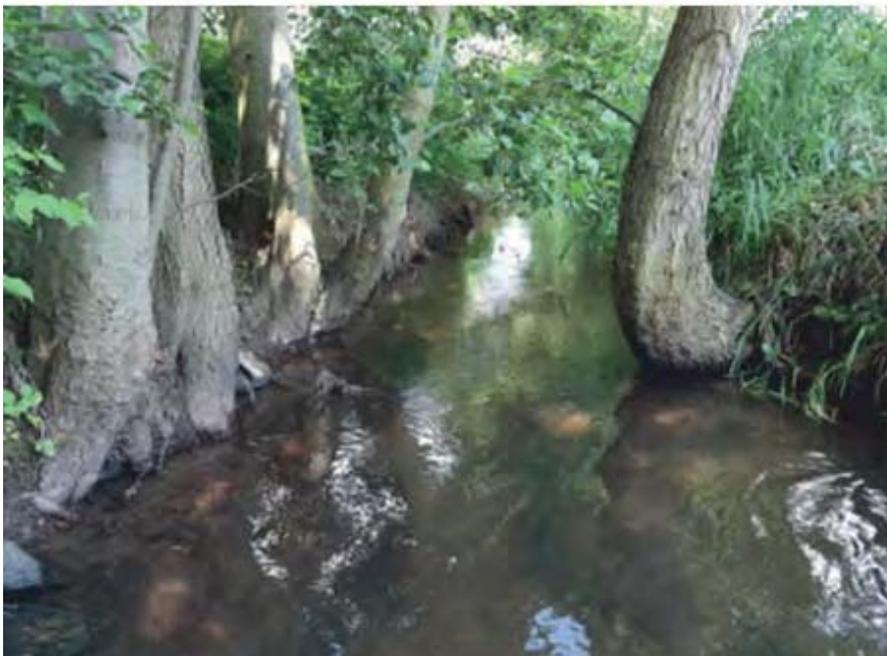


# WasserJahr 2018

Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft



## Editorial

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

die Lehr- und Forschungsaktivitäten am Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft haben im Jahr 2018 interessante Erkenntnisse und Ergebnisse hervorgebracht. Die behandelten Themen sind breit gefächert und adäquat in Lehre, Forschung und Praxis eingebunden.

Am **Lehrstuhl für Ingenieurhydrologie und Wasserbewirtschaftung**, der 2016 neubesetzt wurde, ist nun die Anfangsphase mit Etablierung von Strukturen und Kontakten abgeschlossen. Die Einrichtung des Feldlabors nach Auswahl des Gersprenz-Einzugsgebiet als langjähriges hydrologisches Studiengebiet ist weiter fortgeschritten. Es wurden innovative hydrologische Themen im Rahmen von Dissertationen, Abschlussarbeiten und Kooperationen behandelt. Die Organisation mehrerer internationaler Veranstaltungen haben das bestehende Netzwerk noch erweitert und vertieft.

Der **Lehrstuhl für Wasserbau und Hydraulik** hat ein erfolgreiches Jahr mit zahlreichen Forschungs- und Drittmittelaufträgen hinter sich. Dazu hat auch das Wasserbauliche Forschungslabor mit seinen Versuchsrinnen und Modellen einen großen Beitrag geliefert. Unterschiedlichste Forschungsarbeiten werden hier durch unterschiedliche Projektförderer finanziert und z.T. zusammen mit anderen Projektpartnern durchgeführt. Diese sind mit einer Vielzahl an laufenden Dissertationen und abgeschlossenen Abschlussarbeiten gekoppelt. Details der Forschungsaktivitäten und Kooperationen beider Lehrstühle finden Sie im vorliegenden Heft.

Im Bereich der **Lehre** sind die Kurse der beiden Lehrstühle weiter sehr gut besucht. **Exkursionen** sowohl in die nähere hessische Umgebung als auch in europäische Nachbarländer bieten den Studierenden praxisbezogene wasserwirtschaftliche Aspekte. Eine große Anzahl erfolgreich absolvierter studentischer **Abschlussarbeiten** am Institut zeigt die Vielfalt der Wasserthemen und das große Interesse der Studierenden an ihnen. Zu allen Gebieten können Sie Details in diesem Heft nachlesen.

Schon zum dritten Mal in Folge wurde das **DAWAKO** (Darmstädter wasserbau- und wasserwirtschaftliches Kolloquium) erfolgreich durchgeführt. Interessante Fachvorträge und Diskussionen, die Verleihung von Preisen für hervorragende studentische Abschlussarbeiten, die Mitgliederversammlung des Fördervereins und das abendliche Barbecue samt musikalischer Begleitung wurden durch eine große Anzahl an Teilnehmerinnen und Teilnehmern belohnt. Sehen Sie dazu unseren Bericht weiter hinten.

Wir wünschen Ihnen nun viel Spaß beim Durchblättern und Lesen des *WasserJahr 2018* 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 2018 – Rückblick   | 3  |
| • Informationen aus dem Förderverein                                      | 7  |
| • Förderpreise 2018 für hervorragende studentische Abschlussarbeiten 2017 | 8  |
| • Aus den Fachgebieten: Wasserbau und Hydraulik                           | 18 |
| ○ Promotionen   | 18 |
| ○ Lehre   | 19 |
| ○ Veranstaltungen   | 24 |
| ○ Forschung   | 26 |
| • Aus den Fachgebieten: Ingenieurhydrologie und Wasserbewirtschaftung     | 44 |
| ○ Promotionen   | 44 |
| ○ Lehre   | 44 |
| ○ Veranstaltungen   | 45 |
| ○ Forschung   | 47 |
| • Beiträge zu hervorragenden studentischen Abschlussarbeiten 2018         | 59 |
| • Beitrag eines Förderverein-Mitglieds                                    | 86 |
| • Der Förderverein im Internet  | 88 |

## Impressum

Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft

Fachgebiet Wasserbau und Hydraulik

Fachgebiet Ingenieurhydrologie und Wasserbewirtschaftung

Prof. Dr.-Ing. habil. Boris Lehmann

Prof. Dr. habil. Britta Schmalz

Franziska-Braun-Straße 7, 64287 Darmstadt

Unterstützt durch:

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

Titelbild: ihwb-Feldlabor, Fischbach-Einzugsgebiet (Fotos: FG Ingenieurhydrologie und Wasserbewirtschaftung)

Rückseite: Steinhardt ® Wassertechnik

## DAWAKO 2018 - Rückblick

Das DAWAKO 2018 fand am 15.02.2018 in gewohnter Weise im Hörsaal des neuen Bauingenieurbäudes auf dem Campus Lichtwiese statt. Mit knapp 100 angemeldeten Teilnehmern und einigen spontan noch dazu gestoßenen Interessierten war der Hörsaal mit seinen 120 Plätzen sehr gut gefüllt und die Stimmung entsprechend gut. Seitens des Fördervereins waren 34 Teilnehmer mit dabei – das sind mehr als 40% der gegenwärtigen Mitgliederzahl.

Wie auch im letzten Jahr gliederte sich das DAWAKO in drei Blöcke: Wasserbau, Hydrologie und Förderverein. Dazwischen lagen eine Mittags- und eine Kaffeepause mit genügend Zeit für anregende Gespräche und dem Wiedererleben „der guten alten Zeit an der TU“.

Nach einer kurzen Eröffnung und Begrüßung durch die beiden Fachgebietsleiter Prof. Schmalz und Prof. Lehmann begann der Block Wasserbau mit drei Vorträgen.

Herr **Dr.-Ing. Frank Seidel** vom Institut für Wasser und Gewässerentwicklung am Karlsruher Institut für Technologie eröffnete den Block mit einem Vortrag zu hydraulischen Versuchen zur Hochwasserentlastungsanlage einer Talsperre. Dr. Seidel leitet die Abteilung „Wasserbau und Gewässerentwicklung“, an die auch das renommierte Theodor-Rehbock-Wasserbaulabor angegliedert ist. In seinem Vortrag fokussierte Dr. Seidel auf laufende Untersuchungen zu zwei Stauhaltungen am albanischen Drin-Fluss. Beide Stauhaltungen sind durch hohe Talsperren mit Wasserkraftnutzung gefasst und es gilt, zusätzliche Hochwasserentlastungen nachzurüsten, da die bestehenden Entlastungsbauwerke nicht mehr genügend Abflusskapazität bewerkstelligen können. Mittels hydrodynamischer und physikalischer Modelle entwickelte man am KIT konkrete Bauwerkslagen und -gestaltungen für Entnahmebauwerke, um die geforderten Hochwassermengen ohne Wirbelbildung aus dem Stauraum in ein Stollensystem einleiten zu können. Dr. Seidel zeigte dazu in seinem Vortrag einerseits die hohe Projektdynamik auf, welche des Öfteren aufgrund ungünstiger Randbedingungen zu Umplanungen und neuen Varianten führe. Andererseits machte Dr. Seidel deutlich, dass mittels Kopplung von numerischen und physikalischen Modellen Fern- und Nahfeldwirkungen gezielt untersucht und relativ zeitsparend auch Vorstudien durchgeführt werden konnten. Dr. Seidel machte zudem darauf aufmerksam, dass am KIT die Entnahmebauwerke untersucht und optimiert wurden, man hierbei jedoch eng und effektiv mit dem Fachgebiet Wasserbau und Hydraulik der TU Darmstadt (TUDa) zusammengearbeitet hat, da an der TUDa selbige Untersuchungen und Modellierungen für die zugehörigen Auslassbauwerke im Unterwasser der Stauanlagen zeitgleich durchgeführt wurden.

