

# Hybride Modellierung der Donau im Bereich Donauwörth

*Jakob Siedersleben, Stefan Jocham, Arnd Hartlieb und Markus Aufleger*

## Zusammenfassung

An der Gewässersohle der Donau im Stadtgebiet Donauwörth treten fortschreitende Eintiefungen aufgrund mehrerer oberstromiger Staustufen auf, die den Geschiebetransport behindern. Zusätzlich verschärfen alte Brückenfundamente, Mündungen von Flutmulden und die Einengung der Donau dieses Problem. Die quartäre Kiesauflage im Flussbett wurde dadurch lokal schon abgetragen und die darunterliegende erosionsanfällige tertiäre Schicht aus steifem bis halbfestem Ton wurde freigelegt. Aus diesem Grund ist es zwingend notwendig, Maßnahmen zur Sohlstabilisierung zu treffen, da sonst die Sohleintiefung weiter voranschreitet und die Sicherheit der umliegenden Infrastruktur gefährdet ist.

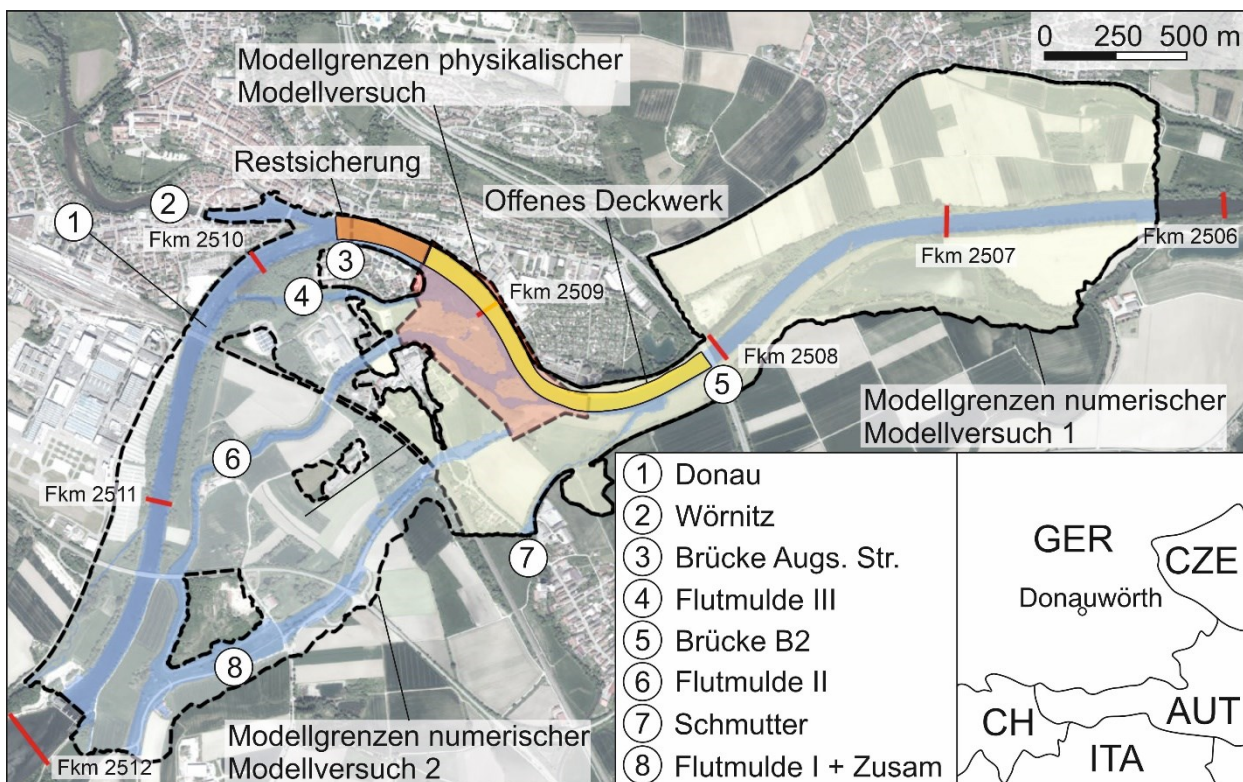
Zur Verhinderung weiterer Erosionen ist die Implementierung eines Offenen Deckwerks im Stadtgebiet geplant. Die Konzeption sieht einen hybriden Modellierungsansatz bestehend aus physikalischer und numerischer Modellierung vor. Im ersten Schritt werden nötige Randbedingungen für das physikalische Modell numerisch berechnet. Im zweiten Schritt werden die Stabilität und die Wasserspiegellagen im physikalischen Modellversuch untersucht. Das physikalische Modell mit einem Maßstab von 1:30 bildet das Offene Deckwerk mitsamt den Mündungen der Flutmulden ab. Das Offene Deckwerk wird mit einem Korndurchmesser von  $d = 193 \text{ mm}$  und einer Bedeckung von  $14,4 \text{ Steinen/m}^2$  dimensioniert (Naturmaße). Diese Dimensionierung gewährleistet die Stabilität des Offenen Deckwerks bis zu einem  $HQ_{100} + 15\%$  Klimaaufschlag. Außerdem führen die erhöhte Sohle und Rauheit zu erhöhten Wasserspiegellagen bis zu  $10 \text{ cm}$ .

