWBay vereinigt das hydrologische Wasserhaushaltsmodell PROMET mit dem hydromorphologischen Solver TELEMAC, um die Fließwege und die Flussentwicklungen für die Gesamtfläche Bayerns konsistent abzubilden. Die Grundlagen der Herangehensweise sind neue Modellierungswerkzeuge, welche die aktuellsten Datensätze aus der Fernerkundung, einschließlich Satellitendaten, umfasst und deren Software auf Hochleistungsrechnern läuft. Mit einer solchen Konzeption können ganzheitliche Fragestellungen erörtert, komplexe Maßnahmen evaluiert und großräumige Hochwasserprognosen erstellt werden.

Die folgende Ausarbeitung gliedert sich in drei Teile. Im ersten Abschnitt werden die vorhandenen Eingangsdaten und deren Grenzen diskutiert. Der zweite Teil beschreibt die automatische Verarbeitung der Geodaten bis hin zum fertigen Modell. Im dritten Teil wird anhand eines Testgebietes die Eignung des aktuellen Ansatzes diskutiert.

## **Abstract**

Climate change will bring new challenges to the water sector worldwide and so Germany. It is assumed that the occurrence of extreme discharge or rainfall events will change but the same time more heat waves with droughts and water scarcity happen. To tackle these trends efficiently, new comprehensive approaches are necessary using integrative modelling concepts and catchment

wide approaches. The research project VieWBay, funded by the Bavarian Ministry of Environment and Consumer Protection, will address this topic for the Free State of Bavaria. In VieWBay a hydrological water-management model PROMET is coupled with the hydrodynamic model TELEMAC to reliably predict the rivers and their runoff for Bavaria. The approach is based on new data from remote sensing and new technologies for high-performance-computing (HPC). With this approach comprehensive questions could be answered and wide spread predictions made.

The following work is structured in three parts. First, the available raw data and their limitation are described, second, the automatic processing and modelling concepts is explained. This is followed by an application of the concept to a real world study area, to discuss the suitability of the current approach.

## **1 Einleitung**

Fortschritte in den Bereichen der Digitalisierung, Messmethodik und Computersimulation ermöglichen es Umweltprozesse mit verbesserten Methoden anzugehen und neue Gesichtspunkte zu beleuchten. Die Bayerische Wasserwirtschaft möchte diese Technologien nutzen, um den Herausforderungen, die sich in Folge von Klimawandel, Starkregen und Sturzfluten einstellen, gewachsen zu sein (LfU, 2008). Dazu werden im Projekt VieWBay die Abflusentstehung und die Gerinneprozesse mit einem ganzheitlichen Modellansatz für ganz Bayern angegangen. Das bedeutet, dass zu dem hydrologischen Wasserhaushaltsmodell PROMET (Mauser und Bach, 2009; Zabel und Mauser, 2013) das hydromorphologische Model TELEMAC (Hervouet, 2007), das für die genaue Darstellung der Gerinneprozesse verantwortlich ist, gekoppelt wird. Um die Zielsetzung, Modelle mit beliebigem Umgriff für ganz Bayern zu simulieren, bedarf es eines hoch automatisierten Modellierungsansatzes, der auf standardisierte Eingangsdaten zurückgreifen kann. Doch gerade hier herrscht großer Entwicklungsbedarf, um überhaupt die fortschrittlichen Technologien nutzen zu können.

Folgende Ausarbeitung gibt einen Überblick über die bestehenden Datenstrukturen der bayerischen Gewässerverwaltung und ein darauf aufbauendes Modellierungskonzept. Ferner werden anhand eines Testgebiets die Möglichkeiten, aber auch Einschränkungen vorgestellt und weiteres Entwicklungspotential aufgezeigt.