**Prof. Stephan Theobald**, Leiter des Fachgebietes Wasserbau und Wasserwirtschaft an der Universität Kassel, fokussierte mit seinem Vortrag auf das Thema „Modelluntersuchungen zu Flusskraftwerken“. Das Fachgebiet von Prof. Theobald verfügt ebenso wie das KIT und die TUDa über ein wasserbauliches Forschungslabor und nutzt sowohl numerische als auch physikalische Modelle im Rahmen von Forschungs- und Entwicklungsarbeiten. Der Vortrag konzentrierte sich auf zwei unterschiedliche Laufwasserkraftwerke – eine kleinere Anlage an der Eder und eine große Anlage am Oberrhein. Prof. Theobald zeigte in seinem Vortrag auf, wie mittels numerischer und physikalischer Modelle bei beiden Standorten eine optimale Anströmung gewährleistet werden konnte, so dass die installierten Turbinen die erwarteten Leistungen erreichen. Speziell beim Laufwasserkraftwerk am Rhein spielte dabei vor dem Krafthaus eine sich verändernde Geschiebeablagerung eine wichtige Rolle – mit Hilfe der physikalischen Modellierung ist man derzeit damit beschäftigt, deren Auswirkungen auf den Turbinenbetrieb zu evaluieren und Gegenmaßnahmen zu entwickeln. Als Fazit stellte Prof. Theobald fest, dass numerische Strömungs- und Feststofftransportmodelle für Vorstudien gut geeignet sind, Detailfragen zur Strömung und zum Sedimenttransport jedoch nur in ausreichender Qualität mit entsprechend skalierten physikalischen Modellen beantwortet werden können.

Der letzte Vortrag im Themenblock Wasserbau wurde von einem Doktoranden aus dem Fachgebiet Wasserbau und Hydraulik gehalten. **Steve Borchardt, M.Sc.**, hat an der TUDa Bauingenieurwesen studiert und ist bereits seit 2016 am Fachgebiet zunächst als studentische Hilfskraft und seit 2017 als wissenschaftlicher Mitarbeiter tätig. Herr Borchardt stellt im Rahmen seines Vortrages sein Promoti-

---

onsthema vor. Es geht um die wärmeenergetische Nutzung von Fließgewässern. Dazu stellt er zunächst unterschiedliche Methoden des Wärmeentzugs aus Fließgewässern mittels Wärmepumpen vor und gibt dabei an, dass tatsächlich die erste Wärmepumpe überhaupt zu genau diesem Zweck gebaut und in der Schweiz betrieben wurde. Im Rahmen seiner Forschung entwickelt Herr Borchardt einen wärmetechnischen Versuchsstand, der die Bewertung des Betriebs und der Effektivität unterschiedlicher Wärmetauscher in Fließgewässern ermöglicht. Neben thermodynamischen Aspekten werden dabei auch hydraulische Aspekte berücksichtigt: so spielt beispielsweise die Durchströmung der Wärmetauscherelemente für den Wärmeaustausch und -transport eine wesentliche Rolle ebenso wie zu beachten ist, dass Einbauten in Fließgewässer möglichst aufstauneutral und wenig verklausurungsanfällig erfolgen sollten. Herr Borchardt weist darauf hin, dass die Vorversion seines Versuchsstandes im Wasserbaulabor der TUDA besichtigt werden kann und für das Jahr 2018 der Aufbau eines großen Versuchsstandes ansteht.

Der erste Block endete gegen Mittag, und es erfolgte ein nostalgisches kulinarisches Erlebnis in der benachbarten Mensa. Eine kleine Posterpräsentation durch Promovierende der beiden Fachgebiete gab weitere Gelegenheit zum fachlichen Austausch. Der Nachmittag begann dann mit dem Block Hydrologie, bei dem das Thema Bodenerosion auf verschiedenen Skalenebenen behandelt wurde.

Der erste Vortrag im Themenblock wurde von einer Mitarbeiterin aus dem Fachgebiet Ingenieurhydrologie und Wasserbewirtschaftung gehalten. **Angela Rebscher, M.Sc.**, hat an der TUDa Umweltingenieurwissenschaften studiert und ist seit 2014 am Fachgebiet tätig. Im Rahmen ihres Vortrages stellt sie einen Teilaspekt ihres Promotionsthemas vor: Die Messung des Erosionsverhaltens von Böden im Laborexperiment. Bodenerosion ist ein weltweites Problem, für dessen Modellierung Erosionseigenschaften als Eingangsdaten benötigt werden. Diese werden in bestehenden Modellen jedoch nur stark vereinfacht abgebildet. Frau Rebscher stellt einen Ansatz vor, mit dessen Hilfe die Erosionsparameter kohäsiver Böden messtechnisch erfasst werden können. Der Bau und die Nutzung eines JET Erosion Test (nach Hanson 1990) am FG ihwb erlauben ein breites Spektrum an Böden, Probenarten und Fragestellungen relativ schnell zu untersuchen. Durchgeführte Versuche mit verschiedenen Bodenarten, u.a. von Hängen des Fischbachtals, zeigen, dass beide untersuchten Erosionsparameter -Erodibilität und kritische Scherspannung- Wertespannen über mehrere Zehnerpotenzen zeigen können. Kleinräumige Heterogenität sowie Abhängigkeit von Bodenarten und Bodenfeuchte sind deutlich sichtbar. Frau Rebscher schließt mit dem Ausblick, dass kleinskalige Erosionsmodellierung die Heterogenität der Bodenparameter berücksichtigen können muss.

Herr **Dr. Thomas Vorderbrügge** vom Hessischen Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie, Dezernat Bodenschutz und Bodeninformation, referiert über Bodenerosion im Spannungsfeld von Bodenschutz, Landwirtschaft und Gewässerschutz. Dazu stellt er zunächst die wichtigsten Gefährdungen landwirtschaftlicher Böden, Maßnahmen zum Erosionsschutz, Rechtsgrundlagen und Arbeitshilfen vor. Im Bereich Bodenschutz sollte eine Kombination aus Wissen und Politik zum Handeln führen. Dazu führt er jedoch zahlreiche Spannungsfelder auf, wie beispielsweise zwischen Gesetzeslage, Planungen, Akzeptanz sowie Bodenschutz, Naturschutz und „Gewässerbau“. Herr Dr. Vorderbrügge sieht Bodenschutz und Erosion als die Summe aus den vorhandenen fachlichen und gesetzlichen Grundlagen, der Umsetzung des aktuellen Wissens sowie der Frage der Auflösung der Spannungsfelder.

Herr **Dr.-Ing. Axel Winterscheid** von der Bundesanstalt für Gewässerkunde, Referat Grundwasser, Geologie und Gewässermorphologie, stellt in seinem Vortrag „Satellitendaten für das Gewässermonitoring von Trübung“ Ergebnisse aus dem WasMonCT Verbundprojekt (mit LUBW; gefördert von DLR, BMVI, Copernicus) vor. Dazu werden Satelliten-basierte (Landsat8, Sentinel-2) flächenhafte Trübungsdaten mit zeitlich hoch aufgelösten in-situ Messdaten kalibriert und validiert. Herr Dr. Winterscheid zeigt beeindruckende und anschauliche Beispielanwendungen vom Ober-/Mittelrhein und der Tideelbe.

Nach dem Hydrologie-Block gab es eine Kaffeepause, bevor der Block des Fördervereins startete.

**Dr.-Ing. habil. Thomas Luckner** von der GIP Grundwasser-Ingenieurbau-Planung GmbH Dresden zeigte in seinem Vortrag „Objekt-Hochwasserschutz für das historische Blockhaus Dresden“ beeindruckende

ckend auf, dass bei ufernahen Objekten der Hochwasserschutz oftmals mit aufwendigen Dichtungsmaßnahmen im Untergrund verbunden ist. Mit authentischen Bildern führte Dr. Luckner die Hochwassersituation an der Elbe bei Dresden vor Augen und kennzeichnete dabei die Lage des zu schützenden historischen Objektes, in das eine teure Ausstellung einziehen soll. Der Aufwand der hier betrieben werden musste, um tatsächlich die Hochwasserfreilegung bewerkstelligen zu können, bestand aus mobilen Schutzwänden, Dichtungswänden unterschiedlicher Art, welche tief in den Untergrund rund um das Gebäude unter Berücksichtigung zahlreicher dort verlaufender Leitungen eingebaut werden mussten, als auch leistungsfähige Brunnenanlagen zur Grundwasserableitung. Beim Vortrag wurde die immense Verantwortung des Planers deutlich, bei gegebenen komplexen Randbedingungen aus einem Portfolio möglicher Maßnahmen die geeignetsten auszuwählen und funktionssicher miteinander zu kombinieren.

Nach dem Vortrag von Herrn Dr. Luckner erfolgte die Verleihung der Förderpreise. Als Sponsoren stifteten die Unternehmen SYDRO GmbH, BCE Björnsen und GIP Grundwasser-Ingenieurbau-Planung GmbH jeweils 500 Euro, welche auch im Rahmen von drei Preisen verteilt wurden (Abbildung 1). Die beiden Fachgebiete hatten dazu im Vorfeld des DAWAKO alle sieben studentischen Abschlussarbeiten aus dem Jahr 2017, welche mit der Note „sehr gut, 1.0“ bewertet wurden, einer Jury des Fördervereins vorgelegt. Der Sprecher der Jury, Dr.-Ing. Andreas Wetzstein, moderierte die Preisverleihung und Vertreter der preisstiftenden Unternehmen überreichten jeweils Urkunden an „ihre“ Preisträger (Abbildung 2).



Abbildung 1: Die Urkunden mit Nennung der Preisträger/innen und Sponsoren

Herr **Benjamin Schepens, B.Sc.** bekam einen Preis für seine Bachelor-Thesis zum Thema „Recherche und Bewertung innovativer Ansätze zur Wasserkraftnutzung“. Die Arbeit überzeugte die Jury durch einen gelungenen Überblick neuer Energiewandler zur Nutzung von Strömungen, Gezeitenhub, Dichtunterschiede oder Wellenbewegungen. Tolle Bebilderungen und eine sehr gut ausgearbeitete Bewertung machen die Arbeit spannend und lesenswert. Die Arbeit wurde von Prof. Lehmann betreut.

Frau **Sabine Santhirasegaran, B.Sc.** wurde für ihre Bachelor-Thesis zum Thema „Der neue Referenzparameter AFS63 in Regelwerken zum Gewässerschutz“ ausgezeichnet. Die Jury war begeistert, mit welcher Klarheit und Schlüssigkeit das zunächst recht „trockene“ Thema von Frau Santhirasegaran angepackt und anhand realer Fallstudien bearbeitet wurde. Die dabei erkannten Defizite zum Referenzparameter AFS63 wurden von der Kandidatin klar und fair herausgestellt und mit konstruktiven Hinweisen zu weiteren notwendigen/sinnvollen Untersuchungen ergänzt. Die Arbeit wurde von Prof. Schmalz in Kooperation mit Sydro Consult betreut.

