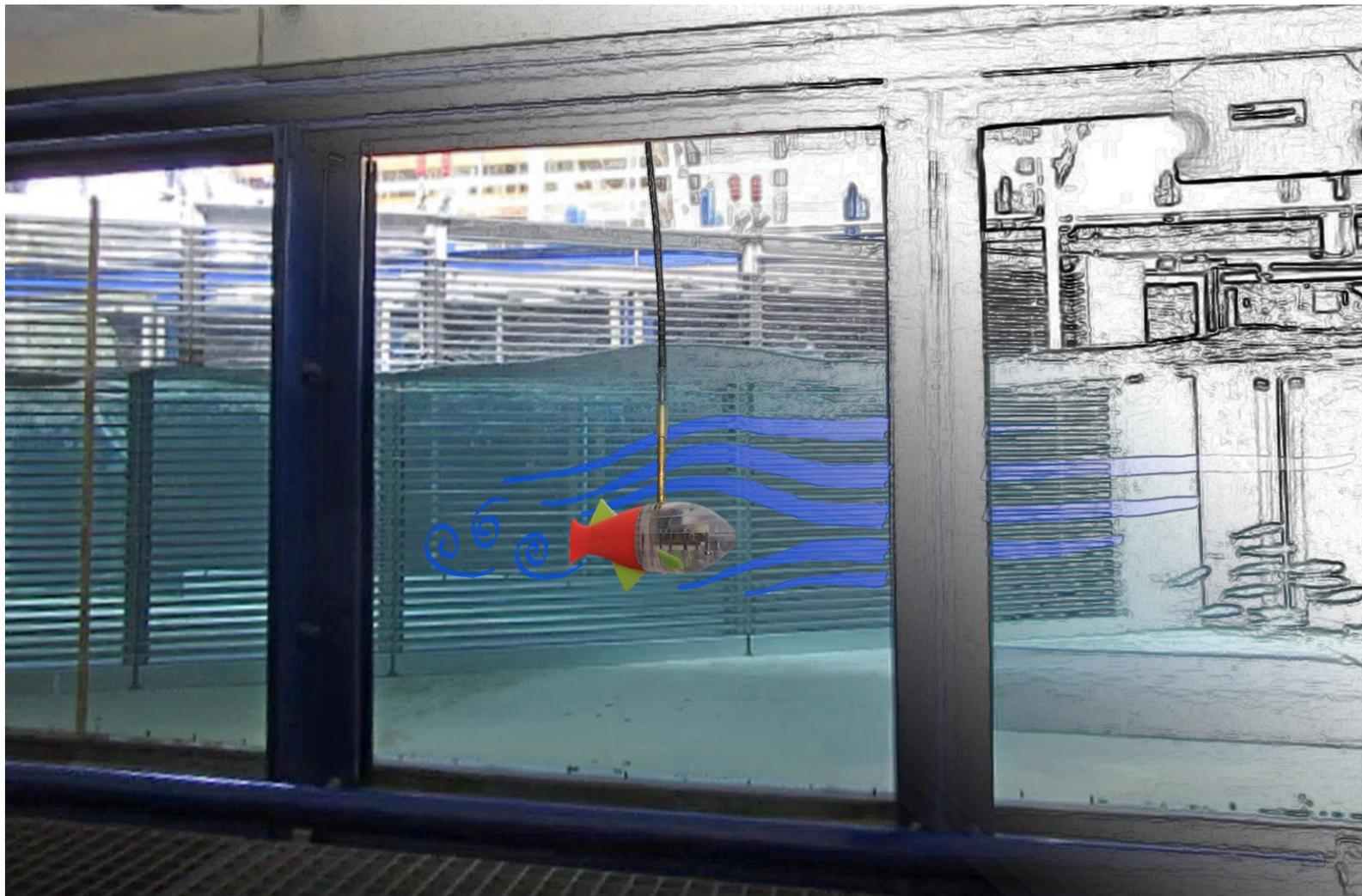


WasserJahr 2019

Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

Jahresheft der Fachgebiete:
Wasserbau und Hydraulik
Ingenieurhydrologie und Wasserbewirtschaftung

Editorial

Sehr geehrte Damen und Herren, liebe Freundinnen und Freunde des Fördervereins,

das vorliegende Heft stellt Ihnen in gewohnter Weise wichtige Projekte und Leistungen aus dem Jahr 2019 vor und gibt Ihnen zudem einen kurzweiligen Einblick in den Lehrbetrieb und das Institutsleben.

Das Jahr begann mit dem DAWAKO 2019, bei dem in bereits bewährter Weise neben spannenden Fachvorträgen auch die Preise des Fördervereins für hervorragende studentische Abschlussarbeiten vergeben wurden und das abendliche BBQ für eine schöne Stimmung sorgte.

Weitere Highlights im Jahr waren einerseits die Fortschritte bei den laufenden und der Beginn einiger neuer Forschungsarbeiten – das vorliegende Heft stellt dazu etliche Informationen zusammen. Daraus wird ersichtlich, dass sich beide Fachgebiete hinsichtlich der Drittmittelprojekte und der Promotionsleistungen gut entwickeln. Ein Schwerpunkt dabei ist der Ausbau der internationalen Kooperationen, bspw. mit China, den USA, Estland, der Schweiz und Österreich als auch eine aktive fachliche Vernetzung mit Wasserinstituten an den deutschen Universitäten (bspw. Dresden, Aachen, München, Karlsruhe).

Auch im Bereich der Lehre treffen unsere Themen aus Wasserbau und Wasserwirtschaft bei den Studierenden nach wie vor auf großes Interesse, was nicht zuletzt die hohe Zahl an Abschlussarbeiten als auch die in diesem Heft publizierten Kurzberichte zu einigen herausragenden studentischen Thesen belegen. Durch die Einbeziehung von Firmen, Behörden und Planungsbüros können seitens des Instituts attraktive Themen für studentische Arbeiten angeboten werden, woraus sich schließlich auch gute Kooperationen für Forschungs- und Drittmittelprojekte ergeben. Außerdem erhielt das Team im Rahmen einer Feierstunde am 27.11.2019 den *Athene-Preis für Gute Lehre 2019* für eine innovative Lehrveranstaltung.

Sowohl das Wasserbaulabor als auch das hydrologische Feldlabor erfreuten sich 2019 etlicher Besuchergruppen – darunter auch die neue Präsidentin der TU Darmstadt, eine hochrangige Delegation aus China sowie eine Delegation der neuen Partneruniversität in San Antonio, USA.

Das Jahr 2019 beinhaltete grade im letzten Drittel auch viel Verwaltungsarbeit: Für Anfang 2020 steht die Evaluation der Studiengänge Bauingenieurwesen und Umweltingenieurwissenschaften an. Dazu galt es, einen umfassenden Selbstbericht zu verfassen, eine strategische Ausrichtung zu erarbeiten und den Studienplan mit all seinen Modalitäten und Modulen zu aktualisieren, wobei insbesondere im Masterbereich auch englischsprachige Lehrangebote angeboten werden sollen. Für die von uns angebotenen Module wurden inhaltliche/thematische Anpassungen durchgeführt und Schnittstellen zu anderen Modulen besser herausgearbeitet, um das spätere berufliche interdisziplinäre Arbeiten deutlicher vermitteln zu können.

Wir wünschen Ihnen nun viel Spaß beim Durchblättern und Lesen des *WasserJahr 2019* und bedanken uns recht herzlich bei Ihnen allen für die gute Unterstützung des Instituts.



Britta Schmalz

Prof. Dr. habil. Britta Schmalz, Fachgebietsleiterin
Ingenieurhydrologie und Wasserbewirtschaftung

Boris Lehmann

Prof. Dr.-Ing. habil. Boris Lehmann, Fachgebietsleiter
Wasserbau und Hydraulik

Inhalt

• DAWAKO 2019 – Rückblick	3
• Informationen aus dem Förderverein	6
• Beiträge zu herausragenden studentischen Abschlussarbeiten 2019	7
• Aus den Fachgebieten: Wasserbau und Hydraulik	18
○ Lehre	18
○ Promotionen	25
○ Forschung	29
○ Veranstaltungen	50
• Aus den Fachgebieten: Ingenieurhydrologie und Wasserbewirtschaftung	60
○ Lehre	60
○ Promotionen	60
○ Forschung	61
○ Veranstaltungen	73
• Beitrag eines Förderverein-Mitglieds	76
• Der Förderverein im Internet	78

Impressum

Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft

Fachgebiet Ingenieurhydrologie und Wasserbewirtschaftung

Prof. Dr. habil. Britta Schmalz

Fachgebiet Wasserbau und Hydraulik

Prof. Dr.-Ing. habil. Boris Lehmann

Franziska-Braun-Straße 7, 64287 Darmstadt

Unterstützt durch:

Förderverein des Instituts für Wasserbau und Wasserwirtschaft der TU Darmstadt e.V.

Titelbild: Ethohydraulische Tests mit Lebendfischen und einem neu entwickelten Sensorfisch in der Laborrinne zum hydraulisch-taktilen Verhalten von Fischen vor Schrägwehren

DAWAKO 2019 - Rückblick

Das Darmstädter wasserbau- und wasserwirtschaftliches Kolloquium (DAWAKO) 2019 fand am 21.02.2019 statt und umfasste diese Mal die Themen „Wasserbauliche Großprojekte“, „Fischschutz und Fischabstieg“ sowie „Starkregen“. Die 112 Teilnehmenden setzten sich zur Hälfte aus externen Gästen und zur anderen Hälfte aus Studierenden und Instituts-Beschäftigten zusammen. Davon waren 41 Teilnehmende Mitglieder des Fördervereins.

Nach einer kurzen Begrüßung und einigen organisatorischen Hinweisen durch die beiden Fachgebietsleiter Prof. Lehmann und Prof. Schmalz begann der fachliche Teil mit den Blöcken „Wasserbauliche Großprojekte“ und „Fischschutz und Fischabstieg“ mit insgesamt drei Vorträgen.

Dr.-Ing. Rüdiger Siebel leitet bei Lahmeyer International die Planungen und die Bauaufsicht bei internationalen wasserbaulichen Projekten. Sein Vortrag „Einblick in die Planung und Umsetzung wasserbaulicher Großprojekte“ schildert anhand von zahlreichen gut bebilderten Beispielen in authentischer Weise die Effizienz einer fachübergreifenden Zusammenarbeit und stellt heraus, dass die Bereitschaft und Kompetenz zur Interdisziplinarität bei all seinen Projekten die zentrale Bedingung für eine erfolgreiche Projektabwicklung darstellt. Speziell mit Blick auf die anwesenden Studierenden vermittelt Dr. Siebel seine Faszination, bei großen Projekten weltweit mitwirken zu können und zeigt dabei auch auf, dass die Studieninhalte an sich der dazu notwendige fachliche Schlüssel sind.

Dr.-Ing. Hubert Hildebrand von der Fichtner GmbH greift die Motivation und Inhalte von Herrn Siebel in seinem Vortrag gekonnt auf und berichtet praxisnah über das Thema „Wasserkraft-Kaskade am Drin in Albanien - Maßnahmen zur Hochwassersicherheit nach ICOLD Standard“. Für die Zuhörerinnen und Zuhörer wird dabei deutlich, mit welcher Anzahl und Vielfalt an Ingenieursmethoden die Hochwassersicherheit mittels unterschiedlicher Maßnahmen geplant und untersucht wurde. Eine wichtige Rolle dabei spielen auch wasserbauliche Modellversuche, welche am Fachgebiet Wasserbau und Hydraulik der TU Darmstadt durchgeführt wurden. Die zugehörigen Modelle konnte so dann auch am Abend im Wasserbaulabor in Betrieb besichtigt werden.

Gisela Kissel, M.Sc. trägt seitens des Fachgebietes Wasserbau und Hydraulik über ein laufendes Projekt vor, bei dem es um „Ethohydraulische Untersuchungen am Flachrechen-Bypass-System“ geht. Frau Kissel stellt dazu den derzeitigen Wissen- und Methodenstand für Fischschutzrechen vor und beschreibt anschaulich anhand von Videoaufnahmen, wie sie mittels großskaliger Versuche in der Rinne im Wasserbaulabor das hydraulisch-taktile Verhalten von Fischen an dem gegenständlichen Flachrechen-Bypass-System gemeinsam mit Fischbiologen untersucht. Auch dieser Versuchsstand konnte am Abend in der Wasserbauhalle besichtigt werden.

Der erste Block wurde mit Diskussionen bei einem Mittagessen in der benachbarten Mensa fortgeführt. Der Nachmittag begann dann mit dem Block „Starkregen“, bei dem das Thema durch Analysen auf verschiedenen Skalen behandelt wurde.

Dr. Tanja Winterrath vom Deutschen Wetterdienst (DWD) zeigte eine Starkregenanalyse auf Basis der neuen radarbasierten Niederschlagsklimatologie des DWD. Radardaten liefern derzeit noch kurze Zeitreihen ab 2001, ermöglichen aber die hochaufgelöste, flächendeckende Erfassung von Extrem-/Niederschlägen und Extrem-/Ereignissen. Der DWD kombiniert die Vorteile der quantitativen bodengestützten Punktmessungen und der flächenhaften Radarmessungen. Statistische Analysen zeigen, dass extreme Starkregenereignisse überall in Deutschland auftreten können.

Es folgte eine Präsentation einer Mitarbeiterin aus dem Fachgebiet Ingenieurhydrologie und Wasserbewirtschaftung. **Amrei David, M.Sc.**, stellte einen Teilaspekt ihres Promotionsthemas vor: Starkregengefahrenanalyse im Fischbach-Einzugsgebiet anhand ausgewählter Modellierungsansätze. Im Vordergrund standen die Starkregen- und Hochwassergefahren in kleinen Einzugsgebieten (<50 km²). Deren Abflusseigenschaften sind u.a. gekennzeichnet durch kurze Reaktionszeit, schnelle Abflusskonzentration und lokale Überflutungen. Dabei kommt es zu einer hohen Interaktion zwischen Niederschlag, Landoberflächenabfluss und Gerinneabfluss. Anhand ausgewählter Starkregen- und

Hochwasserereignisse zeigte Frau David am Fallbeispiel Fischbach-Einzugsgebiet Möglichkeiten, die Hauptfließwege des Oberflächenabflusses sowie des Gerinneabflusses gemeinsam in einem Modell abzubilden. Sie zeigte dabei die Grenzen der Anwendbarkeit bestehender Modelle und Modellansätze auf.

Der letzte Vortrag im Themenblock wurde von **Prof. Dr.-Ing. Ernesto Ruiz Rodriguez** der Hochschule RheinMain über Ansätze zur Berechnung von Dünnschichtabflüssen bei Starkregen (Projekt KLIMPRAX Starkregen) gehalten. Dazu präsentierte er Ergebnisse von Experimenten mit einer Kipprinne sowie Vorversuche zur Ermittlung der Rauheit verschiedener Bewuchs-Situationen. Im Umgang mit Starkniederschlägen ist die Berechnung des Oberflächenabflusses an steilen Hängen unabdingbar. Der Vortragende zeigte die Probleme der Abbildung des Dünnschichtabflusses auf Vegetationsoberflächen anhand konventioneller Berechnungsansätze. Die identifizierten Abflussrichtungen und Fließpfade in den Abflussbildungsflächen wurden dennoch größtenteils richtig dargestellt. Diese Erkenntnisse dienen als weiterer Baustein bei der Modellierung von Oberflächenabflüssen in kleinen Einzugsgebieten.

Nach dem Hydrologie-Block gab es eine Kaffeepause, die zum weiteren fachlichen Austausch und Kennenlernen verwendet wurde. Die Pause wurde auch genutzt, um sich auf einer Posterausstellung bei den Promovierenden des Fachgebiets Ingenieurhydrologie und Wasserbewirtschaftung über deren Forschungsthemen zu informieren. Danach begann der Block des Fördervereins.

Herr **Dipl.-Ing. Jörg Steinhardt** von Steinhardt GmbH – Wassertechnik - präsentierte ein neues Kanalnetzmanagement, das im Rahmen des EU-Forschungsprojekts CENTAUR entwickelt und mittels Fuzzy Logic Überflutungen reduziert. Abflussbremsen, kaskadenförmig im Kanal nachgerüstet, induzieren im Allgemeinen einen Rückstau und nutzen das Retentionsvolumen in der Kanalhaltung. Das vorgestellte System HydroStyx RTC ist eine Fuzzy-Logic basierte Kanalnetzsteuerung, die in Coimbra und Toulouse getestet und installiert wurde. Dazu werden direkt Daten aus dem Kanalnetz genutzt. Vorteile sind u. a. das robuste und kompakte Design, das hydraulisch ohne Elektrizität betriebene Verfahren, die Erhaltung der Abflusskapazität der Kanalhaltung sowie die Aktivierung der Kaskaden innerhalb weniger Minuten. Herr Steinhardt bezeichnete diese Entwicklung als intelligenten Überflutungsschutz, der zum nachhaltigen Umweltschutz bei hoher Kosteneffizienz beiträgt.

Es folgte die Verleihung der Förderpreise des Fördervereins. Als Sponsor stiftete das Unternehmen Steinhardt Wassertechnik ein Preisgeld von 1500 Euro, welches auf zwei Preise aufgeteilt wurde. Die beiden Fachgebiete hatten dazu im Vorfeld des DAWAKO acht studentische Abschlussarbeiten aus dem Jahr 2018, welche mit der Note 1.0 bewertet wurden, einer Jury des Fördervereins vorgelegt. Der Sprecher der Jury, **Dr.-Ing. Andreas Wetzstein**, moderierte die Preisverleihung und überreichte zusammen mit Herrn Steinhardt und dem Vorsitzenden des Fördervereins die Urkunden an die beiden Preistragenden. Es wurden zwei Masterarbeiten ausgezeichnet:

Fabian Popp, M.Sc. hat sich mit der experimentellen Untersuchung von Hochwasserentlastungsanlagen mit Sprungschanze beschäftigt. Dazu wurde er von Prof. Lehmann und Dr. Wiesemann sowie dem Kooperationspartner Keshi (Betreiber der Anlage in Albanien) und der Fichtner GmbH (Planer) betreut und unterstützt. Herr Popp konnte im Rahmen seiner Arbeit konkrete Aussagen zur Strahlausbreitung und zur Vermischung mit der Umgebungsluft bei unterschiedlichen Randbedingungen erarbeiten und zudem Vorschläge zur planerischen Anpassung der Schanzegeometrie ableiten. Ferner konnte er empirische Formelwerke zur Kolkentstehung infolge des Strahlauftritts an der Gewässersohle prüfen und Empfehlungen zu deren Anwendung aufstellen.

In der Abschlussarbeit von **Viola Haase, M.Sc.** ging es um das Sink- und Bewegungsverhalten von Mikroplastikpartikeln mit/ohne Biofilm im Wasser. Die Betreuenden waren Prof. Lehmann und Prof. Lackner (Fachgebiet Abwasserwirtschaft). Viele Forschungen beschäftigen sich zwar mit dem Vorkommen und der Herkunft von Mikroplastikpartikeln in Gewässern und Meeren, nur wenige Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen fokussieren dabei jedoch auf die hydraulisch getriebenen Transport- und Ausbreitungsmechanismen in diesen Systemen. Frau Haase zeigte in ihrer Arbeit gekonnt den dazu publizierten Wissenstand auf. Mittels Experimenten in einem großen Standzylinder untersucht sie, ob das Sinkverhalten von Mikroplastikpartikeln mit den gängigen Formelwerken für

mineralische Schwebstoffpartikel beschrieben/prognostiziert werden kann und stellt dabei fest, dass die bereits etablierten Formeln durch leichte Anpassungen auch auf Mikroplastik übertragen werden können. Damit liefert sie einen ersten wichtigen Baustein auf dem Weg zur Modellierung des Transport- und Ausbreitungsverhalten von Mikroplastik in Flüssen und Meeresströmungen.

Beide Preistragenden stellten ihre interessanten Ergebnisse in Kurzvorträgen vor. Separate Artikel zu den ausgezeichneten Arbeiten sind bereits im WasserJahr 2018 abgedruckt worden.



Abbildung 1: Gemeinsame Freude über die Förderpreise

Das DAWAKO 2019 wurde von Dr. Thomas Kraus und Prof. Britta Schmalz mit Dankesworten an alle Referentinnen und Referenten, die Sponsoren, die Förderpreis-Jury, die Teilnehmerinnen und Teilnehmer sowie die beteiligten Mitarbeiterinnen, Mitarbeiter und Studierenden geschlossen. Beide betonten den gelungenen Austausch zwischen externen Gästen, Institutsmitarbeitenden und Studierenden. Danach folgte die Mitgliederversammlung des Fördervereins.

Im Anschluss begann das schon traditionelle Barbecue in der Wasserbauhalle. Wieder war ein leckeres Buffet mit frisch gegrillten Bratwürstchen und Halloumi-/Gemüse-Spießen sowie Fassbier und gutem Wein aufgebaut und bot die Gelegenheit zu einem gemütlichen Beisammensein. Auch dieses Jahr wurde das Abendevent mit Live-Musik durch die Band TUNE UP – JazzMotion untermalt. Vielen Dank an Jörg Steinhardt (Saxophon) mit seinen Bandkollegen Hermann Kock (Drums), Moritz Grenzmann (Bass) und Manuel Seng (Piano). Parallel hatten die DAWAKO-Teilnehmenden die Möglichkeit, die Modelle im wasserbaulichen Forschungslabor zu besichtigen. Führungen durch die Mitarbeitenden des Fachgebiets Wasserbau und Hydraulik sowie einige Poster erläuterten die Methodik und die erzielten Ergebnisse. Auch dies war eine gute Plattform für den fachlichen Austausch zwischen den Fördervereinsmitgliedern, erstmalig Teilnehmenden und Studierenden.

Wir danken allen für die Unterstützung und für das Interesse und freuen uns auf ein Wiedersehen beim nächsten DAWAKO.

Informationen aus dem Förderverein

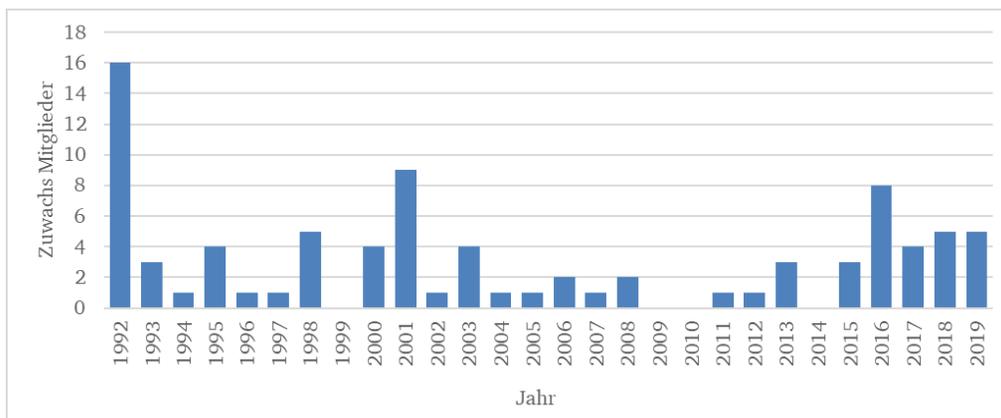
Dr.-Ing. Thomas Kraus (Vorsitzender)

Derzeit unterstützen 86 Mitglieder den Förderverein. Das ist, verglichen mit anderen Vereinen, eher eine kleine Zahl. Trotzdem schaffen wir es, mit den jährlichen Beiträgen die Finanzierung dieses Heftes und die jährliche Veranstaltung des Instituts, das DAWAKO, sicherzustellen. Dabei ist es uns wichtig, dass die Fachgebiete beim DAWAKO namhafte Referenten und Referentinnen präsentieren können, ohne die relativ niedrigen Teilnahmegebühren anheben zu müssen. Auch den Studierenden soll die Teilnahme an der Veranstaltung kostenfrei möglich sein. Ebenso wird das anschließende Zusammenkommen beim BBQ in der Wasserbauhalle durch den Förderverein ermöglicht. Vielen Dank allen, die schon seit Jahren oder vielfach sogar schon seit Jahrzehnten als Mitglied mit ihrem Jahresbeitrag den Verein unterstützen.



Des Weiteren ermöglichen einige Mitglieder durch ihr zusätzliches Engagement die jährliche Vergabe der Förderpreise für hervorragende studentische Arbeiten, die in erster Linie natürlich eine fachliche Auszeichnung des Instituts darstellen. Durch die Bewertung der aus Mitgliedern zusammengesetzten Jury sowie der Dotierung mit einem Geldbetrag erfolgt aber eine für die Studierenden nicht unwesentliche Aufwertung ihrer Leistung. Toll, dass all dies durch unsere Mitglieder möglich gemacht wird.

Die erfolgreiche Durchführung des DAWAKO mit der Vergabe der Förderpreise trägt aber auch Früchte hinsichtlich des Mitgliederzuwachses und damit des Fortbestandes des Vereins. Dies zeigt sich in der Statistik der Mitgliederzahlen. Seit der Neuauflage des DAWAKO im Jahr 2016 können wir einen stetigen Mitgliederzuwachs verzeichnen, das zeigt die nachfolgende Grafik der jährlichen Neumitglieder seit der Gründung im Jahr 1992.



Ich würde mich über die Fortsetzung dieses Trends durch weiteren Mitgliederzuwachs in den nächsten Jahren sehr freuen. Dies sichert den Fortbestand des für die in den beiden Fachgebieten Studierenden so wichtigen Vereins.

Der Jahresbetrag liegt bei 33 EUR für eine Einzelmitgliedschaft und bei 111 EUR für eine Firmenmitgliedschaft. Mitglieder erhalten das jährlich erscheinende WasserJahr zugeschickt sowie eine Ermäßigung bei der Teilnahmegebühr für das DAWAKO. Interessierte erhalten den Antrag auf der Homepage des Instituts oder wenden sich per E-Mail an:

foerderverein@wb.tu-darmstadt.de



Beiträge zu herausragenden studentischen Abschlussarbeiten 2019

Die im Folgenden vorgestellten studentischen Abschlussarbeiten wurden durch die beiden Fachgebiete für die Preise des Fördervereins nominiert. Der Beitrag zur **Bachelorthesis „Hydrologisch-hydraulische Berechnung des Starkregenereignisses am 23.04.2018 anhand zweier Modellansätze im Fischbach-Einzugsgebiet“** von **Angelika Madloch** am FG Ingenieurhydrologie und Wasserbewirtschaftung war bereits im Wasserjahr 2018 abgedruckt. Eine Jury des Fördervereins wird die Besten von den Besten auswählen und während des DAWAKO 2020 mit Preisen würdigen.

Einsatz, Funktion und Aufbau kleiner Sohlenbauwerke

Bachelorthesis von Annika Scheidler am Fachgebiet Wasserbau und Hydraulik

Studiengang: Umweltingenieurwissenschaften
Studienschwerpunkte: Gewässer- und Bodenschutz, Bewertung und Modellierung
Vertiefungen: Wasserbau und Hydraulik



Veranlassung und Ziel der Arbeit

Die Anpassung von Flüssen an die menschlichen Schutz- und Nutzungsanforderungen ist seit jeher eine wichtige Aufgabe des Wasserbaus. Häufig werden hierbei Flüsse in ihrem Abfluss- und Strömungsverhalten reguliert. Im Zuge der Wasserrahmenrichtlinie und den erhöhten Anforderungen an Strukturgüte und ökologische Durchgängigkeit entstehen hier neue Herausforderungen. Nicht zuletzt müssen Maßnahmen wie Sohlenbauwerke überdacht und weiterentwickelt werden, um allen Anforderungen weiterhin zu genügen.

Deshalb gibt diese Arbeit einen Überblick über den Stand der Technik der Sohlenbauwerke. Es werden verschiedene Bauweisen, deren Funktionsweise, Aufbau und Bemessung beschrieben sowie Einsatzmöglichkeiten bewertet. Ziel ist es, die verschiedenen Typen von Bauwerken umfassend zu beschreiben, sodass das Institut für Statik und Konstruktion der TU Darmstadt darauf aufbauend einen möglichen Einsatz von textilen Schalungen abwägen kann.

Vorgehen und Ergebnisse

Nach einem allgemeinen Überblick über Sohlenbauwerke sowie typische Baustoffe und Bauverfahren, werden die verschiedenen Bauwerkstypen beschrieben. Hierbei wird sowohl auf Sohlenstufen wie Abstürze, Rampen oder Gleiten eingegangen als auch auf typische Bauweisen von Sohlenschwellen. Es können Unterschiede in der Funktionsweise, der Konstruktion sowie der angewendeten Baustoffe festgestellt und anhand von Beispielanlagen in der Umgebung von Darmstadt belegt werden (Abbildung 2).



Abbildung 2: Praxisbeispiele für Sohlenbauwerke; links: Steinrampe am Sandbach; rechts: Betonwehr an der Modau

So bestehen Abstürze und Absturztrepfen meist aus kompakten Betonfertigbauteilen, während bei Sohlenrampen und Gleiten häufig aufgelöste Bauweisen aus Natursteinen verwendet werden. Auch bei Sohlenschwellen existieren verschiedene Ausführungsarten: Vom Einsatz großer Natursteine zur Sohlensicherung bis hin zu kleinen Wehren oder Stauanlagen. Dadurch entstehen ebenfalls Unterschiede in der Funktionsweise und im Strömungsverhalten des Flusses sowie bei der ökologischen Durchgängigkeit.

Neben den Eigenschaften der Bauweisen wird in der Arbeit ebenfalls deren Bemessung beschrieben. Hierbei werden sowohl hydraulische als auch konstruktive und ökologische Aspekte diskutiert (Abbildung 3).

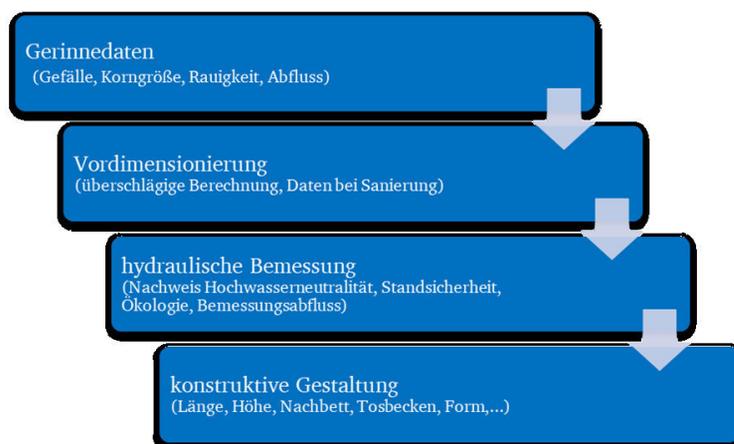


Abbildung 3: Ablauf und Aspekte der Bemessung von Sohlenbauwerken (verändert nach LUBW, 2007)

Da viele Sohlenbauwerke an deutschen Flüssen sanierungsbedürftig sind oder den Anforderungen der Durchgängigkeit nicht genügen, zeigt die Arbeit Möglichkeiten zu Sanierung und Umbau auf. Hierbei werden bereits durchgeführte Sanierungsprojekte beschrieben, wie der Bau einer Riegelrampe an der Modau in Nieder-Ramstadt (Abbildung 4).



Abbildung 4: Sanierung der Wehrplatte durch eine Riegelrampe in Nieder-Ramstadt

Zusammenfassung und Ausblick

Insgesamt zeigt die Arbeit, dass eine starke Heterogenität in den Bauweisen von Sohlenbauwerken existiert. Somit ist für jeden Standort eine Abwägung der Vor- und Nachteile der einzelnen Bauweisen nötig, die die wirtschaftlichen, ökologischen und hydraulischen Anforderungen berücksichtigt.

Um die ökologische Durchgängigkeit sicherzustellen, ist es bereits heute wichtig, alte Anlagen zu sanieren und neue Anlagen standortgerecht zu planen und zu realisieren. In Zukunft wird dies noch an Bedeutung gewinnen. Diese Arbeit bietet deshalb sowohl eine Grundlage für die Planung aktueller Bauvorhaben als auch für weitergehende Forschung, die besonders hinsichtlich der Konstruktion und Bemessung von Sohlenbauwerken sinnvoll ist.

Literatur

LUBW (2007): Durchgängigkeit für Tiere in Fließgewässern. Leitfaden Teil 2 - Umgebungsgewässer und fischpassierbare Querbauwerke, Karlsruhe, Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden- Württemberg.

Evaluation des zweidimensionalen hydrodynamisch-numerischen Modells BASEMENT im Vergleich zum Modell HYDRO_AS-2D

Masterthesis von Julius Reich am Fachgebiet Wasserbau und Hydraulik

Studiengang: Umweltingenieurwissenschaften

Studienschwerpunkte: Gewässer- und Bodenschutz, Bewertung und Modellierung

Vertiefungen: Wasserbau und Hydraulik



Veranlassung

In der Wasserwirtschaft ist die Anwendung hydrodynamisch-numerischer Strömungsmodelle von großer Bedeutung. Für die Ermittlung von Überschwemmungsgebieten oder zur Planung von Hochwasserschutzmaßnahmen ist deren Einsatz unverzichtbarer Teil der Ingenieurspraxis geworden. In diesen Bereichen kommen am häufigsten zweidimensionale Modelle zum Einsatz, die im Gegensatz zu eindimensionalen Modellen auch Strömungsprozesse lateral zur Gewässerachse abbilden können. Es existiert inzwischen eine Vielzahl entsprechender Softwareprodukte. Darunter befindet sich sowohl kommerzielle als auch frei verfügbare Software. Insbesondere in Deutschland wird in vielen Ingenieurbüros und öffentlichen Einrichtungen das Programm HYDRO_AS-2D der Firma Hydrotec eingesetzt, wobei es sich um ein kommerzielles Softwarepaket handelt. Insbesondere im Hinblick auf die Abwicklung internationaler Projekte kommt jedoch den frei verfügbaren Software-Modellpaketen eine immer größere Bedeutung zu. Dazu zählt das an der ETH Zürich entwickelte Modell BASEMENT. In dieser Arbeit wurde anhand eines konkreten Fallbeispiels eine vergleichende Evaluation beider Programme durchgeführt. In Kooperation mit der SYDRO Consult GmbH und der Bezirksregierung Köln wurden umfassende Daten zur Ermittlung von Überschwemmungsflächen im Einzugsgebiet der Rur zur Verfügung gestellt.