## **2 Existierende Daten und deren Grenzen**

Zusammengenommen beträgt die Länge aller bayerischen Bäche und Flüsse rund 100'000 km. Die Gewässer der I. und II. Ordnung, die im Rahmen des Projekts VieWBay betrachtet werden, umfassen ca. 10'000 km. Für das Monitoring

dieser Gewässer existiert ein dichtes hydrographisches Pegelnetz mit rund 600 Pegeln, die kontinuierlich Wasserstände erfassen und über hinterlegte Abflusskurven Abflüsse errechnen. Die Pegeldata geben jedoch keinen Aufschluss über die Prozesse im Zwischeneinzugsgebiet oder Abschnitte ohne Pegel. Im Rahmen des Projektes soll mit Hilfe von hydrologischen Modellen die Entstehung des Oberflächenabflusses räumlich hochaufgelöst simuliert und dem hydraulischen Modell passgenau zugegeben werden – somit sind die Randbedingungen der Hydraulik definiert.

Komplexer ist die Geschiebmodellierung der voralpinen Kiesflüsse. Deren hohe morphologische Aktivität kann zu deutlichen Veränderungen im Gewässer führen. Kontinuierliche Messungen von Transportraten sind bislang lediglich für Schwebstoff möglich, die bayernweit an 36 Messstationen erhoben werden. Gemessene Geschiebefrachten existieren nur partiell und stammen von einzelnen Messkampagnen. Weitere morphologische Kenngrößen der Flüsse, die aus Sohlenbeprobungen oder Bohrkernen gewonnen werden oder bereits kalibrierte Transportbeziehungen, liegen bei den Wasserwirtschaftsämtern. Der dezentrale Datenbestand ist extrem heterogen und vergleichsweise gering.

Um dennoch die morphologischen Veränderungen der Fließgewässer zu dokumentieren, werden turnusmäßig oder nach Ablauf größerer Hochwasser Querprofildata erhoben. Bislang erfolgt die Vermessung überwiegend durch klassische Vermessungsmethoden, die aufgrund des Arbeitsaufwandes einen Querprofilabstand von 100 bis 200 m im Regelfall erfordert. Manche Strukturen im Fluss sind dabei nur näherungsweise erfasst. Die Sammlung der Daten erfolgt in einer internen Datenbank des Landesamtes für Umwelt (HIS'3D). Dort werden die Messpunkte der Querprofile zusammen mit ihren Metadaten zentral abgelegt. Neuere Verfahren, die die Flusssohle flächig erfassen, beispielsweise Fächerecholotsysteme oder die luftgestützte Gewässerbettvermessung mit grünem Laser, befinden sich noch in der Testphase (Baran *et al.*, 2013; Steinbacher *et al.*, 2018).

In der Regel bilden Querprofile die Grundlage von numerischen Modellen des Gerinnes. Um daraus eine flächige Gewässersohle zu erstellen, sind die Querprofile entlang einer Flussachse zu interpolieren. Da in den meisten Fällen keine Informationen über den Längsverlauf vorliegen, an denen sich die Interpolation orientieren könnte, muss hier oftmals manuell nachgearbeitet werden, indem beispielsweise die Böschungskanten aus einem Luftbild manuell abgegriffen werden. Die bayerische Wasserwirtschaftsverwaltung hat eine Initiative gestartet, die die bestehenden Vermessungsdaten von Längsstrukturen einheitlich in einer Datenbank zusammentragen soll. Die Datenbank befindet sich jedoch noch im Aufbau und ist im aktuellen Stand noch lückenhaft. Eine weitere Schwierigkeit stellt

die ungesicherte Datenqualität älterer Querprofilaufnahmen dar, in denen sich immer wieder Unstimmigkeiten finden.

Für die Beschreibung der Landoberfläche neben dem Gerinne existieren sehr gute und aktuelle Daten. In regelmäßigen Abständen finden Laser-Befliegungen zur Vermessung der Landoberfläche statt. In der aktuellen Messkampagne stehen ca. 8 Pkt/m<sup>2</sup> zur Verfügung, die vom Bayerischen Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung (LDBV) bereits grob klassifiziert sind. Um daraus Modelle ableiten zu können, sind jedoch weitere Datenaufbereitungen notwendig. Das LDBV stellt deswegen auch ein digitales Geländemodell der Landoberfläche mit einer Rasterauflösung von 1x1 m (1er DGM) zur Verfügung. Zudem liegen flächendeckende Informationen zur Landnutzung vor, die für die Rauheitsdefinitionen genutzt werden können.