Ein weiterer Preis ging an **Kim Merle Nobis, M.Sc.**, die sich in ihrer Master-Thesis mit einer „Gewässerentwicklungsplanung für einen Kinzigabschnitt am Pegel Hanau“ beschäftigte. Die Jury zeigte sich beeindruckt von der Systematik und fachlichen Klarheit, mit der Frau Nobis eine doch recht komplexe Gewässerentwicklungsplanung für diesen Kinzigabschnitt bewerkstelligt und planerisch dargestellt hat. Zudem galt es, die dortige Pegelanlage umzusiedeln und dabei möglichst gute Anströmbedingungen für den neuen Pegel zu gewährleisten und zugleich ein Vorgehen zu erarbeiten, um die Daten vom alten auf den neuen Pegel transferieren zu können. Die Arbeit wurde von Prof. Lehmann betreut und vom RP Darmstadt (Frau Geselle und Herr Lüttkenhaus-Kopp) unterstützt.



Abbildung 2: Die Preisträgerinnen und der Preisträger mit Vertretern der Auswahljury

Alle drei Preisträger stellten ihre Arbeiten in Kurzvorträgen vor und beeindruckten das Publikum dabei mit einer gekonnten Präsentations- und Vortragstechnik. Separate Artikel zu den ausgezeichneten Arbeiten finden sich hier im Wasserjahr.

Das DAWAKO wurde von den Vorsitzenden Dr. Thomas Kraus und Prof. Boris Lehmann mit Dankesworten an alle Referentinnen und Referenten, die Jury, die Sponsoren, die Teilnehmerin und Teilnehmer sowie die im Hintergrund wirkenden Mitarbeiterinnen, Mitarbeiter und Studierenden pünktlich am Spätnachmittag geschlossen. Es folgte sodann eine Mitgliederversammlung des Fördervereins.

Ab 18 Uhr startete dann im wasserbaulichen Forschungslabor das Barbecue mit Modellbesichtigungen und einer entspannenden Live-Musik der Band TUNE UP – JazzMotion. Jörg Steinhardt (Steinhardt Wassertechnik) hat auch in diesem Jahr als langjähriges Fördervereinsmitglied mit seiner Band das DAWAKO gekonnt und klangvoll abgerundet – vielen Dank an Hermann Kock (Drums), Moritz Grenzmann (Bass), Manuel Seng (Piano) und Jörg Steinhardt (Saxophon) für die tolle Atmosphäre, die dadurch entstanden ist. Ebenso war die Freude groß über das leckere Buffet mit den frisch gegrillten Steaks, Würsten und Gemüsespießen als auch über das frische Bier und den guten Wein. Zudem liefen einige Modelle im Wasserbaulabor und man konnte sehen, was der Laborleiter Dr. Wiesemann für Projekte mit seinen Mitarbeitern zu Wege gebracht hat. Auch hier war wieder die Nostalgie der „Ehemaligen“ zu spüren – das Feeling der vergangenen Zeit als Doktorand/in und Mitarbeiter/in am Institut zauberte vielen ein sichtbares Lächeln ins Gesicht. Für die Studierenden war das die ideale Plattform, um ins Gespräch mit Fördervereinsmitgliedern und anderen DAWAKO-Teilnehmern aus den Behörden und Planungsbüros zu kommen, und die letzten Gäste haben die Veranstaltung dann gegen 2:30 Uhr in der Früh beendet.

Danke für all die entgegengebrachte Unterstützung – wir freuen uns auf ein Wiedersehen beim DAWAKO 2019!

## Informationen aus dem Förderverein

Dr.-Ing. Thomas Kraus (Vorsitzender)



Im Jahr 2018 haben wir es nun endlich geschafft und die schon längere Zeit angestrebte Umstrukturierung des Vereinsvorstands umgesetzt. Das Ziel der neuen Zusammenstellung des Vorstands bestand darin, ein Gleichgewicht in der Anzahl der am Institut Beschäftigten und den sogenannten „Externen“, den nicht am Institut Beschäftigten, zu schaffen. Mit der Neufassung der Satzung und der bereits vorgezogenen Wahl beim DAWAKO 2018 besteht der Vorstand nun aus 8 Mitgliedern: Neben den beiden Fachgebietsleitern Boris Lehmann und Britta Schmalz sind dies Jens-Uwe Wiesemann und Dominik Scholand als Institutsbeschäftigte und Nicole Saenger, Steffen Heusch, Andreas Wetzstein und Thomas Kraus als „Externe“. Damit ist der Verein jetzt nachhaltiger aufgestellt als dies in früheren Zeiten der Fall war. Wir sind also für die kommenden Aufgaben gut gerüstet. Im November 2018 kam der neu aufgestellte Vorstand bereits erstmals zusammen.

Rückblickend auf das Jahr 2018 freue ich mich ganz besonders, dass unsere Projekte: „DAWAKO“ und „WasserJahr“ (die seit 2015 aufgelegte Institutsbroschüre) sowie das „JuWi-Treffen“ (das Treffen von jungen Wissenschaftlern) großen Erfolg verzeichneten.

Das DAWAKO hat sich seit der Neuauflage im Jahr 2016 inzwischen zu einer jährlichen Veranstaltung entwickelt, die mit namhaften Vortragenden und interessanten Vorträgen großes Ansehen genießt. Durch die Mischung von Vorträgen aus den beiden Fachgebieten mit ihren sehr unterschiedlichen fachlichen Ausrichtungen sowie den studentischen Beiträgen und den Vorträgen von Ehemaligen weist die Veranstaltung ein Alleinstellungsmerkmal unter den wasserbaulichen Fachseminaren auf. Durch das abschließende BBQ bietet es eine Plattform auf der sich Ehemalige und aktuelle Mitarbeiter sowie Studierende zusammenfinden. In dieser Konstellation ist das einmalig. Vielen Dank an dieser Stelle auch den Sponsoren, die es ermöglichen, im Rahmen des DAWAKO Förderpreise für besondere studentische Leistungen zu vergeben.

Das WasserJahr befindet sich mit diesem Exemplar bereits im fünften Erscheinungsjahr. Die Zusammenstellung der Beiträge und die Gestaltung des Heftes sind für die Fachgebiete schon zur jährlichen Routine geworden. Die Broschüre ist allen Interessierten zugänglich und wird außerdem uns Mitgliedern zugeschickt. So bleiben wir als Mitglieder bestens informiert und Gäste bekommen einen Eindruck über die Geschehnisse am Institut, wie auch die Studierenden erfahren, was eine berufliche Zukunft im Fach Wasserbau und Wasserwirtschaft bedeuten kann.

Mit dem 20. JuWi-Treffen, einer Fachveranstaltung für junge Wissenschaftler aus deutschsprachigen Wasserbauinstituten konnte sich unser Wasserbauinstitut auch über die Grenzen sehr gut präsentieren. Die hohe Teilnehmerzahl bestätigte die Qualität dieser Veranstaltung, die zum ersten Mal in Darmstadt stattgefunden hat. Besonderer Dank gilt den Mitarbeitern, die neben ihren inhaltlichen Beiträgen auch sämtliche organisatorischen Aufgaben übernommen haben. Zu nennen sind: Katharina Bensing, Steve Borchardt, Gisela Kissel und Sirko Lehmann.



## Preise für hervorragende studentische Abschlussarbeiten 2017

Die im Folgenden vorgestellten studentischen Abschlussarbeiten wurden durch eine Jury des Fördervereins ausgewählt und während des DAWAKO 2018 mit Preisen gewürdigt.

### ***Bewertung innovativer Ansätze zur Wasserkraftnutzung***

**Bachelorthesis von Benjamin Scheppens am Fachgebiet Wasserbau und Hydraulik**

Studiengang: Umweltingenieurwissenschaften

Studienschwerpunkte: Gewässer und Bodenschutz; Ver- und Entsorgung

Vertiefungen: Wasserbau, Hydraulik, Gewässerentwicklung



#### **Veranlassung und Ziele**

Der Energieverbrauch hat mit der Erfindung der Dampfmaschine und der damit einhergehenden Industrialisierung eine enorme Steigerung erfahren. Nachdem zunächst überwiegend Kohle eingesetzt wurde, folgten später Erdöl und Erdgas als Energieträger. Im letzten Jahrhundert wurden diese um Kernkraftwerke ergänzt.

Der steigende Energiebedarf, die zunehmende Weltbevölkerung, die Endlichkeit der zuvor genannten Energieträger und die von ihnen ausgehenden Umweltbelastungen machen die Erschließung alternativer Energiequellen erstrebenswert. Darunter fällt auch die Wasserkraft, deren gegenwärtiger Stand der Technik trotz der langzeitigen Nutzung auf nur wenigen Wasserkraftmaschinen fußt.

Der weitere Ausbau dieser konventionellen Wasserkraftanlagen in Deutschland und anderen Ländern Europas ist jedoch nur noch in begrenztem Umfang möglich. Aus diesen Gründen befasste sich die Studienarbeit mit innovativen Konzepten, um die Kraft des Wassers zu nutzen (Abbildung 3). Diese sollten recherchiert, beschrieben und abschließend bewertet werden. Aufgrund der umfassenden Menge innovativer Ansätze konnte lediglich ein Auszug an Konzepten vorgestellt werden. Ein Großteil stammt aus dem Bereich der Wellenkraft.