Ergebnisse

Im ersten Teil der Arbeit wurde ein theoretischer Modellvergleich durchgeführt, der die implementierten numerischen Verfahren, die Möglichkeiten zur Abbildung von Hochwasserschutzmaßnahmen sowie die Netzerstellung mittels der zugehörigen Preprocessing-Werkzeuge umfasst. Bezüglich der numerischen Verfahren konnten zahlreiche Übereinstimmungen identifiziert werden. So erfolgt in beiden Modellen die Lösung der Flachwassergleichungen über Finite-Volumen-Verfahren. Abweichungen ergeben sich beim zeitlichen Diskretisierungsverfahren und der Definition des Reibungsgefälles. Hinsichtlich der Abbildung von Bauwerken und Hochwasserschutzmaßnahmen bietet HYDRO_AS-2D einige zusätzliche Optionen, insbesondere bei der Abbildung durchströmter Bauwerke wie bspw. Durchlässe oder eingestaute Brücken. Bei der Netzerstellung werden unterschiedliche Ansätze verfolgt. In BASEmesh, dem zugehörigen Preprocessing-Werkzeug, wird ein unstrukturiertes Dreiecksnetz für das gesamte Untersuchungsgebiet erstellt. In HYDRO_AS-2D findet eine getrennte Netzerstellung für Flussschlauch und Vorland statt. Die Erstellung des Flussschlauchnetzes erfolgt durch Höheninterpolation zwischen zwei vermessenen Querprofilen entlang von Stromlinien. Das Vorlandnetz wird mit dem Tool Laser_AS erstellt. Dieses bietet den Vorteil einer automatischen Erkennung von Bruchkanten, während in BASEmesh ausschließlich manuell übergebene Bruchkanten ins Modell integriert werden können.

In einem zweiten Teil wurden beide Programme auf ein konkretes Fallbeispiel aus der Praxis angewendet. Dieser Teil umfasst die Bereiche Netzerstellung (Preprocessing), Durchführung der Berechnungen (Processing), Ergebnisinterpretation und Visualisierung (Postprocessing) sowie die Sensitivitätsanalyse und die Kalibrierung. Für das Projektgebiet lag zu Beginn der Arbeit bereits ein HYDRO_AS-2D-Modell vor, welches von der SYDRO Consult GmbH zur Verfügung gestellt wurde. Auf Grundlage des bestehenden HYDRO_AS-2D-Modells wurde ein Modell mit BASEMENT aufgesetzt. Das bestehende Modell wurde zur Ausweisung von Überschwemmungsflächen (Hochwassergefahrenkarten) entlang der Rur erstellt, von dem ein ca. 10 Flusskilometer umfassender Teilabschnitt betrachtet wurde. Bei der Netzerstellung wurden dieselben Daten verwendet, die auch zur Erstellung des HYDRO_AS-2D-Modells genutzt wurden. Diese umfassten u.a. ein digitales Geländemodell, diverse Bruchkanten sowie die vermessenen Querprofile. Da dem Preprocessing-Werkzeug BASEmesh eine praktikable Obergrenze von ca. 500.000 Elementen zugrunde liegt, war eine Reduzierung des Detailgrades der Geländestrukturen erforderlich. Hieraus resultierten zwangsläufig einige Abweichungen zum HYDRO_AS-2D-Modell. Ein Problem ergab sich zudem bei der Abbildung des Flussschlauchs im Modell. Hierfür sind Höheninformationen aus Vermessungsprofilen erforderlich. Zwischen zwei Profilen müssen die Höheninformationen entlang des Flussschlauchs interpoliert werden. In BASEmesh gibt es derzeit keine Möglichkeit, eine Interpolation entlang von Stromlinien durchzuführen, wodurch keine ausreichend genaue Abbildung im Modell möglich war (Abbildung 5). Daher wurden die Höheninformationen für den Flussschlauch aus dem bestehenden HYDRO_AS-2D-Modell übernommen. Beim Vergleich der Netze ergeben sich aufgrund der beschriebenen Einschränkungen einige Abweichungen. Es konnte jedoch davon ausgegangen werden, dass das Netz dennoch eine ausreichende Genauigkeit für aussagekräftige Berechnungen besitzt.

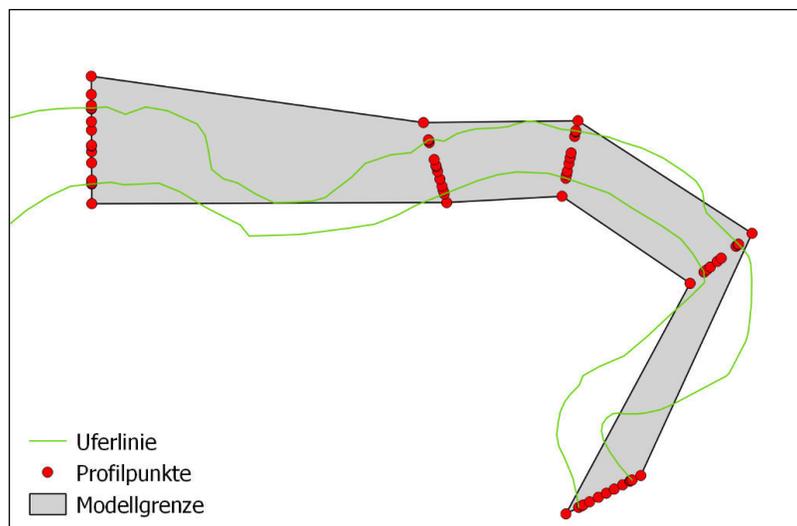


Abbildung 5: Schwierigkeiten bei der Abbildung des Gewässerverlaufs mit BASEmesh

Nach der Netzerstellung wurden für das Modellgebiet mehrere Simulationsläufe mit verschiedenen stationären Abflüssen durchgeführt. Dabei wurden die Wasserspiegelauslenkungen am Bezugspegel sowie die ermittelten Überschwemmungsflächen verglichen. Die Abflüsse wurden so ausgewählt, dass das gesamte Spektrum eines ausgewählten Hochwasserereignisses abgedeckt wurde. Nach Durchführung der Berechnungen konnte festgestellt werden, dass in allen vier Simulationsläufen der Wasserspiegel am Pegel im BASEMENT-Modell deutlich über der Abflusskurve liegt (Abbildung 6). Im gesamten Gebiet kommt es zum Teil zu deutlichen Abweichungen hinsichtlich Wasserspiegelauslenkung und Ausdehnung der Überschwemmungsflächen zwischen beiden Modellen (Abbildung 7).

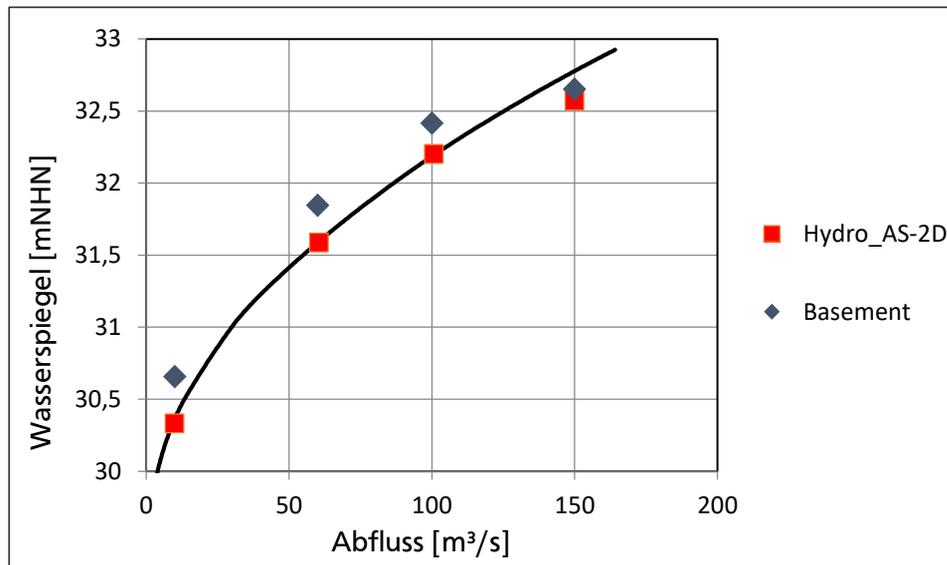


Abbildung 6: Wasserspiegel am Pegel

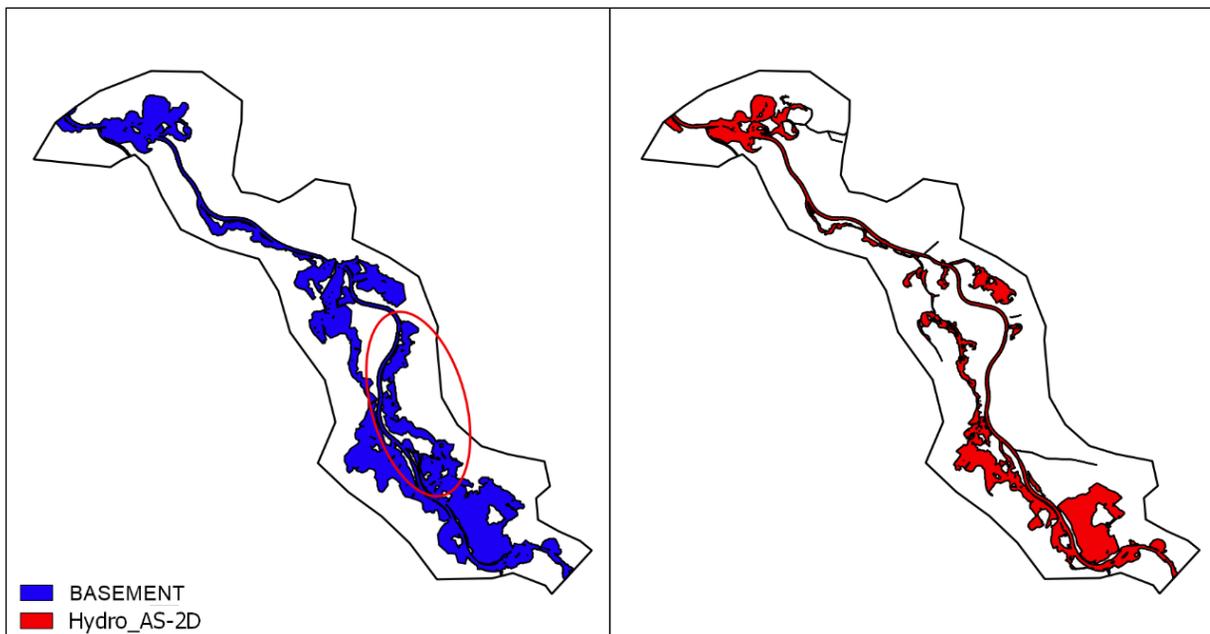


Abbildung 7: Vergleich der Überschwemmungsflächen für $Q=100 \text{ m}^3/\text{s}$

Auffällig ist der fast konstant höhere Wasserspiegel im BASEMENT-Modell. Als Folge davon kommt es zu einer größeren Ausdehnung der Überschwemmungsflächen. Unterschiede in der Geländeaufösung verstärken diese Effekte zum Teil. Im Bereich von sprunghaften Änderungen der Geländehöhe kommt es zu besonders starken Abweichungen. Des Weiteren fällt auf, dass die Abweichungen mit steigendem Abfluss geringer werden. Es sei an dieser Stelle angemerkt, dass

hinsichtlich der Überschwemmungsflächen keine Aussage darüber getroffen werden kann, welches Modell die Realität besser abbildet, da deren genaue Ausdehnung nicht bekannt ist.

Im Rahmen der nachfolgend durchgeführten Sensitivitätsanalyse konnte die Wasserspiegelauslenkung und damit die Ausdehnung der Überschwemmungsflächen durch eine Variation des k_{st} -Wertes verringert werden. Um den gemessenen Wasserspiegel am Pegel zu erreichen, müssten die k_{st} -Werte deutlich erhöht werden. Die Sensitivitätsanalyse hat außerdem gezeigt, dass die Definition des Auslauftrands den Wasserspiegel am Pegel beeinflusst. Zudem liegen im BASEMENT-Modell aufgrund der gröberen Geländeauflösung an einigen Stellen Scharfen in Dammstrukturen vor, die einen maßgeblichen Einfluss auf die Ausdehnung der Überschwemmungsflächen haben. Weiterführende Netzanpassungen könnten somit Voraussetzung für eine exakte Kalibrierung sein, was jedoch kein Ziel dieser Arbeit war.

Insgesamt liegt mit BASEMENT somit ein Software-Modellpaket vor, welches hinsichtlich der numerischen Verfahren mit HYDRO_AS-2D vergleichbar ist und zum Teil sogar genauere Ergebnisse produziert. Für die Anwendung des Programms im Bereich des Hochwasserrisikomanagements bestehen derzeit jedoch - im Vergleich zu HYDRO_AS-2D - noch Defizite bei der Abbildung von Bauwerken und bei der Netzerstellung mit den zugehörigen Preprocessing-Werkzeugen. Die Evaluation bezieht sich auf die Versionen BASEMENT 2.8 sowie HYDRO_AS-2D 2.2.2.

Erarbeitung von Empfehlungen zur Erneuerung des Pumpwerkes Altstadt

Masterthesis von Andreas Benedikt Bartoschek am Fachgebiet Wasserbau und Hydraulik

Studiengang: Umweltingenieurwissenschaften

Schwerpunkte: Gewässer- und Bodenschutz, Ver- und Entsorgung

Vertiefungen: Wasserbau und Hydraulik, Abwasserreinigung, Wasserversorgung



Veranlassung und Fragestellung der Arbeit

Die Masterthesis behandelt das Pumpwerk Altstadt, welches sich im südwestlichen Bereich der Altstadt von Frankfurt am Main seit Ende des 19. Jahrhunderts befindet und durch die Stadtentwässerung Frankfurt am Main (SEF) betrieben wird. Das Pumpwerk (PW) hat die Funktion, das Abwasser aus dem Mischwasserkanalnetz des südlichen Teils der Frankfurter Altstadt in einen nördlich verlaufenden Hauptsammler (DN 2400 B) in der Alten Mainzer Gasse zu heben (siehe Abbildung 8). Über einen Drainagekanal (KRD DN 400 STZ), welcher an das Pumpwerk anschließt, wird zusätzlich der Grundwasserstand am nördlichen Mainkai und der angrenzenden Liegenschaften auf einem gleichmäßigen Niveau gehalten. Das über den Drainagekanal abfließende Grundwasser wird im PW in einen südlich verlaufenden Regenwasserkanal (S038 3000/2000 B), dem sogenannten Kleinen Main, gepumpt und anschließend in den Main abgeschlagen (siehe Abbildung 8). Das PW Altstadt ist zusammen mit einem privat genutzten Wohngebäude in einem Gebäudekomplex integriert (Abbildung 8).

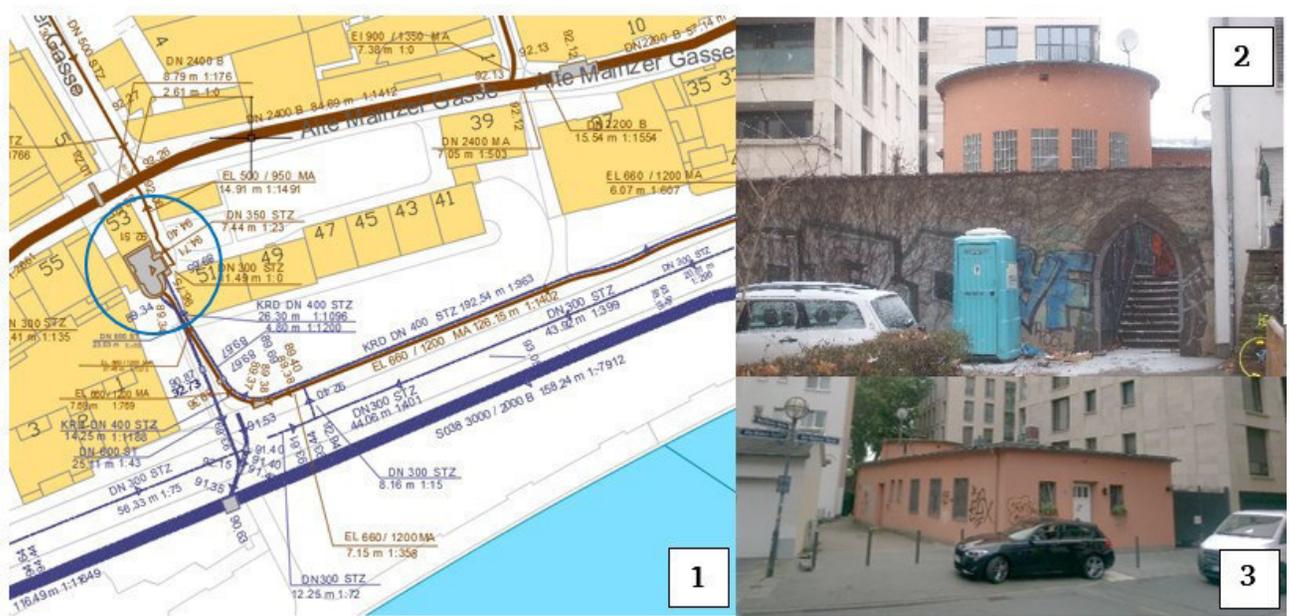


Abbildung 8: (1) Verlauf der Kanalisation und Lage des PW (blauer Kreis), kein Maßstab, genordet (Auszug aus dem KIS der SEF); (2) Sicht auf das Pumpwerk von Süden; (3) Sicht auf das PW und Wohngebäude von Norden

Eine im Jahr 2012 durchgeführte Inspektion stufte besonders die Bausubstanz des Tiefbauteils, aufgrund von Grundwassereintritten im Pumpenschacht, als sehr sanierungsbedürftig ein. Darüber hinaus werden im aktuellen Zustand die Zugänglichkeit und die Revisionsfähigkeit der Anlage durch die engen Verhältnisse außer- und innerhalb des PW erschwert. Diese Defizite stellen ein Risiko für die Betriebssicherheit bzw. die Entwässerungssicherheit des Kanaleinzugsgebiets dar und können im schlimmsten Fall zu einem Überstau der angeschlossenen Kanalisation führen. Dadurch könnten die im Abwasser enthaltenen Schmutz- und Schadstoffe in die Umwelt gelangen, und das angrenzende Oberflächengewässer (Main) und das Grundwasser, sowie den Boden belasten. Die SEF hat sich aus diesem Grund entschlossen, das PW zu erneuern.

Dazu wurde im Rahmen der Vorplanung eine Machbarkeits- und Variantenstudie erstellt, welche Maßnahmen im aktuellen Bestand und den Neubau am Altstandort oder einem neuen Standort umfassen. Mithilfe einer Bewertung wurde anschließend eine Vorzugsvariante ausgewählt, für die konkrete Empfehlungen für die bauliche Herstellung zusammengestellt wurden. Als Grundlage für die Variantenerstellung wurde der aktuelle Aufbau des PW und der Zustand der einzelnen Anlagenkomponenten dokumentiert und abschließend bzgl. der Gebrauchstauglichkeit und Sicherstellung des Betriebs anhand von Leitvorgaben zum aktuellen Stand der Technik bewertet. Unter Berücksichtigung der baurechtlichen und technischen Vorgaben wurden anschließend die Varianten aufgestellt. Um die Betriebskosten des PW Altstadt zukünftig weiter zu optimieren und die angeschlossene Mischwasserkanalisation bei Niederschlagsereignissen zu entlasten, wurden seitens der SEF Überlegungen angestellt, den Regenwasserzufluss von der Mischwasserkanalisation zu entkoppeln. Demzufolge wurde eine Prüfung von Maßnahmen zur Regenwasserentkopplung für das Einzugsgebiet des PW durchgeführt.

Bewertung des aktuellen Zustands

Basierend auf den gesammelten Erkenntnissen aus mehreren Ortsbegehungen und der Bestandsaufnahme in Form einer Dokumentation des PW Altstadt (Abbildung 9) wurde durch die Konsultierung der aktuellen Vorgaben eine Bewertung durchgeführt, um bautechnische und betriebliche Defizite des PW aufzuzeigen. Diese ergab, dass der aktuelle Zustand des PW für einen sicheren Betrieb unzureichend ist. Zwar funktionieren die im Pumpwerk angesiedelte Pumpen-, Maschinen- und Elektrotechnik zurzeit ohne große Störungen und gewährleisten eine sehr hohe

Entwässerungssicherheit, welche über den Mindestanforderungen des aktuellen Stands der Technik liegen, dennoch entspricht die Bausubstanz, der Objekt- und Einrichtungsschutz sowie die Wartbarkeit nicht mehr dem Stand der Technik.



Abbildung 9:(1) Einstieg zum Mischwasser-Pumpensumpf im Maschinenraum (aus: Born & Ermel 2014); (2) Erschwelter Einstieg in den engen Pumpenschacht über Steigeisen; (3) Ausblühungen an der Innenwand des Pumpenschachts weisen auf starke Feuchtigkeitsschäden hin; (4) Korrosionserscheinungen an Grundlastpumpe 1 durch eintretende Feuchtigkeit im Pumpenschacht

Standortsuche, Variantenerstellung und Wahl der Vorzugsvariante

Aufgrund der Erkenntnisse der Bewertung, wurde eine reine Sanierung, d.h. die Beibehaltung der kompletten Gebäudehülle, mittel- und langfristig gesehen als nicht sinnvoll und zielführend erachtet, da die Anordnung der Räumlichkeiten bestehen bleibt und die beengten Platzverhältnisse nicht gelöst werden.

Für die Variantenuntersuchung wurden demnach eine Teilsanierung mit neuem Hochbauteil und ein Neubau des PW am alten oder an einem neuen Standort angestrebt. Es wurden zwei Neubauvarianten und eine Sanierungsvariante mit Autodesk AutoCAD 2019 entworfen und anschließend anhand gewichteter Ziele und Indikatoren bewertet. Dabei wurde ein fünfstufiges Bewertungssystem verwendet. Der Neubau des PW am Standort des alten Wohngebäudes (Variante N.1.1) wurde als Vorzugsvariante bestimmt, da diese im Vergleich zu den beiden anderen Varianten, über eine sehr hohe Betriebssicherheit, eine gute Anfahrbarkeit sowie eine gute Zugänglichkeit zu allen Anlagenbereichen für das Betriebspersonal verfügt (Abbildung 10).

Konkrete Bauempfehlungen für die Vorzugsvariante

Aus den Erkenntnissen der Variantenerstellung und dem -vergleich wurden genaue Vorgehensweisen für die den Bau der Vorzugsvariante zusammengestellt. Diese umfassen neben den empfohlenen baulichen Maßnahmen auch die Organisation des Bauablaufs. Dabei ist folgender Bauablauf konkret zu empfehlen, um eine effiziente Ressourcennutzung und Optimierung der Bauzeit zu erzielen:

Für den Bau der Vorzugsvariante ist zuerst die Wohnung abzurechen. Danach erfolgt der Neubau des PW, wobei das alte PW weiter in Betrieb bleibt. Erst nach Fertigstellung aller Baumaßnahmen am neuen PW, wird der Hochbauteil des alten PW abgerissen und der marode Tiefbauteil entkernt. Die Anschlusskanäle und -schächte werden in die alte Hülle des Tiefbauteils gebaut und mit den Pumpenvorlagen verbunden. In der Zeit der Außerbetriebnahme wird das zufließende Grund- und Mischwasser durch zwei temporäre Wasserhaltungen in den alten Zulaufschächten gehoben.

Machbarkeit zur Regenwasserentkopplung aus dem Mischwasserkanalnetz

Die durchgeführte Machbarkeitsanalyse zur Regenwasserentkopplung hat gezeigt, dass eine sehr gute Anwendbarkeit von oberirdischen Versickerungsanlagen und der Ableitung in einem Trennsystem, sowie Entwässerungsrinnen möglich ist. Dadurch wird eine signifikante Abflussminderung während eines Niederschlagsereignisses erreicht. Durch diese Entkopplung würde das PW und der nördlich verlaufende Hauptsammler bei Niederschlagsabflüssen weniger belastet werden.

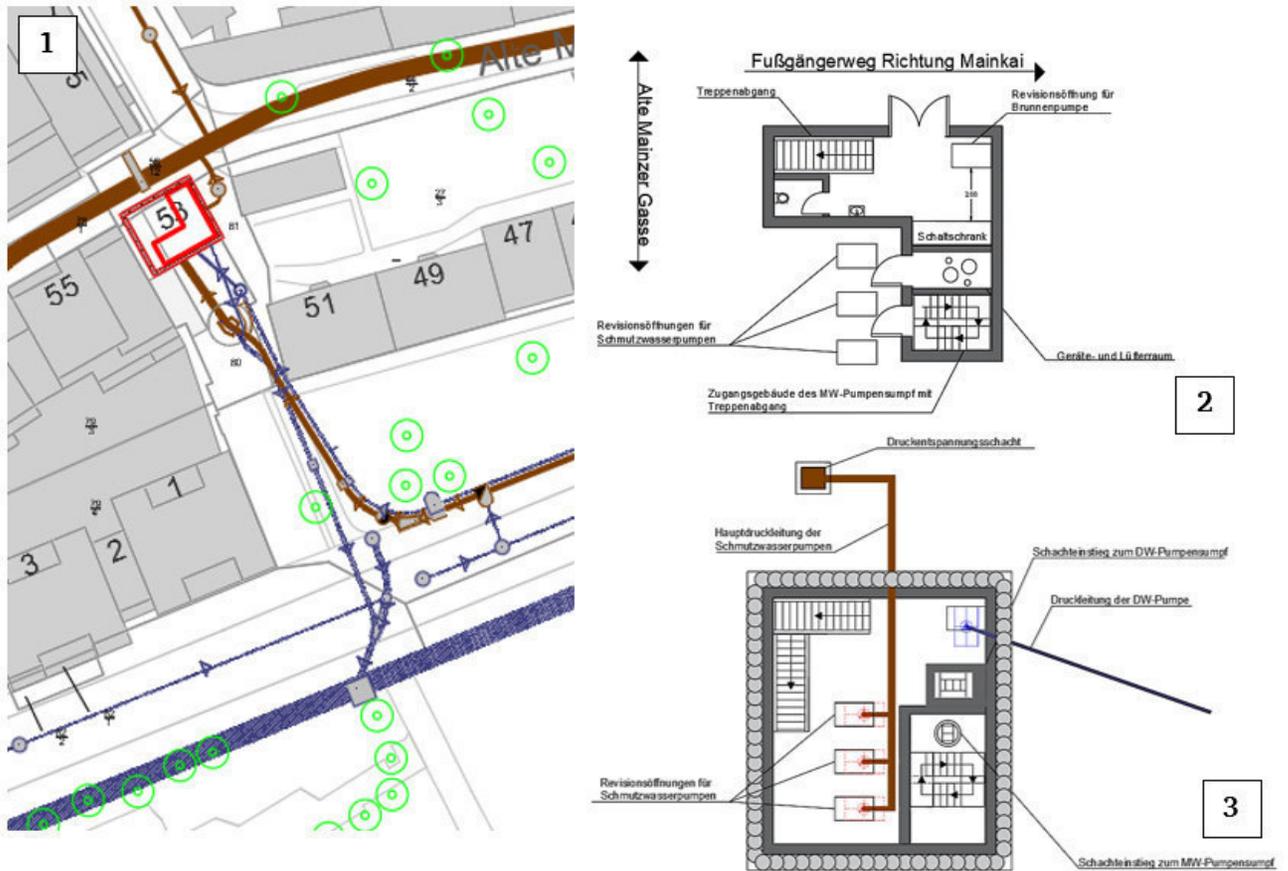


Abbildung 10: (1) Lage des Hoch- und Tiefbauteils der Vorzugsvariante; (2) Hochbauteil der Vorzugsvariante; (3) Tiefbauteil der Vorzugsvariante (Plangrundlage: KIS der SEF)

Set-up und Konfiguration eines Ensemble Kalman Filters für die Echtzeitvorhersage eines operationellen Hochwasservorhersagesystems

Masterthesis von Anne Schwob am Fachgebiet Ingenieurhydrologie und Wasserbewirtschaftung in Kooperation mit der École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL) und dem Centre de recherche sur l'environnement alpin (CREALP)

Studiengang: Umweltingenieurwissenschaften



Einleitung

Um Hochwasserereignisse an Flüssen vorherzusagen werden häufig kurzfristige Hochwasserprognosen erstellt. In solchen Fällen hängt die Vorhersagequalität stark von den Anfangsbedingungen des hydrologischen Modells ab. Im Rahmen der Masterarbeit wurde ein Ensemble Kalman Filter (EnKF) für das operationelle Hochwasservorhersagesystem im oberen Rhone-Einzugsgebiet in der Schweiz evaluiert. Im Kontext des analysierten EnKFs wurden Pegeldaten zur Korrektur verschiedener Modellanfangsbedingungen verwendet. Historische Hochwasserereignisse in zwei Teileinzugsgebieten wurden nachmodelliert, um die Qualität und Robustheit des Ansatzes zu bewerten.

Datengrundlage und hydrologisches Modell

Betrachtet wurden die Teileinzugsgebiete Reckingen und Saltina, die beide über Pegelstationen an den Gebietsauslässen verfügen. Abbildung 11 zeigt die beiden Teileinzugsgebiete einschließlich der Lage von Pegel- und Wetterstationen innerhalb des Einzugsgebietes der oberen Rhone. Zur hydrologischen Modellierung wurde das semi-distribuierte Modell RS MINERVE (www.crealp.ch) verwendet. Aktuell werden im operationellen Betrieb zwei Vorhersagen bereitgestellt. Die „Control“ Simulation, ein Open-loop Szenario, und die „Volume Based Update“ (VBU) Simulation, in der die Modellzustandsgröße Bodenfeuchte basierend auf beobachteten Pegeldaten iterativ adaptiert wird. Beide Vorhersagen dienen im Rahmen der Arbeit, zusätzlich zu den beobachteten Pegeldaten, als Referenzszenario.

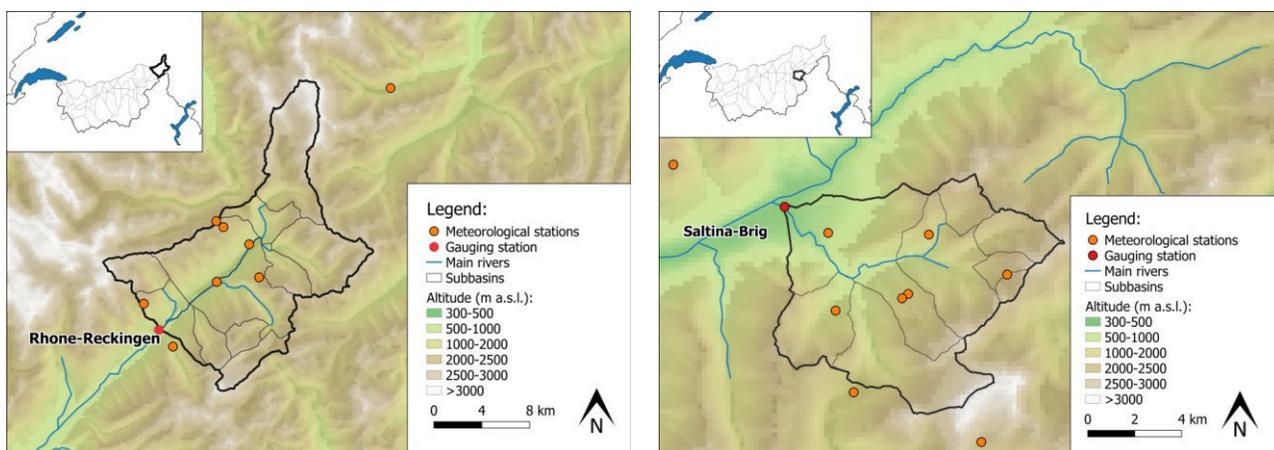


Abbildung 11: Die beiden Teileinzugsgebiete Reckingen (links) und Saltina (rechts)

Der Ensemble Kalman Filter

Datenassimilation beschreibt Algorithmen zur Optimierung numerischer Modelle, in welchen Modellzustandsgrößen oder -parameter auf Grundlage beobachteter Daten korrigiert werden. Eine in der Hydrologie häufig verwendete Datenassimilationsmethode ist der EnKF. Bei dieser Methode werden die Modellzustände basierend auf den Kovarianzmatrizen der Beobachtungen und den vorhergesagten Modellzuständen aktualisiert. Abbildung 12 zeigt ein Schema des implementierten EnKFs.

Der EnKF ist in R (www.r-project.org) programmiert und agiert über VBScript mit dem hydraulisch-hydrologischen Modell RS MINERVE. Abbildung 13 zeigt beispielhaft die Abflussvorhersage der drei Vorhersagemethoden für ein Hochwasserereignis im Jahr 2012 in Reckingen.