Eine weitere Herausforderung stellen abflussregulierenden Bauwerke dar, da es keine Datenbank gibt, die die relevanten Geometrie- und Steuerungsdaten enthält. Diese Informationen liegen meist beim Betreiber der Anlage. Eine Standardisierung und Homogenisierung der Daten, die eine automatische Datenübernahme ins Modell erlauben würde, steht noch aus. Die automatische Integration von abflusswirksamen Bauwerken in numerische Modelle würde eine Datenbank erfordern, die die Steuerungs- und Geometriedaten des Bauwerks in generischer Form vorhält. Zukunftsweisende Technologien wie Building Information Modelling (BIM) sind noch sehr neu und werden kontrovers diskutiert (Henke *et al.*, 2020; Oettinghaus, 2019; Wellbrock und Ollero, 2018; Bödefeld und Lühr, 2019). Aktuell müssen Planunterlagen und Wasserrechtsbescheide studiert und händisch ins Modell integriert werden.

### **3 Automatisierte Modellierungskette**

Das Ziel, großräumige hydromorphologische Modelle direkt aus den Datenbeständen abzuleiten und darauf verschiedene hydrologische Ereignisse zu rechnen, ist nur realisierbar, wenn auf einen gut aufbereiteten Datenbestand zurückgegriffen werden kann. Da die Bestandsdaten in ihrer aktuellen Fassung gewisse Mängel und Lücken aufweisen, wurde im Rahmen des Projekts ein Modellierungswerkzeug entworfen, das sowohl die Daten aufbereitet als auch deren Weiterverarbeitung zu einem fertigen Netz möglich macht. Der modular gestaltete Ansatz ist auf größtmögliche Flexibilität ausgelegt, so dass je nach Datenbestand verschiedene Skripte miteinander verschalten werden könnten.

Im Folgenden wird das Vorgehen im Standardfall, bei dem die Querprofilaten aus unterschiedlichen Epochen vorliegen, vorgestellt. Im ersten Schritt ist der Umgriff abzustecken, den das finale Modell abbilden soll. Die Verknüpfung der im Umgriff enthaltenen Fließwege greift auf eine Adjazenzmatrix zurück, die im

Rahmen des Projekts sukzessive aufgebaut wird. Im nächsten Schritt erfolgt die Auswahl der Querprofile aus den einzelnen Messkampagnen. Gerade bei längeren Abschnitten wird eine Vermischung von Querprofilen aus unterschiedlichen Messkampagnen und Jahren unvermeidbar sein. Im dritten Verarbeitungsschritt sind die oberen und unteren Böschungskanten manuell festzulegen. Sobald für ein Querprofil und Jahr die Klassifizierung durchgeführt wurde, wird diese Information in einer Datenbank gespeichert und kann wiederverwendet werden. Da es vorkommen kann, dass die Profile in größeren Abständen zu einander liegen und der Fluss dazwischen einen unnatürlichen Verlauf nimmt, muss der Flusslauf in Form von Polylinien definiert werden. Auch diese Längsstrukturen werden in der Datenbank abgelegt.

Gemeinsam lässt sich aus den Querprofilen und den Längsstrukturen eine dreidimensionale Punktwolke, das digitale Flussmodell (DFM), erzeugen. Hierzu werden die Querprofile entlang der Längsstrukturen dreidimensional interpoliert. Im nächsten Schritt erfolgt die Triangulation des 2D Berechnungsnetzes basierend auf der Open Source Software TRIANGLE (Shewchuk, 1996). Sie erstellt auf Grundlage des eingangs definierten Gebietsumrisses und den Polylinien des Flusslaufes, die als Bruchkanten ins Modell einfließen, ein unstrukturiertes Dreiecksgitter. Abflusswirksame Bauwerke werden als Löcher aus dem Netz extrahiert und können mittels Randbedingungen intern oder extern gesteuert werden. Zudem lassen sich weitere Features, wie z. B. Häuser, Straßen oder Landnutzungsgrenzen, einbetten. Im finalen Schritt werden auf die 2D Berechnungsnetze die Höhen interpoliert. Im Bereich des Fließgewässers entstammen die Höheninformationen aus dem erstellten DFM und im restlichen Gelände aus dem 1er-DGM.