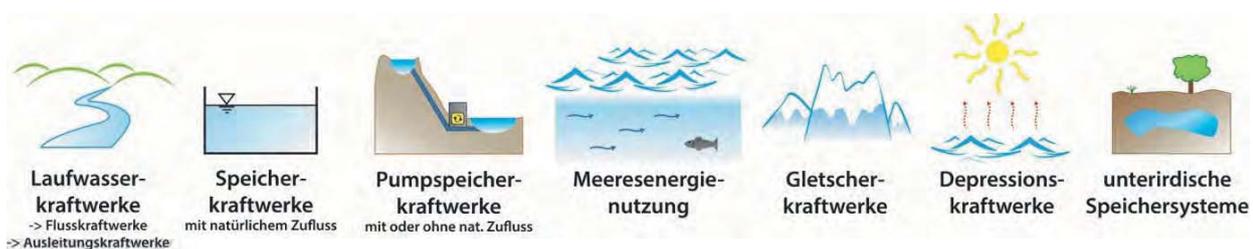


Abbildung 3: Wasserkraftwerke, klassifiziert anhand technischer Gesichtspunkte (Eigene Darstellung nach Giesecke, et al., 2014)

#### **Vorgehen und Ergebnisse**

In Grundlagenkapiteln wurde zunächst theoretisches Fachwissen erläutert und anschließend relevante Akteure aufgeführt, welche in direktem Zusammenhang mit der Forschung und Entwicklung neuer Wasserkraftwerke stehen. In den darauffolgenden Kapiteln wurden die ausgewählten Systeme vorgestellt und dabei auf die technische Umsetzung, Hintergründe der Entwicklung sowie Vor- und Nachteile der Systeme eingegangen. Auf Grundlage der dargelegten Informationen fand schließlich die Bewertung statt.

Da sich die verschiedenen Anlagen stark unterscheiden, wurde für den Vergleich eine Bewertungsmatrix (Tabelle 1) erstellt. Ziel war die Formulierung möglichst prägnanter Schlagworte, welche unterschiedliche Aspekte berücksichtigen. Hilfsfragen sollten diese Schlagworte näher aufschlüsseln und konkretisieren. Abschließend wurden Punkte vergeben und es erfolgte deren Gewichtung.

Eine wichtige Erkenntnis aus der Vorabrecherche war, dass bei der Beurteilung nicht nur technische Aspekte im Vordergrund stehen sollten, sondern auch Themen wie Nachhaltigkeit, Naturverträglichkeit und der Umgang mit Herausforderungen berücksichtigt werden sollten. So wurde bspw. das Schlagwort „Herausforderungen“ höher bewertet, da es bspw. Projekte mit solch erheblichen technischen Problemen gab, dass die Entwicklung eingestellt werden musste. Demgegenüber wurde dem Punkt „Leistung“ nur eine geringe Gewichtung zugeteilt, da die Systeme größtenteils noch am Anfang ihrer Entwicklung stehen. Bei der weiteren Forschung und Entwicklung sind Steigerungen der Leistung potentiell möglich.

Die Bewertung der Anlagen erfolgte nach persönlichem Ermessen und stellt somit nicht zwangsläufig einen allgemeingültigen in der Wissenschaft vertretenen Standpunkt dar. Die Ergebnisse lassen sich Abbildung 4 entnehmen.

Tabelle 1: Bewertungsmatrix (Eigene Darstellung)

| Schlagwort             | Hilfsfragen   | Pkt. | Gewichtung  |
|------------------------|---|------|-------------|
| Nachhaltigkeit         | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Welchen Ursprung hat das genutzte Wasser? (Meerwasser, Schmelzwasser von Gletschern, ...)</li> <li>- Zukunftsfähigkeit der Wassernutzungsart?</li> </ul>   | 10   | 10%         |
| Technik                | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Anfälligkeit gegenüber Störungen?</li> <li>- Wird auf bewährte Technik zurückgegriffen?</li> </ul>   | 10   | 20%         |
| Installation & Wartung | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Wie aufwändig ist die Installation am Standort?</li> <li>- Ist die Anlage für den Wartungszugriff leicht zu erreichen? (Wartung auf hoher See, an Land, ...)</li> <li>- Ist das Konzept der Anlage wartungsarm oder wartungsintensiv?</li> </ul> | 10   | 15%         |
| Naturverträglichkeit   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Wie stark fällt der Eingriff in die Umwelt aus?</li> <li>- Gibt es bekannte Auswirkungen auf die Umwelt (Flora &amp; Fauna)?</li> <li>- Verletzungsrisiko für Meeresbewohner? (geschlossenes oder offenes System, ...)</li> </ul>                | 10   | 25%         |
| Herausforderungen      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Gab es Probleme und Rückschläge?</li> <li>- Wie wurde mit Rückschlägen und Herausforderungen umgegangen?</li> <li>- Wird ein ähnliches Anlagenkonzept von anderen Entwicklern verfolgt?</li> </ul>   | 10   | 25%         |
| Leistung               | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Wie ist die Leistung der Anlage im Vergleich zu anderen Anlagen?</li> </ul>  | 10   | 5%          |
| <b>SUMME</b>           | Gesamtwertung   | -    | <b>100%</b> |

## Fazit

Die vorgestellten Anlagen sind nur eine kleine Auswahl an innovativen Ansätzen zur Wasserkraftnutzung. Daraus geht bereits hervor, dass sich diese neuen Systeme verglichen mit den konventionellen Anlagen noch am Anfang ihrer Entwicklung befinden und sich bisher noch kein System durchsetzen konnte. Im Verlauf der Bearbeitung der Studienarbeit gab es zahlreiche Meldungen über neue Projekte, Erfolge und Misserfolge.

Die Finanzierung von Forschung und Entwicklung ist dabei ein zentraler Angelpunkt, wenn neuartige Systeme erfolgreich etabliert werden sollen. Vielversprechende Konzepte scheiterten letzten Endes an der fehlenden Finanzierung oder der Pleite von Unternehmen. Doch trotz einiger Rückschläge gibt es auch Erfolge, die in den vergangenen Jahren erreicht werden konnten. Um eine intakte Umwelt und eine naturverträgliche Energieversorgung für die Zukunft sicherzustellen, ist die weitere Entwicklung dieser Ansätze essentiell.

Letzten Endes bleibt die weitere Entwicklung ein spannendes Thema und es ist nicht auszuschließen, dass sich verschiedene Ansätze durchsetzen werden. Möglicherweise befinden sich diese Anlagen aber auch noch gar nicht in der Entwicklung oder hat die Forschung gerade erst begonnen.

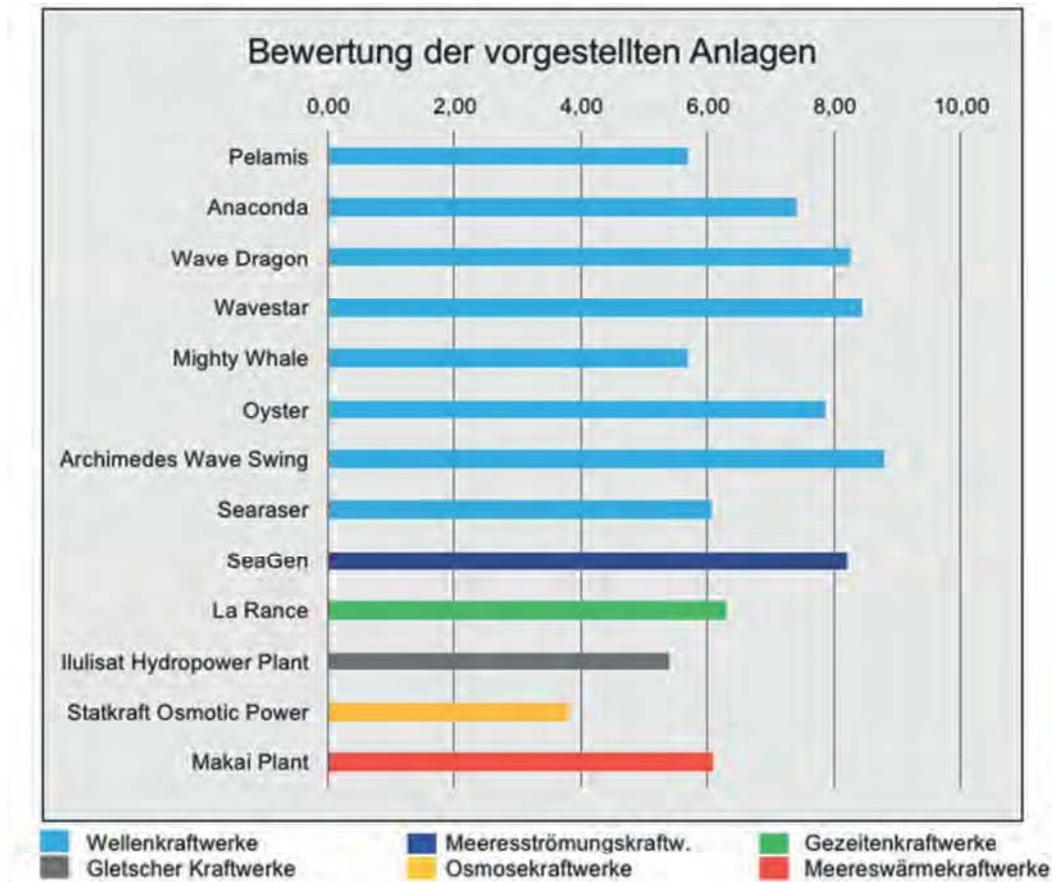


Abbildung 4: Bewertung der vorgestellten Anlagen (Eigene Darstellung)

## Literatur

Giesecke, Jürgen, Heimerl, Stephan und Mosonyi, Emil. 2014. *Wasserkraftanlagen. Planung, Bau und Betrieb*. 6. Auflage. Berlin /Heidelberg : Springer Vieweg, 2014. 978-3-642-53871-1.

## ***Der neue Referenzparameter AFS63 in Regelwerken zum Gewässerschutz***

Bachelorthesis von Sabine Santhirasegaran am Fachgebiet Ingenieurhydrologie und Wasserbewirtschaftung

Studiengang: Umweltingenieurwissenschaften

Studienschwerpunkte: Gewässer und Bodenschutz; Ver- und Entsorgung

Vertiefungen: Wasserbau und Wasserwirtschaft



In Niederschlagsabflüssen sind Feststoffe in großen Mengen zu finden. Feststoffparameter wie der AFS gehören seit langem zu den standardmäßig aufgezeichneten Parametern in den Abflüssen der Siedlungsentwässerung. Umweltrelevant werden sie durch den Transport von Schadstoffen, die an ihnen sorbieren, woraus viele potenzielle negative Wirkungen bei unbehandelter Einleitung in Oberflächengewässer resultieren. In den letzten Jahren wurde der Fokus vor allem auf den feinen Feststoffanteil gelegt: den AFS63. Abfiltrierbare Stoffe, die zwischen  $0,45\ \mu\text{m}$  und  $63\ \mu\text{m}$  groß sind, werden als AFS63 bezeichnet. Sie führen zu einer Kolmation der Gewässersohle und transportieren durch ihre hohe spezifische Oberfläche große Mengen an Schadstoffen. Das Arbeitsblatt DWA-A 102/ BWK-A 2, welches den Parameter AFS63 als Beurteilungsgröße für die stoffliche Belastung im Niederschlagsabfluss heranzieht, soll das Regelwerk für eine kombinierte Betrachtungsweise hinsichtlich Emission und Immission darstellen.