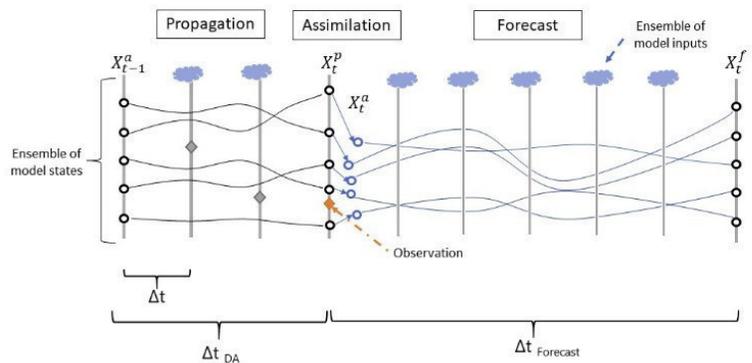


Abbildung 12: Schema des implementierten Ensemble Kalman Filters

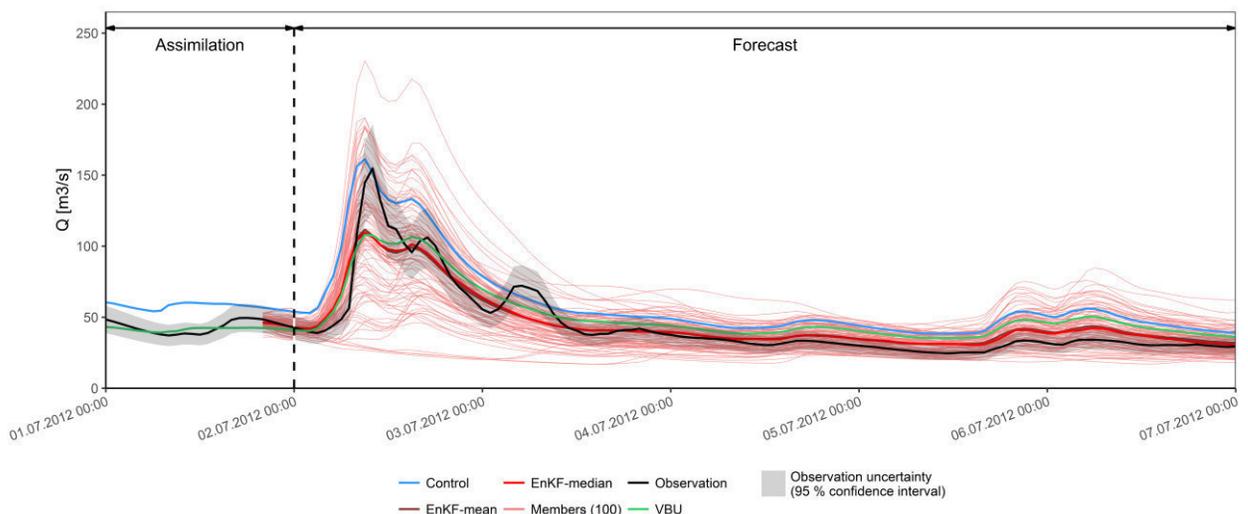


Abbildung 13: Abflussvorhersage für ein Hochwasserereignis im Jahr 2012 in Reckingen. Die Abbildung zeigt die drei Vorhersagevarianten, Control (blau), VBU (grün) sowie die Medianvorhersage des EnKFs (rot) und das Ensemble (hellrot). Der beobachtete Abfluss ist in schwarz dargestellt.

Analyse und Ergebnisse

Im Rahmen einer umfassenden Sensitivitätsanalyse wurden verschiedene EnKF-Konfigurationen getestet und anhand statistischer Qualitätskriterien mit der Control und VBU Simulation verglichen. Während der betrachteten Zeiträume sind die Ergebnisse des EnKFs für kurze Vorhersagehorizonte besser als mit den anderen beiden Simulationsvarianten. Für längere Vorhersagehorizonte hängt die Qualität der Simulation stark von dem betrachteten Ereignis und der Modellkalibrierung ab. Entscheidend für zufriedenstellende Ergebnisse mit dem EnKF sind eine geeignete Modellkalibrierung und eine hohe Qualität von Niederschlags- und Temperaturdaten. Datenassimilationsmethoden, die im Speziellen die Verzögerung der Hochwasserwelle durch Abflusskonzentration berücksichtigen, erhöhen vorrausichtlich die Robustheit der angewendeten Methode.

Aus den Fachgebieten:

Wasserbau und Hydraulik (Leitung: Prof. Lehmann)



Lehre

Abschlussarbeiten

Im Jahr 2019 haben mehr als 35 Studierende ihre **Bachelor- oder Masterthesis** am Fachgebiet Wasserbau und Hydraulik geschrieben. Dabei wurden u.a. folgende Themenstellungen bearbeitet:

Bachelorarbeiten

- Empfehlungen zur Prüfung und Sanierung von Bootsschleusen an Wasserstraßen
- Einsatz und Aufbau kleiner Sohlenbauwerke
- Chemische Angriffe auf Flussdeiche
- Empfehlungen zum Hochwasserschutz durch Etablierung von Flussaue
- Dreidimensionale Modellierung von Strömung und Sedimenttransport mit OpenFOAM
- Empfehlungen zur Planung und Gestaltung einer Sohlgleite bei Frankfurt-Hausen an der Nidda
- Mechanische Einwirkung von Wasser auf Körper im Überschwemmungsbereich
- Bewertung bestehender Fischaufstiegsanlagen anhand des DWA-Merkblattes M-509 (2014)
- Dreidimensionale Simulation von Strömung und Sedimenttransport am Niederrhein mit Bmor3D
- Aufbau und Inbetriebnahme eines Versuchsstands zur Untersuchung von Messwehren
- Modelluntersuchung zur Strahlumlenkung einer Hochwasserentlastungsanlage mit Sprungschanze
- Dokumentation und wasserwirtschaftliche Bewertung der geplanten Umgestaltung des Fechenheimer Mainbogens
- Möglichkeiten und Grenzen bei der Visualisierung wasserbaulicher Mess- und Simulationsdaten
- Anforderungen an Flussturbinen und Bemessungsgrundlagen zur Nutzung der kinetischen Energie von Fließgewässern
- Einfluss der Äquivalentdurchmesser und der Korngrößenverteilung auf die repräsentativen Kennwerte von Sedimenten
- Empfehlungen zu Küstenschutzmaßnahmen für die deutsche Nordseeküste
- Materialtransport durch Wasser an Flussdeichen

Masterarbeiten

- Vorstudie zur Gewährleistung des Hochwasserschutzes für die Stadt Weinheim
- Anwendungsspezifische Maßnahmen für den Praxiseinsatz eines Acoustic Doppler Current Profilers (ADCP)
- Vertiefte Untersuchung und Fortführung von Laborversuchen zur Widerstandsfähigkeit eines Flusssdeiches aus qualifiziert verbessertem Bodenmaterial
- Untersuchung zur Weiterentwicklung der Prüfmethodik zum Abriebverhalten von Rohrsystemen gemäß DIN EN 295 Teil 3
- Experimentelle Untersuchung einer Hochwasserentlastungsanlage mit Fokus auf den Anströmungsbedingungen
- Maßnahmenempfehlungen zum Umgang mit Starkregenereignissen
- Möglichkeiten zur Nutzung der Meeresenergie entlang der spanischen Küste
- Evaluation des zweidimensionalen hydrodynamisch-numerischen Modells BASEMENT im Vergleich zum Modell HYDRO_AS-2D
- Festlegung und Vorplanung eines neuen Pegelstandortes am Wicklerbach
- Empirische und experimentelle Untersuchung von Schussrinnen mit Belüftern am Beispiel einer Hochwasserentlastungsanlage
- Mobile Hochwasserschutzsysteme: Vergleich von Systemen und Methoden, Entwicklung von Bemessungswerkzeugen
- Anwendung und Weiterentwicklung hydrometrischer Methoden mit Blick auf die Beurteilung von Erosionsvorgängen und Strömungsmustern
- Anwendung und Weiterentwicklung von Methoden zur messtechnischen Bestimmung von Auskolkungs- und Erosionsvorgängen
- Erweiterung eines vorhandenen wasserbaulichen Versuchsaufbaus zur Untersuchung der Durchgängigkeit für Fische
- Planung und 3D-HN-Simulation eines neuen Fischeaufstieges am Bogenwehr an der WKA Glüder / Wupper
- Erarbeitung von Empfehlungen zur Erneuerung des Pumpwerkes Altstadt
- Konzepterstellung zur ökologischen Durchgängigkeit der Wasserkraftanlage Birkenau-Reisen an der Weschnitz

In bewährter Weise wurden etliche Abschlussarbeiten in enger Zusammenarbeit mit Partnern durchgeführt. Mit beteiligt waren im Jahr 2019 folgende Institutionen:

- Planungsbüros
 - Dahlem Ingenieure GmbH
 - SYDRO Darmstadt
 - Steinhardt Wassertechnik GmbH
 - CDM Smith
- Gesellschaften und Verbände
 - Wasserverband Bergstraße

- Fachbehörden
 - Regierungspräsidium Darmstadt
 - Bezirksregierung Düsseldorf
 - Umweltamt Stadt Frankfurt am Main
- Städte, Gemeinden und Kommunen
 - Stadt Weinheim
 - Stadtentwässerung Frankfurt/Main
- Benachbarte Institute und Fachgebiete
 - Institut für angewandte Geowissenschaften
 - Institut IWAR – Fachgebiet Abwassertechnik
 - Fachgebiet Landmanagement
 - Fachgebiet Geotechnik

Athene-Preis für Gute Lehre 2019

Am 27.11.2019 überreichte die Präsidentin der TU Darmstadt Frau M. Sc. **Katharina Bensing**, Herrn M. Sc. **Steve Borchardt** und Herrn Prof. **Boris Lehmann** im Rahmen einer Festveranstaltung den „Athene-Preis für Gute Lehre“ (Abbildung 14).

Die Carlo und Karin Giersch-Stiftung an der TU Darmstadt verleiht jährlich den mit insgesamt 46.000 Euro dotierten Preis, um die an der TU Darmstadt herausragenden Best-Practice-Modelle im Bereich der Lehre auszuzeichnen. Der Preis, der zwischen mehreren Fachbereichen aufgeteilt wird, hebt die Bedeutung der akademischen Lehre für die TU Darmstadt hervor und soll Anreize schaffen, sich im Sinne der Grundsätze für die Lehre zu engagieren.

Der Preis wurde mit der Widmung „Für das Engagement bei der Planung, Ausarbeitung und Umsetzung der Studienleistung *Verfassen und Bewerten wissenschaftlicher Fachartikel* sowie dem damit verbundenen Einsatz bei der Betreuung“ vergeben, nachdem zuvor ein Senatsausschuss alle eingereichten Vorschläge gesichtet, bewertet und die Preisträger/innen den Stiftern benannt hatte.

Gemäß Studienordnung ist neben einer mündlichen Prüfung eine Studienleistung die Voraussetzung für die Anerkennung des Moduls „Wasserbau II“. Die zum Wintersemester 2018/19 neu entwickelte Studienleistung widmet sich dem wissenschaftlichen Schreiben bzw. dem Verfassen eines wissenschaftlichen Fachartikels zu den kursspezifischen Inhalten und bereitet damit eine wesentliche Schlüsselkompetenz für die Masterthesis vor. Zudem sollen die Studierenden die kritische Auseinandersetzung mit anderen Fachartikeln in Form eines für etablierte Fachzeitschriften oftmals praktizierten konventionellen Peer Review-Prozesses, einem Verfahren zur Qualitätssicherung, üben.

Die Studienleistung besteht demnach aus zwei Teilen:

- Verfassen eines wissenschaftlichen Artikels gemäß realer Autorenrichtlinien,
- Anfertigen von zwei Reviews für fremde Fachartikel



Abbildung 14: Vizepräsident Ralf Bruder (links) überreicht den Athene-Preis an das Team vom Fachgebiet Wasserbau und Hydraulik

Im Rahmen der Studienleistung werden dadurch die im Kurs vermittelten Fachkompetenzen mit akademisch relevanten Schlüsselkompetenzen kombiniert. Da das Thema "wissenschaftliches Schreiben" für alle Ingenieursdisziplinen eine hohe Relevanz hat, bietet sich die Fokussierung auf das Erstellen eines Fachartikels an. Zudem wird durch die geforderten Reviews von fremden Artikeln die Kompetenz der kritisch-konstruktiven Auseinandersetzung geschult. Seitens des Fachgebietes werden zudem im Rahmen einer Sondervorlesung zum Thema "Wissenschaftliches Schreiben und Fachartikelerstellung", durch ausführliche Reviews aller eingereichten Fachartikel und nicht zuletzt durch angebotene Sprechstunden weitere Hilfestellungen geboten.

Die Schulung der Schlüsselkompetenzen ist im Rahmen des Studiums unerlässlich und spielt für einen späteren erfolgreichen Berufseinstieg eine wichtige Bedingung. Daher wurde diese Studienarbeit bewusst so konzipiert, dass fachliche Inhalte aus dem Kurs mit Schlüsselkompetenzen verschnitten werden, wobei die Studierenden hier selbstständig aktiv werden müssen und ihre fachlichen Interessen selbstständig mit einbringen können.

Das Feedback der Studierenden ist positiv: obwohl der Arbeitsaufwand für diese Studienleistung als vergleichsweise hoch seitens der Studierenden gewertet wurde, erkannten Alle den Mehrwert dieser Arbeit und waren froh darüber, eine zielführende Unterstützung zum wissenschaftlichen Schreiben erhalten zu haben. Etliche Studierende gaben darüber hinaus an, dass diese Studienarbeit so nirgends bislang bei ihnen angeboten wurde, der Sinn und Zweck im Vergleich zu konventionellen Studienarbeiten jedoch als besonders wertvoll gewertet wird.

DAAD-Preis 2019 für unseren Wasserbau-Studenten Ayoub Alhousin



Ayoub Alhousin, Bauingenieurwesen-Masterstudent mit Ausbildungsschwerpunkt Wasserbau, erhält den Preis des Deutschen Akademischen Austauschdienstes (DAAD) für hervorragende Leistungen ausländischer Studierender an der TU Darmstadt. Die Auszeichnung ist mit 1.000 Euro dotiert. Die Auswahlkommission für den DAAD-Preis 2019 hat sich eindeutig für Ayoub Alhousin ausgesprochen und erkennt damit sein soziales Engagement und seine ausgezeichneten Studienleistungen als herausragend an. Als geflüchteter Studierender war Herr Alhousin mit nicht zu unterschätzenden Hürden konfrontiert, die er durch Eigeninitiative, Leistungsbereitschaft und Ausdauer bewältigt hat. Herr Alhousins Unterstützung für geflüchtete Studierende, sein Engagement in der Gesellschaft und seine hervorragenden Studienleistungen haben die Kommissionsmitglieder vollständig überzeugt.“ Heißt es in einer Mitteilung des Präsidiums.

Alhousin stammt aus Hama in Syrien. 2015 musste der heute 28-Jährige sein Heimatland auf Grund des Krieges verlassen. 2016 in Deutschland angekommen nahm er an studienvorbereitenden Kursen für Geflüchtete an der TU

Darmstadt teil. Innerhalb sehr kurzer Zeit erwarb Alhousin die deutschen Sprachkenntnisse und konnte sich dann im Wintersemester 2017/18 in den Masterstudiengang Bauingenieurwesen immatrikulieren, den er gegenwärtig mit großem Erfolg absolviert und voraussichtlich im Sommer 2020 beenden wird.

Ayoub Alhousin sorgt sich mit unermüdlichem sozialen Engagement empathisch und interessiert um seine Mitmenschen und ist damit ein Vorbild für seine Kommilitoninnen und Kommilitonen. Seine fachliche Leidenschaft ist das Wasser, weshalb er sich als Bauingenieur beruflich auf wasserbauliche und wasserwirtschaftliche Aufgaben fokussieren möchte. Aus diesem Grund übernahm Prof. Lehmann gerne die Mentorenschaft und half insbesondere in der Anfangsphase des Masterstudiums bei der Anerkennung der bereits in Syrien erbrachten Studienleistungen, beim Beantragen von Stipendiengeldern und bei der Integration im Rahmen der Wasserbau-Vorlesungen. Prof. Lehmann selbst findet die menschlichen und fachlichen Leistungen von Herrn Alhousin beeindruckend und ist froh darüber, dass in diesem Fall eine tolle Möglichkeit für ein erfolgreiches Studium geschaffen werden konnte.

Neben dem Studium arbeitet Alhousin in einem Ingenieurbüro, wo er bereits ein Praktikum absolviert hat, um seinen Lebensunterhalt zu finanzieren. Er ist darüber hinaus ein vom Senat bestelltes Mitglied der Stipendienkommission für Leistungsorientierte Studienabschluss-Stipendien sowie für geflüchtete Familien in der ehrenamtlichen Begleitung und Übersetzung an Ämtern und Schulen in Darmstadt tätig. Außerdem ist er Mitglied in einem gemeinnützigen Verein in Mainz sowie dem Deutsch-Syrischen Verein in Darmstadt und als Pate im Projekt „Zusammen stark“ des Roten Kreuzes (DRK) Darmstadt aktiv.

Aufgrund seiner überdurchschnittlichen Studienleistungen wurde Ayoub Alhousin mit dem HessenFonds-Stipendium des Hessischen Ministeriums für Wissenschaft und Kunst (HMWK) ausgezeichnet. Sein langfristiges Ziel ist die Promotion, die eigenen fachlichen Kompetenzen auf höchst möglichem Niveau auszubauen und gleichzeitig für demokratische Werte einzustehen und ein solidarisches Miteinander voranzutreiben.

Wasserbauliche und Geodätische Exkursion nach Holland

Die gemeinsame einwöchige Exkursion der Fachgebiete Landmanagement, Geodäsie und Wasserbau führte Ende Juli 2019 von Darmstadt aus durch die Eifel bis hinüber nach Holland. Dabei wurden zahlreiche interessante Ziele angefahren (Abbildung 15 und Abbildung 16):

- Hochwasserschutz mit Pumpwerk in der Ortschaft Kesten an der Mosel
- Steillagenweinbergflurbereinigung mit Hangentwässerung bei Bernkastel an der Mosel
- Autobahnbrückenbau Hochmoselübergang
- Radioteleskop Effelsberg
- Rurtalsperre
- Landgewinnung und Stadtplanung Lelystad / Holland
- Dampfkraftbetriebenes Wouda-Pumpwerk / Holland
- Käserei Heileuver / Holland
- Maeslant-Sturmflutwehr / Rotterdam
- Hafenrundfahrt und Stadtbesichtigung Rotterdam
- Tagebau Garzweiler
- Mosellum Erlebniswelt Fischpass Koblenz

Mehr als 30 Studierende der Studiengänge Bau- und Umweltingenieurwesen nahmen an der Exkursion aktiv teil, indem sie einzelne Besichtigungspunkte in einem Referat dokumentierten oder auf der Anfahrt dorthin im Rahmen eines „Busvortrages“ wichtige Hintergrundinfos vorstellten.



Abbildung 15: Stationen der einwöchigen Fachexkursion



Abbildung 16: Impressionen der spannenden Fachexkursion 2019

Promotionen

Zum Jahresende 2019 konnte Frau M. Sc. **Imke Böckmann** erfolgreich ihre Dissertation zum Dr. rer. nat. im Rahmen einer Disputation abschließen. Der Titel ihrer Dissertationsschrift, welche in 2020 publiziert wird, lautet „Entwicklung eines Verfahrenskataloges für statistisch abgesicherte ethohydraulische Forschungen.“ Prof. Lehmann war als Hauptreferent und Doktorvater beteiligt und Prof. Schüttrumpf (Institut für Wasserbau an der RWTH Aachen) wirkte als Zweitreferent mit.



Die Wiederherstellung der Durchgängigkeit und der Schutz wanderwilliger Fische an wasserbaulichen Anlagen sind gesetzlich verankerte Rahmenbedingungen zur Erreichung der guten ökologischen Qualität der Fließgewässer im Sinne der EU-Wasserrahmenrichtlinie. Um Fische vor dem Einschwimmen in für sie gefährliche Anlagenbereiche schützen und sie zu einem gefahrlosen Wanderkorridor hin leiten zu können, ist die Kenntnis art- und altersspezifischer hydraulisch-taktile Verhaltensweisen der Tiere essentiell.

Mittels ethohydraulischer Feld- und Laborstudien lassen sich aufbauend auf eine klar definierte mehrstufige Untersuchungsmethodik solche hydraulisch-taktile Verhaltensweisen erforschen und zur Weiterentwicklung von Fischschutz-, Fischauf- und Fischabstiegsanlagen anwenden. Bei ethohydraulischen Studien werden lebende (Wild-)Fische in Versuchsumgebungen eingesetzt und neben Verhaltensweisen auch definierte Ereignisse, wie bspw. das Einschwimmen in einen Bypass, als Ereignis erfasst und gezählt. Vor diesem Hintergrund ist stets mit Blick auf den Versuchsaufbau und –ablauf und der Art der definierten zählbaren Ereignisse relevant, ob die verwendete Datengrundmenge für eine aussagekräftige statistische Analyse ausreicht. Da gegenwärtig viele unterschiedliche statistische Analyseverfahren für ganz unterschiedliche Randbedingungen vorliegen, war es das Ziel der Arbeit von Frau Böckmann, in Abhängigkeit der ethohydraulischen Untersuchungsfragen mittels eines Verfahrenskataloges das Design eines Versuchsaufbaus als auch die Wahl eines geeigneten statistischen Auswerteverfahrens zu ermöglichen und gleichfalls die Anzahl der benötigten Probanden für eine gesicherte statistische Auswertung der Versuche ermitteln zu können.



Ebenfalls an der Schnittstelle zwischen Ingenieurtechnik und Fischökologie promovierte im Sommer 2019 Herr Dipl.-Ing. **Sebastian Roenneberg** zu dem Thema „Helping Fish Find Their Way – Tailwater flow of low head hydropower plants and its impact on fish behavior“. Die Promotion fand an der Technischen Universität München statt (Prof. Rutschmann) und wurde von Prof. Lehmann als Zweitreferent mit betreut und bewertet.

Laufwasserkraftanlagen stellen infolge des Aufstaus und der installierten Wasserkraftmaschinen ein Wanderhindernis für stromaufwärts und –abwärts wandernde Fischarten dar. Der Stand der Technik deklariert für die Gewährleistung des Fischaufstieges unterschiedliche Arten/Typen von Aufstiegsanlagen, welche unter Berücksichtigung der standortspezifischen Bedingungen an die bestehende Wasserkraftanlage angepasst werden können (bspw. DWA Merkblatt M-509, 2014). Für die Funktionsfähigkeit einer Fischaufstiegsanlage gelten dabei zwei notwendige Bedingungen:

- (1) Die Anlage an sich muss passierbar sein und über einen durchgehenden Wanderkorridor verfügen, welcher sowohl von den am Standort vorkommenden größten als auch den leistungsschwächsten Fischarten durchschwommen werden kann;
- (2) Die Anlage muss für die an der Wasserkraftanlage vom Unterwasser heranschwimmenden Fische auffindbar sein, wozu Empfehlungen zur Positionierung neben dem Turbinenauslass, des Anbindungswinkels relativ zur dortigen Hauptströmung und einer aus der Fischaufstiegsanlage herauskommenden Leitströmung gegeben werden.

Die Arbeit von Herrn Roenneberg beschäftigt sich mit der Bedingung (2): der Auffindbarkeit des unterwasserseitigen Einstiegs in eine Fischaufstiegsanlage. Ausgehend von den bereits publizierten Empfehlungen zur Anbindung des Einstiegs an die Wasserkraftanlage fokussiert Herr Roenneberg auf

das Thema „Leitströmung“. Da Fische sich in Fließgewässern rheotaktisch orientieren, stellt Herr Roenneberg die Hypothese auf, durch unterschiedliche Möglichkeiten der Auslaufgestaltung und des Betriebes einer Wasserkraftanlage könne in deren Unterwasser eine Strömungssituation erzeugt werden, welche aufwanderwillige Fische möglichst rasch zu dem Einstieg einer Fischaufstiegsanlage hin leitet. Zur Prüfung der Hypothese nutzte Herr Roenneberg einen Niederdruck-Wasserkraft-Versuchsstand mit einer Kaplan-Halbspiralturbine, einem Saugrohr und einem Unterwassergerinne am Dieter-Thoma-Labor der TU München. Hier führte er für unterschiedliche Varianten des Turbinenbetriebs, der Unterwassergeometrien, der Saugrohrkonfigurationen und der Leitapparat-Laufrad-Stellungen hydraulische Versuche und hydrometrische Messungen durch, um die Abströmungsverhältnisse möglichst exakt in Form von Strömungssignaturen darlegen zu können. Zudem wurden einige Versuche mit eingesetzten Bachforellen durchgeführt, um deren beobachtete Verhaltensweisen ethohydraulisch zu interpretieren.



In der Schnittstelle Bionik-Messtechnik lag die Promotion von Herrn M. Sc. **Juan Francisco Fuentes-Pérez**, die mit dem Titel „Flow sensing with pressure sensors-based artificial lateral lines: from the laboratory to the field“ im Sommer 2019 an der Tallinn University of Technology erfolgreich abgeschlossen wurde. Neben Dr. Jeffrey A. Tuhtan (Group leader, Environmental Sensing and Intelligence Centre for Biorobotics) betreute und bewertete Prof. Lehmann die Dissertation.

Eine genaue Kenntnis der Strömung in einem betrachteten Gebiet spielt bei vielen Forschungs- und Anwendungsfragen eine zentrale Rolle. Beispielsweise basieren etliche Methoden und Anwendungen im Wasserbau auf Strömungsparameter wie Fließgeschwindigkeit, Fließrichtung und Druck. Bei Forschungsfragen kommen noch Strömungsparameter zur Turbulenzbeschreibung und zur Energieverteilung hinzu.

Die in der Anwendung befindlichen hydrometrischen Methoden und Instrumente ermöglichen auf unterschiedlichste Art bereits eine sehr genaue räumliche und zeitliche Auflösung – jedoch funktionieren viele dieser Systeme nur unter Laborbedingungen mit hoher Genauigkeit und eignen sich wegen ihrer Empfindlichkeit nur bedingt für Feldeinsätze. Für einige Forschungsfragen reichen zudem die Flexibilität und Mobilität der Instrumente nicht aus, um die benötigten Strömungsparameter in einer an die Untersuchungsfrage angepasste Form zu erheben.

Speziell an der Schnittstelle zwischen Hydraulik und Biologie, bei der es beispielsweise um das Verhalten von Fischen in speziellen hydraulischen Situationen geht, werden Messsysteme benötigt, welche die Strömung in ähnlicher Weise wie ein Fisch detektieren und aufzeichnen. Genau an dieser Schnittstelle setzt die Dissertation von Herr Fuentes-Pérez an, der eine neuartige Messsonde entwickelt hat, welche wie das Seitenlinienorgan eines Fisches die Umgebungsströmung mittels speziell angepasster Druckmessungen detektieren und durch Analysemethoden interpretieren kann.

Eine fachlich nahe der Geotechnik verortete Promotion mit dem Titel „Ein Beitrag zu Klärung der Kinematik beim Aufbruch der Baugrubensohle“ führte im Herbst 2019 Herr Dipl.-Ing. **Sebastian Fischer** an der TU Darmstadt durch. Als Referenten fungierten dabei em. Prof. Katzenbach und Prof. Zachert (Institut für Geotechnik) sowie Prof. Lehmann.

Für die Standsicherheit von ausgesteiften Baugruben in weichen bindigen Böden stellt bei zunehmender Aushubtiefe der Grundbruch durch Aufbruch der Baugrubensohle ein möglicher Versagensfall dar. Bei zu großer Belastung kommt es hinter der Verbauwand zu einem grundbruchähnlichen Versagen und die Baugrubensohle wird infolge dieses Versagens in vertikaler Richtung nach oben verschoben.

Vor dem Hintergrund immer tiefer werdender Baugruben, wie sie beispielsweise im innerstädtischen U-Bahnbau ausgeführt werden, sind das grundlegende Verständnis der Versagensmechanik und

dessen Nachweisbarkeit im Rahmen von Standsicherheitsbemessungen von wichtiger Bedeutung. Die Ingenieurpraxis berichtet dazu über etliche Fallbeispiele, bei denen als Schadensursache der Aufbruch der Baugrubensohle vermutet wird und es existieren einige Formelwerke, welche sich der Beschreibung des Phänomens widmen.

Neben den Baugrubenabmessungen und den Lasteinwirkungen spielen die Eigenschaften des Bodenmaterials eine wesentliche Rolle bei der Versagensmechanik. Hinzu kommt die Wirkung von Wasser innerhalb der Bodenporenräume, wodurch sich das Bodengefüge sättigt und eine Neigung zum Fließen entwickeln kann.

Die Arbeit von Herrn Fischer hat es sich zum Ziel gesetzt, diesen speziellen Versagensmechanismus mit Hilfe experimenteller und numerischer Untersuchungen zu erforschen und Empfehlungen zu geben, welche Nachweismethoden und Formelwerke für den erforderlichen Standsicherheitsnachweis geeignet sind.

Ebenfalls im Herbst 2019 hat Herr M. Sc. **Hung T. Nguyen** am Fachbereich Bau- und Umweltingenieurwissenschaften der TU Darmstadt erfolgreich seine Dissertation mit dem Thema „Spatial Planning in Flood-Prone Areas“ abgeschlossen. Herr Nguyen wurde betreut von Prof. Linke (Fachgebiet Landmanagement) und Prof. Lehmann.

Hochwasser zählt zu einer der risikoreichsten Naturgefahren für unsere Kulturlandschaften und Siedlungen. Demnach haben sich historisch zahlreiche Maßnahmen, Konzepte und Strategien entwickelt, welche die Menschen vor Schäden infolge Überflutungen im Hochwasserfall schützen sollen – angefangen bei den historischen Flussbegradigungen und –ausbaumaßnahmen mit Deichen und Dämmen bis hin zum modernen operationellen Hochwasserschutz mit einzugsgebietsbezogenen Risikoanalysen, Stauraumbewirtschaftungen und naturverträglichen Rückhaltemaßnahmen.

Insbesondere bei großen, abflussstarken Flüssen in Kombination mit einer dichten Besiedlung und hochkonzentrierten landwirtschaftlichen Nutzung erfordert ein moderner und ökologisch nachhaltiger Hochwasserschutz eine integrative raumplanerisch-wasserwirtschaftliche Bemessung, bei der mehrere Ebenen der Fachverwaltungen mit einzubeziehen sind. In Europa sind solche integrative Planungsansätze durch die Wasserrahmenrichtlinie und durch die Richtlinie zur Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken vorgegeben, was hierzulande zu einer grenzübergreifenden, gewässereinzugsgebietsbezogenen Arbeitsweise führt.

In Vietnam stellt sich das Hochwasserrisiko in etlichen Regionen am Mekong ähnlich signifikant wie entlang einiger großer europäischer Gewässer dar – hinzu kommen jedoch noch ortsspezifische Besonderheiten wie bspw. ein flaches Terrain im Mekong-Deltabereich als auch Hochwasserinduktion infolge von Sturmfluten.

Herr Nguyen widmet sich in seiner wissenschaftlichen Arbeit dem Thema Hochwasserrisikomanagement unter Nutzung raumplanerischer Ansätze. Am Fallbeispiel der Region Can Tho mit seiner gleichnamigen Stadt, welche im Süden Vietnams im Mekong-Delta liegt, zeigt Herr Nguyen ausgehend von der derzeitigen dortigen Situation auf, welche Schritte/Ansätze einer integrativen Planung man administrativ bewerkstelligen müsste, um einen nachhaltigen Hochwasserschutz für die Region gewährleisten zu können. Dazu wertet er europäische Strategien und Methoden aus den Ländern Deutschland und Frankreich aus und versucht, sinnvolle Empfehlungen für die Gegebenheiten in Vietnam zu geben.

Aktuell promovieren folgende Doktorandinnen und Doktoranden am Fachgebiet Wasserbau und Hydraulik mit Betreuung durch Prof. Lehmann:

- Katharina Bensing, M.Sc. – Ethohydraulische Modellierungen
- Gisela Kissel, M.Sc. – Fischschutz und –abstieg mit Flachrechen-Bypass-Systemen
- Peter Wiker, Dipl.-Ing. – Multifeldrechensysteme zum Fischschutz bei großen Wasserkraftanlagen
- Gerhard Braun, Dipl.-Ing. – Feinrechenauslegung für Kläranlagen
- Sirko Lehmann, M.Sc. – Deichstabilisierung durch Bodenverbesserung
- Jonas Jurisch, M.Sc. – Bodenverflüssigung
- Joanna Küppers, M.Sc. – Verfahrenstechnik zum Sedimentmanagement in Stauhaltungen
- Tobias Lohrey, M.Sc. – HN-Modellierung zum Sedimentmanagement in Stauhaltungen
- Steve Borchardt, M.Sc. – Wärmeübertragereinsatz in Fließgewässern
- Robin Ruff, M.Sc. – Testverfahren und Einsatzbereiche hydrokinetischer Turbinen

Herr Dr.-Ing. habil. Peter Mewis hat zum Januar 2020 das Fachgebiet Wasserbau und Hydraulik verlassen und wurde vom Präsidium innerhalb der TU Darmstadt mit neuen Aufgaben umgesetzt.

Forschung

MeMo Fischabstieg

Entwicklung eines kombinierten Mess-/Modelliersystems zur Planung, Bewertung und Optimierung von Fischabstiegs-einrichtungen an Wasserkraftanlagen

Katharina Bensing, M.Sc.

Projektförderer: Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU)

Projektpartner: Ingenieurbüro SJE (Ecohydraulic Engineering GmbH), Büro für Gewässerökologie HYDRA, Centre for Biorobotics der Technischen Universität Tallinn (TalTech)

gefördert durch



Deutsche
Bundesstiftung Umwelt

www.dbu.de



In der letzten Ausgabe des Wasserjahrs wurde bereits über das seinerzeit frisch bewilligte DBU-geförderte Projekt informiert, welches dieses Jahr nun konkret angelaufen ist. Wie es der Projekttitle bereits darlegt, wird in dem Projekt zum einen ein Messsystem entwickelt, welches Strömungsparameter dem Fischempfinden angenähert aufnehmen soll. Zum anderen wird basierend auf bestehendem Wissen zu hydraulisch-taktilen Verhaltensweisen sowie auch im Projekt gewonnen Erkenntnissen ein Modelliersystem ausgearbeitet, um Fischverhalten beim Abstieg aufbauend auf numerischen Simulationen vorherzusagen und zu visualisieren. Zusätzlich soll eine Verknüpfung beider Systeme stattfinden.

Um die genannten Ziele zu erreichen, finden aktuell erste Strömungsmessungen in der 40 m-Rinne des Wasserbaulichen Forschungslabors sowie hydrodynamisch-numerische Simulationen mit Flow3D statt. Dafür wurden die Laborrinne sowie der zugehörige Messwagen für den Einsatz vorbereitet und mit der notwendigen Messtechnik ausgestattet. Es ist die Messung von vier Setups geplant (zwei Schrägstellungen bei je zwei Geschwindigkeiten). Dabei werden Anströmwinkel des Rechens von 30° sowie 55° untersucht (Abbildung 17), da Aale und Lachs-Smolts bei diesen Setups in einem vorherigen Forschungsprojekt auffälliges Verhalten zeigten. Seitlich ist ein 20 cm breiter Bypass angeordnet und der Stababstand des Rechens beträgt 18 mm. Jede Schrägstellung wird mit einer Anströmgeschwindigkeit von 0,5 m/s und 0,7 m/s untersucht.