Mit diesem Grundgerüst zur Modellerstellung und einer hinreichend großen Datenbank können automatisiert große Berechnungsgebiete erstellt werden. Die Oberflächenrauheit als wichtigster Parameter einer hydraulischen Berechnung wird aus den Landnutzungsdaten abgeleitet (Michel, 2006). Zur Ermittlung der Rauheit im Gerinne wurde ein automatisches Werkzeug entwickelt, das diese iterativ abschnittsweise bestimmt, entsprechend gegebener Messdaten, wie z.B. Hochwasserfixierungen (Ateeq-Ur-Rehman, 2019).

Da der Datenbestand und die Datenqualität für eine automatisierte morphologische Berechnung aktuell noch nicht ausreichend sind, liegt der Fokus im Projekt zunächst auf einer rein hydraulischen Berechnung.

## **4 Ergebnisse und Diskussion**

Die Eignung des automatisierten Modellerstellungskonzepts – Datenverarbeitung, Netzerstellung, Randbedingungen, Kalibrierung – wird hier exemplarisch

an einem Testgebiet aufgezeigt. Der Modellumfang erfasst einen 13 km langen Abschnitt des Inns oberhalb der Staustufe Wasserburg. Für diesen Bereich wurde im Rahmen des Projektes «Retentionspotentialstudie am Inn» an der TUM ein genaues 2D Modell manuell erstellt. In diesem sind die Bruchkanten des Flusses und des Geländes enthalten, aber auch die abflusswirksamen Strukturen im Vorland, wie Deiche oder Straßenzüge. Unter Benutzung diverser Tools für die Netzerstellung war der Zeitaufwand für das manuelle Netz rund drei Arbeitstage. Für den gleichen Bereich wurde automatisiert, innerhalb von nur drei Stunden, ein Modell erstellt. Am meisten Zeit floss in die Aufbereitung der Profile, die jetzt aber in der Datenbank abgelegt sind. Mit einer existierenden Datenbank würde sich die Dauer auf eine Stunde verringern.

Die Unterschiede in den Modellen treten vor allem in den Vorlandbereichen zum Vorschein, da bei der automatisierten Modellerstellung keinerlei Vorlandstrukturen Berücksichtigung fanden. Die Auflösung des manuellen Netzes beträgt rund 79'600 Elemente mit einer mittleren Elementfläche von 310 m<sup>2</sup>. Das automatische Netz ist im Mittel mit rund 450 m<sup>2</sup> pro Element gröber und kommt entsprechend mit weniger Elementen aus (51'000), was Vorteile für die Rechenzeit mit sich bringt. Abb 1 zeigt den gleichen Ausschnitt für beide Modellerstellungskonzepte. Hieraus ersichtlich ist, dass im manuell erstellten Netz die Bruchkanten, Geländeübergänge und Gräben feiner aufgelöst sind. Im automatisiert erstellten Netz fehlen diese Strukturen, da diese nicht standardisiert vorliegen und deswegen nicht als Zusatzinformation in die Netzerstellung mit einfließen. Zudem treten gewisse Geländestrukturen im Vorland durch das 1er DGM nicht zum Vorschein.