Die Ergebnisse aus dem physikalischen Modellversuch werden wiederum für die Kalibrierung des zweiten numerischen Modells verwendet. Die hydraulischen Berechnungen zeigen erhöhte Wasserspiegellagen im gesamten Stadtgebiet von bis zu  $10 \text{ cm}$  sowie neue Überflutungsflächen infolge des Offenen Deckwerks. Eine Prognoserechnung über einen Zeitraum von 30 Jahren zeigt, dass der Bereich oberstrom des Offenen Deckwerks weitestgehend stabil bleibt, d.h. keine weitere Eintiefung auftritt. Dies liegt neben dem Offenen Deckwerk auch an der stabilisierenden Wirkung alter Brückenfundamente im Bereich der Brücke an der Augsburgers Straße. Unterstrom des Offenen Deckwerks kommt es zu deutlichen Eintiefungen bis zu  $1,5 \text{ m}$  vor allem am Übergangsbereich zur unveränderten Sohle.

## 1 Einleitung

Die Donau bei Donauwörth ist wie viele andere große europäischen Flüsse aufgrund zahlreicher Querbauwerke und Flussbegradigungen einer deutlichen Eintiefungstendenz ausgesetzt (iksd, 2006). Das Untersuchungsgebiet erstreckt sich von Fkm 2512,0 – 2508,0 und wird in Abb. 1 gezeigt. Besonders betroffen ist der Abschnitt zwischen der Brücke an der Augsburgers Straße im Ortskern und der Brücke B2. Alte Brückenfundamente etwa  $150 \text{ m}$  unterstrom der Brücke an der Augsburgers Straße wirken sich zwar stabilisierend auf den oberstromigen Bereich aus, verursachen allerdings Kolke, die die Eintiefungstendenz im unterstromigen Bereich beschleunigen. Des Weiteren münden zwischen Fkm 2509,0 und 2508,6 zwei Flutmulden und die Zusam bzw. eine weitere Flutmulde in die Donau. Die daraus resultierende dreidimensionale Strömungssituation lässt möglicherweise Erosionen im Böschungsbereich und an der Sohle erwarten. Gemäß

Vermessungen, die seit 1985 in regelmäßigen Zeiträumen stattfinden, hat sich die Sohle bis 2020 lokal bis zu 2,5 m eingetieft. Zusätzlich wurde im Talweg bereichsweise die quartäre Kiesauflage abgetragen und der erosionsanfällige tertiäre Untergrund bestehend aus steifem bis halbfestem Ton freigelegt. Aufgrund der Möglichkeit eines Sohldurchschlags und der daraus resultierenden schwer prognostizierbaren Eintiefung besteht dringender Handlungsbedarf für den Schutz der umliegenden Infrastruktur. Da eine punktuelle Sohlstützung wegen der lokalen Anhebung des Wasserstands im Stadtgebiet nicht in Betracht kommt, wurde ein Offenes Deckwerk als mögliche Maßnahme zur flächenhaften Sohlstabilisierung ausgewählt. Die Wirkung des Offenen Deckwerks auf die Sohlstabilität und die Wasserspiegellagen im gesamten Untersuchungsgebiet wurden mit einem hybriden Modellierungsansatz bestehend aus physikalischer und numerischer Modellierung analysiert.



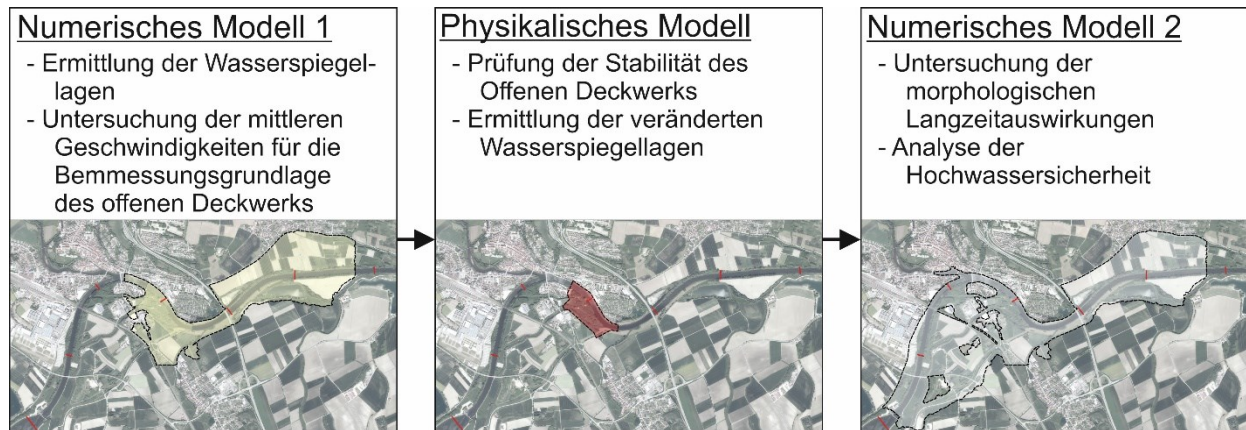
**Abb. 1** Überblick über das Projektgebiet