Abbildung 17: Geplante Setups des Schrägrechensystems (aus Berger, 2017: Rechenverluste und Auslegung von (elektrifizierten) Schrägrechen anhand ethohydraulischer Studien. Dissertation am FG Wasserbau und Hydraulik)

Bevor der Rechen jedoch in die Laborrinne eingebaut wird, wird die Rinne als Referenzzustand ohne Einbauten hydraulisch vermessen, um Veränderungen zum Strömungsverhalten mit Schrägrechen darlegen zu können. Zur Strömungsmessung wird zum einen ein Acoustic Doppler Velocimeter (ADV) und zum anderen der erste Prototyp MeMo-V1 der fischförmigen Messsonde mit künstlichem Seitenlinienorgan eingesetzt (Abbildung 18). MeMo-V1 wurde vom Projektpartner, den Mitarbeitern des Centre for Biorobotics der TalTech, entwickelt. Die Sonde besitzt drei Drucksensoren (vorne, rechts und links) sowie eine inertielle Messeinheit, um die Beschleunigungen in den drei Raumrichtungen sowie die Rotation um die drei Drehachsen aufzuzeichnen. Die Flosse ist flexibel gestaltet, sodass über einen mit der Halterung verbundenen Servo Motor eine natürliche Schlagfrequenz imitiert werden kann. Die Sonde wird auch dahingehend weiter optimiert, dass der Fisch noch lebensechter gestaltet wird und dem Seitenlinienorgan entsprechend noch viele weitere Drucksensoren entlang der Flanke sowie der Flosse ergänzt werden. Das Ziel dabei ist es, Strömungsparameter aufzuzeichnen und darzustellen, die angenähert der Fischwahrnehmung entsprechen und somit Aufschluss über ein bestimmtes reproduzierbares Verhalten liefern.

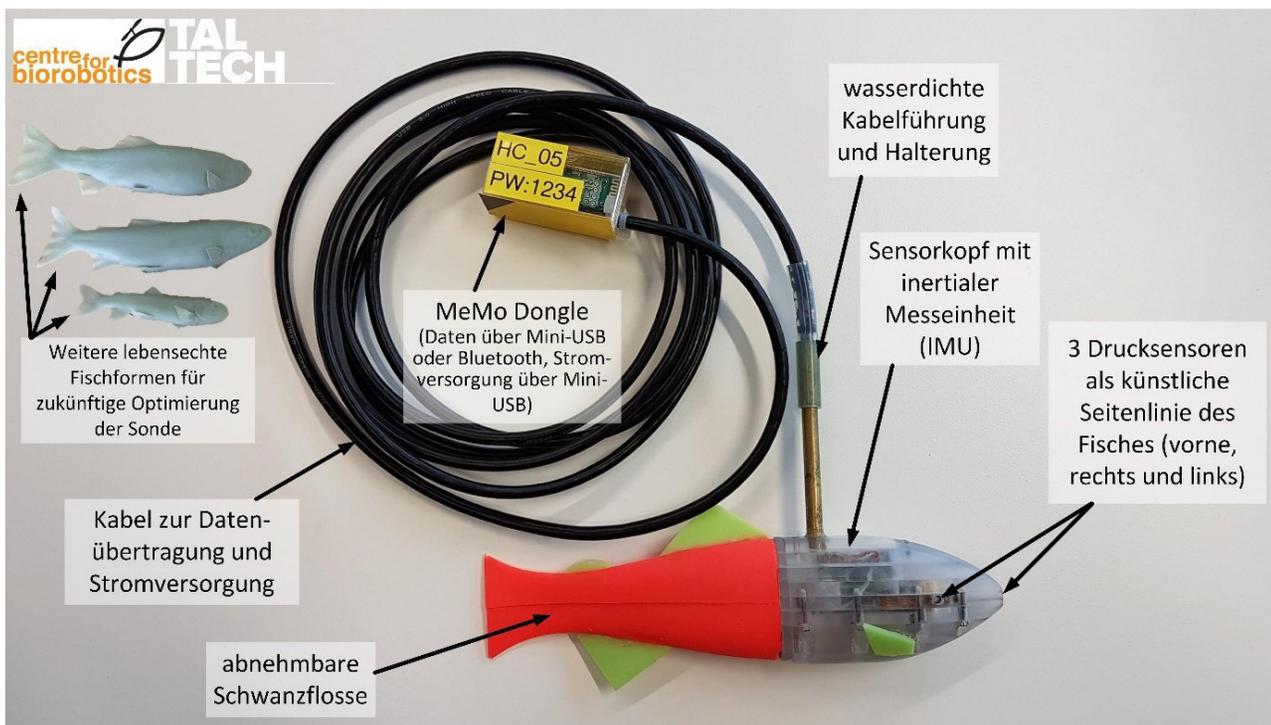


Abbildung 18: Prototyp MeMo V1 – entwickelt vom Centre for Biorobotics der TalTech

Des Weiteren sind aktuell in Kooperation mit dem Projektpartner Hydra die Lebendtierversuche mit potamodromen Arten in Planung. Dafür wurde vom Regierungspräsidium Darmstadt die Genehmigung zum Einsatz von 1.620 Individuen bis Ende 2021 erteilt.

Aufbauend auf den Ergebnissen der Strömungsmessungen sowie der Lebendtierversuche werden dann weitere ethohydraulische Interpretationen vorgenommen, die im weiteren Verlauf des Projektes ggf. Eingang in ein strömungsabhängiges Verhaltensmodell finden.

FEDERWEHR: Stauzielerhöhung eines dynamischen Wehrständers

Dr.-Ing. Jens-Uwe Wiesemann

Projektförderer: Hessisches Ministerium für Wissenschaft und Kunst, Hessen Agentur GmbH

Projektpartner: Josef Wiegand GmbH & Co KG (Stahlwasserbau)



Abbildung 19: Versuchsstand an der TUDA: Federwehr in Betrieb (TU Darmstadt, Paul Glogowski)

Kurzbeschreibung des Projektvorhabens

Das Unternehmen Josef Wiegand GmbH entwickelt in Kooperation mit dem Fachgebiet Wasserbau und Hydraulik der Technischen Universität Darmstadt das System „Federwehr“ weiter. Das Federwehr ist ein dynamischer Wehrständer für geringfügige Stauzielerhöhungen an Klein- und Mittelwasserkraftwerken (WKA), welcher selbstregulierend eine konstante Stauhöhe bei unterschiedlichen Fließzuständen eines Gewässers ermöglicht. Ziel des Entwicklungsprojektes ist es, ein einfaches und wartungsarmes Produkt für eine Stauzielerhöhung von bis zu 1,5 m zu entwickeln (Abbildung 19). Das Federwehr ermöglicht es, die Wasserkraft stärker nutzbar zu machen und steigert deren Bedeutung im Vergleich zu anderen Energiequellen.

Beschreibung des Projekts

Das Produkt wird bereits seit mehreren Jahren durch die Josef Wiegand GmbH & Co KG gefertigt. In der Vergangenheit wurden bereits Studien zu (Vorgänger-)Modellen durchgeführt (Abbildung 20). Diese Erfahrungswerte sollen bei einer Weiterentwicklung des Federwehrs in die Prototypen einfließen. Es sind mehrere Versuchsreihen geplant, in welchen die Stauhöhe jeweils schrittweise von 0,7 m auf 1,50 m erhöht wird. Ziel der Untersuchung unterschiedlicher Prototypen ist es, wesentliche Parameter zu erfassen, Verfeinerungen und Anpassungen des Produkts zu erarbeiten und in fortlaufenden Versuchsreihen vertieft zu untersuchen. Bei Bedarf ist die Stauzielerhöhung mit einer Anpassung des Funktionsprinzips/Materials/etc. zu realisieren.



Abbildung 20: Prototypausführungen Federwehr (Quelle: Josef Wiegand GmbH & Co KG)

Die vorangegangenen Testreihen und Studien schließen damit, dass jede Änderung am Federwehr durch ergänzende umfangreiche Untersuchungen geprüft und dokumentiert werden muss. Der wissenschaftliche Anspruch ist vor allem bei der Konfiguration des Wehres in der Planungsphase gegeben als auch bei der Feinjustierung des Wehres während der Montage. Für die Beurteilung, ob das Wehr konstante und reproduzierbare Eigenschaften aufweist ist der wissenschaftliche Beitrag der TUDa notwendig. Eine fundierte Weiterentwicklung des Federwehres hinsichtlich dessen funktioneller Wirksamkeit über den gesamten Wertebereich der anvisierten Wasserstände/ Stauzielerhöhungen ist für den Entwicklungserfolg grundlegend. Dazu kommen in der Tiefrinne des wasserbaulichen Forschungslabors großmaßstäbliche Modellversuche zum Einsatz (Abbildung 21).

Wissenschaftlich betrachtet ermöglicht das Ausloten von Anwendungs- und Einsatzgrenzen zusätzlich die Formulierung fortführender Forschungs- und Entwicklungsfragestellungen, die auch über das beantragte Vorhaben hinaus in zukünftigen Forschungsvorhaben aufgegriffen werden können. Dies betrifft einerseits die wasserbaulich-hydraulischen Parameter und Zusammenhänge des adressierten Systems als auch die materialspezifischen Eigenschaften und das Zusammenwirken der eingesetzten Einzelkomponenten des Wehrsystems.

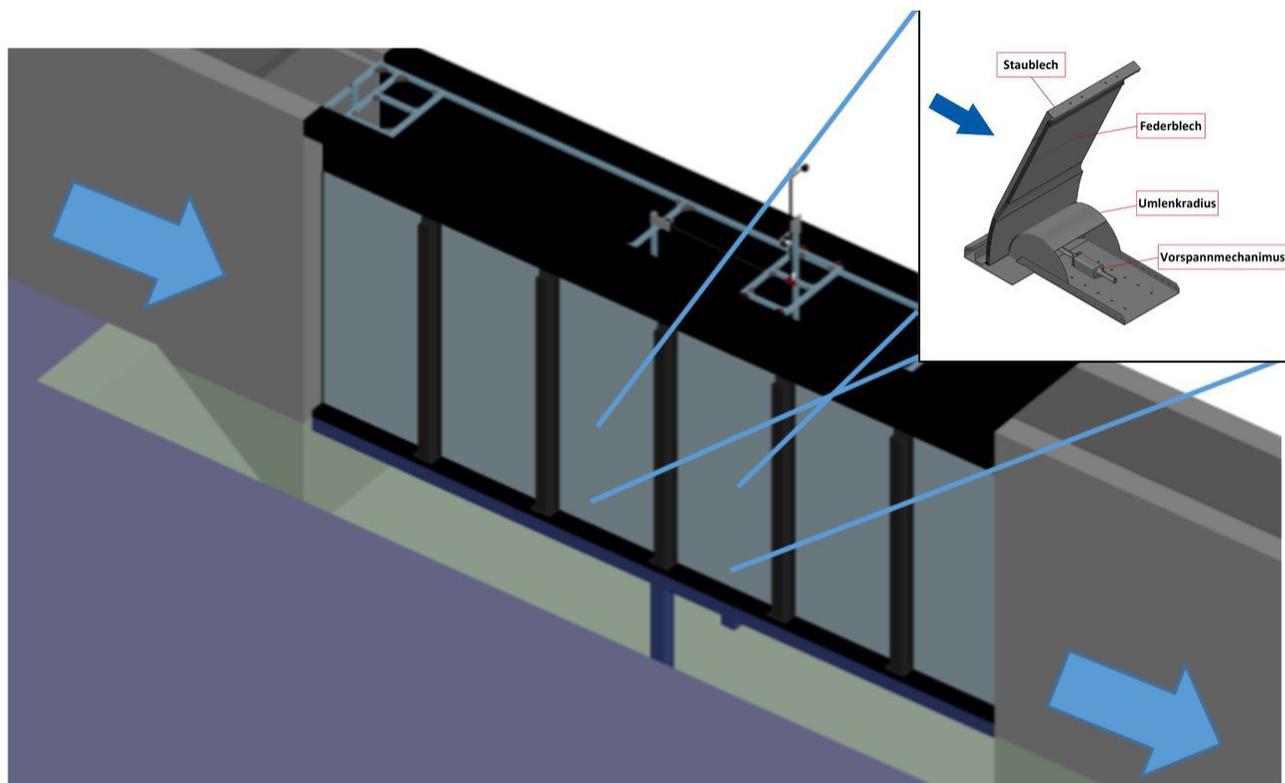


Abbildung 21: Schematische Darstellung des Versuchsaufbaus in der Tiefrinne des wasserbaulichen Forschungslabors

Entwicklung eines mobilen und kostengünstigen Kleinstwasserkraftwandlers für den Einsatz in Schwellen- und Entwicklungsländern

Robin Ruff, M.Sc.

Projektförderer: Stiftung der Deutschen Wirtschaft



Der Einsatz hydrokinetischer Turbinen zur Energiegewinnung aus Fließgewässern wird bereits seit längerem diskutiert. Da diese jedoch im Vergleich zu konventionellen Wasserkraftanlagen mit Querverbauung und Aufstau des Gewässers deutlich niedrigere Leistungen und Wirkungsgrade aufweisen, sind sie zur Erzeugung großer Energiemengen, wie sie in Industrienationen benötigt werden, nicht geeignet. Anders gestaltet sich die Situation jedoch in zahlreichen strukturschwachen Gebieten in Schwellen- und Entwicklungsländern, deren Bevölkerung über keinen Zugang zu elektrischer Energie verfügt. Da hier keine großen Energiemengen benötigt werden, sondern der Fokus vielmehr auf möglichst einfachen und günstigen Technologien zur Energiegewinnung liegt, könnten hydrokinetische Turbinen eine sinnvolle Option darstellen.

Ein Forschungsvorhaben am Fachgebiet Wasserbau und Hydraulik soll sich deshalb in den kommenden drei Jahren mit den Einsatzmöglichkeiten von Kleinstwasserkraftanlagen zur dezentralen Energieerzeugung in ländlichen Gebieten befassen. Das Ziel des Vorhabens ist dabei nicht die Erzeugung großer Energiemengen oder das Erreichen von hohen Wirkungsgraden, sondern die Ausentwicklung eines möglichst kostengünstigen, simplen, robusten und mobilen Energiewandlers, zur Bereitstellung kleiner, ortsnahe benötigter Energiemengen.

Da hydrokinetische Turbinen nach wie vor mit hohen Kosten verbunden sind, sollen zur Entwicklung des Energiewandlers Bauteile verwendet werden, die möglichst kostengünstig und im Idealfall auch in Entwicklungsländern leicht verfügbar sind. Hierfür existieren mehrere Ansätze. Eine Abschlussarbeit am Fachgebiet Wasserbau und Hydraulik aus dem Jahr 2018 beschäftigte sich beispielsweise mit der Verwendung eines herkömmlichen Elektrobootsmotors zur Energiegewinnung an einer Fischeaufstiegsanlage. Betreibt man einen solchen Motor im Umkehrbetrieb, so kann der Rotor als Turbinenersatz und der eigentliche Motor als Generator verwendet werden. Hierbei sind gegenüber einer „echten“ hydrokinetischen Turbine Verluste beim Wirkungsgrad zu erwarten. Da Bootsmotoren jedoch in sehr großer Zahl und in vielen Leistungsklassen produziert werden, werden die Kosten voraussichtlich deutlich verringert. Hinzu kommt, dass es sich bei Bootsmotoren auch in gering entwickelten Gebieten um eine grundlegend bekannte und bereits genutzte Technologie handelt. Ausgemusterte Motoren könnten somit nach einer entsprechenden Aufarbeitung als Turbinenersatz weitergenutzt werden.

Die Arbeit kam zu dem Ergebnis, dass der Einsatz eines Motors als Generator zwar prinzipiell möglich ist, allerdings wurden im Versuchsaufbau nur sehr geringe Leistungen erzielt (Abbildung 22). Als Hauptursachen hierfür wurden die Rotoblatt-Geometrie, die hydraulischen Bedingungen sowie die niedrige elektrische Leistung des untersuchten Motors ermittelt.

Das geplante Forschungsvorhaben im Rahmen einer Promotion wird auf den Ergebnissen dieser Thesis aufbauen und Möglichkeiten für den Einsatz eines Elektrobootsmotors im Umkehrbetrieb zur dezentralen Energieerzeugung in ländlichen Gebieten ohne Stromnetzanschluss untersuchen. Im Gegensatz zu den bereits erfolgten Untersuchungen, wird der Motor allerdings in einem Freispiegelgerinne betrieben. Die experimentellen Untersuchungen werden dabei in einer Versuchsrinne des Wasserbaulichen Forschungslabors der TU-Darmstadt erfolgen. In einer Versuchsreihe soll der Einfluss der Rotorblattgeometrie, der elektrischen Komponenten sowie der Gerinnegeometrie auf die Leistungsfähigkeit des Energiewandlers untersucht werden.

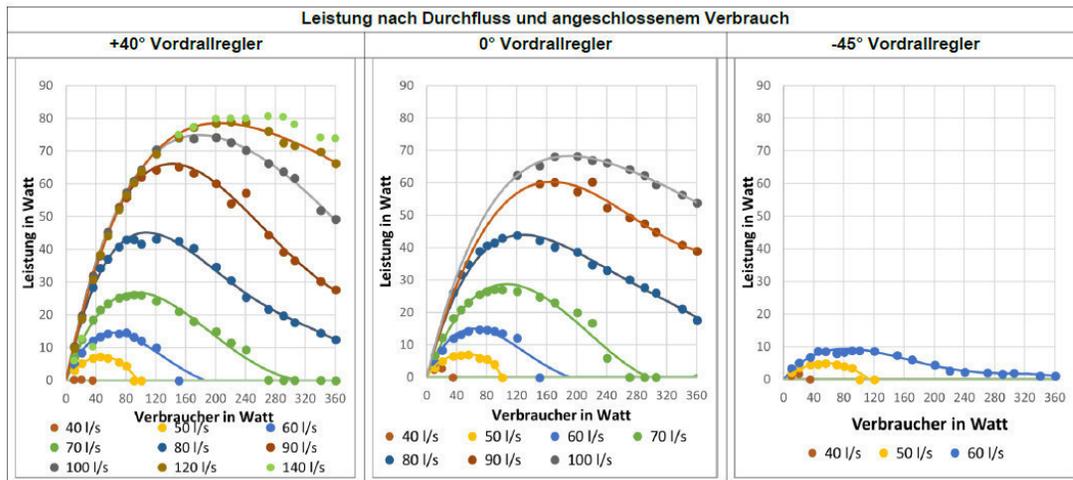


Abbildung 22: Auszug der gemessenen Leistungen für drei Vordrallwinkel (aus: Greßler 2018)

Die Lebensdauer der meisten Elektromotoren wird durch die eingesetzten Schleifkontakte auf wenige tausend Stunden begrenzt. Deshalb wird ein bürstenloser Gleichstrommotor verwendet, also eine Bauart, welche ohne Schleifkontakte auskommt. Ein vorläufiger Versuchsaufbau zur drehzahlabhängigen Leistungsuntersuchung ist in Abbildung 23 dargestellt.

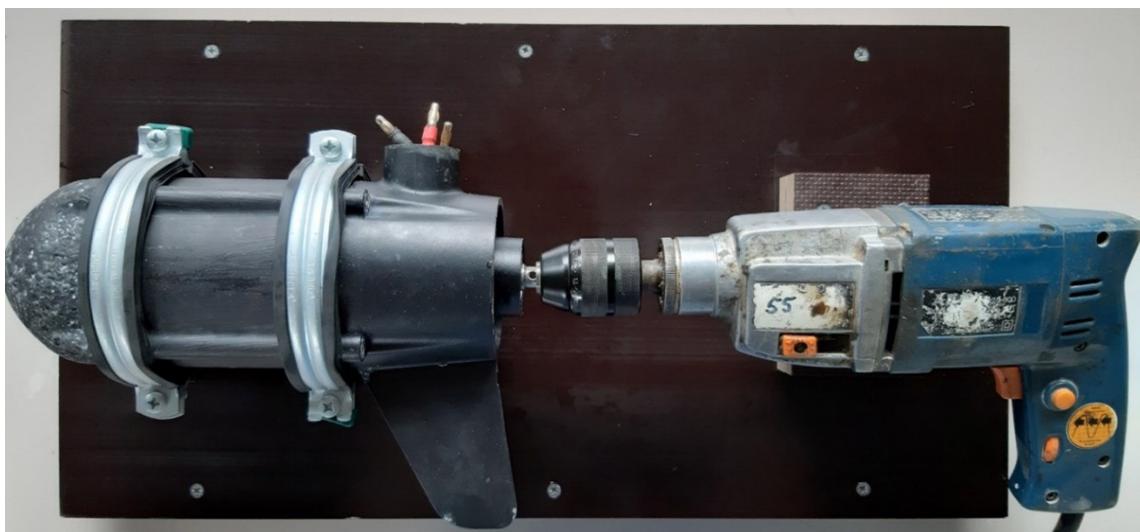


Abbildung 23: Versuchsaufbau mit künstlichem Antrieb des Motors durch eine Bohrmaschine

Mögliche Alternativen, welche ggf. in einer späteren Projektphase noch untersucht werden sollen, sind Generatoren aus kleinen Windkraftanlagen, da diese bereits für den Betrieb mit niedrigen zu erwartenden Drehzahlen optimiert sind oder einfache Lichtmaschinen aus Kraftfahrzeugen, da diese in großer Zahl und für geringe Kosten verfügbar sind.

Die gewonnenen Ergebnisse sollen anschließend zur Ausentwicklung eines Prototyps genutzt, welcher hinsichtlich der bereits genannten Kriterien „kostengünstig“, „simpel“, „robust“ und „mobil“ optimiert werden soll. Der fertige Prototyp soll dann im Rahmen eines Feldversuchs untersucht und die Laborergebnisse überprüft werden. In einem letzten Schritt sollen die gewonnenen Ergebnisse in einem Praxisleitfaden „Mobile Kleinstwasserkraftanlagen“ zusammengefasst werden.

Literatur

Greßler, L. K. (2018): Untersuchung eines elektrischen Bootsmotors und Erstellung der Charakteristik für die energetische Nutzung der Durchströmung eines Labormodells einer Fischwechsellanlage. Darmstadt: Masterarbeit Technische Universität Darmstadt.

Physikalische Untersuchung der Zuströmungsbedingungen beim Fischliftsystem am Ruhrwehr Baldeney

Robin Ruff, M.Sc.

Projektförderer: Ruhrverband



Um den von der Wasserrahmenrichtlinie geforderten „guten ökologischen Zustand“ in Fließgewässern zu erreichen, muss die Durchgängigkeit für Fische entlang des Gewässers gewährleistet sein. Diese Durchgängigkeit wird jedoch häufig durch Wehre unterbrochen, welche für Fische nicht passierbar sind. Zur Erreichung der oben genannten Ziele werden zahlreiche Anlagen, welche die barrierefreie Durchgängigkeit bisher blockierten, nachträglich mit Fischaufstiegsanlagen ausgestattet.

Ein solches Projekt findet seit 2011 am Ruhrwehr Baldeney statt. Die Anlage besteht aus einem Wasserkraftwerk, einem stillgelegten Pumpwerk, einer Schifffahrtsschleuse sowie 3 Wehrfeldern. Der Höhenunterschied zwischen Ober- und Unterwasser beträgt etwa 8,7 m (Abbildung 24).



Abbildung 24: Das Stauwehr Baldeney/Ruhr mit Kraftwerk und Schiffsschleuse

Eine Expertengruppe kam zu dem Ergebnis, dass der Bau einer konventionellen Fischaufstiegsanlage neben dem eigentlichen Wehr an diesem Standort aufgrund der folgenden Gründe keine sinnvolle Lösung darstellt:

- Auf beiden Seiten des Wehres besteht eine Nutzung des Geländes. Auf der Westseite durch den Golfplatz des Essener Turn- und Fechtklubs e.V. und auf der Ostseite durch eine Straße mit angrenzenden Privatgrundstücken. Da konventionelle Fischaufstiegsanlagen einen hohen Platzbedarf haben, wäre der Bau zwangsläufig mit dem Erwerb eines oder mehrerer dieser Grundstücke verknüpft.

- Die Ruhr wird rechtsseitig durch die bereits genannte Straße und linksseitig durch eine massive Uferwand begrenzt. Der Bau einer außerhalb der Wehranlage gelegenen Fischtreppe wäre demnach mit einem hohen Aufwand verknüpft.

Im Rahmen einer Machbarkeitsstudie wurde das stillgelegte Pumpwerk als sinnvollste Alternative für den Einbau einer FAA ermittelt. Aufgrund der beengten Platzverhältnisse, wäre aber auch hier der Einbau einer herkömmlichen Fischtreppe mit zahlreichen Problemen verbunden. Daraus resultierend wurde der Einbau einer platzsparenden FAA empfohlen, wobei ein neu entwickeltes Fischliftsystem der Firmen Hydroenergie Roth GmbH & Baumann Montagen als Zielvariante ausgewählt wurde. Die Anlage soll aus zwei parallel betriebenen Liften bestehen, die jeweils in entgegengesetzter Richtung auf- und abfahren.

Voraussetzung für den Betrieb einer solchen Anlage sind die Auffindbarkeit und Passierbarkeit aller heimischen Fischarten, unabhängig von Größe und Schwimmleistung. Zur Überprüfung der Strömungsbedingungen, welche sich in der Rinne sowie im „Vorhof“ der beiden Fischlifte einstellen, wurde deshalb die TU Darmstadt mit einer numerischen Modellierung des gesamten Zulaufbereiches beauftragt. Die Modellierung ergab jedoch, dass es bei der geplanten Variante voraussichtlich zu einem Leerlaufen des Einstiegsbereiches kommen würde, da das Wasser schneller ab- als zuströmt. Daraus resultierend würden auch die Strömungsgeschwindigkeiten in der Rinne massiv ansteigen, wodurch die Passierbarkeit für Fische nicht mehr gewährleistet wäre. Zusätzlich dazu wurden starke Rückströmungen an der Aufweitung des Gerinnes zum Eingangsbereich der Fischlifte beobachtet. Als wesentlicher Einflussparameter wurden die strömungsbildenden Einbauten zu beiden Seiten der Rinne identifiziert.

Eine untersuchte Alternative, bei der die Einbauten nur einseitig errichtet wurden, ergab deutlich vorteilhaftere Strömungsbedingungen mit Fließgeschwindigkeiten zwischen 0,4 m/s und 0,8 m/s. Rückströmungen wurden zwar auch in dieser Variante an der Aufweitung der Rinne festgestellt, diese lagen jedoch deutlich unterhalb des kritischen Wertes von 0,3 m/s. Aufgrund mangelnder Kalibrierungsparameter sind diese Ergebnisse jedoch mit Unsicherheiten behaftet, weshalb eine weitere Untersuchung anhand numerischer Modellierungen als nicht zielführend erachtet wurde.

Stattdessen wurde die TU-Darmstadt mit der physikalischen Modellierung der Zuströmrinne sowie des Einstiegsbereichs vor den Fischliften beauftragt. Die physikalische Modellierung bietet einige Vorteile, die im Folgenden nicht abschließend aufgeführt sind:

- Keine Notwendigkeit einer Kalibrierung
- Strömungsverhalten ist direkt sichtbar
- Einfache Möglichkeit für Modifikationen
- Möglichkeit für ethohydraulische Tests mit Fischen zur Validierung der Ergebnisse

Da Schwere- und Trägheitskräfte überwiegen, wurde der Ansatz nach dem Froude'schen Modellgesetz gewählt. Das Modell wird derzeit (Stand November 2019) im Maßstab 1:2 in einer bereits bestehenden Rinne des Wasserbaulichen Forschungslabors der TU-Darmstadt errichtet, wodurch Kosten und Aufwand maßgeblich reduziert werden. Anschließend soll zunächst der Planzustand hergestellt und dadurch die Ergebnisse der zuvor durchgeführten numerischen Modellierung validiert werden (Abbildung 25).

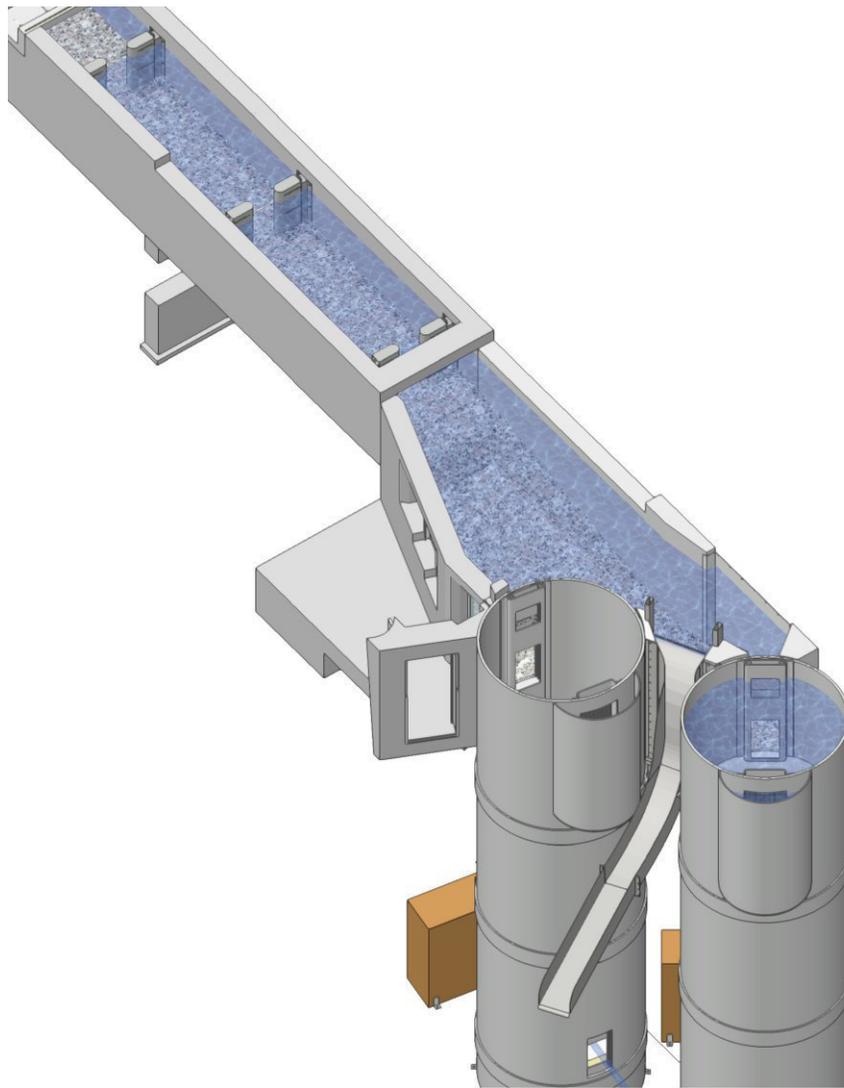


Abbildung 25: Skizzierter Modellausschnitt des Fischliftsystems Baldeney (derzeit im Wasserbaulabor im Aufbau)

Anschließend sollen verschiedene Varianten hinsichtlich ihrer Strömungsbedingungen untersucht werden, wobei die Anzahl, Geometrie und Positionierung der Einbauten als maßgebender Parameter betrachtet werden. Darauf aufbauend soll eine Zielvariante des Zuströmbereiches entwickelt werden, bei der alle geforderten hydraulischen und ethohydraulischen Bedingungen eingehalten werden. Als optionale Leistung wird die Untersuchung bei unterschiedlichen Wasserständen im Oberwasser sowie die Erarbeitung einer Betriebsregelung für die beiden Fischlifte bei unterschiedlichen Wasserspiegellagen angeboten.

Entwicklung von umweltfreundlichen Methoden zur Erzielung einer Sedimentdurchgängigkeit

Tobias Lohrey, M.Sc.

Projektförderer: Deutsche Bundesumweltstiftung

Projektpartner: D-Sediment GmbH



Stauhaltungen sind zur Regulierung des schwankenden Wasserdargebots für die Wasserwirtschaft gerade in Zeiten des Klimawandels unverzichtbar. Der natürliche Sedimenttransport der Fließgewässer wird dabei jedoch unterbunden. Die innerhalb der Stauhaltung resultierende Akkumulation von Sedimenten ist problematisch, da sich das effektive Speichervolumen und folglich die Möglichkeit der Abflusssteuerung reduziert, was langfristig die Funktion der Bauwerke gefährdet. Weltweit gehen so jährlich ca. 0,5-2% des gesamten Stauraumvolumens verloren. Aus wasserwirtschaftlicher Sicht ist daher die Erforschung und Anwendung wirksamer Gegenmaßnahmen essentiell. Zudem fordert seit 2015 die Wasserrahmenrichtlinie für einen sehr guten Zustand der Fließgewässer auch eine Durchgängigkeit für Sedimente. Auch hierfür werden spezielle, an die jeweilige Stauhaltung angepasste, umweltverträgliche Methoden benötigt.

Verschiedene Maßnahmen der Verlandung entgegenzuwirken sind bekannt und werden regelmäßig angewendet. Gleichzeitig befinden sich neuartige Maßnahmen in Erprobung, um der Problematik in Zeiten klimawandelbedingt stark zunehmender Sedimentfrachten zu begegnen. Einfach und kostengünstig einzusetzen ist die Stauraumspülung. Die Wirksamkeit einer Stauraumspülung ist jedoch begrenzt. Im Unterwasser sind zudem nachteilige Folgen für Gewässer und Lebewesen aufgrund von hohen Sedimentkonzentrationen und niedrigen Sauerstoffgehalten die Regel. Ein Sediment-Bypass hat diese Nachteile nicht. Er ist jedoch mit hohen Bau- und Unterhaltungskosten verbunden. Baggerungen können auch bereits konsolidierte Sedimentablagerungen entfernen. Sie sind allerdings kostenaufwändig. Eine innovative Methode stellt der kontinuierliche Sedimenttransfer dar. Hierbei werden Sedimente von der Gewässersohle aufgenommen und entweder kurz vor oder hinter dem Absperrbauwerk dem Gewässer wieder zugegeben. So kann sichergestellt werden, dass die Sedimente die Stauhaltung über die Ablässe oder die Rohrleitung verlassen.