Für die Ermittlung der stofflichen Belastungen hinsichtlich des DWA-A 102 sind möglichst genaue Informationen zur Fläche selbst und ihrer Nutzung notwendig. Mit der Differenzierung nach „gering belastet, Kategorie I“, „mäßig belastet, Kategorie II“ und „hoch belastet, Kategorie III“ werden Abflüsse diverser Herkunftsflächen nach Belastungsklassen eingeteilt. Abhängig von der Herkunftsfläche werden unterschiedlich abgestufte Frachtwerte des jährlichen Stoffabtrags von AFS63 angesetzt. Durch eine Vorberechnung der zulässigen modellspezifischen AFS63-Entlastungsfracht für ein fiktives Zentralbecken in einem Mischwassersystem ergibt sich eine AFS63-Jahresentlastungsfracht ( $\text{kg}/(\text{ha}\cdot\text{a})$ ). Im Rahmen dieses Arbeitsblattes ist der Nachweis zu führen, dass diese entlastete Jahresfracht AFS63 als Frachtsumme aller Einzelentlastungen im Einzugsgebiet einer Kläranlage den Wert aus der Vorberechnung mit dem Zentralbecken nicht überschreitet. Der vom BWK bearbeitete Teil B des Arbeitsblattes DWA-A 102 betrachtet die immissionsbezogenen Bewertungen. In diesem wird eine Grenzfracht festgelegt, welche den guten Zustand des Gewässers nicht gefährdet und die es nicht zu überschreiten gilt. Als Eingangsgröße sind neben der AFS63-Hintergrundbelastung die entlasteten Schmutzfrachten aus der Siedlungsentwässerung zu nennen. Die theoretischen Grundlagen werden praktisch auf das reale Einzugsgebiet Kirdorf bei Bad Homburg vor der Höhe angewandt. Mit dem Programm ArcGIS wird das Projektgebiet in Flächen typisiert und eingeteilt (Abbildung 5).

Prinzipiell sind zwei Datensätze aufzubauen: Ein Datensatz beschreibt ein fiktives System, in welchem sämtliche Entlastungsbauwerke entnommen und durch ein fiktives Zentralbecken direkt vor der Kläranlage ersetzt wird. Dieser Datensatz bestimmt die modellabhängige Grenzfracht. Der zweite Datensatz bildet das reale Entwässerungssystem Kirdorf mit allen vorhandenen Speicher- und Entlastungsbauwerken ab. Die dabei ermittelte Fracht muss kleiner als die modellabhängige Grenzfracht sein, die zuvor mit dem fiktiven System errechnet wurde, um den Emissionsnachweis zu erbringen. Mit den Ergebnissen aus der Simulation für die Emissionsbetrachtung kann der Immissionsnachweis durchgeführt werden. Für den Immissionsnachweis werden die Entlastungsfrachten der einzelnen Bauwerke am Kirdorfer Bach aus dem Emissionsnachweis abgeleitet. Zusammen mit der Vorbelastungsfracht, die sich aus den natürlichen Direkteinzugsgebieten ergibt (Abbildung 6), kann die Gewässerfracht ermittelt werden.

Der Nachweis zeigt, dass die entlastete Jahresfracht AFS63 als Frachtsumme aller Einzelentlastungen im Einzugsgebiet der Kläranlage deutlich unterhalb des Werts aus der Vorberechnung liegt. Auch für den Immissionsnachweis ist die kritische Gewässerfracht in jedem Nachweisort bzw. an jeder Einleitstelle eingehalten.

Die Modellierung mit AFS63 stößt bei Anwendung des neuen Regelwerks auf Grenzen, die durch eine nicht sichere Datengrundlage hervorgerufen wird. Grundsätzlich ist eine Kategorisierung von Flächen mithilfe der gegebenen Voraussetzungen möglich. Dennoch liegt die Ein- und Zuteilung der Flächen im Ermessen des Bearbeiters. Bestünde eine genaue Datengrundlage über das Nutzungsverhalten von Flächen, wären die Nachweisberechnungen gemäß DWA-A 102 und BWK-A 3 genauer nachzuvollziehen. Es ist wünschenswert, Daten so zu erheben, dass sie eindeutig den Flächentypen gemäß DWA-A 102 zugeordnet werden können. Insgesamt ist zu sagen, dass die Praxis-tauglichkeit der neuen Nachweise ausgebaut werden muss. Die Festlegung der Konzentrationen und Frachten für AFS63 sind mit Vorsicht zu betrachten, da die Datengrundlage sehr breit und unterschiedlich dokumentiert ist.

Tatsächlich wäre für das Fallbeispiel „Kirdorf“ sowohl der bisherige Emissionsnachweis gemäß SMUSI-Erlass als auch der Nachweis gemäß DWA-A 102/BWK-A 3 kompatibel hinsichtlich ihres Ergebnisses. Es muss aufgezeigt werden, dass das Resultat auch im Allgemeinen für alle Fälle zutrifft. Der AFS63-Parameter scheint also eine gute Möglichkeit zu sein, neben dem CSB-Parameter, der momentan als Referenzgröße genutzt wird, die akkumulierenden Wirkungen der partikulär transportierten Feststoffe zu berücksichtigen. Trotzdem sind in Zukunft weiterhin intensivere Untersuchungen zur AFS63-Fraktion notwendig.

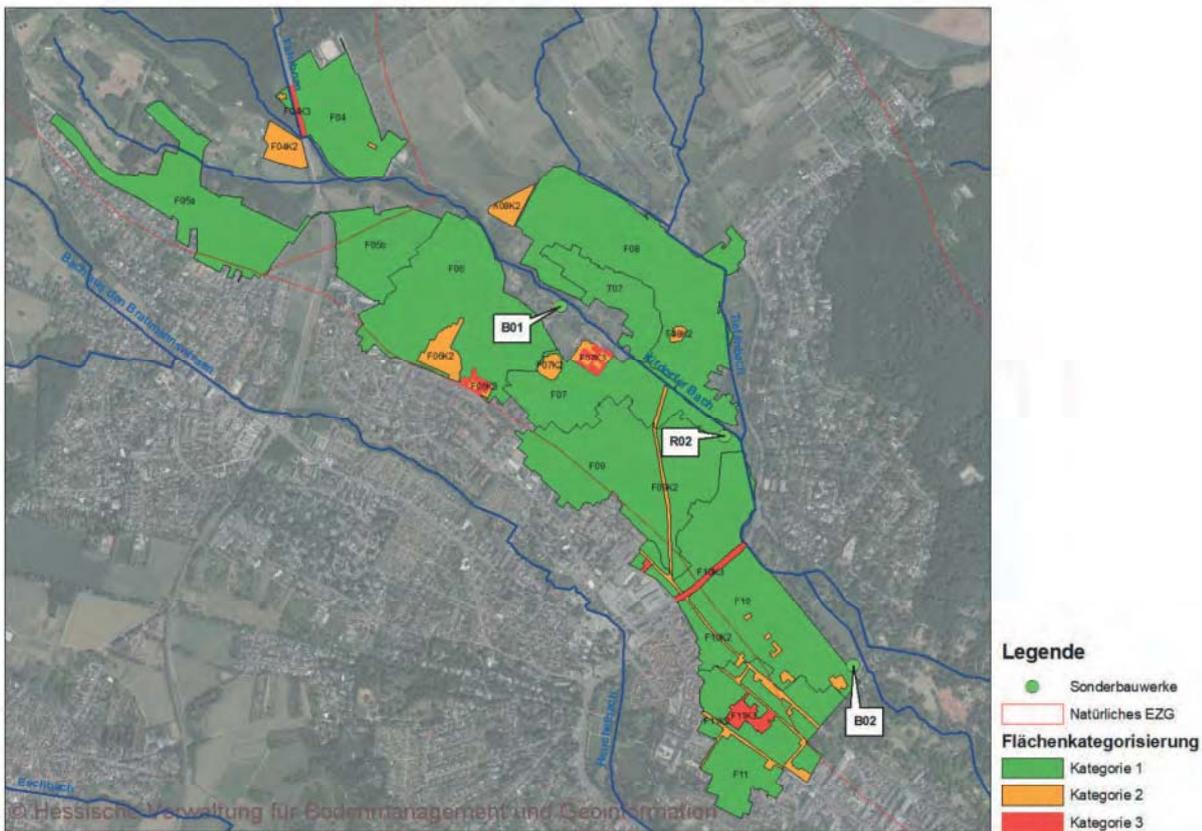


Abbildung 5: Flächenkategorisierung für das Projektgebiet Kirdorf



Abbildung 6: Natürliches Einzugsgebiet mit Einleitstellen (Immissionsbetrachtung) Gewässerentwicklungsplanung für einen Kinzigabschnitt beim Pegel Hanau

**Masterthesis von Kim Merle Nobis am Fachgebiet Wasserbau und Hydraulik**

Studiengang: Umweltingenieurwissenschaften  
 Schwerpunkt: Gewässer- und Bodenschutz, Raum- und Infrastrukturplanung  
 Vertiefungen: Wasserbau und Hydraulik, Landmanagement



**Einleitung**

Natürliche Fließgewässer stellen einen wertvollen Lebensraum für Flora und Fauna dar und gelten aufgrund ihrer Artenvielfalt als ein besonderes Ökosystem, das auch für den Menschen im Bereich der Freizeitgestaltung und Naherholung einen hohen Stellenwert besitzt. Über Jahre hinweg wurden natürliche Fließgewässer durch Eingriffe begradigt, ausgebaut, aufgestaut und eingetieft. Heute ist allerdings bekannt, dass eine Veränderung der Fließgewässer viele negative Auswirkungen – z.B. erhöhte Fließgeschwindigkeiten und Verstärkung der Hochwassergefahr im Unterlauf – mit sich bringt. Seit Anfang der 80er Jahre wurde deshalb in vielen Bundesländern Deutschlands die naturnahe Umgestaltung anthropogen veränderter Fließgewässer angestrebt.