## 2 Hybride Modellierung

### 2.1 Konzept

Für das Konzept der hybriden Modellierung wird zunächst das Untersuchungsgebiet als numerisches Modell abgebildet. Im numerischen Modell 1 werden die hydraulischen Zulauf- und Auslaufbedingungen für die verschiedenen Lastfälle ermittelt. Zusätzlich werden die mittleren Geschwindigkeiten berechnet, die für die Dimensionierung des Offenen Deckwerks maßgeblich sind. Anschließend kann mit diesen Größen das physikalische Modell kalibriert werden. Das Offene Deckwerk wird nach den Bemessungsregeln von Hartlieb (1999) in das physikalische Modell eingebaut. Anschließend können die Erosionssicherheit überprüft und die veränderten Wasserspiegellagen durch das Offene Deckwerk ermittelt werden. Durch die Implementierung der neuen Wasserstände in das numerische Modell 2 werden die veränderten Rauheiten sowie der hydraulische und morphodynamische Einfluss des Deckwerks auf den ober- und unterstomigen

Bereich festgestellt. Zusätzlich werden noch die veränderten Wasserspiegellagen im Hochwasserfall untersucht. Um eine bestmögliche Vergleichbarkeit gewährleisten zu können, wird für alle Modelle als Bezugszustand die Geometrie gemäß einer hochauflösenden Airborne Laser Bathymetry (ALB) Vermessung vom Januar 2020 verwendet. Der enge Austausch zwischen physikalischer und numerischer Modellierung erlaubt eine vergleichende Beurteilung der ermittelten Größen und erhöht dadurch die Belastbarkeit der Ergebnisse erheblich. Abb. 2 zeigt schematisch das Konzept der hybriden Modellierung.



**Abb. 2** Konzept des hybriden Modellierungsansatzes

## 2.2 Numerische Modelle

### 2.2.1 Allgemeines

Für die numerische Modellierung wurde die Software Hydro\_AS-2D 4.4.0 verwendet (Nujic, 2020). Die Software löst die Flachwassergleichungen mit einer räumlichen Diskretisierung gemäß der finiten Volumen Methode. Die Geometrie wird mit Drei- und Viereckselementen angenähert. Für die Netzerstellung, Programmbedienung sowie die Datenvisualisierung wurden SMS 13.1.14 (Surface-water Modeling System) und QGIS 3.22.4 verwendet.

#### 2.2.1 Numerisches Modell 1

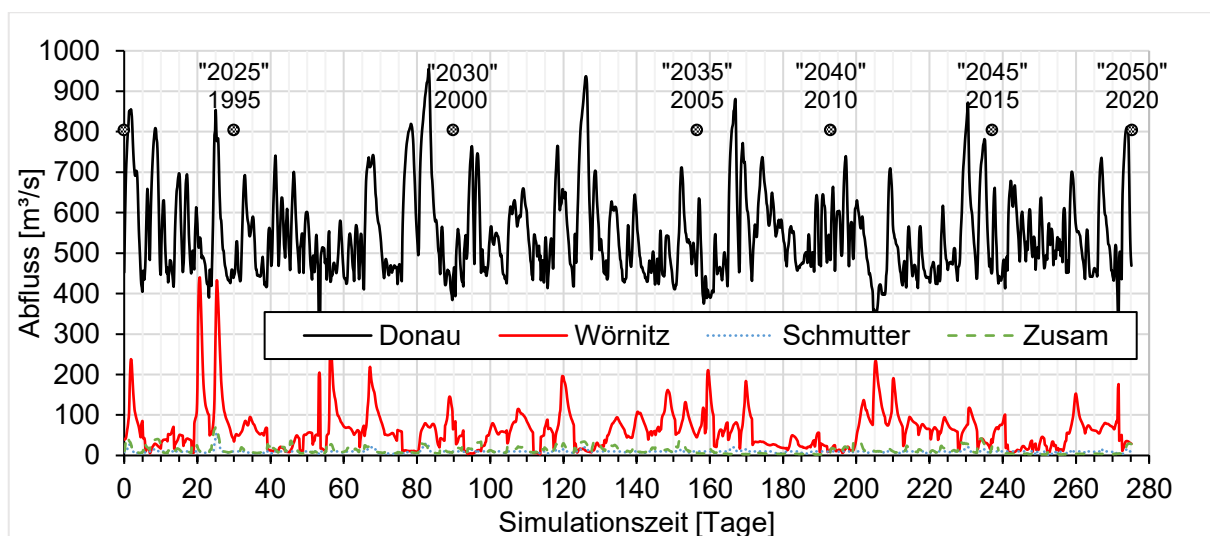
Das numerische Modell 1 dient hydraulischen Voruntersuchungen und liefert Fließgeschwindigkeiten für die Dimensionierung des Offenen Deckwerks. Zudem werden noch Wasserspiegellagen analysiert, die als Randbedingung in der physikalischen Modellierung benötigt werden. Das Modell bildet die Donau von Fkm 2509,6 bis Fkm 2506,2 ab. Die genauen Modellgrenzen können aus Abb. 1 entnommen werden. Diese Modellabdeckung erlaubt eine genaue Ermittlung der zu prognostizierenden Wasserstände und Fließgeschwindigkeiten. Das Modell wird von fünf Zulauf- randbedingungen gespeist: Donau, Flutmulde I + Zusam, Flutmulde II, Flutmulde III und Schmutter. Auslaufrandbedingungen wurden am unterstromigen Ende sowie im Bereich der Schmutter gesetzt. Die Stricklerwerte wurden aus der hydraulischen Modellierung von Siedersleben et al. (2021) übernommen und mit  $37 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$  von Fkm 2509,6 bis 2508,2 und mit  $36 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$  von Fkm 2508,2 bis 2506.2 festgelegt. Die untersuchten Lastfälle entsprechen einem BHQ (HQ100 + 15% Klimaaufschlag) und dem eines HQ10. Die genauen Zulaufaufteilungen, die anschließend im physikalischen Modell übernommen wurden, sind in Tab. 1 aufgelistet. Die Auslaufrandbedingungen wurden mit einem Energieliniengefälle zwischen 0,1 ‰ und 0,5 ‰ abgebildet.