Das wesentliche Ziel des Forschungsvorhabens ist die Bereitstellung von Methoden und die Schaffung einer Entscheidungshilfe zur Erzielung einer ökologisch wertvollen Sedimentdurchgängigkeit an Stauhaltungen. Dafür sollen zwei der beschriebenen Maßnahmen vergleichend eingesetzt werden. Hierbei handelt es sich um die innovative Methode des kontinuierlichen Sedimenttransfers des Projektpartners D-Sediment (Abbildung 26) und die weltweit häufiger eingesetzten Stauraumspülungen. Beide Methoden werden mit aktueller Modellierungstechnik geplant und verglichen, um zu bewerten ob eine Sedimentdurchgängigkeit und ein hoher ökologischer Nutzen erreicht werden können. Verallgemeinerungen sollen abgeleitet und diskutiert werden, um eine Umsetzung an weiteren Stauhaltungen zu ermöglichen.

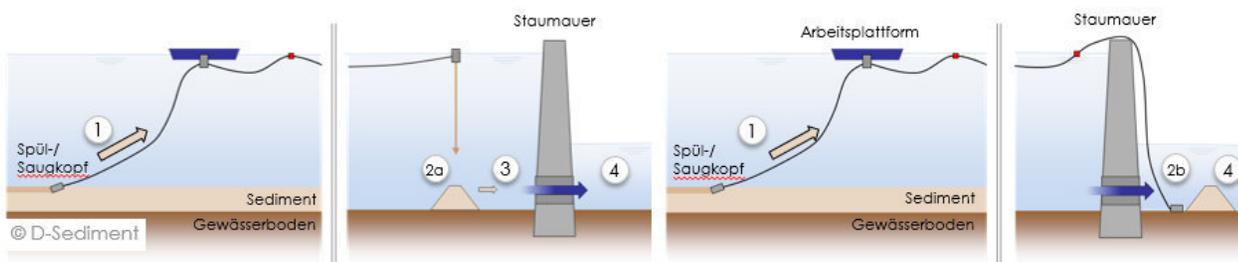


Abbildung 26: Prinzipien des kontinuierlichen Sedimenttransfers - (1) Kontinuierliche Entnahme, (2a) Umlagerung des Sediments vor dem Abfluss, (2b) Umlagerung des Sediments ins Unterwasser, (3) Erosion des Sediments, (4) Transport im Unterwasser (Quelle: D-Sediment)

Die Durchführung der Maßnahmen erfolgt am Stausee Bitburg. Im Zuge einer Bestandsaufnahme werden die örtlichen Gegebenheiten erfasst. Dazu gehören Korngrößenverteilungen des Sohlmaterials, Lagerungsdichte, Fließgeschwindigkeiten und Suspensionskonzentrationen. Zudem wurden die Sohlagen mittels Peilungen ermittelt, um den derzeitigen Stand der Verlandung erfassen und anschließend die Wirksamkeit der Maßnahmen bewerten zu können. Auf Basis der Messwerte werden mittels numerischer Simulationen Sedimenttransportraten modelliert, um kritische Sohlbereiche im Hinblick auf Sedimentation und Erosion zu lokalisieren. Verschiedene Vorgehensweisen beider Methoden werden so im Voraus berechnet, verglichen und nach ihrer Effizienz und Umweltverträglichkeit bewertet. Simulationsergebnisse werden nach der Maßnahmenanwendung mit den Messergebnissen verglichen und die Modelle anhand der Erfahrungen weiterentwickelt.

Inbetriebnahme des wärmeströmungstechnischen Prüfstands

Steve Borchardt, M.Sc.

Projektförderer: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

Projektpartner: Firma FRANK GmbH, Mörfelden-Walldorf



Veranlassung

Gemeinsam mit dem Kunststoffrohrsystemhersteller FRANK aus Mörfelden-Walldorf entwickelt das Fachgebiet Wasserbau und Hydraulik eine Wärmequellenanlage, um die hydrothermische Energie von Fließgewässern technisch nutzbar zu machen. Hierfür übergibt die Wärmequellenanlage einen Teil der hydrothermischen Energie aus dem Fließgewässer an den Kältekreislauf einer Wärmepumpe. Die Wärmepumpe erhöht das geringe Temperaturniveau der Umweltwärmequelle und gibt diese als Nutzwärme zur Deckung des Raumwärmebedarfs und der Warmwasserbereitstellung von Gebäuden ab. Um den Einfluss thermohydrodynamischer Parameter auf die Wärmeentzugsleistung zu bestimmen und unterschiedliche Ausführungen von Wärmequellenanlagen zu prüfen, erfolgte die Planung, der Aufbau und die Inbetriebnahme des Prüfstandes im Außenbereich der Technischen Universität Darmstadt unter Feldbedingungen.

Inbetriebnahme

Mit der Inbetriebsetzung der Umwälzpumpe erfolgte im Sommer auch die Inbetriebnahme des Prüfstands. Für die Regelung des Prüfstands wurden für die verschiedenen Drehzahlen der Umwälzpumpe und Öffnungsgrade der Drosselklappe Drosselkurven $H = n(Q)$ und die Anlagenkennlinie $H_A(Q)$ erstellt sowie die tatsächliche Haltedruckhöhe $NPSH_A(Q)$ bestimmt (Abbildung 27). Die erforderliche Haltedruckhöhe $NPSH_R$ liegt vom Pumpenhersteller für die Nenndrehzahl $n = 1450 \text{ [min}^{-1}\text{]}$ vor und wird als konstant angenommen. Damit soll gewährleistet werden, dass die Umwälzpumpe während den wärmeströmungstechnischen Untersuchungen innerhalb der Kennlinie am Betriebspunkt arbeitet und keine Kavitation auftritt bzw. auf ein akzeptables Maß begrenzt wird.

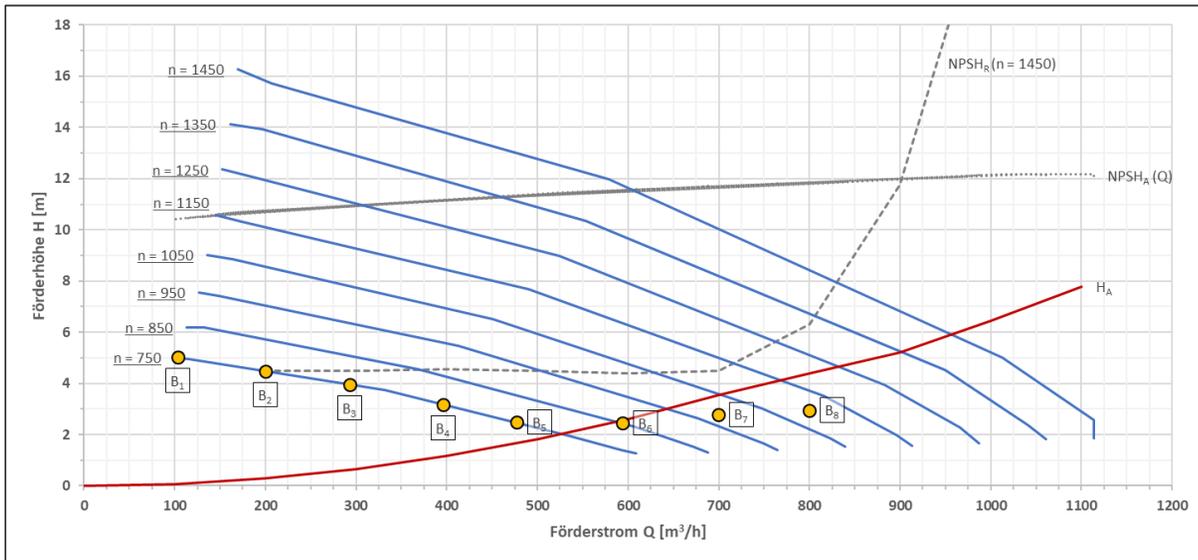


Abbildung 27: Prüfstandsregelung mit Drosselkurven der Umwälzpumpe für verschiedene Drehzahlen $H = n(Q)$, der Anlagenkennlinie $H_A(Q)$, der tatsächlichen $NPSH_A(Q)$ und erforderlichen Haltedruckhöhen $NPSH_R(n = 1450)$ sowie den Betriebseinstellungen B_i für die Anströmgeschwindigkeiten im Prüfbecken

Eine gleichmäßige Anströmung der untersuchten Wärmequellenanlagen wird druckseitig (Abbildung 28) durch den Pumpendrall, Strömungsablösungen an der Drosselklappe und einer 180°-Strömungsumlenkung gestört. Um den Strömungsdrall und die großskaligen Turbulenzen abzubauen, wurde ein Gleichrichtersieb1 aus Lochblech mit einer Lochgröße von 10 mm nachgeschaltet. Damit kann die Wirbelgröße gemäß der Energiekaskade nach Kolmogorow auf den Dissipationsbereich reduziert werden und über den nachfolgenden Fließweg in der Vorkammer weiter abgebaut sowie dissipiert werden. Ein weiteres Gleichrichtersieb2 am Prüfbeckenauslauf homogenisiert die Zulaufströmung der Umwälzpumpe und verhindert den Eintrag von Fremdkörpern in das Pumpenlaufrad.

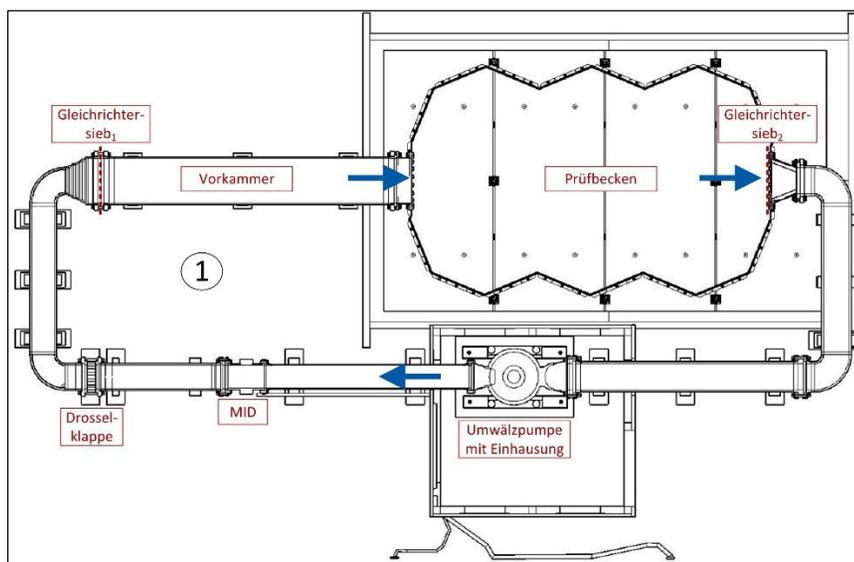


Abbildung 28: Grundriss mit Schnittebene auf Höhe der Rohrachse

Ein Tauchstrahl durchströmt den Wasserkörper im Prüfbecken und bildet innerhalb der Kernzone den nutzbaren Untersuchungsbereich. Der Durchmesser der Kernzone entspricht näherungsweise dem Austrittsquerschnitt der Vorkammer von $d = 0,60$ m und soll innerhalb der Kernzone eine nahezu

homogene Geschwindigkeitsverteilung aufweisen. Der Tauchstrahl wird von der Zulaufströmung der Umwälzpumpe erfasst und dem Rohrleitungskreislauf zugeführt.

Um die Auswirkungen der Gleichrichtersiebe auf die Strömung im Tauchstrahl zu bewerten, fand eine Erfassung der dreidimensionalen Fließgeschwindigkeiten im Prüfbecken über ADV- und ADCP-Messsysteme statt (Abbildung 29). Eine abschließende Auswertung der erfassten Fließgeschwindigkeiten und Verschneidung der verschiedenen Messdaten steht noch aus.

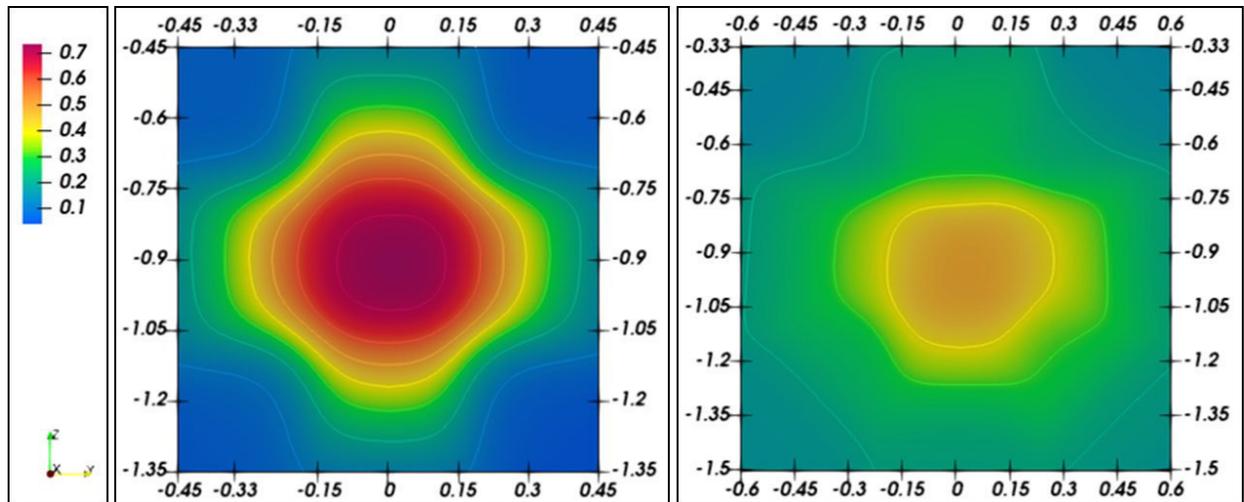


Abbildung 29: Geschwindigkeitsverteilung [m/s] des Tauchstrahls am Ein- und Auslauftrand des Prüfbeckens (Simon 2019)

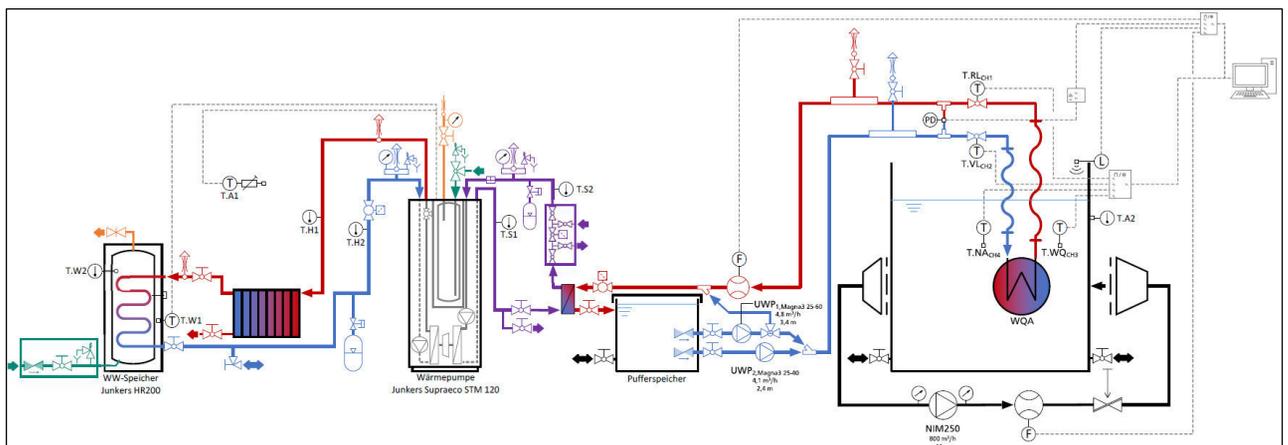


Abbildung 30: Rohrleitungs- und Instrumentenfließschema der Wärmepumpenanlage

Parallel zu den aufgeführten Arbeiten wurde die Wärmepumpenanlagen installiert und erfolgreich in Betrieb genommen (Abbildung 25). Damit werden die Untersuchungen von hydrothermischen Wärmequellenanlagen unter kontrollierbaren Feldbedingungen möglichst naturnah durchgeführt und über reproduzierbare sowie belastbare Messdaten erfasst.

Erkenntnisse der Inbetriebnahme

Die Inbetriebnahme mit den ersten Untersuchungen an Wärmequellenanlagen erbrachte folgende Erkenntnisse:

- Die Messdaten zu ausgewählten Untersuchungen aus den Vorversuchen im Wasserbaulichen Forschungslabors sind mit einer höheren Datendichte reproduzierbar.

- Die Verdopplung des Speichervolumens im Pufferspeicher auf $V_{\text{Puffer}} \approx 1,36 \text{ m}^3$ ermöglicht deutlich längere Messintervalle (mind. 150 sek. pro Volumenstrom und Temperaturdifferenz ggü. sekundlichen Intervallen in den Vorversuchen). Dadurch wird der Einfluss von Ausreißern minimiert und die Aussagekraft der Mittelwerte steigt.
- Die Gleichrichtersiebe aus Lochblech verbessern die Strömungscharakteristik des Tauchstrahls signifikant. Der Tauchstrahl weist beim Eintritt in das Prüfbecken ein voll ausgebildetes Strömungsprofil auf und gewährleistet eine gleichmäßige Anströmung der untersuchten Wärmequellenanlagen. Die Fließgeschwindigkeiten im Tauchstrahl nehmen durch den Impulsaustausch mit dem angrenzenden Wasserkörper mit zunehmender Länge kontinuierlich ab. Am Beckenauslauf weist der Tauchstrahl weiterhin ein nahezu ausgebildetes Strömungsprofil auf (Abbildung 29).

Ausblick

Angelehnt an den natürlichen Jahresgang der Umgebungstemperatur finden Untersuchungen zu den unteren Grenztemperaturen für den monovalenten Betrieb einer Wärmequellenanlage im Winterhalbjahr statt. Dies ermöglicht eine systematische Studie zum Wärmeentzug und der lokalen Vereisungsgefahr am Wärmequellenanlagen bzw. für das Fließgewässer unterhalb der Wassertemperaturen von $4 \text{ }^\circ\text{C}$ und nahe am Gefrierpunkt. Dabei sollen Messdaten bis einschließlich Februar 2020 einbezogen werden (Januar und Februar sind statistisch die kältesten Monate in Deutschland bzw. Europa). Das so ermittelte Anlagenverhalten bzw. die unteren Grenztemperaturen sind für einen wirtschaftlichen Anlagenbetrieb von entscheidender Bedeutung.

Literatur

Simon, Daniel (2019): Inbetriebnahme und Untersuchungen zur Bemessung der Einlaufströmung eines wärme-strömungstechnischen Prüfstandes. Masterarbeit Technische Universität Darmstadt.

Deichkörper aus verbessertem Bodenmaterial: Stabilität gegenüber simulierten Wühltierangriff und Aufzucht einer Vegetationsdecke

Sirko Lehmann, M.Sc.

Die in den vergangenen Jahren vorgestellten Untersuchungen zur Ertüchtigung/zum Bau von Flussdeichen mit Hilfe der Technologie von qualifiziert verbessertem Bodenmaterial sind sowohl bei der Überströmung, als auch bei der Durchströmung vielversprechend. Im Beitrag letzten Jahr wurde bereits darüber berichtet, wie wir mittels Bohrungen Wühltiergänge im Stützkörper simuliert haben. Diese wurden anschließend über- und durchströmt. Obwohl der Deich mit Initialschäden perforiert worden ist, zeigte er sich widerstandsfähig und wies nach den Versuchen keine Schäden auf.

In einem natürlichen Deich kommen jedoch nicht nur wühlmausgroße Löcher ($D \approx 40 \text{ mm}$, Tiefe ca. 350 mm), sondern auch weitaus größere Löcher, wie z.B. von Maulwurf oder Hund, vor. Gleichzeitig stellt sich die Frage, ob und wie tief ein Tier in den qualifiziert verbesserten Deich eingraben kann. Hierzu wurde ein Grabeversuch durchgeführt.

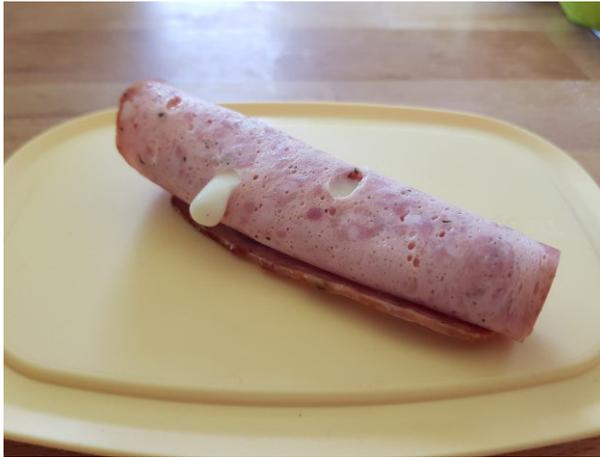


Abbildung 31: Ein Köder, welcher im Testdeich versteckt wurde und die Hündin zu Wühl- und Grabeaktivitäten animieren sollte (links) sowie die Hündin im Einsatz (rechts)

Für eine Labrador-Hündin wurden Köder (Abbildung 31, links) in den oben genannten Wühltiergängen eingelegt. Diese waren für das Tier Motivation genug, sich an dem Loch zu schaffen zu machen und zu versuchen, an den Köder zu gelangen. Bereits beim Begehen des Versuchsdeiches hat das Tier bemerkt, dass nur mit den Pfoten nicht in den Deich graben kann. Stattdessen versuchte die Hündin die Löcher „aufzunagen“ und half nur gelegentlich mit Pfote und Krallen nach. Es wurden insgesamt vier Köder im Deich ausgelegt, welche vom Hund alle aufgefunden worden sind. Jedoch hat sie es bei keinem der Köder geschafft, ohne Hilfe an die Beute zu gelangen. Abbildung 31 (rechts) zeigt die Versuche des Tieres den Köder aus dem Deich zu ziehen.

Wenn ein Tier es nicht schafft, sich in den Deich zu graben, stellt sich folgend die Frage, ob eine Begrünung des Deiches möglich ist. Die Grasnarbe dient bei Deichen nicht nur zur optischen Aufwertung, sondern ist vielmehr eine erste Schutzschicht für diesen. Es ist üblich, eine ca. 20 cm starke Oberbodenschicht (DIN19712) auf den Deich aufzubringen, damit das Gras dort anwachsen kann. Es wurde daher ein Anwachsversuch der Grasnarbe durchgeführt. Hierzu wurde das qualifiziert verbesserte Material in eine Holzkiste eingebracht und dort verdichtet. Anschließend wurden zwei verschiedene Mächtigkeiten des Oberbodens aufgetragen (20 cm und ca. 1 cm). Dort wurde dann die Grasmischung der Deichmeisterei Biebesheim angesät. Abbildung 32 zeigt den Versuchsstand nach Einsaat, und fünf Monate danach. Daher ist nachgewiesen, dass eine Begrünung problemlos möglich ist.



Abbildung 32: Gras-Ansaat in Kästen (links) und aufgewachsene Grasnarbe (rechts)

Literatur

DIN 19712 (2013): „Hochwasserschutzanlagen an Fließgewässern“. Deutsches Institut für Normung e.V. – Normenausschuss Wasserwesen

Hydrodynamische Untersuchungen im Sandfang Chemnitz

Steve Borchardt, M.Sc.

Projektförderer: Entsorgungsbetrieb der Stadt Chemnitz (ESC)

Projektpartner: IWW – Zentrum Wasser (Biebesheim), Fachgebiet Wasserversorgung und Grundwasserschutz (IWAR) an der TU Darmstadt



Veranlassung

Im Rahmen der interdisziplinären Arbeitsgruppe HybridWerk|Wasser unterstützte das Fachgebiet Wasserbau und Hydraulik die Strömungsmessungen in der Sandfanganlage der Zentralen Kläranlage Chemnitz. Die Forschungskooperation zwischen dem beinhaltet eine hybride Strömungsmodellierung mit dem Ziel, den Betrieb und die Wirksamkeit des Abscheidegrads der belüfteten Walzensandfanganlage langfristig zu verbessern.

Aufbau und Funktionsprinzip der Sandfanganlage



Abbildung 33: UAV-Luftaufnahme mit Blick vom Zulaufkanal auf die zwei Doppelkammersandfänge

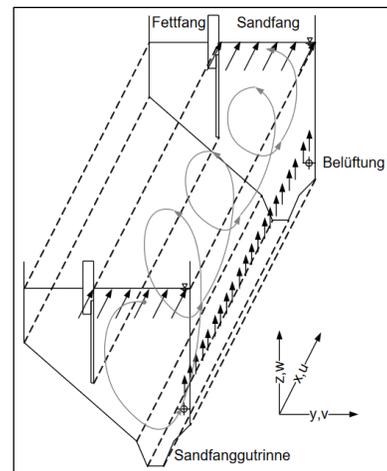


Abbildung 34: Strömungswalze im belüfteten Sandfang (Hirschbeck 2009, 21)

Die untersuchte Sandfanganlage unterteilt sich in drei wesentliche Bereiche:

- Von der Rechenanlage kommend teilt sich ein Zulaufkanal symmetrisch in zwei gegenüberliegende Kanäle auf, von denen jeweils ein Doppelkammersandfang abgeht. Der Übergang vom Zulaufkanal in eine Sandfangkammer erfolgt über eine rechteckige Schützöffnung an der Sohle des Zulaufkanals, sowie bei höheren Abflüssen über ein Wehr. Während die äußere Sandfangkammer in Fließrichtung des Zuflusses angeströmt wird, muss das Abwasser bei der innen liegenden Sandfangkammer einer 180°-Umlenkung folgen (Abbildung 33).
- Die Sandfangkammern sind als Trichterprofil ausgeführt und in der Kammerlängsachse durch eine geschlitzte Trennwand in einen Sand- und Fettfang aufgeteilt. Im Sandfang soll über Lufteintrag eine tangentielle Strömungswalze als Sekundärströmung entstehen. Die Strömungswalze hält die organischen Partikel in Schwebelage, während die mineralischen Bestandteile durch die sohlennahen

Fließgeschwindigkeiten in die Sandgutrinne am Tiefpunkt transportiert werden. Eine Trennwand soll die Walzenausbildung auf den Sandfang begrenzen und im Fettfang durch das Mitreißen des Abwassers eine gegenläufige Strömungswalze mit niedrigeren Fließgeschwindigkeiten entstehen lassen, in der das flotierte Fett an die Abwasseroberfläche abgeschieden wird. Der Lufteintrag in den Sandfang erfolgt oberhalb der Sandgutrinne über Luftlanzen aus Schläuchen. Die Abstände zwischen den Luftlanzen nehmen in Richtung Sandfangablauf zu (Abbildung 34).

- Am Sandfangablauf ist ein Wehr angeordnet, welches das Abwasser aus den Sandfangkammern hydraulisch entkoppelt. Über eine Sammelrinne wird das Abwasser zum Pumpwerk geleitet.

Die Räumung erfolgt entgegen der Fließrichtung entlang der Kammerlängsachse über einen Schildräumer in einen Sandtrichter am Zulauf der Sandfangkammer. Über Pumpen werden die Sink- und Schwimmstoffe aus dem Sandtrichter abtransportiert.

Messkampagne

Der Ist-Zustand ist über ein numerisches Strömungsmodell abzubilden und zu bewerten, um darauf aufbauend Handlungsempfehlungen zu erarbeiten. Um das dreidimensionale numerische Strömungsmodell zu kalibrieren, waren zwei Kurzzeitmessungen und eine Langzeitmessung mit folgenden Zielen vorgesehen:

1. Kurzzeitmessung im September 2018

- Die dreidimensionale Strömungsverteilung der Strömungswalze auf der Sand- und Fettfangseite in der Sandfangkammer erfassen.
- Vergleichsmöglichkeit mit dem numerischen Strömungsmodell für den Ist-Zustand ermöglichen. Der Lufteintrag wird über ein empirisches Modell abgebildet und ist über die Strömungsmessung zu prüfen.
- Geeignete Einbauorte und Durchführung für die Langzeitströmungsmessung detektieren.
- Zur Bestimmung der Teilabflüsse die Überfallhöhen an den Ablaufwehren der vier Sandfangkammern messen.

2. Kurzzeitmessung im Juni 2019

- Installation eines Keilsensors (NIVUS CSM) für die sohlnahe Langzeitströmungsmessung.
- Kalibrierung des Keilsensors über Strömungsmessungen im Sandfang.
- Punktuelle Sandprobenahme zur Sandabscheidemessung für eine Schmutzfrachtbilanzierung.
- Strömungscharakteristik der Einlaufströmung am Sandfangzulauf erfassen.
- Zur Bestimmung der Teilabflüsse die Überfallhöhen an den Ablaufwehren messen.

Die Kurzzeitmessungen wurden gemeinsam von den Fachgebieten Wasserbau und Hydraulik und Wasserversorgung und Grundwasserschutz durchgeführt und vom IWW Zentrum Wasser begleitet. Ein magnetisch-induktiver Strömungsmesser (ALEC ACM300-D) und eine ADV-Sonde (NORTEK Vectrino Field Probe) erfassten die dreidimensionalen Fließgeschwindigkeiten punktuell und berührungslos. Um die Messsonden an den vorgesehenen Lotrechten und Tiefenzellen über eine bewegliche Aufhängung auszurichten, wurde vor Ort an der Räumbrücke eine horizontale und vertikale Führung aus Aluminiumsystemprofilen errichtet. Für die sohlnahen Messpunkte wies die vertikale Führung bis zu sechs Meter Länge auf (Abbildung 35).

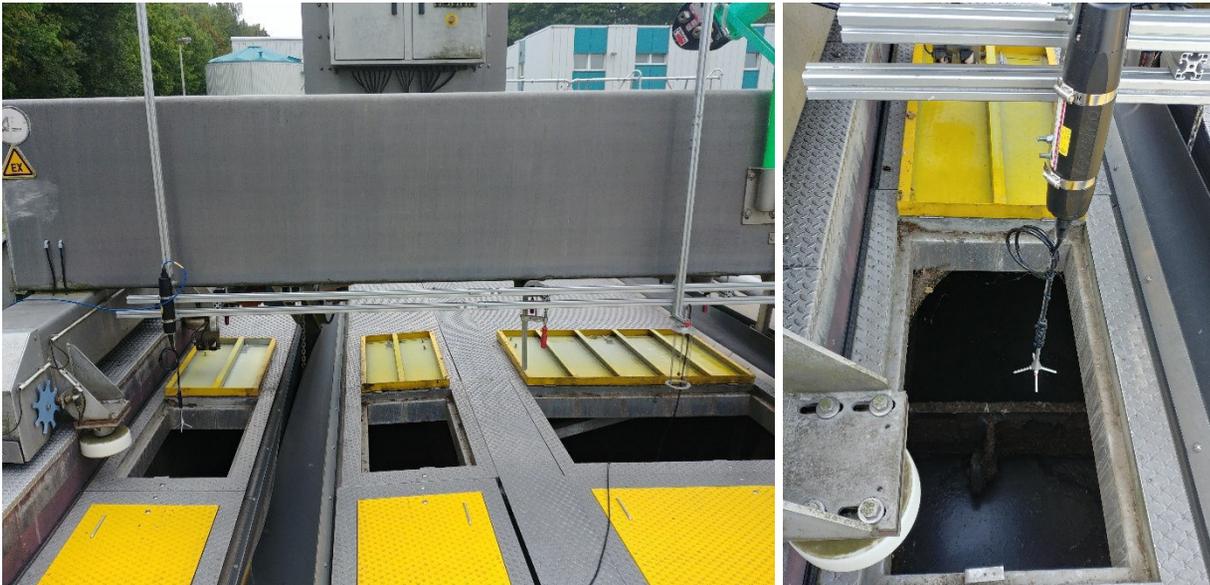


Abbildung 35: Messaufbau an Räumbrücke für simultan-parallele Strömungsmessungen (links) ADV-Sonde über Belüftungsöffnung des Fettfangs (rechts)

Vorläufige Ergebnisse der Kurzzeitmessung

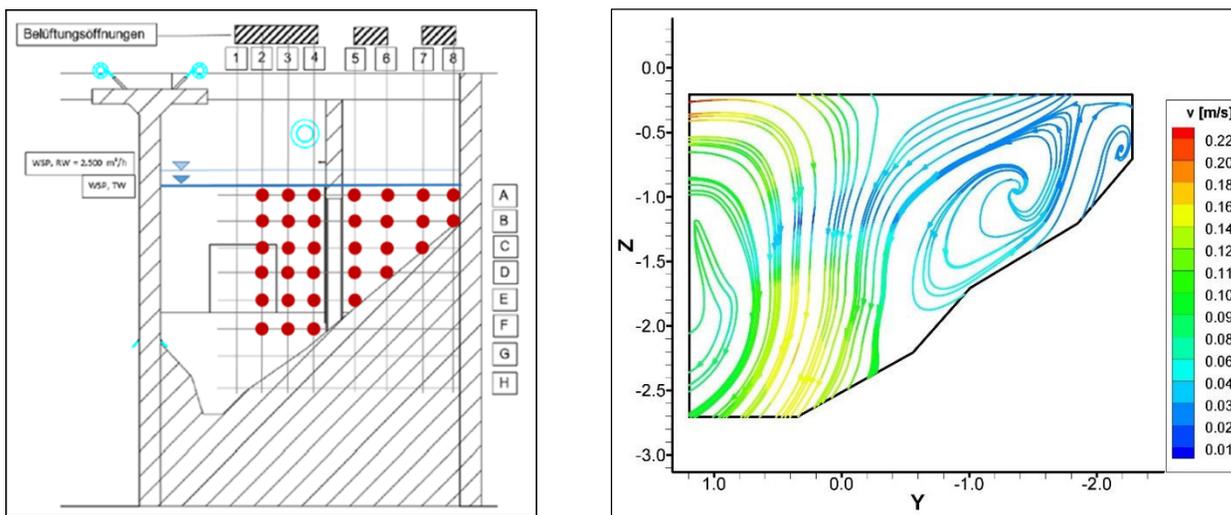


Abbildung 36: Querschnitt der Sandfangkammer mit Messraster (links). Die Messergebnisse als Stromlinien (rechts) dargestellt zeigen die gegenläufigen Strömungswalzen im Sand- und Fettfang

Die Messung der Fließgeschwindigkeiten bestätigte eine ausgeprägte Strömungswalze mit einem definierten Walzenmittelpunkt. Im Walzenmittelpunkt ist die Sekundärströmung gering ausgeprägt, was zu einer Konzentration von organischen Partikeln und feinen mineralischen Bestandteilen führt. Die schwereren mineralischen Partikel werden durch die Zentrifugalkräfte auf einer Absetzbahn an den Rand der Strömungswalze bewegt und von den sohnahen Fließgeschwindigkeiten in Richtung Sandgutrinne transportiert (Abbildung 36).