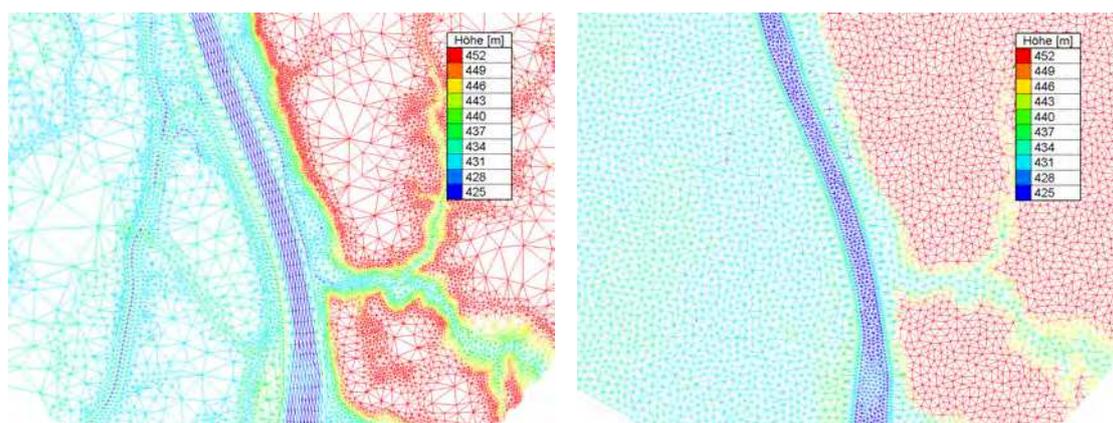


Abb. 1: Ausschnitt des Berechnungsnetzes: manuell (links) und automatisch (rechts).

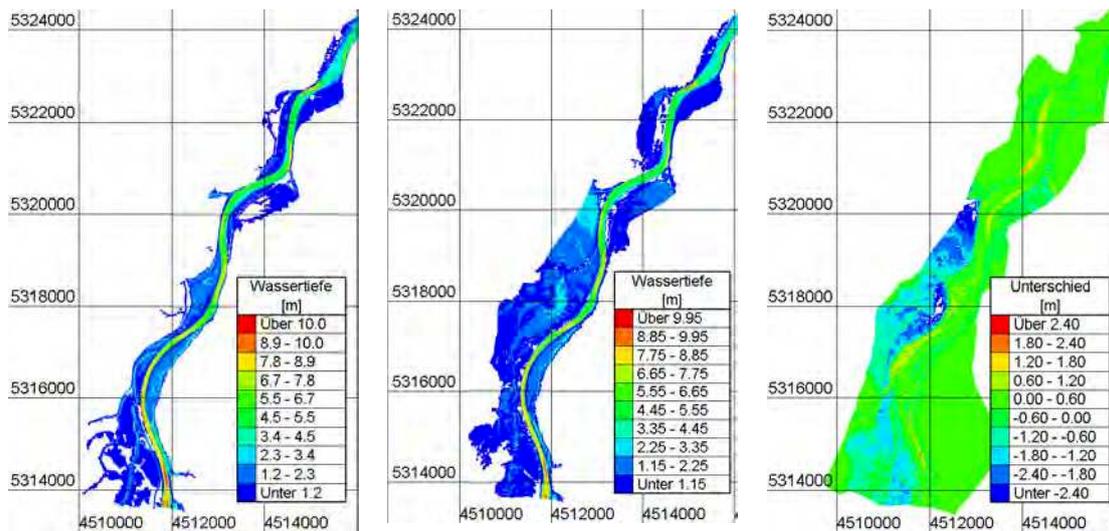


Abb. 2: Überflutungsflächen: manuell (Links), automatisch (Mitte) und Unterschiede (Rechts).

Die beispielhafte Simulation des Hochwasserereignisses im Jahr 2013, welches in etwa eine Jährlichkeit eines HQ30 hatte, zeigt deutlich Unterschiede der beiden Netze hinsichtlich ihrer Genauigkeit bei den Überflutungsflächen (Abb. 2). Dazu sind in Abb 3 die Längsschnitte des simulierten Wasserstandes während des Scheiteldurchgangs aufgetragen. Ergänzend sind die tatsächlichen Messdaten der Hochwasserfixierung bzw. der kontinuierlichen Pegel hinzugefügt. Es wird deutlich, dass im automatischen Netz die Überflutungen weitläufiger sind und nicht an Strukturen haltmachen wie im manuellen Netz. Deswegen auch die Unterschiede in den Wassertiefen, da Wasser in geschützte oder abgeschnittene Bereiche fließt. Betrachtet man den Längsschnitt, erkennt man, dass das automatische Netz mit der automatischen Kalibrierung dennoch sehr gut mit den Messwerten übereinstimmt. Davon abgesehen, sind die Unterschiede zwischen den Modellen sehr gering, was die grundsätzliche Eignung des automatischen Modellansatzes mit der entwickelten Kalibrierungsmethode bestätigt. Gleichzeitig wird klar, dass es noch Raum für Verbesserungen gibt, vor allem bei der Integration von Strukturen im Vorland.