**Tab. 1** Zulauf- randbedingungen und Abflusswert am Pegel Donauwörth für die verschiedenen Lastfälle

| Lastfall | Donau<br>[m <sup>3</sup> /s] | Flutmul. I +<br>Zusam<br>[m <sup>3</sup> /s] | Flutmul. II<br>[m <sup>3</sup> /s] | Flutmul. III<br>[m <sup>3</sup> /s] | Schmutter<br>[m <sup>3</sup> /s] | Pegel DW<br>[m <sup>3</sup> /s] |
|----------|------------------------------|--|------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| HQ10     | 858                          | 38   | 80                                 | 48                                  | 11                               | 1035                            |
| BHQ      | 1076                         | 105  | 159                                | 79                                  | 55                               | 1474                            |

### 2.2.2 Numerisches Modell 2

Das zweite numerische Modell umfasst das gesamte Untersuchungsgebiet beginnend bei der Staustufe bei Fkm 2512,0 bis Fkm 2506,3. Im Gegensatz zur hydraulischen Modellierung des Modells 1 berücksichtigt dieses Modell zusätzlich die Morphodynamik. Folglich können langjährige Entwicklungen der Sohle sowie der Einfluss des Offenen Deckwerks abgeschätzt werden. Die morphodynamische Kalibrierung einschließlich der Rauheitsbeiwerte wurden von Siedersleben et al. (2021) übernommen. Die Abflüsse an den Zuläufen entsprechen den Ganglinien von 1990 bis 2020 und werden in die Zukunft extrapoliert, also von „2020“ bis „2050“. Die Ganglinien können aus Abb. 3 entnommen werden. Es wurden allerdings nur Abflüsse mit Geschiebetrieb modelliert, wodurch sich der Simulationszeitraum von 30 Jahre auf 275 Tage reduziert. Als Grenzwert wurde ein Durchfluss von 500 m<sup>3</sup>/s am Pegel Donauwörth definiert. Zudem wird davon ausgegangen, dass es zu keinen Geschiebeeintrag ins Modell kommt, da eine relevante Geschiebedurchgängigkeit an der Staustufe Donauwörth nicht gewährleistet ist.



**Abb. 3** Abflussganglinien der morphodynamischen Modellierung

## 2.3 Physikalisches Modell

### 2.3.1 Modellgesetz und Maßstab

Die Strömungssituationen und Transportvorgänge im Modell werden von Trägheitskräften sowie der Schwerkraft dominiert, weshalb das Modellgesetz von Froude angewendet wurde. Die gewählte geometrische Maßstabszahl beträgt  $M_L = 30$ , woraus sich die in Tab. 2 aufgelisteten Maßstabszahlen für die relevanten Größen ergeben. Die Nettolänge des Modells beträgt 26 m, zu der noch Zu- und Ablaufstrecken hinzukommen. Der maximal darzustellende Hochwasserabfluss von etwa  $1500 \text{ m}^3/\text{s}$  wird mit einem Modellabfluss von etwa  $300 \text{ l/s}$  simuliert.

**Tab. 2** Maßstabszahlen relevanter Größen im physikalischen Modell

|                        |                           |
|------------------------|---------------------------|
| Länge, Korndurchmesser | $M_L = 30$                |
| Zeit                   | $M_t = M_L^{1/2} = 5,477$ |
| Geschwindigkeit        | $M_v = M_L^{1/2} = 5,477$ |
| Abfluss                | $M_Q = M_L^{5/2} = 4930$  |