Der Fettfang weist sehr geringe Fließgeschwindigkeiten auf, ohne das eine Kurzschlussströmung mit dem Sandfang erkennbar ist. Die geringen Fließgeschwindigkeiten könnten zum unerwünschten Absetzen von organischen Partikeln führen (Abbildung 36).

Über die Kurzzeitmessungen konnte das numerische Strömungsmodell erfolgreich kalibriert werden. Aus den Ergebnissen des abgebildeten Ist-Zustands ergab sich in der Sandfangkammer am

Sandtrichter eine lokal konzentrierte Ablagerung, die zu einer Umlenkung der Einlaufströmung führt und bereits sedimentierte und geräumte mineralische Partikel erneut in die Sandfangkammer einträgt.

Die Strömungscharakteristik am Übergang vom Zulaufkanal in die Sandfangkammer ist nicht eindeutig und erfordert für die weitere Kalibrierung des numerischen Strömungsmodells eine höhere Auflösung des Messrasters. Die abschließende Bewertung steht noch aus.

Literatur

Hirschbeck, Christina (2009): Untersuchungen zur Leistungsfähigkeit von belüfteten Sandfängen auf Kläranlagen. [Dissertation] Universität der Bundeswehr München.

Einsatz von Terrestrischen Laserscanner (TLS) im Wasserbaulabor

Dr.-Ing. Jens-Uwe Wiesemann

Projektpartner: Fachgebiet Geodätische Messsysteme und Sensorik



Im Rahmen der Planung, der modelltechnischen Überprüfung und der Bauüberwachung wasserbaulicher Fragestellungen und Projektvorhaben gewinnt die Aufnahme von Bauwerkskonturen, Geometrien, Sohllagen sowie von Rauigkeiten mittels terrestrischem Laserscanning (TLS) insbesondere im Kontext der Digitalisierung zunehmend an Bedeutung. Dabei wird das Messobjekt berührungslos mit einem Laser abgetastet und so in eine hochauflösende 3D-Punktwolke überführt. Moderne TLS bieten eine Distanzmessgenauigkeit von < 1 mm sowie eine dreidimensionale Punktlagegenauigkeit von wenigen Millimetern und sind somit für die wasserbauliche Praxis sehr gut geeignet.

Bei Erosionsfragestellungen, z.B. für die Erfassung von Kolkgeometrien, sind die Positionierung (Abbildung 37), die Aufnahme des Urzustandes des betreffenden Gewässerbereichs sowie der Zustand eines entwickelten Kolks grundlegend. Für die Kolkfassung mit dem TLS ist eine möglichst optimale Position des Gerätestandorts vor der eigentlichen Messung festzulegen. In der Umgebung von Flächenmodellen ist oft kein Installationsort vorhanden, von dem aus der TLS eine geringe Entfernung zur Sohle besitzt. Deshalb bietet es sich in diesem Fall an, den TLS auf einem Teleskop-Stativ innerhalb des Flächenmodells zu positionieren.

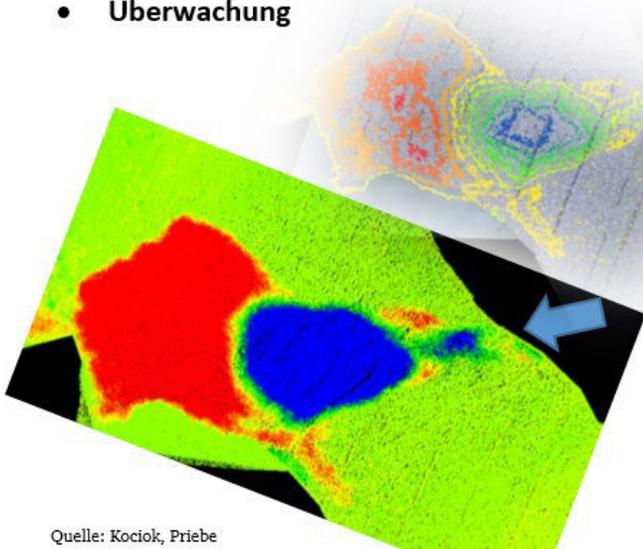
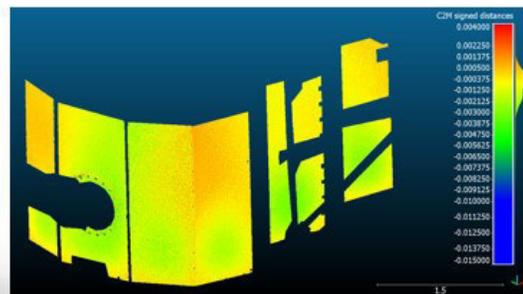


Abbildung 37: Positionierung des TLS (Quelle: Kociok, Wiesemann)

Ein Schwerpunkt des Einsatzes von TLS im wasserbaulichen Forschungslabor liegt auf Sohl- bzw. Geländetopografien und -bathymetrien sowie Bauteilen/Bauwerken sowie deren Verformungen (Abbildung 38). Es bietet sich hierbei die Möglichkeit die wesentlichen Aspekte einer physikalischen Modelluntersuchung zu Erosionsprozessen und der Kolkentwicklung einer Hochwasserentlastungsanlage und Bauteil-/Bauwerksverformungen infolge sich ändernder Belastungen vertieft zu betrachten. Nachfolgende Fallbeispiele können anschaulich die Praxisrelevanz der TLS-Methode für die interdisziplinäre Zusammenarbeit im Bereich des Wasserbaus aufzeigen und darüber hinaus die Bedeutsamkeit des digitalen Wandels verdeutlichen.

Weitere Anknüpfungspunkte, die durch die Zusammenarbeit zwischen den Fachgebieten *Geodätische Messsysteme und Sensorik* und *Wasserbau und Hydraulik* wie der Einsatz von terrestrischen Laserscannern zur Erfassung der Sohllagen durch Wasseroberflächen werden derzeit ausblickend verfolgt. Diese sollen als zukünftiges Forschungs- und Entwicklungsziel aufgegriffen werden. Hierbei ist die Brechung des Lichtstrahls beim Auftreffen auf die Grenzfläche Luft/Wasser bei der Datenauswertung zu berücksichtigen. So könnten sich neben der Vermessung eines Endzustands (z. B. Kolkungen) auch dynamisch-morphologische Entwicklungen phasenweise während der Versuchsdurchführung erfassen lassen.

- 3D Scan
- Datenauswertung
- Maßnahmenbeurteilung
- Überwachung



Quelle: Kociok, Priebe

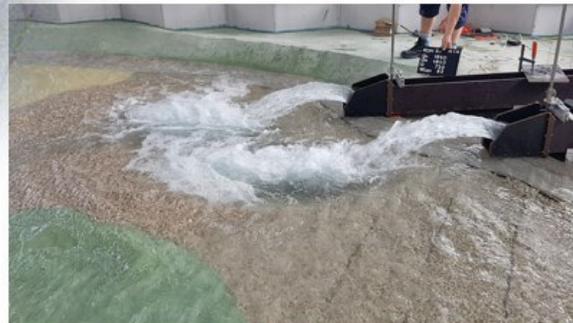


Abbildung 38: Bauelementverformung an einem Wasserbehälter (oben rechts) und Kolkbildung hinter einer Sprungschancen-HW-Entlastung im Modellversuch (unten)

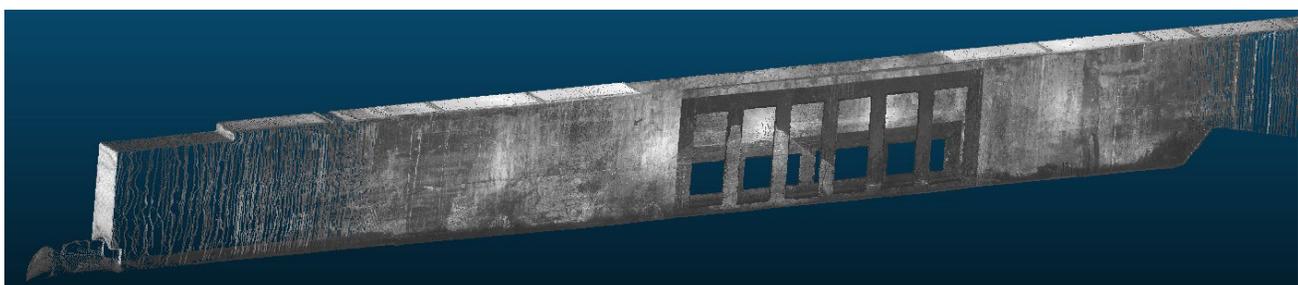


Abbildung 39: 3D-Vermessung der Tiefrinne im Wasserbaulabor (Quelle: Schill/Priebe)

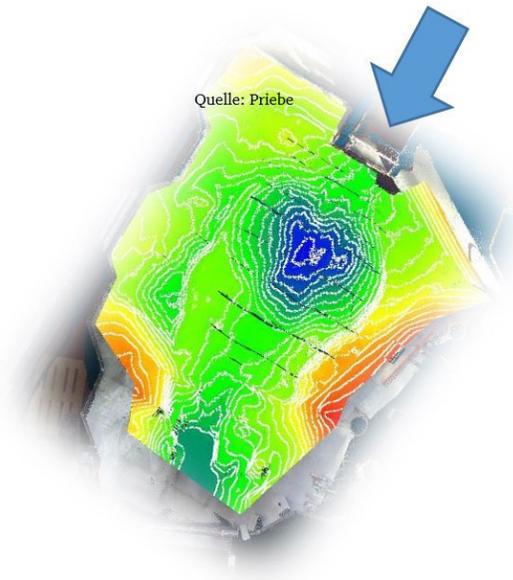


Abbildung 40: Kolkbildung unterhalb einer Hochwasserentlastungsanlage (Schusrinne mit Sprungschanze)

Veranstaltungen

Besuch und Schulung einer chinesischen Expertendelegation

Am 24.10.2019 war ganztags eine 15-köpfige chinesische Expertendelegation am Fachgebiet Wasserbau und Hydraulik zu Gast. Die Expertinnen und Experten bilden die ingenieurtechnische Führungsebene des chinesischen „Süd-Nord-Wassertransferprojektes“, welches neben dem Drei-Schluchten-Damm ein wahrliches Megaprojekt darstellt.

Das Süd-Nord-Wassertransferprojekt ist ein Mitte der 1990er Jahre in China gestartetes Projekt, bei dem Wasser aus dem Jangtsekiang im Süden über Kanäle von einer Gesamtlänge von ca. 1.200 Kilometern in die nordchinesische Ebene, insbesondere zur Versorgung Pekings (3,6 Milliarden Kubikmeter Wasserverbrauch jährlich), geführt wird (Abbildung 41). Das Wasser wird dabei über eine westliche, eine mittlere und eine östliche Route geführt. Die östliche und die mittlere Route sind bereits in Betrieb. Es ist das weltweit größte Wassertransferprojekt. Bis 2050 soll eine Menge von jährlich 44,8 Milliarden Kubikmeter Wasser transferiert werden können, wobei 14,8 Mrd. Kubikmeter auf die östliche, 13 Mrd. Kubikmeter auf die mittlere und 17 Mrd. Kubikmeter auf die westliche Route entfallen werden. Die Projektkosten werden auf 500 Mrd. Dollar geschätzt.

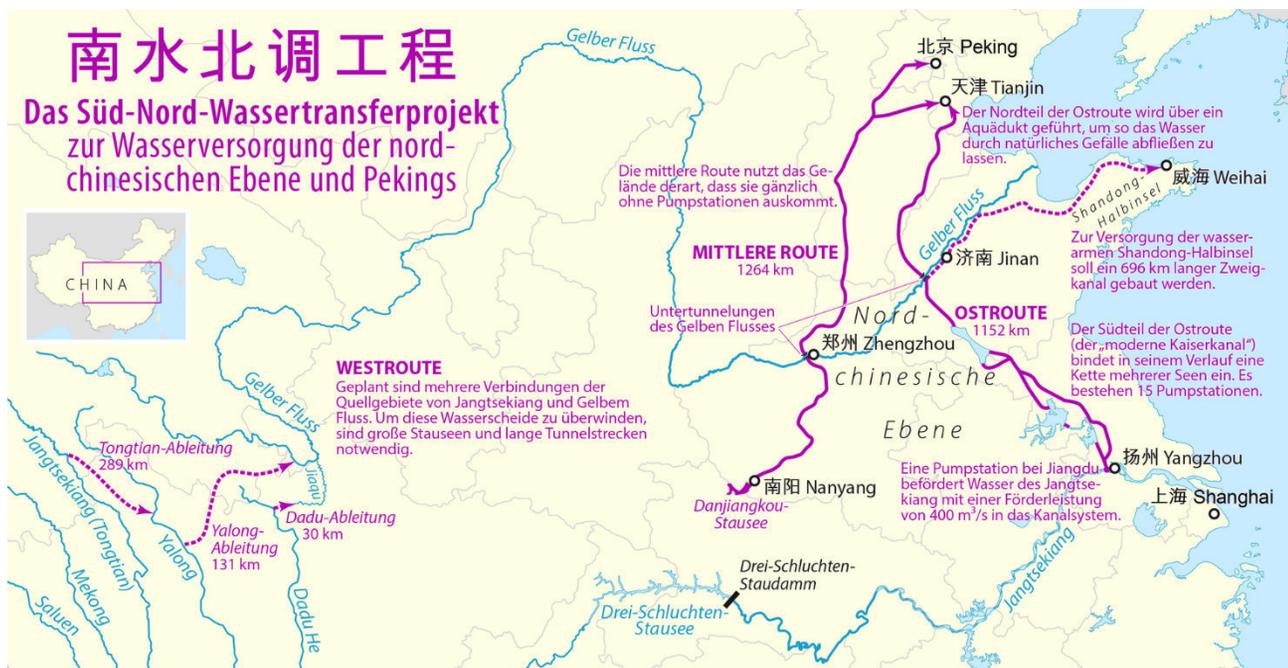


Abbildung 41: Kanalverläufe beim Süd-Nord-Wassertransferprojekt (Quelle: M. Dörrbecker)

Konkret beinhaltet das Kanalprojekt etliche wasserbauliche Anlagen, zu deren Planung und Funktionsoptimierung sich beim Fachgebiet über die Einsatzmöglichkeiten von physikalischen und numerischen Modellierungen erkundigt hatte und auch konkrete Fallbeispiele diskutierte.

Zudem sollen die Kanäle nicht nur als Transportfahde sondern auch als Lebensadern genutzt werden, weshalb sich die chinesischen Expertinnen und Experten eine Schulung zu den Themen „Gewässerentwicklungsplanung“ und „Ethohydraulik“ wünschten. Daraus entwickelte das Fachgebiets-Team ein aus drei Blöcken bestehendes fachlich ambitioniertes Schulungsprogramm, was genug Raum für hochspannende Diskussionen und einen ergiebigen fachlichen Austausch lies:

- Wasserbauliche Großprojekte in Deutschland und weltweit: Planung durch Einsatz von Computersimulationen und physikalischen Modellen
 - Grundlagen zu numerischen und physikalischen Modellierungsmethoden, deren Anwendungsgrenzen und Einsatzbereiche
 - Fallbeispiel Hybridmodellierung: Europas größte Fischaufstiegsanlage Geesthacht/Elbe
 - Fallbeispiel Physikalische Modellierung: Hochwasserentlastung Mpatamanga/Malawi (Modellversuch dazu bei der Laborbesichtigung)
 - Übersicht zu weiteren Untersuchungen am Fachgebiet Wasserbau und Hydraulik
 - Hochwasserentlastung Fierza und Komani / Albanien
 - Fischschutz- und -abstieg Staustufe Kostheim/Main
 - Fischliftsystem Stauanlage Baldeneysee/Ruhr
 - Besichtigung des wasserbaulichen Forschungslabores
- Schutz von Fließgewässern: EU-Wasserrahmenrichtlinie und deren Umsetzung in Deutschland (Gewässerrenaturierung)
 - Ziele und Regelungen der EU-WRRL
 - Definition der „ökologischen Qualität“ eines Wasserkörpers
 - Arbeitsschritte bei der Gewässerentwicklungsplanung
 - Einsatz ingenieurbiologischer Bauweisen
 - Fallbeispiele zu Gewässerrenaturierungen
- Interdisziplinäre Ansätze im Wasserbau und deren Einsatzbereiche: Ökohydraulik und Ethohydraulik
 - Definition der Fachdisziplin Ökohydraulik
 - Ansätze und Methoden für die Gewässerentwicklungsplanung und den Hochwasserschutz
 - Fallbeispiele: naturverträglicher Hochwasserschutz am Beispiel der Deichrückverlegung bei Lenzen/Elbe und einer Auenwiederanbindung an der Donau
 - Definition der Fachdisziplin Ethohydraulik
 - Methodik ethohydraulischer Versuche mit lebenden Tieren
 - Fallbeispiele zu ethohydraulischen Forschungen und deren Praxisbedeutung



Abbildung 42: Die Delegation aus China im Wasserbaulabor

Strategische Partnerschaft TU Graz – TU Darmstadt



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



Das Ziel der momentanen gegenseitigen Besuche ist in einem ersten Schritt die Anbahnung einer kooperativen Zusammenarbeit, welche auf Basis der an beiden Universitäten vorhanden wasserbaulichen Forschungslaboratorien und deren Tätigkeits- und Forschungsfeldern initiiert und fortlaufend gefestigt werden soll (Abbildung 43).

Für die Kooperation mit Hinblick auf eine Zusammenarbeit hinsichtlich studentischer Abschlussarbeiten, gemeinsamer Forschungs- /Projektanträge, Lehr- und Dozententätigkeiten sowie potenziell entstehender Publikationsmöglichkeiten werden zunächst die wasserbaulichen Forschungslaboratorien die tragende Säule bilden. Hierbei lässt sich aus den derzeit verfolgten Tätigkeitsschwerpunkten bereits eine Verzahnung der jeweils an den beiden Universitäten verfolgten Forschungs- und Projektarbeiten erkennen.

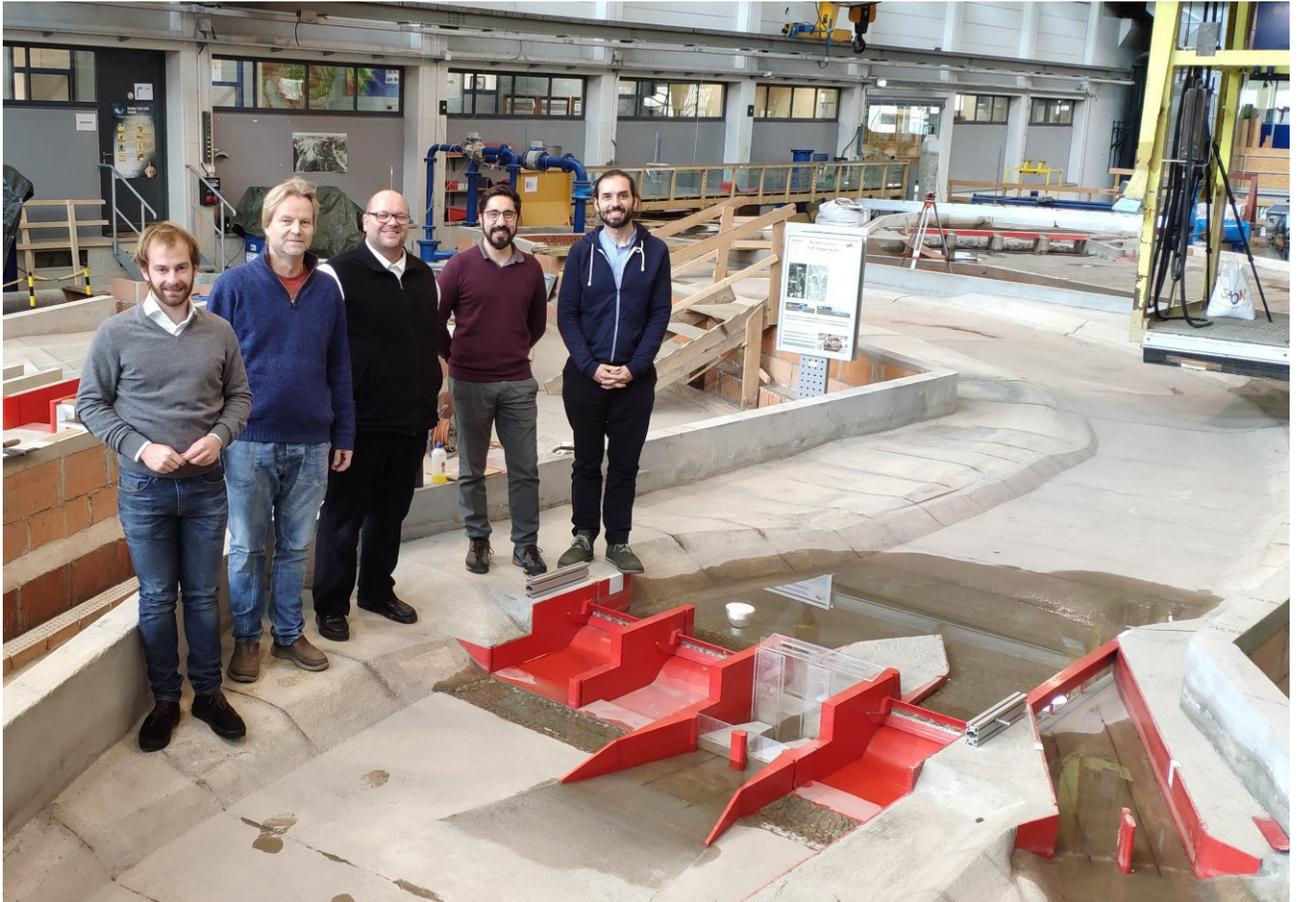


Abbildung 43: Die Kooperation zwischen den beiden Universitäten beginnt im Wasserbau mit den zwei Wasserbaulaboren als Kristallisationspunkt

Das im Rahmen der Anbahnung verfolgte Themengebiet für eine kooperative Zusammenarbeit erstreckt sich vorerst auf die Planung und Durchführung klassischer wasserbaulicher Modellversuche mit Fragestellungen zur Bauwerkshydraulik, An- und Abströmungsbedingungen, Verlandungs- und Erosionsprozessen sowie auf den Einsatz innovativer und Mess- und Auswertemethoden. Laufende bzw. kürzlich abgeschlossene Modellversuche sind derzeit bei beiden Partneruniversitäten vorhanden, sodass für den ersten Austausch und die weiterführende Entwicklung mit dem Ziel einer Verbreiterung und Vertiefung der Zusammenarbeit eine geeignete Basis gegeben ist.

Weitere Themenbereiche, die im Fokus der anvisierten Kooperation stehen, sind Untersuchungen aus dem Bereich der Ethohydraulik und der Wasserkraft.

Ethohydraulische Untersuchungen sind im Lehr- und Forschungsbetrieb des Fachgebiets Wasserbau und Hydraulik an der TU Darmstadt fest verankert. Es werden regelmäßig Versuchsreihen durchgeführt, bei denen das Verhalten der Fische bei vorgegeben Randbedingungen (geometrisch und hydraulisch) untersucht wird. Hierbei umfasst der Arbeitsbereich nicht nur Arbeiten im Wasserbaulabor sondern auch entsprechende Feldstudien und insbesondere die enge Zusammenarbeit mit den Fischökologen. Für die Ethohydraulik lassen sich vor allem für den Bereich Fischschutz und Fischabstieg auf Grundlage aktueller Projektvorhaben - TU Graz: z.B. Druckproblematik (Abbildung 44; Versuchsstand des IWW an der TU Graz), Fischabstieg durch die Turbine etc. und TU Darmstadt: z.B. Bypass-Systeme, Leit- und Schutzrechen, Wanderkorridor, etc.) - Ansatzpunkte für einen Erfahrungsaustausch und weiterführende Kooperation erkennen.

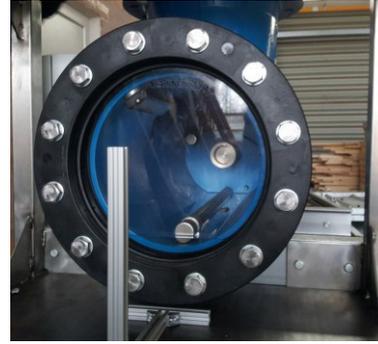


Abbildung 44: Links: Versuchsstand (TU Graz) für Untersuchungen zu Barotraumata, Rechts: Blick durch das Sichtfenster auf den eingefahrenen Kolben

Die Empfindlichkeit verschiedener Fischarten in verschiedenen Entwicklungsstadien hinsichtlich plötzlicher Druckänderungen soll mit einem eigens dafür entwickelten Versuchsstand untersucht werden. Die Druckkammer erlaubt die Nachbildung des Druckverlaufs, wie er bei unterschiedlichen Turbinen auftritt und ermöglicht somit die Simulation eines Turbinendurchgangs. (Schneider et al. 2018)

Im Bereich der Wasserkraft erfährt beispielsweise die Regelleistung durch den stetig wachsenden Anteil der erneuerbaren Energien nach wie vor eine wachsende Bedeutung. Bei diesem Themenbereich hat vor allem die TU Graz durch die in der Vergangenheit durchgeführten Modelluntersuchungen (hydrodynamisch-numerisch und physikalisch) einen fundierten Erfahrungsschatz. Im Rahmen der Kooperation ist angestrebt, Anknüpfungspunkte herauszuarbeiten, um auf dem Gebiet der Planung und dem Betrieb von Wasserkraftanlagen, insbesondere im Bereich der Triebwasserwege und der zugehörigen Funktionsbauwerke, (Forschungs-)Projekte zu initiieren sowie den Lehrbetrieb diesbezüglich zu erweitern.

Über die direkte Kooperation der beiden Wasserbauinstitute hinaus wurden im Rahmen erster Abstimmungsgespräche auch mit dem Institut für Hydraulische Strömungsmaschinen (Fakultät für Maschinenbau und Wirtschaftswissenschaften) potenzielle Schnittstellen ausgelotet und mögliche gemeinsame Aktivitäten vorausgewählt. Im Zuge eines Anbahnungsgesprächs mit Prof. Jaberg wurden hierbei bereits Möglichkeiten aus dem Themenbereichen „Durchgängigkeit“ (Fische, Kleinstlebewesen und Sedimente), „Verlandung /Sedimentmanagement“ und „Pumpspeicherkraftwerke“ angesprochen. Das Institut für Hydraulische Strömungsmaschinen betreibt unter anderem leistungsfähige Prüfstände, welche beispielsweise auch für den Einsatz innovativer Prüfkörper/Messsonden entlang des Wasserweges durch die Turbine herangezogen werden können. Insbesondere mit Hinblick auf Fragestellungen zur Fischdurchgängigkeit unter kontrollierten Bedingungen ist hier ein Potenzial für künftige Forschungstätigkeiten gegeben.

Ansprechpersonen:	Assoc. Prof. Dipl.-Ing. Dr. nat.techn. Josef Schneider	TU Graz Fakultät Bauingenieurwissenschaften Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft Associate Professor und Laborleiter
	Dr.-Ing. J.-U. Wiesemann	Technische Universität Darmstadt Fachbereich Bau- und Umweltingenieurwissenschaften Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft Fachgebiet Wasserbau und Hydraulik Leiter wasserbauliches Forschungslabor

Betriebsausflug des Fachgebietes Wasserbau und Hydraulik

Genau an Halloween fand am 31.10.2019 der Betriebsausflug des Fachgebietes statt. Es wurde von Darmstadt aus mit dem Hessenticket per S-Bahn bis Alsbach gefahren. Von dort wurde bei bestem Herbstwetter mit Sonnenschein entlang des Burgensteiges vorbei am Schloss Alsbach hoch zum „Gipfel des Melibokus“ gewandert (Abbildung 45). Oben angekommen gab es ein wandertypisches Vesper mit lustigen Getränken. Gut gestärkt führte die Wanderung talwärts entlang des Nibelungensteiges am Auerbacher Schloss vorbei von einem herrlichen Sonnenuntergang begleitet bis nach Bensheim. Dort gab es pünktlich um 18:00 Uhr im Meat-House frische Grillspezialitäten...und auch wieder lustige Getränke ☺. Am späten Abend dann ging es per Zug zurück nach Darmstadt – auch wieder mit lustigen Getränken!

Da zum Fachgebiets-Team auch die studentischen Hilfskräfte gehören, kam eine recht große und gut gelaunte Gruppe zusammen, was bei der ca. 13 Kilometer langen Wanderung und beim gemütlichen Zusammensein im Meat-House für viele tolle Gespräche gesorgt hat.



Abbildung 45: Eine gelungene Wanderung im nördlichen Odenwald sorgte für gute Stimmung beim Halloween-Betriebsausflug

Besuch des Whitney Laboratory (University of Florida) und des Environmental Laboratory des ERDC (USACE)

Katharina Bensing, M.Sc.

Johann Wolfgang von Goethe soll geschrieben haben: „Die beste Bildung findet ein gescheiter Mensch auf Reisen.“ Ganz nach diesem Vorbild habe ich während meiner kleinen USA-Urlaubsreise Kontakt mit zwei Institutionen aufgenommen, welche ebenfalls im Bereich der Ethohydraulik (in den USA in die Ökohydraulik eingegliedert) forschen:

- das Whitney Laboratory for Marine Bioscience der University of Florida in St. Augustine sowie
- das Engineer Research and Development Center (ERDC) des U.S. Army Corps of Engineers in Vicksburg.

Bei beiden Einrichtungen konnte ich die TU Darmstadt, unser Fachgebiet Wasserbau und Hydraulik sowie die Forschung an unserem Fachgebiet im Rahmen einer 45-minütigen Präsentation vorstellen. Dabei zeigten die Zuhörer großes Interesse an unserer Forschung, dem Begriff Ethohydraulik selbst sowie an der von Adam & Lehmann entwickelten ethohydraulischen Methodik.

Auch ich konnte einige Denkanstöße sowie viele spannende Informationen mitnehmen, sehr nette Menschen kennen lernen und viele neue Erfahrungen machen. Daher möchte ich mich an dieser Stelle auch nochmal recht herzlich bei David Smith, John Nestler und James Liao für ihre Gastfreundschaft, Herzlichkeit sowie die Zeit bedanken, die sie sich für mich genommen haben.

Whitney Laboratory - University of Florida

Prof. Dr. James C. Liao (Abbildung 46) ist einer von neun Professoren für Biologie am Whitney Laboratory for Marine Bioscience in St. Augustine. Dabei ist er jedoch der einzige, der sich mit der Biomechanik und der Neurobiologie bei der Fortbewegung von Fischen beschäftigt. Ganz nach ihrem Motto „Man kann das Meer nicht ins Labor bringen, aber man kann das Labor zum Meer bringen.“, ist das Institut direkt an der Atlantikküste und damit weit weg von der eigentlichen Universität gelegen. Somit können Fische für Versuche direkt aus dem Meer und dem Ästuarbereich entnommen werden. Auch das Wasser wird für die Lebendtierversuche über ein Rohrsystem direkt aus dem Meer bezogen.

Die Forschung am Whitney Lab basiert im Wesentlichen auf den drei Schwerpunkten der Biomechanik, der Neurowissenschaft und dem Wanderverhalten von Fischen, wobei vorrangig Grundlagenforschung betrieben wird. Im Bereich der Neurowissenschaften werden beispielsweise mit hochpräzisen Roboter- und Mikroskopsystemen die Sinneshärchen der Nervenzellen des Seitenlinienorgans (Strömungssinn der Fisch) stimuliert und die weitergeleiteten Signale im neuronalen System untersucht. Um das Wanderverhalten im Freiland zu analysieren, kommen telemetrische Methoden zum Einsatz. Außerdem wird aktuell eine Videotracking Methode, bei der das Beschleunigungsverhalten der Fische analysiert wird, entwickelt.

International bekannt ist Prof. Liao aber vor allem wegen seiner Forschung zum Verhalten von Fischen in einer Karmanschen Wirbelstraße. Dabei führte er in einer kleinen durchströmten Kammer (Flow Chamber) Tests mit einer Forelle durch, die sich entgegen der Strömung hinter einem Zylinder bewegte. Die Bewegung der Forelle wurde mit einer High-Speed Kamera und die Strömung mithilfe von digitaler Particle Image Velocimetry (DPIV) analysiert. Durch Messelektroden, deren Größe im Mikrometer Bereich liegt, wurde zusätzlich die Muskelaktivität des Fisches beim Schwimmen mit und ohne Zylinder aufgezeichnet. So fand man heraus, dass die Forelle die einzelnen Wirbel der Wirbelstraße bzw. die darin enthaltene Energie nutzte, um sich energiesparsam fortzubewegen. Dabei bevorzugten Fische klar ausgeprägte Wirbel.



Abbildung 46: Besuch bei Prof. James C. Liao am Whitney Laboratory in St. Augustine (Florida)

Engineer Research and Development Center (ERDC) des USACE

Beim Engineer Research and Development Center (ERDC) des United States Army Corps of Engineers (USACE) in Vicksburg begrüßten mich Dr. David L. Smith (Abbildung 47 - links) sowie sein Vorgänger Dr. John M. Nestler (Abbildung 47 - rechts). Die gesamte Forschungseinrichtung in Vicksburg hat rund 1.500 Mitarbeiter, wobei ca. 220 im Environmental Laboratory arbeiten. Dr. Smith ist innerhalb des Environmental Labs aktuell der Leiter des Cognitive Ecology and Ecohydraulics Research Teams. Das besondere an der Forschergruppe ist, dass unterschiedlichste Fachrichtungen im interdisziplinären Bereich der Ökohydraulik eng zusammenarbeiten und ihr Wissen teilen: Maschinenbauer, Bauingenieure, Umweltwissenschaftler, Ökologen, Mathematiker, Physiker sowie Physiologen.