## Veranlassung und Aufgabenstellung

Der in der Masterthesis betrachtete Abschnitt der Kinzig (Abbildung 7) liegt im Gebiet der Stadt Hanau und gleichzeitig in einem Landschaftsschutz- und FFH-Gebiet. Er beginnt im Oberlauf einer Pegelmessstrecke (Gewässerkilometer 5,000; nachfolgend mit „km“ abgekürzt) und erstreckt sich dann 472 m in Fließrichtung nach Westen bis zur Lamboybrücke (km 4,528), mit der die Bundesstraße B8 über die Kinzig geleitet wird. Für die Sicherstellung eines konstanten Messquerschnittes wurde die Strecke bereits in den Jahren 1950/51 begradigt und ausgebaut. Seit 1956 betreibt das Regierungspräsidium Darmstadt (Abteilung Arbeitsschutz und Umwelt, Frankfurt, kurz RPAUF) eine alte Pegelanlage (km 4,850), die für die Hochwasservorhersage am Main von entscheidender Bedeutung ist. Im Jahr 2003 wurde an der Lamboybrücke eine Ultraschall-Durchflussmessanlage montiert (Betreiber: RPAUF), die als Ersatz für die alte Pegelanlage dienen sollte, allerdings aufgrund verfälschter Ergebnisse aktuell nicht nutzbar ist.

Für diesen Abschnitt der Kinzig ist eine Gewässerentwicklungsplanung angesetzt. Zum einen, um zukünftig einen guten ökologischen Zustand im Planungsgebiet zu erreichen, zum anderen aber auch, um die Anforderungen der Ultraschall-Durchflussmessanlage entsprechend zu berücksichtigen und langfristig verwertbare Ergebnisse zu erhalten.



Abbildung 7: Planungsabschnitt der Kinzig im April 2017 (eigenes Foto)

## Bewertung des Ist-Zustandes

Für die Erreichung eines naturnahen Zustandes des Kinzigabschnittes und die Wahl geeigneter Maßnahmen, ist die Erstellung des heutigen potenziell natürlichen Gewässerzustandes – kurz hpn-Zustand – sowie die Bewertung des Ist-Zustandes notwendig. Auf Grundlage der Hauptparameter der Gewässerstrukturgüte wurden die im Abschnitt vorherrschenden Defizite sowie die Problematiken im Hinblick auf die Funktionsfähigkeit des Fließgewässers herausgearbeitet.

Ein solches Defizit ist die Lage der (alten) Pegelanlage in den zwei Schutzgebieten und das Auftreten verschiedener Mängel (z.B. Verstoß gegen die arbeitsschutzrechtlichen Anforderungen und Umläufigkeit ab einem Wasserstand von 3,60 m). Die Begradigung und der Ausbau des Abschnittes, das Fehlen natürlicher Strukturelemente sowie die beidseitige Nutzung der Gewässerrandstreifen bedeuten ebenfalls Defizite. Durch den Einbau von insgesamt drei Bühnen und der daraus resultierten unvorteilhaften Strömungslenkung, kommt es zusätzlich zu einer Anlandung von Sedimenten bzw. einer Auskolkung im Brückenbereich, Messungen mit der Ultraschall-Durchflussmessanlage sind daher nicht mehr möglich.

Es lässt sich festhalten, dass der Kinzigabschnitt aufgrund der vorherrschenden Defizite bzw. Problematiken in die Gewässerstrukturgüteklassen Klasse 6 (sehr stark verändert; km 4,528 bis km 4,600

---

und km 4,900 bis km 5,000) und Klasse 7 (vollständig verändert; km 4,600 bis km 4,900) eingestuft wird.

Die im Abschnitt vorherrschenden Zielkonflikte, die Restriktionen bei der Umsetzung von Maßnahmen bedeuten, dürfen bei den Planungen nicht vernachlässigt werden. Solche Zielkonflikte sind bspw. die Lamboybrücke und ein Mehrfamilienhaus, denn die Befestigungen stellen Einschränkungen bei der Gewässerverlegung dar. Aber auch das Landschaftsschutz- und das FFH-Gebiet kennzeichnen einen Zielkonflikt, denn jeder noch so kleine Eingriff in den Naturraum widerspricht den Zielen der Schutzgebiete. Ein letzter, maßgeblicher Zielkonflikt besteht mit der Ski- und Kanugesellschaft 1925 e.V. Hanau – Betreiber einer durch die Stadt Hanau genehmigten Übungs- und Trainingsstrecke (Disziplin Kanuslalom) –, da sie trotz jahrelanger Nichtnutzung nicht zur Aufgabe der Strecke bereit sind.

### **Formulierung von Zielen und Maßnahmen**

Um zukünftig einen naturnahen Zustand im Planungsgebiet zu erreichen, wurde die Renaturierungsmöglichkeit „Verlegung des Gewässerlaufs“ als geeignete Lösung bestimmt. So kann eine für die Kinzig typische Laufkrümmung erreicht und durch die Laufverlängerung gleichzeitig eine Verbesserung des Hochwasserschutzes erzielt werden. Der Einbau wasserbaulicher Elemente unterstützt und fördert die Eigendynamik der Kinzig zusätzlich.

Unter Berücksichtigung der Zielkonflikte wurden im nächsten Schritt vier Varianten für die Verlegung des Gewässerlaufs erarbeitet. Die Vorzugsvariante wurde aufgrund ihrer geringen Auswirkungen auf die vorherrschende Flora und Fauna sowie ihrer für die Kinzig typischen Laufkrümmung, die sich gleichzeitig stark am historischen Verlauf orientiert, ausgewählt. Zusätzlich ist in dieser Variante eine Verbesserung des Hochwasserschutzes umsetzbar und der Einbau wasserbaulicher Elemente vorgesehen.

Die Verlegung der Kinzig findet in insgesamt zwei Bauabschnitten statt, da über einen Zeitraum von ca. drei Jahren überprüft werden muss, ob die Messergebnisse der Ultraschall-Durchflussmessanlage mit denen der (alten) Pegelanlage übereinstimmen. Erst dann kann davon ausgegangen werden, dass die Ultraschall-Durchflussmessanlage langfristig funktioniert und ein Rückbau der (alten) Pegelanlage sinnvoll ist.

Im ersten Bauabschnitt (Abbildung 8) ist die linksseitige Verlegung der Kinzig und der Einbau wasserbaulicher Elemente – Totholz/Sturzbaum, Störsteine, Kiesbänke – vorgesehen, wodurch ein Sicherheitsabstand zwischen Gewässer und Mehrfamilienhaus geschaffen wird. Das bestehende Gewässerbett bleibt als Flutmulde erhalten. Zwischen km 4,735 und km 5,000 fließt die Kinzig aufgrund der Nutzung der (alten) Pegelanlage weiter durch den bestehenden Gewässerlauf. Unter der Lamboybrücke wird für die Nutzung der Ultraschall-Durchflussmessanlage ein konstanter Messquerschnitt ausgebildet und gesichert.



Abbildung 8: Maßnahmenplan des ersten Bauabschnittes (km 4,528 bis km 4,735, ohne Legende, in Anlehnung an ArchiCAD Studentenversion, eigene Darstellung)

Der zweite Bauabschnitt (Abbildung 9) kennzeichnet die rechtsseitige Verlegung der Kinzig und somit die Reaktivierung des Altarms. Zusätzlich sind der Rückbau der (alten) Pegelanlage, der Einbau wasserbaulicher Elemente sowie der maximale Erhalt des Bewuchses vorgesehen. Des Weiteren werden zwei Holzbrücken, die für die Überquerung der Kinzig benötigt werden, gebaut. Das bestehende Gewässerbett bleibt als neuer Altarm erhalten (Ersatzstruktur).



Abbildung 9: Maßnahmenplan des zweiten Bauabschnittes (km 4,735 bis km 5,000, ohne Legende, in Anlehnung an ArchiCAD Studentenversion, eigene Darstellung)

### Weitere Themenschwerpunkte

Für zwei beispielhafte Querschnitte, einer im Bereich der Lamboybrücke und einer in der Verlegungsstrecke der Kinzig, wurden mit der Studentenversion der Software ArchiCAD zwei maßstabgetreue Querprofile erstellt. Des Weiteren wurde mit der Software HecRAS eine vereinfachte Strömungsberechnung durchgeführt und die ermittelten Ergebnisse in Hinblick auf den Hochwasserschutz sowie den gewählten Standort der Ultraschall-Durchflussmessanlage analysiert. Der Hochwasserneutralitätsnachweis bewies, dass es durch die Verlegung der Kinzig zu keiner Verschlechterung der Hochwassersituation kommt. Die unter den Gesichtspunkten der Wasserstands-Durchfluss-Beziehung und

---

der Froude-Zahl betrachtete Pegelstandortanalyse zeigte zudem, dass der jetzige Standort an der Lamboybrücke für die Installation der Ultraschall-Durchflussmessanlage geeignet ist.

Für die spätere Ausführung der Planungen wurde die Zuwegbarkeit der Baustelle überprüft, zwei detaillierte Bauablaufpläne erstellt, eine Kostenabschätzung durchgeführt und die regelmäßig bzw. unregelmäßig durchzuführenden Gewässerunterhaltungsmaßnahmen bestimmt.

#### **Fazit**

Die Autorin ist der Meinung, dass durch die Umsetzung der empfohlenen Maßnahmen langfristig ein naturnaher Zustand samt Einhaltung der kurz-, mittel- und langfristigen Entwicklungsziele im Planungsgebiet erreicht werden kann. Der Entwicklungsprozess hängt jedoch von vielen verschiedenen Faktoren ab und wird durch das Auftreten von Hochwasserereignissen beeinflusst. Die regelmäßige Überprüfung und Dokumentation der Veränderungen innerhalb des Gewässerabschnittes sowie die Beseitigung möglicher Schäden sind daher für den Erfolg der Gewässerentwicklung sinnvoll.

## Aus den Fachgebieten:

### Wasserbau und Hydraulik (Leitung: Prof. Lehmann)



## Promotionen

Im Jahr 2018 fand in Kooperation mit dem Institut IWAR (Frau Prof. Schebek) die Promotion von Frau **Dr.-Ing. Beatrix Becker** zum Thema *Nachhaltigkeit von Kleinwasserkraftanlagen: Lebenszyklus-basierte Bewertung der energetischen und ökonomischen Effizienz* statt.