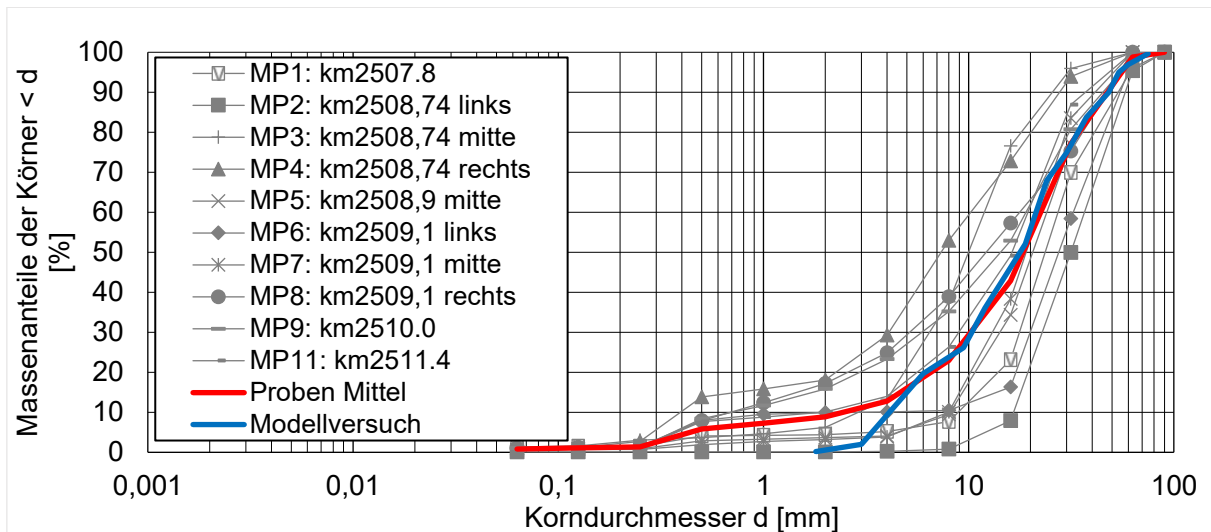
### 2.3.2 Modellumgriff und Lastfälle

Die Modellgrenzen können dem rot eingefärbten Bereich aus Abb. 1 entnommen werden. Die Donau ist über 770 m, von Fkm 2509,27 bis Fkm 2508,50 abgebildet. Um die Einmündungen der Flutmulden und der Zusan realistisch darzustellen, sind die Vorländer am orographisch rechten Ufer großzügig im Modell enthalten. Die untersuchten Lastfälle entsprechen den in Tab. 1 aufgeführten Hochwasserereignissen, wobei das BHQ sowohl ohne (V1) als auch mit (V2) Offenem Deckwerk untersucht wurde. Das HQ10 wurde nur mit Offenem Deckwerk (V3) untersucht.

## 2.4 Sohlmaterial

Aufgrund der wenigen vorhandenen Daten zum Sohlmaterial wurden im Vorfeld Materialproben an der Sohle entnommen und analysiert. Damit wurde eine maßgebende Kornverteilung mit einem mittleren Korndurchmesser von  $d_m = 22 \text{ mm}$  ermittelt. Im numerischen Modell wurde die maßgebende Kornverteilung mit sechs Kornklassen in das Mehrkornmodell implementiert. Für das physikalische Modell wurde die maßgebende Kornverteilung skaliert und durch die Mischung verschiedener kohäsionsloser Kornfraktionen möglichst genau durch sandiges Modellmaterial wiedergegeben. In Abb. 4 werden die Kornverteilungslinien der verschiedenen Proben, die maßgebliche Kornverteilung sowie die angepasste Kornverteilung (im Naturmaßstab) des Modellversuchs gezeigt.





**Abb. 4** Kornverteilungslinien der Donau im Untersuchungsgebiet

### 3 Ergebnisse und Diskussion der hybriden Modellierung

#### 3.1 Offenes Deckwerk

Ein Offenes Deckwerk besteht nach Hartlieb (1999) aus größeren Steinen, mit denen eine natürliche Flusssohle zur flächenhaften Sohlstabilisierung in lockerer Anordnung belegt wird. Die Belegungssteine müssen groß genug sein, um im Hochwasserbemessungsfall nicht abtransportiert zu werden, und so dicht angeordnet werden, dass das natürliche Sohlmaterial durch den Strömungsschatten der Belegungssteine vor Erosion geschützt wird. Das Offene Deckwerk wurde anhand der Vorgaben und Bemessungsformeln von Hartlieb (1999) bemessen. Das natürliche kiesige Sohlmaterial ist für die Stabilisierung mit einem Offenen Deckwerk grob genug ( $d_m > 15$  mm). Mit der maximalen tiefengemittelten Geschwindigkeit  $v_{\max} = 3$  m/s im Bemessungsfall aus den numerischen Voruntersuchungen kann der erforderliche Steindurchmesser  $d_s$  für eine ausreichende Stabilität der Belegungssteine mit der empirischen und nicht dimensionsreinen Gl. [1] berechnet werden (Annahme: Dichte der Belegungssteine =  $2,65$  g/cm<sup>3</sup>):

$$d_s = \frac{v_{\max}^2}{46,617} = 0,193 \text{ m} \quad [1]$$

Mit der empirischen und nicht dimensionsreinen Gl. [2] kann die für die Stabilität der Sohle erforderliche Anzahl  $n$  der Belegungssteine pro m<sup>2</sup> bzw. mit Gl. 3 die erforderliche Belegungsichte  $A_s$  bestimmt werden:

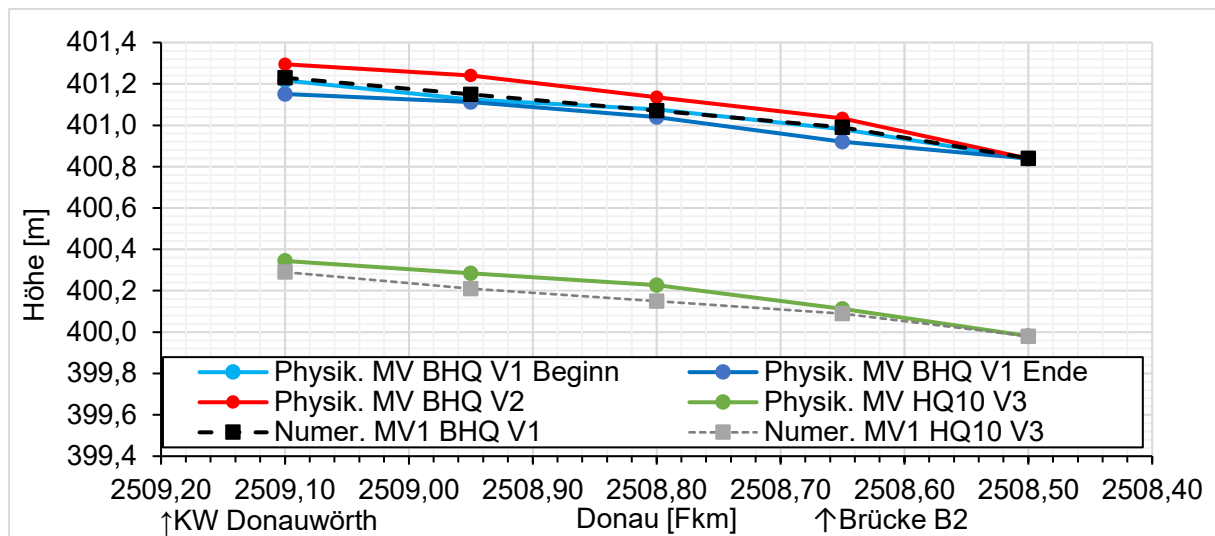
$$n = \frac{1}{2d_s^2} + 1 = 14,4 \frac{\text{Steine}}{\text{m}^2} \quad [2]$$