Über mehrere Jahre wurde von Dr. Smith eine Erweiterung des Laborgebäudes durch eine große vollausgestattete Laborrinne mit Hältereinrichtungen für Fische geplant sowie umgesetzt (Abbildung 48) und weitere Anbauten sind ebenfalls in der Vorbereitung. Um Randeinflüsse zu minimieren, ist die Laborrinne ca. 2,5 m breit. Das Wasser wird im Kreis geführt, sodass sie beidseitig genutzt werden kann und es können Fließgeschwindigkeiten von bis zu 3 m/s erreicht werden. Für die Nutzung des Wassers aus dem öffentlichen Leitungsnetz muss dieses zuvor entchlort werden. Die Temperatur des Wassers kann selbst reguliert werden und eine Anpassung der Beleuchtung ist geplant, um die Reflexionen an der Wasseroberfläche zu minimieren und Videotracking Methoden besser einsetzen zu können. Ziel ist es bei allen Maßnahmen, äußere Einflüsse möglichst auszublenden und somit auf die zu untersuchenden Reize-Verhaltens-Kombinationen der Tiere zu fokussieren. Die Fische selbst werden (anders als bei ethohydraulischen Versuchen in Deutschland) dauerhaft in den genannten Hältereinrichtungen im Labor gehalten und teils sogar im Labor selbst gezüchtet. Für Strömungsmessungen kann ein Acoustic Doppler Velocimeter eingesetzt und über die gesamte Rinne automatisiert verfahren werden.

Neben Untersuchungen zum allgemeinen strömungsabhängigen Verhalten in der Laborrinne, werden aber auch andere verhaltensbeeinflussende Faktoren untersucht. Aktuell wird beispielsweise aufgrund genetischer Ähnlichkeiten zum Menschen das Aggressionsverhalten an Zebrafischen erforscht. Dass eine bestimmte Genmutation auch beim Menschen für verstärkte Aggression und Depression verantwortlich ist, ist bereits bekannt. Anhand von Zebrafischen, welche dieselbe Genmutation aufweisen („Angry-Fish“), wird dann geprüft, ob bestimmte Schadstoffe oder Verunreinigungen in der Umwelt diesen Aggressions-Effekt verstärken. Ebenso erklärte Dr. Smith beispielsweise, dass sich aus anderen Test ergab, dass Fische durch bestimmte chemische Zusatzstoffe, welche in vielen

Pflegeprodukten enthalten sind, bis zu 40 % ihres erlernten Wissens zum Fütterungsverhalten wieder vergessen.

Ein weiterer Schwerpunkt von Dr. Smith und seinem Team ist die Eulerian-Lagrangian-Agent Methode (ELAM). Basierend auf hydrodynamisch numerischen Strömungssimulationen werden dabei zusätzlich Fischagenten in die Berechnung integriert, sodass verhaltenstypische Trajektorien ausgegeben werden. Dr. Smith ist dabei sehr überzeugt von den Vorteilen von 2D-Simulationen und arbeitet verstärkt mit der Software HEC-RAS, welche auch am USACE entwickelt wurde. Es werden aber auch andere Programme zur Strömungssimulation verwendet, um das eigens entwickelte ELAM Modell anzuwenden.



Abbildung 47: Vor der Laborrinne im Environmental Laboratory des ERDC in Vicksburg (Mississippi) – links: Dr. David L. Smith; rechts: Dr. John M. Nestler



Abbildung 48: Laborrinne im Environmental Laboratory (links) und Hältereinrichtung für Fische (rechts)

Neben dem Environmental Lab, gibt es auf dem Gelände des ERDC aber noch viele weitere Forschungseinrichtungen im Bereich des (Küsten-) Wasserbaus, welche dem Coastal & Hydraulics Laboratory zuzuordnen sind. Da diese jedoch ebenfalls von unterschiedlichen Abteilungen geführt werden, konnte ich hierzu keine detaillierten Informationen erhalten. Einige große Hallen konnte Dr. Smith mir zeigen, in denen sich zahlreiche Boote (bspw. für ADCP Messungen) sowie beeindruckende physikalische Flächenmodelle befanden (Abbildung 49). Dabei können die Modelle auf Wunsch der Auftraggeber gegen eine Gebühr bis zu 10 Jahren in den Hallen verbleiben und bei Bedarf wieder in Betrieb genommen werden. Zufällig lief zur Zeit meines Besuchs gerade ein Modellversuch zur Überprüfung verschiedener identifizierter Probleme am Bluestone Dam (Probleme mit der

Überströmung, unzureichende Durchflusskapazität und Instabilitäten bei extremem Hochwasser – Abbildung 50). Dabei konnte ich den Projektleiter Dana Moses kennenlernen, der ebenfalls großes Interesse an einer Zusammenarbeit zeigte. Zuletzt ist noch die große Außenanlage zu erwähnen, die beispielsweise zum Testen von Maßnahmen zum Hochwasserschutz genutzt wird (Abbildung 51).



Abbildung 49: Modellversuch zur John-Day-Talsperre und Schleuse am Columbia River, sponsored by Portland District, USACE; Modellmaßstab: 1:45



Abbildung 50: laufender Modellversuch zum Tosbecken am Bluestone Dam (bearbeitet von Dana W. Moses und seinem Team); Modellmaßstab: 1:65



Abbildung 51: Versuchsdeich/-gelände bspw. zur Untersuchung von Hochwasserschutzmaßnahmen

Aus den Fachgebieten:

Ingenieurhydrologie und Wasserbewirtschaftung (Leitung: Prof. Schmalz)

ihwb

Lehre

Abschlussarbeiten

Im Rahmen der Lehre betreut das Fachgebiet ihwb Bachelor- und Masterarbeiten. Im Folgenden werden die von November 2018 bis Oktober 2019 abgeschlossenen Arbeiten aufgelistet.

Bachelorarbeiten

- Betrieb, Instandhaltung und Evaluierung von Pegelmessstellen auf Grundlage der Anforderungen des Pegelhandbuchs am Beispiel von Messstellen im Fischbach-Einzugsgebiet in Hessen
- Entwicklung einer Methode zur Ableitung hydrologischer Elementarflächen für das Fischbach-Einzugsgebiet
- Feldversuche mit dem Doppelringinfiltrimeter zur Ermittlung des Infiltrationsvermögens von Böden
- Hydrologisch-hydraulische Berechnung des Starkregenereignisses am 23.04.2018 anhand zweier Modellansätze im Fischbach-Einzugsgebiet

Masterarbeiten

- Set-up and configuration of a real-time Ensemble Kalman filter for an operational flood forecasting system
- Vergleich unterschiedlicher Modellansätze zur Abbildung von Außengebietsabflüssen

Ein Teil der Arbeiten wurden in Kooperation mit folgenden Partnerinstitutionen angefertigt:

- Centre de recherché sur l'environnement alpin (CREALP)
- DAHLEM Beratende Ingenieure GmbH & Co. Wasserwirtschaft KG
- École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL)
- Wasserverband Gersprenzgebiet
- HessenForst

Promotionen

Für das Fachgebiet ihwb sind Promotionsvorhaben von Amrei David, Paula Farina Grosser, Michael Kissel, Inés Lacayo, Angela Rebscher und Dominik Scholand in Bearbeitung. Einige Inhalte dazu werden auf den Seiten 64-68 vorgestellt.

Forschung

Hydrologisches Feldlabor Gersprenz-Einzugsgebiet

Rückblick

Seit dem Jahr 2016 wird das Gersprenz-Einzugsgebiet mit dem Teileinzugsgebiet des Fischbaches als hydrologisches Untersuchungsgebiet – als sogenanntes Feldlabor – vom Fachgebiet Ingenieurhydrologie und Wasserbewirtschaftung (ihwb) genutzt.

Feldlabore werden mit dem Ziel betrieben, hydrologische Prozesse zu verstehen, hydrologische Modelle zu testen, anzuwenden und zu entwickeln sowie den Einfluss von Klima- und Landnutzungswandel, Landmanagement und Wasserbewirtschaftung auf die Hydrologie abzubilden. Der Vergleich des Gersprenz-Einzugsgebietes mit einer Größe von ca. 500 km² mit seinem Teileinzugsgebiet des Fischbaches von 35,6 km² ermöglicht die Berücksichtigung von Prozessen auf unterschiedlichen Skalen. Das ihwb kooperiert dazu mit Institutionen wie HLNUG, RP Darmstadt und dem Wasserverband Gersprenzgebiet sowie einzelnen Akteuren und Anwohnern vor Ort.

Messkonzept

Seit 2016 werden durch das ihwb in dem ausgewählten Studiengebiet Messdaten erhoben, welche die bereits vorhandenen Landesdaten und Literaturwerte ergänzen. So wurden an den Gersprenz-Pegeln Wersau und Harreshausen Sonden installiert, mit deren Hilfe Wasserstand, Wassertemperatur und elektrische Leitfähigkeit kontinuierlich erfasst werden, in Harreshausen noch zusätzlich Trübung. Die Messungen in Wersau laufen seit 07/2017, in Harreshausen wurden die Messungen bedingt durch den Umbau des Landespegels 01/2019 wiederaufgenommen.

Abbildung 53 zeigt die Messpunkte sowie das ihwb-Messkonzept des Fischbach-Einzugsgebietes, das sowohl ein kontinuierliches Monitoring als auch wöchentliche Kampagnen umfasst. Hier ist eine weitere räumliche Differenzierung möglich. Der bereits im Juni 2017 am Pegel Groß-Bieberau 2 installierte Sensor zur Erfassung von Wasserstand, Wassertemperatur und elektrischer Leitfähigkeit wurde im April 2019 durch weitere Sensoren zur Messung von pH-Wert, gesättigter Sauerstoffkonzentration und Trübung ergänzt und im Oktober 2019 zur Sicherstellung der autarken Energieversorgung noch mit einem leistungsstärkeren Solarpanel und einer größeren Akkukapazität ausgestattet (Abbildung 52).

Weiterhin wurde der Betrieb der ihwb-Pegel an den Punkten M, N und O (Abbildung 53) an die Bestimmungen nach dem aktuellen Pegelhandbuch der LAWA (2018) angepasst. Dazu erfolgte auch eine Vermessung der Gerinnequerschnitte an den Messstellen M, N und O. Es wurden erste Pegelschlüsselkurven aus den Datensätzen der wöchentlichen Fließgeschwindigkeitsmessungen und der kontinuierlichen Wasserstandsmessungen abgeleitet.



Abbildung 52: Messstation am Pegel Groß-Bieberau 2 (Foto: Romano 11/2019)

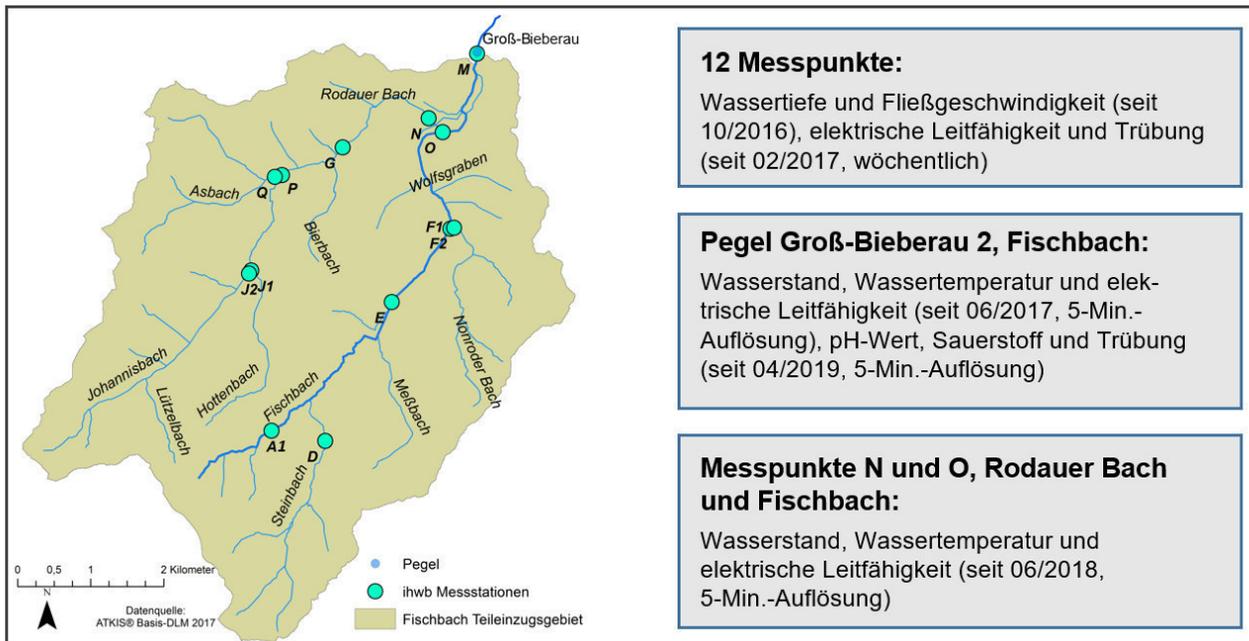


Abbildung 53: ihwb-Messpunkte im Fischbach-Einzugsgebiet

Nutzung des Feldlabors für Promotions- und Abschlussarbeiten

Im Rahmen von Promotionsvorhaben sowie von Bachelor- und Masterarbeiten der Bau- und Umweltingenieurstudiengänge und anderen Studien wurden weitere Daten im Studiengebiet erhoben, analysiert und modelliert. Die Schwerpunkte der Promotionen liegen dabei auf:

- Niedrigwasser und Dürre im Gersprenz-Einzugsgebiet (P. F. Grosser, vergleiche Seite 64)
- Abschätzung des Basisabflusses für die hydrologische Modellierung (M. Kissel, vergleiche Seite 65)
- Hydrologisch-hydraulische Modellierungsansätze zur Abbildung von Starkregenereignissen (A. David, vergleiche Seite 66)
- Analyse von Bodenerosionsprozessen und Parametrisierung hydrologischer und hydraulischer Einflussgrößen in der Erosionsmodellierung (A. Rebscher, vergleiche Seite 67)
- Analyse hydrologischer und meteorologischer Parameter zur Abschätzung der Schwebstofffracht in Fließgewässern (D. Scholand, vergleiche Seite 68).

Drei Bachelorarbeiten trugen durch ihre Auswertungen zu Themen im Fischbach-Einzugsgebiet zu weiterem Erkenntnisgewinn bei. Durch eine Thesis und ihre Beiträge zum Betrieb, zur Instandhaltung und Evaluierung von Pegelmessstellen konnte die Dokumentation und Ausführung des Messkonzeptes des Fachgebietes konkretisiert werden (Doleschal, 2019). In weiteren Bachelorarbeiten wurden hydrologische Elementarflächen abgeleitet (Amarjargal, 2019) und das Infiltrationsvermögen der Böden in diesen untersucht (Friesenhahn, 2019) mit dem Ziel, die Ergebnisse hydrologischer Modelle zu verbessern.

Einsatz in der Lehre

Auch dieses Jahr fand im Juni wieder eine Exkursion im Rahmen des Moduls Ingenieurhydrologie III an den Pegel Groß-Bieberau 2 statt, um den Studierenden den Pegel des Einzugsgebiets zu zeigen und Messtechniken zu erklären (Abbildung 54).



Abbildung 54: Exkursion an den Pegel Groß-Bieberau 2 im Rahmen der Lehrveranstaltung Ingenieurhydrologie III (Foto: D'Ambrosio 06/2019)

Präsentation der Forschungsergebnisse

Die oben genannten Aktivitäten mündeten in zahlreichen Präsentationen des ihwb-Teams auf wissenschaftlichen Veranstaltungen. Neben einigen Posterpräsentationen auf dem DAWAKO2019 wurden auch zwei Poster auf dem Tag der Hydrologie 2019 im März 2019 in Karlsruhe vorgestellt und diskutiert. Zudem wurden zahlreiche Vorträge mit Themen zum Studienggebiet gehalten: Neben einem Vortrag auf dem DAWAKO2019 wurden je drei Präsentationen auf dem Sino-German Seminar „Catchment eco-hydrology“ im Juli 2019 in Nanjing, China, sowie auf dem Sino-German Symposium „Managing hydro-climatic risks in a changing world“ im September 2019 in Darmstadt gehalten.

Auch der erste Artikel ist in einer internationalen Fachzeitschrift erschienen. Hierin wird der Einfluss der Landnutzung auf die Wasserqualität im Gersprenz-Einzugsgebiet anhand von Messdaten der elektrischen Leitfähigkeit analysiert (Schmalz & Kruse, 2019, erschienen in *Landscape Online*). Diese Studien werden derzeit fortgeführt durch eine Modellierung der Stickstoff- und Phosphorfrachten (M. Kruse, vergleiche Seite 69).

Danksagung

Unsere Forschungsaktivitäten werden durch gute Zusammenarbeit, fruchtbare Diskussionen und die zur Verfügung gestellten Daten von staatlichen und lokalen Behörden sehr unterstützt. Dafür danken wir insbesondere Mitarbeitenden vom HLNUG, RP Darmstadt und dem Wasserverband Gersprenzgebiet. Unser Dank gilt auch allen Eigentümerinnen und Eigentümern für die Möglichkeit, auf ihren Grundstücken Untersuchungen durchführen zu können.

Niedrigwasser und Dürre im Gersprenz-Einzugsgebiet

Paula Farina Grosser, M.Sc.

Niedrigwasser- und Dürreperioden können schwerwiegende Folgen für die Umwelt haben. Sie beeinflussen Quantität und Qualität des Wassers und haben somit Auswirkungen auf das Wohlbefinden der Lebewesen und ihrer Ökosysteme. Darüber hinaus hat Wasserknappheit Einfluss auf viele wirtschaftliche Bereiche, besonders auf das Agrarwesen und die Schifffahrt. Deshalb ist es von großer Wichtigkeit die hydro-meteorologischen Prozesse, die Trockenphasen hervorrufen, zu verstehen. Eben diese Prozesse erforscht das ihwb seit dem Frühjahr 2019 auf der räumlichen Skala eines Einzugsgebiets (EZG). Das Mittelgebirgs-EZG der Gersprenz umfasst ca. 500 km² und ist Teil der Flussgebietseinheit Rhein. Eine Niedrigwasseranalyse mit historischen Messdaten von zwei Pegeln wurde durchgeführt. Hierbei wurden Niedrigwasserperioden anhand der Unterschreitung von definierten Schwellenwerten identifiziert. Als Schwellenwerte wurden Niedrigwasserkennwerte (z.B. MNQ, MN7Q und MN30Q) verwendet. Da Niedrigwasser stark klimaabhängig ist, wurden zusätzlich historische Klimadaten analysiert. Eine besondere Rolle spielte dabei die Identifikation von Dürreperioden. Wie Niedrigwasser kann auch Dürre durch Kennwerte definiert werden. Es wurden der *Standardized Precipitation Index* (SPI) und der *Standardized Precipitation Evaporation Index* (SPEI) berechnet. Die jeweiligen Zeitreihen wurden analysiert und verglichen. Als Beispiel ist in Abbildung 55 der Verlauf des SPEI3 und der niedrigsten Monatsdurchflüsse in Harreshausen dargestellt. In einer umfassenden Analyse weiterer Ergebnisse wurde deutlich, dass Niedrigwasser- und Dürreperioden nicht notwendigerweise zeitgleich auftreten. Die Perioden korrelieren zunehmend, je mehr klimatische Bedingungen vorausgehender Monate berücksichtigt wurden. Weiterhin lässt sich ein negativer Trend der Niedrigwasserdurchflüsse vermuten, wie am Beispiel des Verlaufs der niedrigsten Monatsdurchflüsse jeden Jahres in Harreshausen in Abbildung 56 graphisch verdeutlicht wird. Durch die Betrachtung der Zeitreihen an zwei Pegeln war es möglich, den Einfluss der Größenordnung des EZGs auf die Ergebnisse mit zu berücksichtigen (vgl. Tabelle 1). Die Darstellung historischer Messdaten und die Berechnung von Kennwerten ermöglicht ein erstes Verständnis der historischen Datengrundlage zum Thema Niedrigwasser und Dürre. Die weiteren Forschungsvorhaben des ihwb zu diesem Thema umfassen die Einflüsse des Klimawandels auf Niedrigwasser und Dürre sowie die Erforschung weitergehenden Folgen für Wassertemperatur und -qualität.

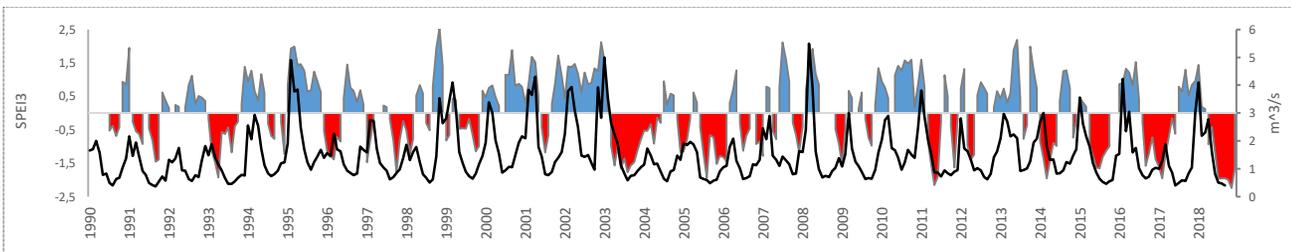


Abbildung 55: Verlauf des SPEI3 und der niedrigsten Monatsdurchflüsse in Harreshausen ab 1990

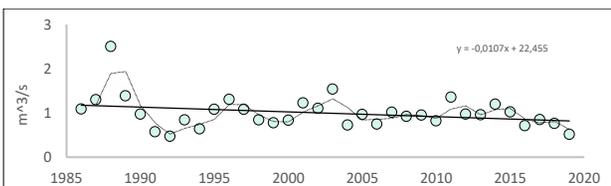


Abbildung 56: Verlauf der Niedrigwasserdurchflüsse (n-day = 30) in Harreshausen

Tabelle 1: Vergleich der niedrigsten Durchflüsse an beiden Pegeln

	GB II			HH		
Years	45			34		
n-days	min	max	D	min	max	D
1 (day)	0.023 1993	0.207 1988	0.18	0.37 1992	1.77 1988	1.4
7 (week)	0.038 1992	0.222 1988	0.18	0.391 1992	1.937 1988	1.546
30 (month)	0.045 1992	0.282 1988	0.24	0.47 1992	2.494 1988	2.024

Abschätzung des Basisabflusses für die hydrologische Modellierung

Michael Kissel, M.Sc.

Der Basisabfluss ist eine wichtige Komponente in der hydrologischen Modellierung, die jedoch schwer zu quantifizieren ist. Das zentrale Problem besteht darin, dass diese Komponente messtechnisch nicht direkt erfasst werden kann. Es existiert eine Vielzahl an Verfahren, um Aussagen bezüglich des Basisabflusses aus einer gemessenen Gesamtabflussganglinie treffen zu können. Klassisch sind z.B. grafische Verfahren, in denen der Basisabfluss anhand von markanten Punkten der Ganglinie abgetrennt wird, oder digitale Filter. Digitale Filter sind Algorithmen, mit denen die langsamere Basisabflusskomponente von dem Gesamtabfluss separiert wird. Die Filter besitzen meist einen, teilweise aber auch zwei bis drei Parameter, die vor der Anwendung bestimmt werden müssen. Hier kommen Verfahren der Rezessionsanalyse zum Einsatz, in denen Trockenwetterfalllinien analysiert werden, um Aussagen bezüglich des Speicherverhaltens der langsamen Basisabflusskomponente treffen zu können. Die genannten klassischen Verfahren sind weit verbreitet, haben jedoch den Nachteil, dass teilweise subjektive Einflüsse eine große Rolle spielen und die physikalische Begründung dürftig ist. Neben diesen klassischen Verfahren, für die lediglich eine Gesamtabflussganglinie benötigt wird, bestehen auch Verfahren, die Abfluss- und Tracermessungen einbeziehen. Diese Verfahren nutzen entweder Isotopen oder hydrochemische Parameter, um verschiedene Abflusskomponenten zu identifizieren. Mittels Isotopenanalysen können insbesondere Fragen bezüglich des Alters des Wassers beantwortet werden, wohingegen mittels hydrochemischer Parameter vor allem Aussagen bezüglich des Ursprungs getroffen werden können, z.B. ober- oder unterirdischer Abfluss. Der Messaufwand ist jedoch oft erheblich und die Analytik teuer. Daher wird eine einfach zu messende Größe wie die elektrische Leitfähigkeit (EC) herangezogen. Im Rahmen der Arbeiten am ihwb werden seit ca. 3 Jahren wöchentliche Messungen der EC verteilt im Einzugsgebiet des Fischbachs vorgenommen und zusätzlich seit ca. 2 Jahren kontinuierliche Messungen an drei Punkten durchgeführt. Ziel des Forschungsvorhabens ist die Nutzung der EC-Messungen zur Abschätzung des Basisabflusses im

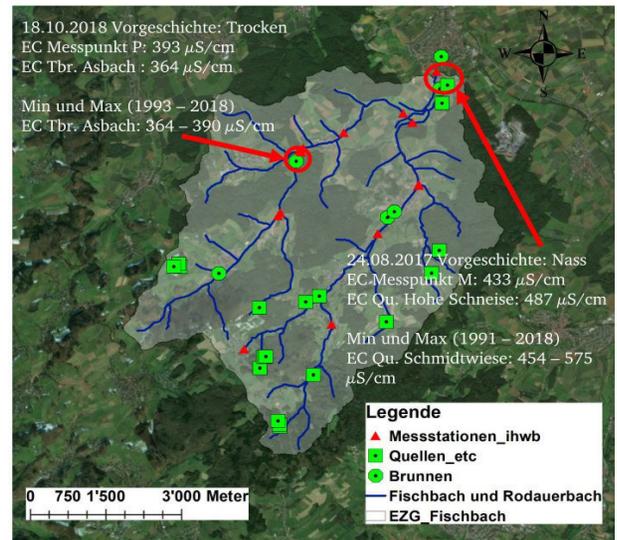


Abbildung 57: Lage der Messpunkte und Vergleich unterschiedlicher Vorgeschichte

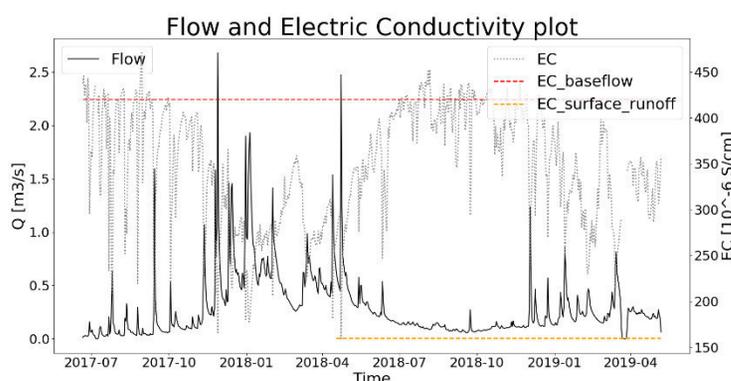


Abbildung 58: Abfluss- und EC-Messung am Pegel

Fischbach-Einzugsgebiet zu erproben und die Abbildung der Basisabflusskomponente in der hydrologischen Modellierung zu verbessern. Mithilfe der EC-Messungen und einer Abflussganglinie von mehr als 30 Jahren wird der Basisabfluss im Fischbach-Einzugsgebiet abgeschätzt. Die Ergebnisse dieser Analysen fließen in die Weiterentwicklung der Modellierung des Basisabflusses im Niederschlag-Abfluss-Modell BlueM ein, da hier ein Weiterentwicklungsbedarf identifiziert wurde.

Hydrologisch-hydraulische Modellierungsansätze zur Abbildung von Starkregenereignissen

Amrei David, M.Sc.

Seit Beginn der Hochwassergefahrenkartenerstellung im Rahmen der europäischen Hochwasserrisikomanagementrichtlinie (HWRM-RL) hat sich für die großen Einzugsgebiete eine größtenteils standardisierte Vorgehensweise zur Ermittlung von Überflutungsflächen und den darauf basierenden Hochwasserrisikomanagementplänen ergeben. Das Vorgehen lässt sich in zwei wesentliche Schritte unterteilen. Zunächst werden die Abflussraten anhand eines Niederschlags-Abfluss-Modells für verschiedene Ereignisse ermittelt und anschließend als Zuflussrandbedingung in das 2D-hydrodynamische Modell gesetzt. Hydrologische und hydraulische Prozesse werden in zwei getrennten Modellsystemen voneinander entkoppelt betrachtet („entkoppelter Ansatz“). Überflutungen in Folge von Starkregenereignissen in kleinen Einzugsgebieten bleiben bei dieser Vorgehensweise unberücksichtigt. Diese können jedoch große Schäden hervorrufen, hinzukommend wird durch den Klimawandel eine Zunahme an Extremwetterereignissen prognostiziert. Diese Entwicklung hatte in den letzten Jahren in den Bundesländern die Etablierung eines Starkregenrisikomanagements, parallel zum Hochwasserrisikomanagement zur Folge. Die Schritte zur Ermittlung von Gefahr und Risiko werden in länderweiten Leitfäden festgehalten. Zusätzlich wird das methodische Vorgehen durch die „LAWA Strategie für ein effektives Starkregenrisikomanagement“ und das DWA Merkblatt 119 zum „Risikomanagement in der kommunalen Überflutungsvorsorge für Entwässerungssysteme bei Starkregen“ ergänzt. Das Vorgehen für Modellierung findet anhand nur eines Modellsystems statt, welches die hohe Interaktion zwischen Oberflächen- und Gerinneabfluss abbilden kann. Hydrologische und hydraulische Prozesse werden zusammen in einem Modell betrachtet, sodass dieser Ansatz auch als „integrierter Ansatz“ bezeichnet wird. Das 2D-hydrodynamische Modell wird bei diesem Vorgehen direkt berechnet. Am Fachgebiet ihwb werden Modelle zur Anwendung der direkten Berechnung (DRM - „Direct Rainfall Method“) getestet. Unter anderem wurde das 2D-Modell HEC-RAS vom USACE („US Army Corps of Engineers“) für das Untersuchungsgebiet des Fischbach-Einzugsgebietes (38 km² bis Gersprenz-Mündung) erstellt, für verschiedene Niederschlag-Abfluss-Ereignisse getestet und mit den Ergebnissen der herkömmlichen Methode verglichen.

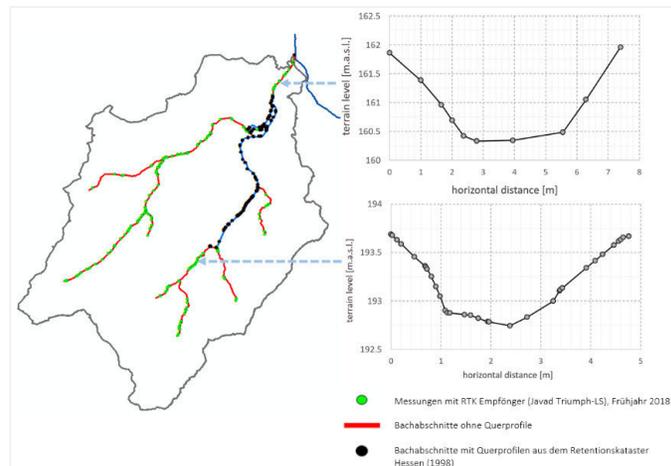


Abbildung 59: Aufnahme von Querprofilen für die Flussschlaucherstellung; Einzugsgebiet Fischbach

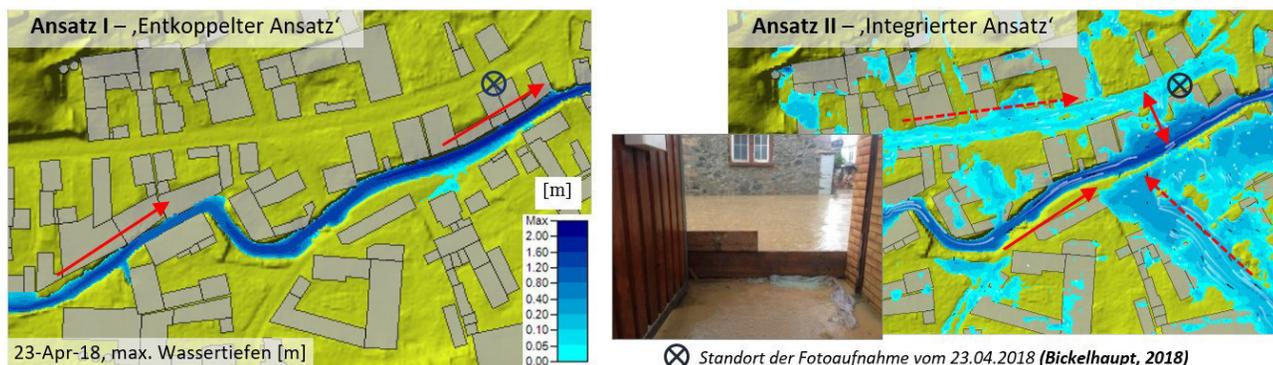


Abbildung 60: Vergleich der berechneten Wassertiefen und Fließwege anhand des entkoppelten Ansatzes links und des integrierten Ansatzes rechts für das Starkregenereignis am 23.04.2018 mit Fotoaufnahmen im Fischbach Einzugsgebiet (Foto: Bickelhaupt, „Fotos vom Starkregenereignis am 23.04.2018“, Freiwillige Feuerwehr Groß-Bieberau, 2018)

Messungen mit einem JET Erosion Test zur Parametrisierung der Erodibilität in Bodenerosionsmodellen

Angela Rebscher, M.Sc.

Intensivierte Bodennutzung genauso wie klimatische Veränderungen führen weltweit zu zunehmender Bodendegradation. Ein wesentlicher Aspekt der Degradation von Böden ist die Bodenerosion, die mit Abtrag fruchtbaren Oberbodens und mit Eintrag von Material und Nährstoffen für Schäden in Natur- und Bewirtschaftungsräumen sorgt. Für Prognose und Bewertung von Bodenerosionsprozessen existieren je nach Fragestellung bereits verschiedenste Modellansätze. Bei der Anwendung der Modelle zeigen sich dennoch Forschungslücken, die der Komplexität von Bodenerosionsprozessen geschuldet sind.