Zum Inhalt:

Die umwelt- und energiepolitisch angestrebte Energiewende wirkt sich u.a. auch auf die Wasserkraftnutzung aus. So galt die Wasserkraft bis in die 1980er Jahre hinein noch als absolut „saubere“ und effiziente Methode zur Stromerzeugung aus regenerativer Energie, welche sich über Jahrhunderte hin zu hervorragenden Wirkungsgraden und technischer Robustheit fortentwickelt hat.

Erweiterte Betrachtungen der Wirkungsgefüge von Wasserkraftanlagen in Fließgewässern stellen deren Nachhaltigkeit und Umweltverträglichkeit zunehmend in Frage: Gründe dafür sind die staubedingt massiven Eingriffe in die Ökosysteme und hydromorphologischen Prozesse der Fließgewässer. Zudem haben sich weitere Methoden zur Stromerzeugung aus anderen regenerativen Energiequellen in den letzten drei Dekaden rapide weiterentwickelt und sich nicht zuletzt vor dem Hintergrund der in Deutschland bereits weitestgehend erfolgten Ausnutzung der vorhandenen Wasserkraftpotenziale durchaus als konkurrenzfähige Alternativen zur Wasserkraftnutzung etabliert. Insbesondere bei der sog. Kleinwasserkraft – also Wasserkraftanlagen mit einer installierten Leistung von weniger als 1 MW – wird die ökonomische und ökologische Verträglichkeit bei Ausbauvorhaben immer mehr in Frage gestellt.

An diesem Punkt setzt die Forschungsarbeit von Frau Becker an. Sie nutzt Methoden und Werkzeuge des Life Cycle Assessment und des Life Cycle Costing, um daraus ein Modell zu entwickeln, mit dem man die Effizienz der Kleinwasserkraft in Bezug auf Energie- und Ressourcenverbrauch sowie Ökonomie generisch (also ganzheitlich auf die Kleinwasserkraft bezogen) bewerten kann.

Zudem erfolgte in 2018 die Promotion von Frau **Dr.-Ing. Elena Klopries** zum Thema *Ethohydraulische und hydronumerische Untersuchungen an Rechen und Kaplanturbinen als Beitrag zur Reduktion der Aalschädigung an Laufwasserkraftanlagen* in gemeinsamer Betreuung durch Prof. Holger Schüttrumpf (Institut für Wasserbau an der RWTH Aachen) und Prof. Lehmann.

Zum Inhalt:

Wasserkraft ist eine der nachhaltigsten Formen der regenerativen Energien. Ihre Nutzung durch Wasserkraftmaschinen wird seit hunderten von Jahren praktiziert und stetig weiterentwickelt, so dass moderne Wasserkraftanlagen höhere Wirkungsgrade als alle anderen Erzeugungsmethoden elektrischer Energie aufweisen. Einhergehend mit diesen Entwicklungen stellen moderne Wasserkraftanlagen jedoch auch hohe mess-, steuer- und regeltechnische Anforderungen an die Betriebsführung und nicht zuletzt auch an die hydraulischen Randbedingungen wie bspw. die Triebwassermengen und deren Zuführung zur Turbine.

Mit der Ausentwicklung der Wasserkraftnutzung haben sich auch zunehmend die Umwelteinwirkungen solcher Anlagen verstärkt. Daher ist es mittlerweile ein erklärtes umwelt- und gesellschaftspolitisches Ziel, moderne Wasserkraftnutzung umweltverträglich zu gestalten. Ein wesentlicher Aspekt dabei ist die Gewährleistung der Durchgängigkeit / Passierbarkeit von Wasserkraftanlagen für die Gewässerfauna, wobei hier stark auf eine Passierbarkeit für Fische fokussiert wird. Während es für den Fischeaufstieg bereits aufgrund jahrzehntelanger Forschungs- und Pilotstudien seit 2014 in Deutschland einen fischökologisch begründeten Stand der Technik gibt, fehlt ein solcher für die stromabwärts

---

gerichtete (Fisch)Wanderung bis dato weitestgehend. Zu groß sind die noch bestehenden Wissenslücken zum hydraulisch-taktilen Verhalten abwanderwilliger Fische bei den komplexen Strömungssituationen vor dem Turbineneinlauf bei Wasserkraftanlagen.

Die Forschungsarbeit von Frau Klopries beschäftigt sich mit dem Abwanderverhalten von Aalen und den Möglichkeiten, Aale mittels eines Rechens vor dem Einschwimmen in eine für sie gefährliche Turbinenanlage zu schützen bzw. bei entsprechend großen Kaplan-turbinen die Schädigungsrate bei einer Passage abzuschätzen. Frau Klopries fokussiert dabei auf die ethohydraulischen Funktionsmerkmale und der technischen Ausgestaltung sogenannter Flachrechen. Diese werden mit vertikalen Stäben in Strömungsrichtung geneigt auf der Sohle montiert und i.d.R. mit der Rechenfläche senkrecht zur Anströmung ausgerichtet. Ebenso widmet sich Frau Klopries den Strömungsverhältnissen im Bereich zwischen Rechen, Turbine und Saugschlauch und leitet daraus Schädigungsmechanismen und –prognosen für Aale ab.

Aktuell promovieren folgende Doktorandinnen und Doktoranden am Fachgebiet Wasserbau und Hydraulik:

- Katharina Bensing, M.Sc. – Ethohydraulische Modellierungen
- Gisela Kissel, M.Sc. – Fischschutz und –abstieg mit Flachrechen-Bypass-Systemen
- Imke Böckmann, M.Sc. – Statistisch-stochastische Auswertungsmethoden ethohydraulischer Tests
- Steve Borchardt, M.Sc. – Wärmeübertragereinsatz in Fließgewässern
- Sirko Lehmann, M.Sc. – Deichstabilisierung durch Bodenverbesserung

## Lehre

### *Abschlussarbeiten*

Im Jahr 2018 haben mehr als 40 Studierende ihre **Bachelor- oder Master-Thesis** und am Fachgebiet Wasserbau und Hydraulik geschrieben. Dabei wurden u.a. folgende Themenstellungen bearbeitet:

#### **Bachelor-Arbeiten**

- Untersuchung gestalterischer Ansätze für eine bessere Einbindung von Fischaufstiegsanlagen in die Landschaft
- Morphodynamische Simulation der Sand Engine
- Hochwasserschutz durch Renaturierung? Untersuchungen am Fallbeispiel Nidda
- Recherche zum Fischmonitoring und zu berührungslosen Trackingsystemen
- Untersuchungen zum Turbulenzverhalten an Flachrechen mit Abspülrinne
- Untersuchungen zum Einfluss von Sieben und Strömungsgleichrichtern auf die hydrodynamische Einlauflänge
- Hochwasserschutz durch Renaturierung? Erarbeitung von Empfehlungen und Diskussion von Fallbeispielen
- Ausbildung einer Sickerlinie in einem homogenen Flussdeich
- Fischabstieg an Flachrechen: Herausforderungen und Empfehlungen für die Abspülrinnenform
- Anforderungen an die Grasnarbe eines Flussdeiches

- Beobachtungsmethode und Sensorik im Flussdeichbau
- Untersuchung und Bewertung des Sickerwassers eines Laborversuches
- Systematische Analyse und Gegenüberstellung verschiedener Rechensysteme
- Aufbau und Inbetriebnahme eines wasserbaulichen Modellversuchs zur Untersuchung eines Auslassbauwerks mit anschließender Energieumwandlung
- Gestaltung und hydraulische Vorbemessung der Offenlegung des Erlenbachs in Bad Bergzabern
- Erarbeitung eines Hochwasserschutzkonzeptes für die Ortsgemeinde Rockeskyll
- Evaluation und systematische Erfassung von Wärmepumpen-Systemen in Fließgewässern
- Untersuchung an einem physikalischen Modell zum Hochwasserschutz durch Renaturierung

### **Master-Arbeiten**

- Planung einer Rauen Rampe am Murr-Wehr in Backnang
- Analyse des Einflusses von Flüssigschlick auf die Gezeitendynamik der Ems
- Herstellung der Durchgängigkeit am Schwarzbach bei Lorsbach
- Gewässerentwicklungsplan für einen Kinzigabschnitt beim Pegel Hanau
- Gitternetzgenerierung anhand von Strukturlinien
- Konstruktiver Entwurf eines Prüfstandes zur experimentellen Untersuchung von Wärmeströmungen in Fließgewässern
- Hydraulische Untersuchung der ökologischen Verbesserung der Emschermündung
- Funktionsbewertung und Optimierung einer Gegenstromanlage für Schwimmtraining in einem kleinen Becken
- Experimentelle und numerische Untersuchung eines Hochwasserentlastungsbauwerks mit Radial-Schütz, Sprungschanze und Strahleinfluss im UW
- Ethohydraulische Modellierung eines Flachrechens und Evaluation anhand realer Fischversuche
- Analyse einer Verlandung an der Rheingütestation in Worms
- Planung und Aufbau eines Labormodells zur Veranschaulichung und Untersuchung gewässermorphologischer Prozesse
- Planung wasserbaulicher realmaßstäblicher Versuche an einem Forschungsdeich zur Beurteilung der Tauglichkeit eines zementstabilisierten Flussdeiches
- Sink- und Bewegungsverhalten von Mikroplastik im Wasser
- Experimentelle Untersuchungen und Optimierung verschiedener Wärmetauscherkonzepte für den Einsatz in Fließgewässern
- Plausibilisierung einer Hochwassergefahrenkarte im Bereich von Weinheim
- Untersuchung eines elektr. Bootsmotors und Erstellung der Charakteristik für die energetische Nutzung der Durchströmung einer Fischwechsellanlage
- Zukunftsperspektive zur Nutzung der Wellenenergie
- Entwicklung und Ausarbeitung von Maßnahmen zur Gewässerentwicklung und -unterh. eines Abschn. der Rodau in Rodgau unter Berücksichtigung besonderer Anforderungen