$$A_s = \frac{\pi n d^2}{4} = 42,1 \% \quad [3]$$

Das Offene Deckwerk wurde im Modell mit der Bruchsteinfraktion 5/8 mm (15/24 cm in der Natur) mit einem äquivalenten mittleren Korndurchmesser von 20,25 cm realisiert.

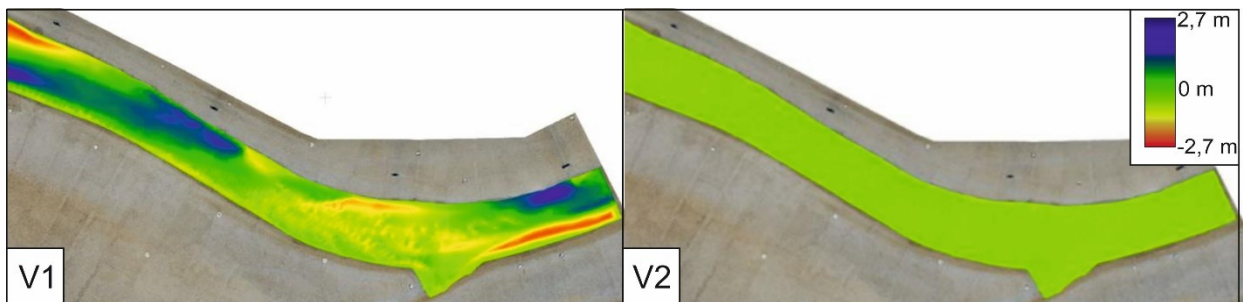
### 3.2 Untersuchungen im physikalischen Modell

Abb. 5 zeigt die im numerischen und physikalischen Modell ermittelten Wasserstände. Die in den hydraulischen Voruntersuchungen ermittelten Wasserstände vom Bezugszustand können demnach im physikalischen Modellversuch bis auf wenige Zentimeter abgebildet werden. Durch die Eintiefung der Sohle senken sich im Versuch V1 (BHQ ohne Offenes Deckwerk) die Wasserstände in einer Größenordnung von 5 cm (Naturmaßstab) ab. Abb. 5 zeigt, dass sich im Versuch V2 (BHQ mit Offenem Deckwerk) die Wasserspiegel um 5 cm - 10 cm (Naturmaßstab) anheben und im Versuch V3 (HQ10 mit Offenem Deckwerk) um 5 cm (Naturmaßstab). Dies wird einerseits durch das Erhöhen der Flusssohle um ca. 6 cm (Naturmaßstab) als auch durch die erhöhte Rauheit verursacht.



**Abb. 5** Wasserspiegellagen der verschiedenen Lastfälle im numerischen und physikalischen Modell

Im Versuch V1 treten während der Versuchsdauer von 17 h (93 h 7 min im Naturmaßstab) deutliche Eintiefungen bis zu 2,70 m insbesondere an den Prallufem auf. An den Gleitufem hingegen treten Anlandungen bis zu 2,64 m auf. Die photogrammetrisch ermittelte Höhendifferenz zwischen End- und Ausgangszustand der beweglichen Modellsohle umgerechnet auf Naturmaße ist in Abb. 6 (V1) dargestellt. Abb. 6 (V2) zeigt die vergleichbare Abbildung für den Versuch BHQ mit Offenem Deckwerk. Es traten während des Versuchs annähernd keine Sohlveränderungen auf. Das Offene Deckwerk erfüllt somit seine Stabilisierungsfunktion.