Im Rahmen des Forschungsthemas wird die Abbildung von Widerstandseigenschaften (Erodibilität) des Oberbodens in kleinkaligen Erosionsmodellen mit hydraulischer Modellkomponente untersucht. Der Fokus der Untersuchungen ist zweigeteilt mit einer analytischen Komponente für welche langjährige Abtragsmessungen des Forschungsverbundes Agrarökosysteme München aus dem Projekt Scheyern zur Verfügung gestellt wurden. Es konnte gezeigt werden, dass die vorhandenen hydraulischen Ansätze nur teilweise geeignet sind Erosionsprozesse von Hangflächen abzubilden und dass die implementierten Ansätze zur Beschreibung der Erodibilität eine Ursache für die erkannten Defizite darstellen.

Aufbauend auf den gewonnenen Erkenntnissen befasst sich die zweite Komponente mit der messtechnischen Analyse von Böden im Fischbachtal Einzugsgebiet. Kernaufgabe war zunächst die Konstruktion und Kalibrierung eines Messgeräts in Laborgröße nach dem Prinzip des Jet Erosion Tests (JET) (Abbildung 61). Dies ermöglicht Messungen mit wenigen Stunden Laufzeit von ungestörten und gestörten Feld- oder Laborproben mit Probenvolumen von ca. 1 dm³. Der JET erlaubt daher die Generierung einer soliden Datenbasis mit überschaubarem Aufwand und ermöglicht gleichzeitig eine qualitative Beschreibung des Erosionsprozesses (Abbildung 62).

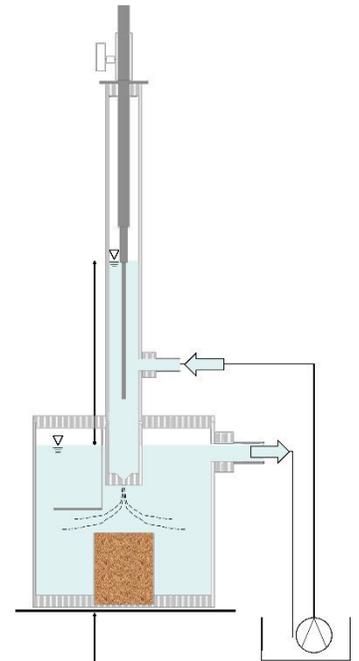


Abbildung 61: JET am ihwb – Prinzipskizze



Abbildung 62: Verschiedene Proben vor (links), bei (mitte) und nach (rechts) Versuch

In Zusammenarbeit mit dem Institut für angewandte Geowissenschaften konnten insgesamt 6 Feldkampagnen und 2 Messkampagnen im Labor realisiert werden, mit dem Ziel räumliche und zeitliche Änderungen der Erodibilität entlang eines Hangabschnitts erfassen zu können. Einige Ergebnisse der ersten Messkampagne wurden bereits auf dem DAWAKO 2018 vorgestellt. Diese zeigen insbesondere den deutlichen Einfluss der Bodenfeuchte auf die Erodibilität und damit eine direkte Beziehung zu nicht statischen Parametern wie bspw. Vorereignisse und Bodenbewirtschaftung. Die Auswertung der zweiten Messkampagne konnte diese Ergebnisse weiter bestätigen. Abschließend stellt sich die Frage wie die Kopplung der Erodibilität an nicht-statische Parameter in Bodenerosionsmodellen realisierbar ist.

Schwebstoffe in Fließgewässern: Analyse hydrologischer und meteorologischer Parameter zur Abschätzung der Schwebstofffracht in Fließgewässern

Dominik Scholand, M.Sc.

Suspendierte Stoffe oder Schwebstoffe in Fließgewässern machen den Hauptanteil an Feststoffen in Fließgewässern aus und haben daher einen maßgeblichen Einfluss auf den Flussbau, den Hochwasserschutz, die Gewässergüte und Ökologie sowie die energiewirtschaftliche Nutzung von Flüssen. Eine kontinuierliche Überwachung des Schwebstoffgehalts innerhalb der Fließgewässer und die Identifizierung potentieller Erosions- und Verlandungsflächen innerhalb der Gewässer ist daher notwendig, um jährliche Frachten abschätzen zu können. Durch direkte Messverfahren kann die Schwebstoffkonzentration (SSC) in Form von abfiltrierbaren Feststoffen gravimetrisch bestimmt werden. Eine alternative Methode mit deutlich weniger Aufwand besteht in der indirekten Messung der SSC durch die Bestimmung der Trübung. Hierdurch kann eine kontinuierliche Messreihe am Pegelstandort aufgezeichnet und über eine individuelle Korrelationsfunktion in Abhängigkeit von den Korneigenschaften in eine SSC umgerechnet werden. Für eine verbesserte Abschätzung können zudem Quellen und Fließwege für Schwebstoffpartikel innerhalb der Einzugsgebiete identifiziert werden. Insbesondere in ruralen Gebieten sind häufig Erosions- und damit verbundene Transportprozesse von landwirtschaftlichen Nutzflächen durch den Einfluss von Wind und Wasser ein maßgeblicher Faktor für den Eintrag von Schwebstoffen in Fließgewässer. Das Ziel des Forschungsvorhabens liegt in der Analyse von unterschiedlichen hydrologischen und meteorologischen Einflussfaktoren auf Transportprozesse von Partikeln. Im Anschluss an die Datenanalyse der Transportdynamik und Gebietskonnektivität auf unterschiedlichen Zeit- und Raumskalen soll eine Abschätzung der Schwebstoffkonzentration unter Anwendung von Filtermethoden erfolgen. Sowohl die kontinuierliche Aufzeichnung als auch die Abschätzung des Partikeleintrags von Ackerflächen ermöglichen ein verbessertes Prozessverständnis des Schwebstoffeintrags in Fließgewässer.



Abbildung 63: Schäden durch Bodenerosion



Abbildung 64: Starke Eintrübung des Rodauer Bachs durch erhöhte Schwebstoffkonzentration im Gewässer

Nährstoffmodellierung im Gersprenz-Einzugsgebiet

Dr. Marion Kruse

In intensiv genutzten Einzugsgebieten sind für ein nachhaltiges Landnutzungsmanagement neben Kenntnissen über Wasserquantität auch Informationen über die Wasserqualität von großer Bedeutung. Insbesondere die landwirtschaftliche Nutzung, aber auch die Änderung der natürlichen Vegetation hat Einfluss auf den Nährstoffkreislauf.

Das Gersprenz-Einzugsgebiet wird zu ca. 48% landwirtschaftlich genutzt, wobei räumlich Unterschiede zu erkennen sind. Der nördliche, tiefer gelegene Bereich weist neben der Landnutzung als Ackerland auch größere Siedlungs- und Waldbereiche auf. In den topographisch höher gelegenen Gebieten im südlichen Einzugsgebiet sind auch größere Grünlandflächen zu finden. Dabei werden die landwirtschaftlichen Flächen unterschiedlich intensiv genutzt.

Um erste Erkenntnisse über die Nährstoff-Situation im Einzugsgebiet zu erhalten, wurde das *InVEST nutrient delivery model* angewendet. Das InVEST-Modell ist ein breitgefächertes Paket zur Modellierung verschiedener Ökosystemleistungen bzw. wichtiger (Teil-)Aspekte dieser. Das Ziel des *InVEST nutrient delivery model* ist die räumliche Abbildung der Nährstoffquellen von Stickstoff und Phosphor in einem Einzugsgebiet sowie die Darstellung von Transportwegen zu den Zuflüssen. Aufgrund der Komplexität des Nährstoffkreislaufes und der dafür benötigten großen Daten- und Informationsmenge handelt es sich um ein stark vereinfachtes Modell. Neben der CORINE-Landnutzungskarte fließen Informationen über die jeweilige Nährstofffracht und die Retentioneffizienz für die unterschiedlichen Landnutzungsklassen in das Modell ein. Weitere Eingabeparameter sind das digitale Geländemodell, Niederschlagsdaten sowie hydrologische Parameter zur Modellierung der Transportpfade (Abbildung 65).

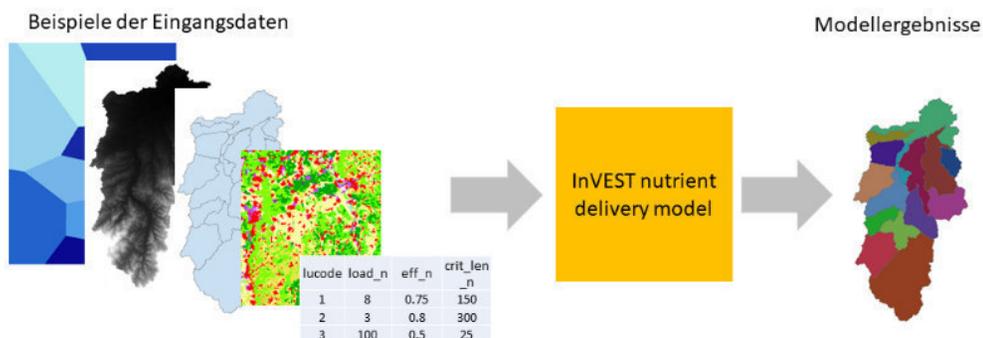


Abbildung 65: Schema InVEST Modell

Die aktuellen ersten Ergebnisse zeigen ein stark differenziertes Bild der Teileinzugsgebiete. Das Modell weist durch die Verwendung von unterschiedlichen Datenquellen und verallgemeinerten Nährstoffkreislaufkomponenten einen gewissen Unsicherheitsfaktor auf. Daher sind die Ergebnisse nicht als absolute Werte, z.B. für Düngeempfehlungen, zu verstehen, sondern als Informationen zur relativen Größenordnung des Nährstoffexports in den Teileinzugsgebieten sowie im gesamten Einzugsgebiet. Eine Abschätzung über die Qualität der modellierten Daten gibt der Vergleich mit Messwerten aus landesweiten Messprogrammen (Stickstoff und Phosphor) in drei Bereichen des Gersprenz-Einzugsgebietes.

Die Anwendung des Modells in einem deutschen Einzugsgebiet von ca. 485 km² gibt weiterhin die Möglichkeit das Modell zu verbessern und Unsicherheiten und Ungenauigkeiten der verwendeten, frei verfügbaren Datenquellen aufzuzeigen. Das übergeordnete Ziel des InVEST Modells liegt außerdem im Vergleich von Szenarien, um Veränderungen, hauptsächlich in Karten für Untersuchungsgebiete darzustellen. Diese bieten den verschiedenen EntscheidungsträgerInnen eine gut verständliche Diskussionsgrundlage. Für das Gersprenz-Einzugsgebiet werden beispielsweise verschiedene Niederschlagseingangsdaten herangezogen, um den Einfluss dieses Modellparameters abzuschätzen.

Chinesisch-Deutsche Kooperationsgruppe - Aktivitäten 2019



Im vergangenen Jahr 2019 hat sich das ihwb durch Kontakte, Besuche und Seminare sehr in der Kooperation mit chinesischen Kolleginnen und Kollegen engagiert. Nach Bewilligung der Chinesisch-Deutschen Kooperationsgruppe "Risikomanagement von Wasserknappheit" im Mai 2018 und dem Kick-off-Workshop im Sept. 2018 in Nanjing (vergl. Wasserjahr 2018) gab es im Jahr 2019 verschiedene Aktivitäten. Die Kooperationsgruppe unter der Leitung von Prof. Schmalz (ihwb, TU Darmstadt) und Prof. Wang (NUIST, Nanjing) wird durch das Chinesisch-Deutsche Zentrum für Wissenschaftsförderung (CDZ) mit Sitz in Peking gefördert, einer Forschungsförderungseinrichtung der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) und der National Natural Science Foundation of China (NSFC). Die 36 Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen kommen von deutscher Seite von der TU Darmstadt, TU München sowie von den Universitäten Kiel, München, Gießen und Heidelberg und von chinesischer Seite von der Nanjing University of Information Science & Technology (NUIST), dem National Climate Center of China Meteorological Administration (NCC CMA), Nanjing Institute of Geography & Limnology (NIGLAS; Chinese Academy of Sciences), Ningbo University und der East China Normal University.

Den Auftakt machte das Chinesisch-Deutsche Seminar "Water Resources Development under Climate Change and Socio-economic Pathways" am 12.02.2019. Teilnehmende des NCC CMA Beijing, der NUIST, des Xinjiang Institute of Ecology and Geography, CAS, und der TU Darmstadt (ihwb, KGBauko, IWAR) gaben einen Überblick über ihre laufenden Projekte. Die Vorträge aus den Bereichen Klimatologie, Hydrologie und Sozioökonomie dienten dem Informationsaustausch sowie der Planung künftiger gemeinsamer Aktivitäten. Zudem wurde die Arbeit an einem gemeinsamen Antrag zur Ausrichtung eines Chinesisch-Deutschen Symposiums weitergeführt (Abbildung 66).



Abbildung 66: Chinesisch-Deutsches Seminar "Water Resources Development under Climate Change and Socio-economic Pathways" am 12.02.2019 am ihwb



Abbildung 67: Besichtigung von Wiesbaden mit Besuch des Kochbrunnens als heißeste und bekannteste Thermalquelle der Stadt

Im April waren zwei chinesische Wissenschaftler vom NIGLAS, Prof. Dr. Qi Zhang und Dr. Sanyuan Jiang, für 10 Tage zu Besuch am ihwb. Die gemeinsame Zeit wurde genutzt, um den bereits langjährig bestehenden Kontakt zwischen Prof. Schmalz und Prof. Zhang zu vertiefen, ein Konzept für eine gemeinsame Publikation zu erstellen und einen Gegenbesuch zu planen. Eingerahmt wurde das

fachliche Programm von Besichtigungen der Sehenswürdigkeiten in Darmstadt, Wiesbaden und Heidelberg, in die das gesamte Team vom ihwb eingebunden war (Abbildung 67). Zudem wurde der schon bestehende Kontakt zwischen Prof. Schmalz und Prof. Menzel (Univ. Heidelberg, Professur für Hydrogeographie und Klimatologie) für eine weitere Vernetzung genutzt. Es wurde vereinbart, im Themenbereich Verdunstung zusammenzuarbeiten.

Im Rahmen dieses chinesischen Besuchs wurde am 10.04.2019 vom ihwb ein Seminar "Hydrological Research in Catchments of Different Regions" ausgerichtet. Die Seminarteilnehmenden vom NIGLAS und der TU Darmstadt (ihwb und KGBauko) gaben einen Überblick über laufende hydrologische Studien und Einblicke in das Green Building Design (Abbildung 68).



Abbildung 68: Chinesisch-Deutsches Seminar "Hydrological Research in Catchments of Different Regions" am 10.04.2019 am ihwb

Im Juli folgten dann der Gegenbesuch einer Delegation der TU Darmstadt (Prof. es Schmalz, Urban, Schäfer; A. David, M.Sc., M. Kissel, M.Sc., Dipl.-Ing. S. Winter) in China. Im Rahmen der Chinesisch-Deutschen Kooperationsgruppe fand am 26.07.2019 ein Seminar in Nanjing statt (Abbildung 69). 34 Teilnehmende diskutierten nach 14 Fachvorträgen über hydrologische Monitoringkonzepte, Mess- und Modellierungsergebnisse in den jeweiligen Untersuchungsgebieten. Eine Exkursion an den Tianmu-See sowie an den Taihu-See ergänzte das Programm. Dort wurden jeweils die hydrologisch-limnologischen Forschungsstationen besichtigt, mit deren Hilfe die Wasserqualität überwacht wird, um die örtliche Trinkwasserversorgung sicherzustellen (Abbildung 70).

Die Forschungsstation "Tianmu Lake Watershed Ecological Observation Station" am Tianmu-See wurde erst 2017 eröffnet und hat zum Ziel, die Auswirkungen des Tee-Anbaus auf die Wasserqualität des Sees zu untersuchen. Dazu wird eine Hangfläche unter realen Bedingungen als Teeanbaufläche bewirtschaftet, und mittels verschiedenster Messtechnik werden Parameter wie Bodenfeuchte, Oberflächenabfluss, Nährstoffaustrag usw. erfasst. Aus dem See werden ergänzend Wasserproben entnommen und regelmäßig analysiert. Dazu ist die Forschungsstation mit einem Bootsanleger samt Boot sowie einem Labor ausgestattet. Nach der interessanten Besichtigung erfolgte die Eintragung ins Goldene Buch der Forschungsstation durch die Besuchenden der TU Darmstadt.

Es wurde eine weitere Forschungsstation am Tai Hu, dem drittgrößte Süßwassersee Chinas, besucht. Der See ist mit durchschnittlich ca. 2 Metern relativ flach. Er dient der Trinkwasserversorgung, u.a. der Stadt Wuxi mit seinen ca. 6,5 Mio. Einwohnern, die eines der ostchinesischen Wirtschaftszentren darstellt. 2007 kam es durch Blaualgenblüte zu einem Umkippen des Sees, und die Wasserversorgung von Wuxi war tagelang unterbrochen. Seitdem wurden verschiedene Maßnahmen und Investitionen getätigt, um die Wasserbelastung zu reduzieren. Die Gegend um den Taihu-See stellt eine der Schwerpunktregionen in einem chinesischen Regierungsprogramm zur Überwachung und Behandlung von verschmutztem Wasser dar. Die Forschungsstation "Taihu Laboratory for Lake Ecosystem Research" ist mit einem Boot, Probenahme-Equipment, Messstationen und Labors gut ausgestattet, so dass ein regelmäßiges Monitoring durchgeführt werden kann. Die Daten werden auch mit Hilfe der meteorologischen Kenngrößen, v.a. Wind, modelliert, um ihre Verteilung und Ausbreitung abschätzen zu können.

Als letzte Veranstaltungsaktivität im Jahr 2019 fand ein Symposium im September an der TU Darmstadt, veranstaltet vom ihwb, statt. Dazu findet sich ein gesonderter Beitrag auf den Seiten 73 bis 75. Auch für 2020 sind weitere Aktivitäten und Chinesisch-Deutsche Kooperationen geplant.

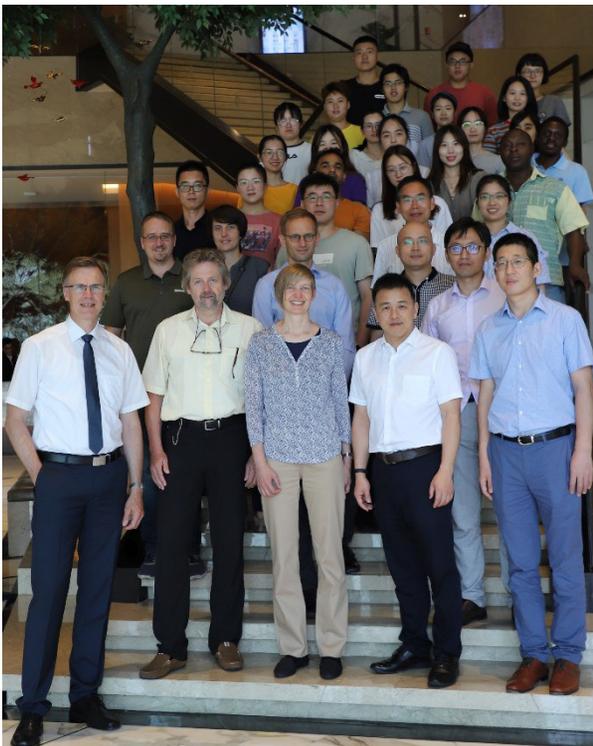


Abbildung 69: Chinesisch-Deutsches Seminar über Einzugsgebiets-Ökohydrologie am 26.07.2019 in Nanjing



Abbildung 70: Exkursion im Juli 2019 an den Tianmu-See und an den Taihu-See

Veranstaltungen

Chinesisch-Deutsches Symposium "Managing hydro-climatic risks in a changing world" im September 2019 in Darmstadt



Mit Unterstützung des Chinesisch-Deutschen Zentrums für Wissenschaftsförderung fand vom 23. bis 27. September 2019 in Darmstadt das Symposium "Managing hydro-climatic risks in a changing world" statt. Organisiert wurde es von Prof. Dr. Britta Schmalz (ihwb) und Prof. Dr. Tong Jiang (Nanjing University of Information Science & Technology).

Extreme hydro-klimatische Ereignisse wie Stürme, Starkregen, Überschwemmungen, aber auch Dürren stellen ein Risiko für den Menschen dar und haben eine Vielzahl von Auswirkungen auf verschiedene Bereiche der Gesellschaft wie Wirtschaft, Landwirtschaft, Schifffahrt, Energieversorgung, Gesundheitswesen und Ökologie. Es wird erwartet, dass der Klimawandel zu einer Zunahme von Extremereignissen führen wird. Diese Folgen und Schadenspotenziale möglicher zukünftiger Extremereignisse müssen angemessen bewertet werden und dienen als Grundlage für Anpassungsmaßnahmen. Daher ist es notwendig, die klimatischen Veränderungen und ihre Auswirkungen auf die hydrologischen Gegebenheiten zu bewerten, die Risiken zu klassifizieren und ein Managementsystem in einer sich verändernden Welt zu entwickeln.



Abbildung 71: Gruppenbild der Teilnehmenden am Chinesisch-Deutschen Symposium (Foto: D'Ambrosio 24.09.2019)

55 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler nahmen am Symposium teil (Abbildung 71 und Abbildung 72). Insgesamt wurden 38 Vorträge zu den Themen Dürre und Risikomanagement bei Wasserknappheit sowie Starkregenereignisse und integriertes Hochwasserrisikomanagement gehalten. Darüber hinaus wurde 20 Jahre Chinesisch-Deutsche Forschungskooperation gefeiert, die die langfristige Zusammenarbeit der meisten chinesischen und deutschen Symposiumsteilnehmenden ausdrückt. Nach gemeinsamen Diskussionsrunden wurden schließlich weitere gegenseitige Besuche und Austauschmöglichkeiten geplant und Themen für gemeinsame Forschungsideen und Projektanträge für die weitere zukünftige Zusammenarbeit identifiziert.



Abbildung 72: Begrüßungsreden durch Prof. Schmalz, Prof. Jiang und Vizepräsident Prof. Bruder (Foto: Kissel 24.09.2019)

Zum Abschluss des Symposiums fand noch eine Exkursion nach Biebesheim statt. Zunächst ging es zur Rheinwasseraufbereitungsanlage des Wasserverbands Hessisches Ried (WHR). Dort bekam die Gruppe eine sehr interessante Führung durch Herrn Dr. Schreiber und Herrn Glawe von Hessenwasser. Wasser wird aus dem Rhein entnommen und im Brauchwasserwerk Biebesheim aufbereitet. Danach wird es für landwirtschaftliche Beregnung und zur Grundwasseranreicherung weiterverwendet. Dies ist ein wichtiger Beitrag zur nachhaltigen Grundwasserbewirtschaftung im Hessischen Ried. Die einzelnen Schritte der Wasseraufbereitung des Oberflächenwassers wie z.B. die mechanische Reinigung, Absetzbecken und Filter wurden fachkundig gezeigt und erklärt. Die übersichtliche Anordnung der Becken und die Beschilderung machten es allen Teilnehmenden sehr einfach, den Erläuterungen zu folgen. Wir bedanken uns ganz herzlich für diesen Einblick!

Die Fach-Exkursion wurde mit einem Spaziergang zur Entnahmestelle am Rhein sowie einem letzten Gruppenbild (Abbildung 73) abgeschlossen.



Abbildung 73: Exkursion an den Rhein (Foto: Scholand 26.09.2019)

Euromediterranean Network of Experimental and Representative Basins (ERB) – Treffen des Lenkungsausschusses in Ås bei Oslo



Das ERB-Netzwerk ist ein seit 1986 bestehender Zusammenschluss aus derzeit 22 Europäischen Ländern, in welchen hydrologische Einzugsgebiete mit beständiger Datenaufnahme für öko-/hydrologische Forschungszwecke betrieben werden (erb-

network.simdif.com). Der ERB-Lenkungsausschuss setzt sich aus den jeweiligen, von den nationalen UNESCO-IHP-Komitees nominierten nationalen Korrespondenten zusammen und trifft sich jährlich. Deutsche Vertreterin ist derzeit Prof. Schmalz (ihwb). Ihre Mitarbeit im ERB-Lenkungsausschuss wird durch das Internationale Zentrum für Wasserressourcen und Globalen Wandel (ICWRGC) in Koblenz unterstützt.

Das diesjährige Treffen des ERB-Lenkungsausschusses fand am 12./13.09.2019 in Ås bei Oslo in Norwegen statt. Gastgeber war Johannes Deelstra vom NIBIO (Norwegisches Institut für bioökonomische Forschung). Unter Vorsitz von Prof. João de Lima, Universität Coimbra, Portugal, berichteten die anwesenden nationalen Vertreterinnen und Vertreter (Abbildung 74) von den Aktivitäten aus ihren Ländern, und es fanden eine Nachlese der letztjährigen ERB-Konferenz in Darmstadt sowie die Planung der nächsten ERB-Konferenz statt, die vom 23.-25.09.2020 auf Elba, Italien, zum Thema “New perspectives on hydrological and ecohydrological processes in small natural and human-impacted catchments” durchgeführt wird. Verbunden wurde die ERB-Sitzung mit einem Seminar zum Thema „Climate change: changing importance of hydrological pathways and consequences for water quality“ und einer Exkursion ins Skuterud-Einzugsgebiet.



Abbildung 74: Mitglieder des ERB-Lenkungsausschusses auf Exkursion (Foto: Tesar 13.09.2019)

Rückbau eines historischen Holzwehrs an der Dreisam in Freiburg im Zuge der WRRL

Ein Beitrag von UNGER ingenieure [Dipl.-Ing. **Thomas Zimmermann**], Mitglied des Fördervereins

Zur Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit in der Dreisam hat die Stadt Freiburg das frühere Schwabentorwehr, benannt nach dem nahegelegenen historischen Stadttor, durch ein naturnahes Sohlenbauwerk ersetzen lassen. Bei dem alten Schwabentorwehr handelte es sich um eine Holzkonstruktion (Holzrampe), die in ihrer Konstruktionsweise 1873 von der Stadt Freiburg auf Kosten der Kronenmühlebach-Runzgenossenschaft erbaut wurde. Sie diente sowohl der fixierten Ausleitung in den Kronenmühlebach, als auch der Sand- und Kiesgewinnung der Stadt Freiburg.

Das Wehr zwischen Greiffeneggbrücke und Mariensteg war als Holzrampe mit insgesamt 10 Stufen unterschiedlicher Stufenhöhe auf eine gesamte Gewässerbreite von ca. 23,5 bis 23,8 m ausgebildet und überwand dabei auf einer Gesamtlänge von ca. 44 m eine Gesamthöhendifferenz von ca. 2,60 m.

Das Schwabentorwehr stellte ein Wanderhindernis innerhalb der Dreisam für die beheimatete und potentiell beheimatete Gewässerfauna dar. Die Dreisam ist Teil des Lachswiederansiedlungsprogramms. Der betrachtete Gewässerabschnitt der Dreisam wird im Arbeitsplan für den Wasserkörper 31-03 als Programmstrecke mit Defizit hinsichtlich der Durchgängigkeit und der Mindestwasserführung sowie mit hohem Migrationsbedarf (Lachsgewässer) ausgewiesen.

In zahlreichen Planungsvarianten wurde untersucht, wie mit der Umgestaltung des alten Holzwehrs die ökologischen Defizite beseitigt werden können. Rechtliche Aspekte wie den Denkmalschutz waren dabei genauso zu beachten, wie die ökonomische Verhältnismäßigkeit oder aber auch die Möglichkeit über die Höhendifferenz Energie zu gewinnen.

Eine besondere Herausforderung ergab sich in der Planung der baubetrieblichen Abwicklung. Durch die Lage innerhalb des Stadtgebietes existiert im unmittelbaren Umfeld des Schwabentorwehrs eine Vielzahl von



Abbildung 75: UNGER ingenieure, 2017

baulichen Nutzungen. Nördlich und südlich des Schwabentorwehres verlaufen die beiden Richtungsfahrbahnen der Bundesstraße B 31. Ca. 30 m oberstrom des Schwabentorwehres befindet sich die Greiffeneggbrücke. Der Mariensteg als Überquerung der Dreisam für den Fuß- und Radverkehr befindet sich unterstrom des Schwabentorwehrs. Entlang des Dreisam-Südufers verläuft der südliche Dreisamuferweg, der als Vorrangroute für den Radverkehr ausgewiesen ist. Entlang des Dreisam-Nordufers verläuft ein weiterer Dreisamuferweg, der dem Fußgängerverkehr dient. Dazu kam, dass sich in der Dreisam unter Umständen schnelle Wasseranstiege durch Gewitterregen im Schwarzwald ergeben können. Die Dreisam hat einen Mittleren Abfluss von $2,66 \text{ m}^3/\text{s}$ und ein HQ100, Klima von $192 \text{ m}^3/\text{s}$.

Es wurde entschieden, nach vollständigem Abbau des Kulturdenkmals eine naturnahe Fischaufstiegsanlage im Bautyp eines "Gewässerbreiten Raugerinnes mit Beckenstruktur" herzustellen. Das Deckwerk des neuen Sohlenbauwerks aus Wasserbausteinen wurde in Setzstein- sowie in Riegelbauweise erstellt. Es besteht aus insgesamt 21 Becken, in denen flussaufwärts gerichtete Wanderungen der beheimateten Fischarten und von sohlgebundenen Kleinlebewesen ermöglicht werden. Im Unterwasser des Raugerinnes mit Beckenstrukturen wird ein Kolk bzw. eine tiefliegende Nachbettsicherung angeordnet, in welcher ein Fischunterstand eingebaut wurde.



Abbildung 76: NAUE GmbH & Co. KG

Das neue Sohlenbauwerk besitzt eine Gesamtlänge von ca. 115 m, wovon ca. 2 m auf die Sohlsicherung oberstrom der "Rampenkrone" und ca. 15 m auf die Nachbettsicherung entfallen. Das eigentliche Raugerinne mit Beckenstruktur besitzt eine Länge von ca. 98 m und eine Breite von ca. 19,5 bis ca. 23,8 m. Die Gesamt-Wasserspiegeldifferenz des Sohlenbauwerks von ca. 3,3 m wird durch die Beckenstruktur ausgehend vom Oberwasser sukzessive abgebaut.



Abbildung 77: UNGER ingenieure, 2019

Zur Reduktion von Oberflächenwasserverlusten (Exfiltration aus Oberflächengewässer bzw. Infiltration in Grundwasser) bei niedrigen Dreisamabflüssen und niedrigen Grundwasserständen wurde zwischen anstehendem Untergrund und Deckwerk eine geosynthetische Tondichtungsbahn eingebaut.

Die Baukosten beliefen sich auf ca. 1,5 Mio. Euro, bei einer Bauzeit von 5 Monaten.

Freiburg 15.12.2019, tz

Der Förderverein im Internet

Informationen, aktuelle Neuigkeiten und alle Ausgaben des WasserJahres finden sich auf der Homepage des Vereins zur Förderung des Instituts für Wasserbau und Wasserwirtschaft der Technischen Universität Darmstadt e. V. unter dem Link:

www.iww.tu-darmstadt.de/iww/foerderverein_2/index_foerderverein.de.jsp

The screenshot shows the homepage of the IWW Förderverein. At the top, there is a navigation bar with the text 'TU | Fachbereich | Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft' and a search box. Below this is a large aerial photograph of the TU Darmstadt campus. To the right of the photo is the logo of Technische Universität Darmstadt. Below the photo is a breadcrumb trail: 'TU Darmstadt » Fachbereich » Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft » Förderverein'. On the left side, there is a vertical menu with the following items: 'Aktuell', 'Lehre', 'Wasserbau und Hydraulik', 'Ingenieurhydrologie + Wasserbewirtschaftung', 'Förderverein', 'Informationen', 'DAWAKO', 'Förderpreis', 'Publikationen', and 'Downloads'. The 'Förderverein' item is highlighted. In the center, there is a large logo for 'FÖRDERVEREIN IWW' consisting of a blue circular graphic and the text 'FÖRDERVEREIN IWW'. To the right of the logo is a 'Kontakt' section with the following text: 'Technische Universität Darmstadt, Wasserbau und Wasserwirtschaft, Dr.-Ing. Thomas Kraus, Verein zur Förderung des Instituts für Wasserbau und Wasserwirtschaft, Franziska-Braun-Straße 7, 64287 Darmstadt, foerderverein@wb.tu-...'. Below the logo and contact information, there is a short paragraph: 'Verein zur Förderung des Instituts für Wasserbau und Wasserwirtschaft der Technischen Universität Darmstadt e. V. (IWW-Förderverein). Der Verein zur Förderung des Instituts für Wasserbau und Wasserwirtschaft der Technischen Universität Darmstadt e. V. (IWW-Förderverein) ist ein eingetragener Verein, dessen Ziel darin besteht, Forschung und Lehre am Institut IWW zu fördern.'

Die Homepage beinhaltet folgende Rubriken:

- Informationen
Hier finden sich Informationen zur Mitgliedschaft und das digitale Formular des Aufnahmeantrags.
- DAWAKO
Informationen zum aktuellen **Darmstädter wasserbau- und wasserwirtschaftlichen Kolloquium** (DAWAKO) als auch ein Archiv mit den Beiträgen der vergangenen DAWAKO's sind in dieser Rubrik abgelegt.
- Förderpreis
Für besondere Abschlussarbeiten werden vom Förderverein Preise an die Bearbeitenden vergeben. Diese Rubrik stellt die Preisträgerinnen und Preisträger der vergangenen Jahre mit den Themen ihrer ausgezeichneten Arbeiten vor.
- Publikationen
Hier befindet sich das digitale Archiv des Jahresheftes **WasserJahr**, welches das Institut jährlich mit Unterstützung des Fördervereines publiziert. Alle Ausgaben können digital im PDF-Format heruntergeladen werden. Zudem werden hier weitere interessante Beiträge (bspw. Exkursionsberichte) als Download veröffentlicht.
- Downloads
In dieser Rubrik befindet sich die digitale Ablage der Vereinssatzung, des Aufnahmeantrages und einer Einzugsermächtigung.

Der Förderverein lebt als Netzwerk von der Vielfalt und dem fachlichen Austausch der Mitglieder. Bitte unterstützen Sie dies und helfen Sie mit, neue Mitglieder anzuwerben.

WasserJahr 2019

Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft



Mit freundlicher Unterstützung von

DAHLEM



Jahresheft der Fachgebiete:
Wasserbau und Hydraulik
Ingenieurhydrologie und Wasserbewirtschaftung