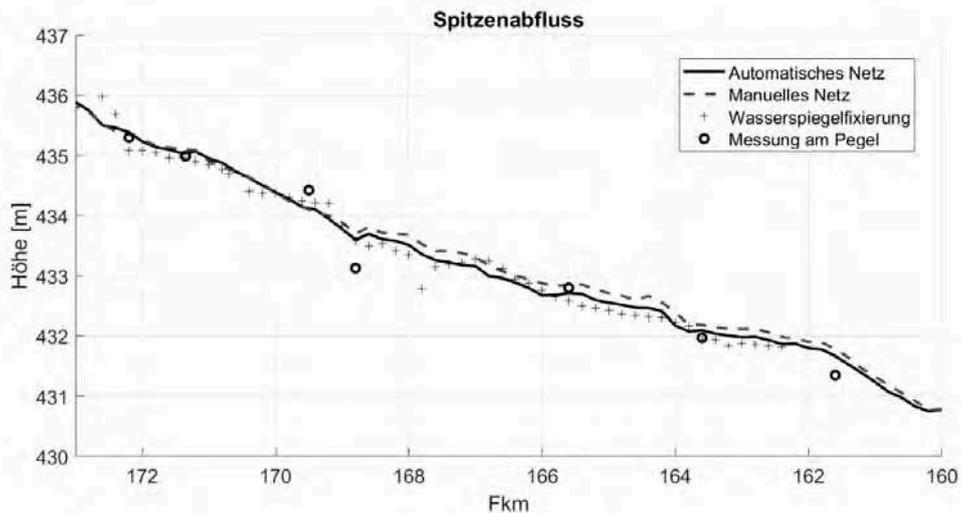


Abb. 3: Längsschnitt des simulierten und gemessenen maximalen Wasserstandes.

## 5 Zusammenfassung

Im Rahmen des Projektes VieWBay wurde ein Konzept zur automatisierten, dynamischen Modellerstellung für die zweidimensionale hydrodynamische Modellierung entwickelt. Das Konzept basiert auf den Rohdaten der bayerischen Gewässerverwaltung, verarbeitet diese und erstellt ein Berechnungsnetz. Die Berechnung eines Testgebiets und der Vergleich mit einem manuell erstellten Netz zeigen vielversprechende Ergebnisse. Die Genauigkeit des automatischen Netzes könnte mit weiteren Informationen wie Straßenzüge oder Deichlinien verbessert werden, sofern diese einheitlich vorliegen.

Im nächsten Schritt wird die Funktionalität des automatisierten Modellerstellungskonzepts erweitert, so dass die Integration von abflusssteuernden Bauwerken und die automatische Detektion von Randbedingungen möglich werden. Ebenso soll exemplarisch für Testgebiete ein Konzept für morphologische Modelle erarbeitet sowie die Kopplung mit dem hydrologischen Modell vertieft werden.

## Danksagung

VieWBay wird gefördert durch das Bayerische Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz im Rahmen der Initiative "Wasser-Zukunft-Bayern". Weitere Informationen finden Sie auf der Projekthomepage <https://viewbay.geographie-muenchen.de/>.

## Referenzen

Ateeq-Ur-Rehman, S. (2019). Numerical Modeling of Sediment Transport in Dasu-Tarbela Reservoir using Neural Networks and TELEMAC Model System. München: Technische Universität München.