**Abb. 6** Höhendifferenz zwischen End- und Ausgangszustand in den Versuchen V1 (oben) und V2 (unten)

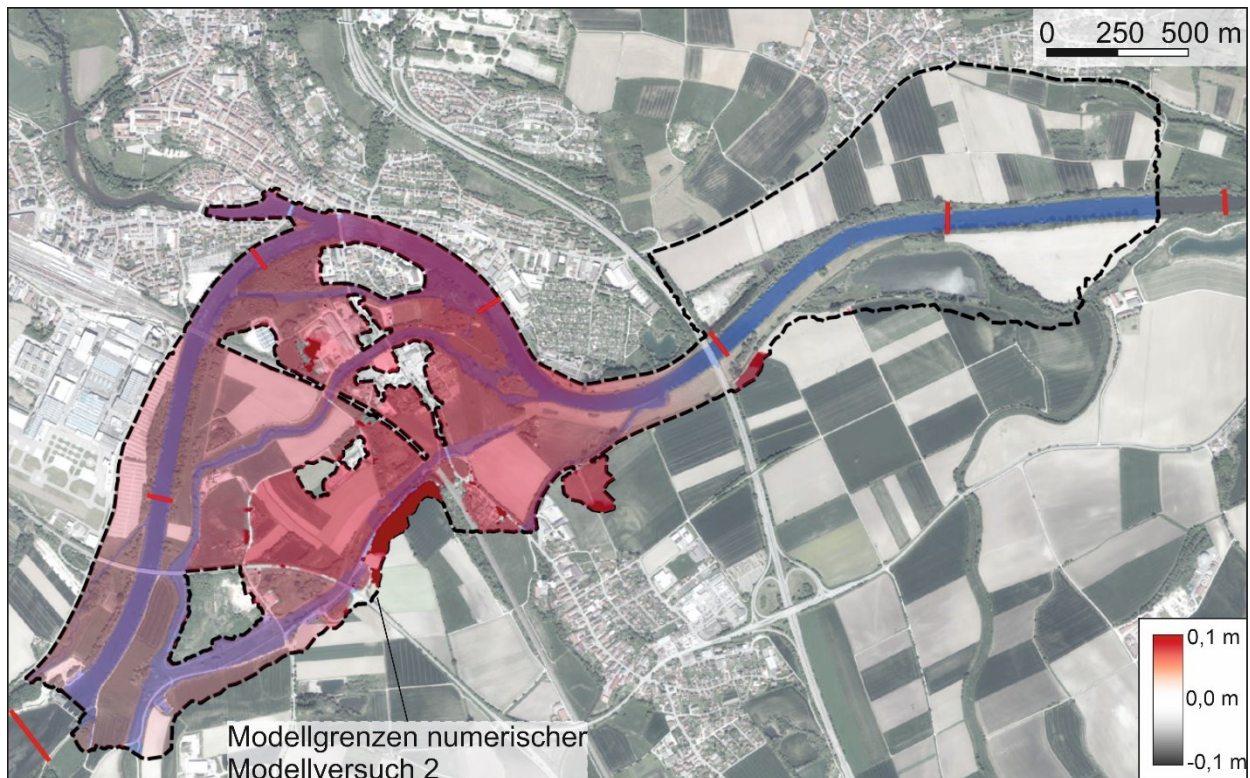
### 3.3 Morphodynamische und hydraulische Untersuchungen im numerischen Modell 2

Aufgrund der erhöhten Sohle und des erhöhten Fließwiderstands im Bereich des Offenen Deckwerks muss das numerische Modell auf eine neue Wasserspiegellage kalibriert werden. Hierfür wurde der Lastfall BHQ verwendet. Der durch Kalibrierung des numerischen Modells mit den Ergebnissen des physikalischen Modells neu ermittelte Rauheitsbeiwert des Offenen Deckwerks beträgt  $31 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ . Zusätzlich wurde der Bereich der Brücke an der Augsburger Straße bis zum Offenen Deckwerk mit einer Restsicherung ausgeführt, sodass dieser Bereich als erosionssicher betrachtet werden kann. Ebenso wurde das Offene Deckwerk als erosionssicher in das numerische Modell implementiert, da die Stabilität im physikalischen Modellversuch nachgewiesen wurde. Die genaue Lage der Restsicherung und des Offenen Deckwerks können Abb. 1 entnommen werden.

In der numerischen Modellierung wurden mehrere Umgriffe des Offenen Deckwerks untersucht u.a. eine Variante „kurz“ mit der Abdeckung gemäß dem physikalischen Modellversuch sowie eine Variante „lang“ mit einer Abdeckung gemäß Abb. 1. Da die Variante „lang“ ein größeres Stabilisierungspotential gewährleistet, wird im Folgenden nur auf diese Lösung eingegangen.