- Baran, R., Dobler, W., Steinbacher, F., Ritter, M., Niederwieser, M., Benger, W., Aufleger, M. (2013) Verschneidung von Airborne Hydromapping und Fächerecholotvermessung bei Rheinfeldern. *WasserWirtschaft–Fachzeitschrift für Wasser und Umwelttechnik*, 18-25.
- Bellinger, J., Schattan, P., Förster, K., Schöber, J., Achleitner, S., Huttenlau, M., Schneider, K., Kirnbauer, R., Strasser, U., Raffener, G. (2015). Hochwasserprognose für den Tiroler Inn (HoPI): Anwendung und Weiterentwicklung eines modularen Vorhersagesystems für alpine Einzugsgebiete.
- Bödefeld, J., Lühr, S. (2019). BIM–Hype, Risiken und Chancen. *Neubau von Wasserbauwerken*, 73-83.
- Henke, S., Ebers-Ernst, J., Rust, M., Schäferhoff, G. (2020). DAS BIM-Baugrundmodell im Kontext des BIM-Gesamtmodells-Testmodellerstellung unter Einbeziehung zahlreicher Fachgewerke. *Digitalisierung in der Geotechnik–Von der Entwicklung zur Anwendung eines digitalen Baugrundmodells*, 23-29.
- Hervouet, J. M. (2007). *Hydrodynamics of Free Surface Flows: Modelling with the finite element method*. Chichester, England: John Wiley and Sons.
- LfU (2008). *Bayerns Klima im Wandel - erkennen und handeln*. Augsburg: Bayerisches Landesamt für Umwelt.
- Mauser, W., Bach, H. (2009). PROMET – Large scale distributed hydrological modelling to study the impact of climate change on the water flows of mountain watersheds. *Journal of Hydrology*, 376(3), 362-377.
- Michel, F. (2006). Großflächige numerische 2d-Modellierung auf Basis eines hochauflösenden Laserscanner-Gitters (1 m). *Strömungssimulation im Wasserbau (Flow Simulation in Hydraulic Engineering)*, (32), 517-524.
- Oettinghaus, S. (2019). BIM in der Wasserkraftwerksplanung Digitales Bauen mit Building Information Modeling. *Komplexe Planungsaufgaben im Wasserbau und ihre Lösungen*, (62), 263-271.
- Reisenbüchler, M., Skublics, D., Bui, M.D., Rutschmann, P. (2019). An integrated approach for investigating the correlation between floods and river morphology: A case study of the Saalach River, Germany. *Science of the Total Environment*, 647, 814-826.
- Shewchuk, J.R. (1996) Triangle: Engineering a 2D quality mesh generator and Delaunay triangulator. ed. *Workshop on Applied Computational Geometry*, 203-222.
- Skublics, D., Seibert, S., Ehret U. (2014). Abbildung der Hochwasserretention durch hydrologische und hydrodynamische Modelle unter unterschiedlichen Randbedingungen. 58, 178-189.
- Steinbacher, F., Baran, R., Dobler, W., Benger, W. (2018). Hydroinformatic on spatial, high density topobathymetric lidar datasets. ed. *EGU General Assembly Conference Abstracts*.
- Wellbrock, I., Ollero, J. (2018). Wasserbau und BIM–Umsetzung am Beispiel des Ersatzneubaus der Hadelner Kanalschleuse. *Wasserbauwerke im Bestand-Sanierung, Umbau, Ersatzneubau und Rückbau*, (60), 397-405.
- Zabel, F., Mauser, W. (2013). 2-way coupling the hydrological land surface model PROMET with the regional climate model MM5. *Hydrology and Earth System Sciences*, 17(5), 1705-1714.

## **Adressen der Autoren**

Markus Reisenbüchler (korrespondierender Autor)

Tobias Liepert, Diego Vladimir Aguirre Iñiguez, Frederik De Vos, Stefan Giehl,  
Dr. Minh Duc Bui, Prof. Dr. Peter Rutschmann

Lehrstuhl für Wasserbau und Wasserwirtschaft, TU München (TUM)

D-80333, München, Arcisstraße 21

[markus.reisenbuechler@tum.de](mailto:markus.reisenbuechler@tum.de)