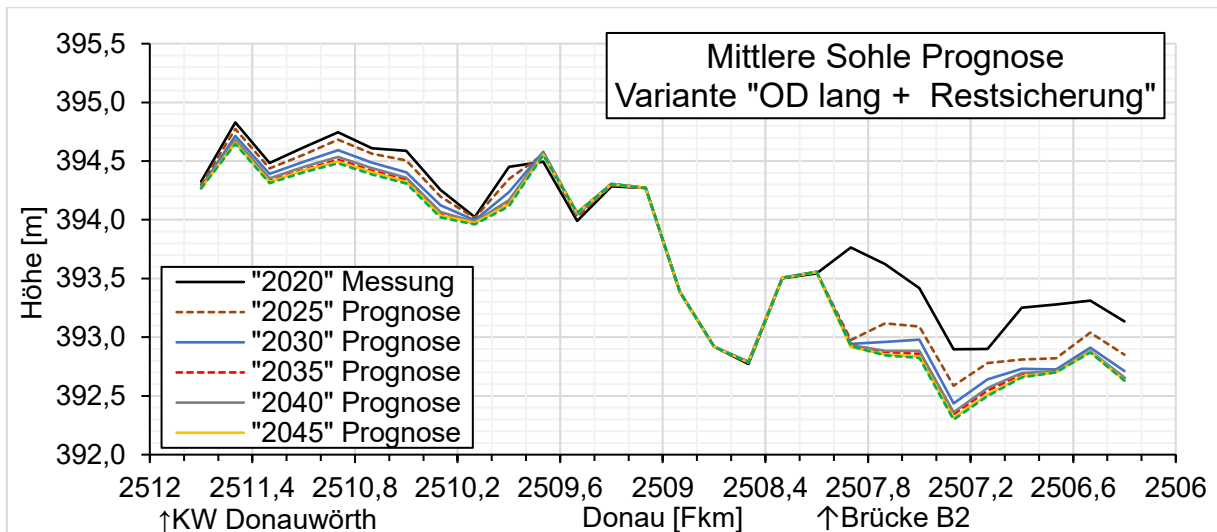
Durch die erhöhte Sohlrauigkeit sind Veränderungen der Wasserspiegellagen zu erwarten. Um die Auswirkungen abzuschätzen, wurden die Wasserspiegellagen der stationären BHQ-Rechnungen mit und ohne Offenem Deckwerk verglichen. Abb. 7 zeigt die Differenz der prognostizierten maximalen Wasserspiegellagen. Demnach kann im gesamten Stadtgebiet ein Anstieg von bis zu 10 cm im Vergleich zum Istzustand beobachtet werden. Die maximalen Erhöhungen treten im Bereich des Offenen Deckwerks und im Bereich der Zusam auf. Lokal treten zusätzlich noch neue Überflutungsflächen auf, wie z.B. der rot markierte Bereich zwischen Flutmulde II und Flutmulde III. Neue Überflutungsflächen an den Modellrändern wie z.B. der rot markierte Bereich südlich der Schmutter liefern keine zuverlässige Prognose und könnten auch aufgrund zu enggesetzten Modellgrenzen entstanden sein. Im Unterwasser des Offenen Deckwerks bleiben die Wasserspiegellagen unverändert.





**Abb. 7** Prognostizierte Wasserspiegelveränderung bezogen auf den Istzustand durch die Implementierung des Offenen Deckwerks

Abb. 8 zeigt die prognostizierte Sohlentwicklung im Untersuchungsgebiet im simulierten Zeitraum von „2020“ bis „2050“. Von Fkm 2512,0 bis Fkm 2509,6 treten bis ca. „2030“ mittlere Eintiefungen von 20 cm auf. Von „2030“ bis „2050“ zeigt die Prognoserechnung eine weitgehende Stabilisierung dieses Bereichs. Dies kann v.a. auf die stabilisierende Wirkung der alten Brückenfundamente zurückgeführt werden, die wie eine Schwelle wirken. Der Bereich der Restsicherung sowie des Offenen Deckwerks bleibt definitionsgemäß stabil. Des Weiteren kommt es in diesem Bereich zu keinen Anlandungen und die Sohle bleibt folglich unverändert. Im Unterwasserbereich des Offenen Deckwerks von Fkm 2508,0 bis Fkm 2506,0 kommt es erwartungsgemäß zu deutlichen Eintiefungen. V.a. von „2020“ bis „2025“ treten maximal prognostizierte Erosionstiefen von ca. 0,7 m auf. Dieser Eintiefungstrend verlangsamt sich jedoch deutlich, da nach „2030“ die Sohle weitestgehend stabil bleibt. Es ist darauf hinzuweisen, dass die Knoten der Auslaufrandbedingung modellbedingt nicht erodieren können, weshalb sie eine stabilisierende Wirkung auf den Bereich unterhalb des Offenen Deckwerks ausüben. Folglich sind die zu erwartenden Eintiefungen im Unterwasser wahrscheinlich größer als die prognostizierten.



**Abb. 8** Längsschnitt der prognostizierten mittleren Sohlentwicklung für das Offene Deckwerk

#### 4 Literatur

Hartlieb, A. (1999). Offene Deckwerke - Eine naturnahe Methode zur Sohlstabilisierung eintiefungsgefährdeter Flussabschnitte, Berichte des Lehrstuhls und der Versuchsanstalt für Wasserbau und Wasserwirtschaft der Technischen Universität München, Heft 85.

Iksd - Internationale Kommission zum Schutz der Donau (2006). The Danube River Basin District. <http://www.icpdr.org/DANUBIS>

Nujić Marinko. (2020). HYDRO\_AS-2D Benutzerhandbuch. [www.hydrotec.de](http://www.hydrotec.de)

Siedersleben, J., Jocham, S., Aufleger, M., & Klar, R. (2021). Morphodynamic Modelling with Uncertain Geometry Input. *Water*, 13 (2248).

#### Anschrift der Verfasser

Jakob Siedersleben, MSc.  
 Universität Innsbruck  
 Technikerstraße 13, A-6020 Innsbruck  
[Jakob.siedersleben@uibk.ac.at](mailto:Jakob.siedersleben@uibk.ac.at)

Dr. Stefan Jocham  
 Universität Innsbruck  
 Technikerstraße 13, A-6020 Innsbruck  
[Stefan.jocham@gmail.com](mailto:Stefan.jocham@gmail.com)

Apl. Prof. Dr.-Ing. habil. Arnd Hartlieb  
 Versuchsanstalt für Wasserbau, TU München  
 Obernach 15, D-82432 Walchensee  
[arnd.hartlieb@tum.de](mailto:arnd.hartlieb@tum.de)

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Markus Aufleger  
 Universität Innsbruck  
 Technikerstraße 13, A-6020 Innsbruck  
[markus.aufleger@uibk.ac.at](mailto:markus.aufleger@uibk.ac.at)