- Entwicklung eines effizienten hochauflösenden Verfahrens zur Berechnung von Überflutungsflächen
- Vorstudie zur Gewährleistung des Hochwasserschutzes für den Industriepark Freudenberg (Weinheim)
- Analysis of the interaction processes between flow and vegetation in rivers
- Experimentelle Untersuchung von Hochwasserentlastungsanlagen mit Sprungschanze

In bewährter Weise wurden etliche Abschlussarbeiten in enger Zusammenarbeit mit Partnern durchgeführt. Mit beteiligt waren im Jahr 2018 folgende Institutionen:

- Planungsbüros
  - Ingenieurbüro Frank Backnang
  - Auquantec GmbH Karlsruhe
  - Icon Ingenieure GmbH
  - Ipr consult Neustadt
  - Dahlem Ingenieure GmbH
- Gesellschaften und Verbände
  - Gemeinnützige Fortbildungsgesellschaft für Wasserwirtschaft und Landschaftsentwicklung (GFG) mbH
  - Wasserverband Bergstraße
  - Wasserverbände Mümling- und Gersprenzgebiet
- Fachbehörden
  - Regierungspräsidium Darmstadt
- Städte, Gemeinden und Kommunen
  - Stadt Weinheim
- Industrie
  - Industriepark Freudenau Weinheim
- Benachbarte Institute und Fachgebiete
  - Institut für angewandte Geowissenschaften
  - Institut IWAR – Fachgebiet Abwassertechnik
  - Fachgebiet Landmanagement
  - Fachgebiet Geotechnik

## ***Wasserbauliche und Geodätische Exkursion an die Côte d'Azur***

Die fünfte *Wasserbauliche und Geodätische Exkursion* führte in diesem Jahr 28 Studierende, darunter sechs vietnamesische Studierende des von der TU Darmstadt an der Vietnamese-German-University in Ho Chi Minh City angebotenen M.Sc.-Studiengangs „Sustainable Urban Development“, und vier Lehrende an die Französische Riviera nach **Nizza und Umgebung**. Dank der perfekten Organisation von Prof. Fusco von der *Université Nice Sophia Antipolis*, zu dem seit einigen Jahren eine enge Forschungskooperation besteht, und Frau Dr. Bauer vom Fachgebiet Landmanagement erlebte die Gruppe fünf Tage mit interessanten Themen aus dem lokalen Städte- und Wasserbau sowie zur Landentwicklung.

Die ersten drei Tage konzentrierte sich die Exkursion auf die Entwicklung des neuen Stadtteils *Nice Écovallée*, der im Tal der Var derzeit entwickelt wird. Hierzu wurden nicht nur die zuständigen Planungsinstitutionen besucht und dort Informationen zu den Ideen der Entwicklung eingeholt, sondern auch mit beteiligten Städteplanern deren Ansichten diskutiert. Einen besonderen Eindruck hinterließ die Besichtigung des Depots der neuen Straßenbahnlinie von Nizza. Die neuen Straßenbahnen verwenden Akkumulatoren statt Batterien zur Speicherung des Fahrstroms, so dass Oberleitungen entbehrlich sind. Die Aufladung erfolgt an den Haltestellen (Abbildung 10).



Abbildung 10: Nizza's neue Straßenbahn kommt ohne Oberleitungen aus: bei den Haltestopps laden sich eingebaute Akkus mittels Induktionstechnik ohne Ladekabel auf

Den Abschluss bildete ein studentischer Workshop in dem international besetzte Arbeitsgruppen sich einzelnen Themen dieser Stadtentwicklung widmeten und eigene Vorschläge erarbeiteten.

Die beiden folgenden Tage waren stärker dem **ländlichen Umland von Nizza** gewidmet. Mit der Besichtigung des Dorfes Èze konnte ein Eindruck vermittelt werden, wie für den Mittelmeerraum typische historische Dörfer in exponierter Lage durch geschickte touristische Vermarktung eine nachhaltige Nutzung erfahren können.

Der letzte Tag führte dann die Studierendengruppe in das **Roya-Tal in den Seealpen**. Einer eindrucksvollen Busfahrt bis auf 1.500 m schloss sich eine fünfstündige Wanderung in den Nationalpark *Mercantour* unter Leitung des Bio-Geografen Prof. Julien Andrieu an, die bis auf 2.300 m führte und neben einer faszinierenden Landschaft durch vielfältige Informationen zur Entwicklung der Alpen und der Biologie der Alpen begeisterte. Die Bedeutung der vorgefundenen Felsritzungen aus der Bronzezeit konnte auch durch die Studierendengruppe nicht abschließend geklärt werden ☺.

Die Exkursion fand Ihren Abschluss am abendlichen Strand von Nizza als französisch-deutsch-vietnamesischer Erfahrungsaustausch.

Nach den Zielen Vorarlberg (2014), Hamburg (2015), Südvietnam (2016), Harz (2017) werden in den nächsten Jahren Aachen/Niederlande (2019) und USA (2020) anvisiert.



Abbildung 11: Die Exkursionsgruppe



Abbildung 12: Nizza von oben



Abbildung 13: Beim studentischen Workshop wurde mit Planern, Architekten und Behörden diskutiert

## JuWi-Treffen 2018 an der TU Darmstadt



### 20. Treffen junger WissenschaftlerInnen deutschsprachiger Wasserbauinstitute 2018

Steve Borchardt, M.Sc. und Katharina Bensing, M.Sc.

Das "Treffen junger WissenschaftlerInnen deutschsprachiger Wasserbauinstitute" (kurz *JuWi-Treffen*) wird seit 1999 im Wechsel an anderen deutschsprachigen Wasserbauinstituten ausgerichtet (Abbildung 14). Bei der dreitägigen Tagung steht die intradisziplinäre Vernetzung durch Kurzpräsentationen aktueller Forschungs- und Promotionsthemen der JuWis im Vordergrund. Ein Seminar mit Fachexkursion, eine Führung durch das wasserbauliche Forschungslabor sowie ein geselliges Abendprogramm schaffen den Rahmen für den fachlichen und sozialen Austausch zwischen den JuWis. Durch die ehrenamtliche Organisation der Promovierenden des Fachgebiets Wasserbau und Hydraulik (Katharina Bensing, Steve Borchardt, Gisela Kissel, Sirko Lehmann) fand das 20. JuWi-Treffen vom 29. bis 31. August 2018 erstmals in Darmstadt statt. Es reisten 33 junge WissenschaftlerInnen aus der gesamten D-A-CH-Region an und nahmen an 29 Fachvorträgen teil (Abbildung 15). Die Fachbeiträge behandelten dabei aktuelle Fragestellungen aus der Praxis und Wissenschaft wie Starkniederschläge, Mikroplastik und unbemannte Messfahrzeuge.



Abbildung 14: Bisherige Austragungsorte des JuWi-Treffens



Abbildung 15: TeilnehmerInnen des JuWi-Treffens 2018

Der erste Tag begann mit einem Kennenlernen beim Sektempfang und einer Begrüßung durch den Fachgebietsleiter Prof. Boris Lehmann. Daraufhin gab es Vorträge zu den Themenblöcken Durchgängigkeit & Renaturierung, Erosion & Feststofftransport sowie Konstruktiver Wasserbau & Hochwasserschutz. Bei den von Dr.-Ing. Jens-Uwe Wiesemann (Leiter des Wasserbaulabors) und Sirko Lehmann begleiteten Führungen durch das wasserbauliche Forschungslabor konnten die aktuell laufenden (Groß-)Projekte des Fachgebiets nähergebracht werden (Abbildung 16). Über die Inhalte des ersten Tages wurde dann bei dem gemeinsamen Abendbuffet und dem geselligen Ausklang rege diskutiert.

Am zweiten Tag konnten die JuWis während der Mittagspause den Standort Lichtwiese mit seinen Höhepunkten, wie den Energie-Plus-Häusern oder die interdisziplinäre ETA-Modellfabrik kennenlernen (Abbildung 17). Natürlich wurde standesgemäß auch in der hiesigen Mensa gespeist. Mit den letzten Fachvorträgen zu den Themenblöcken Energie & Messtechnik sowie Numerik & Modellierung endete der Seminar-Teil am zweiten Tag. Im Anschluss erkundeten die JuWis entweder die Gewölbekeller, Brauereitunnel und Gänge im Darmstädter Untergrund oder entdeckten die Sehenswürdigkeiten der Innenstadt und auf der Mathildenhöhe. Bevor es zurück ins Hotel ging, wurden die Getränke der lokalen Brauereien im Braustüb'l und der goldenen Krone einer Kostprobe unterzogen.



Abbildung 16: Besichtigung des wasserbaulichen Forschungslabors



Abbildung 17: Prämiertes Energie-Plus-Haus als Beispiel für ein energiesparendes und nachhaltiges Bauen

Beginnend mit einer Besichtigung der Rheingütestation in Worms rundete die Exkursion am dritten Tag die Fachtagung ab. An vier Messstellen werden an der Rheingütestation über den gesamten Flussquerschnitt die Gewässergütedaten gesammelt und die Wasserqualität im Rhein überwacht. Während einer gemütlichen Schifffahrt entlang des Rheins war für das leibliche Wohl der Gäste gesorgt (Abbildung 18). Von Mainz ging es per Bus zum letzten Programmpunkt der Fachexkursion. Während der Feuerwehrtour am Frankfurter Flughafen wurden die Löschfahrzeuge der Werksfeuerwehr aus nächster Nähe gezeigt (Abbildung 19). Ein Brandschutzexperte beantwortete Fragen und erläuterte den Berufsalltag der Werksfeuerwehr auf einem Großflughafen. Zudem wurde die Abfertigung an den Terminals und auf dem Vorfeld, die Airbus A380-Halle, der Frachtbereich CargoCity und das zukünftige Terminal 3 besichtigt.



Abbildung 18: Die JuWis nutzen die Schifffahrt auf dem Rhein für den Erfahrungsaustausch



Abbildung 19: Besuch bei der Werksfeuerwehr des Frankfurter Flughafens. Im Hintergrund ist das Großflugfeld-Löschfahrzeug Z8 XXL zu sehen

Mit der Feuerwehrtour endete das erfolgreiche 20. Treffen junger WissenschaftlerInnen deutschsprachiger Wasserbauinstitute 2018. Durch die unterschiedlichen Hintergründe und Persönlichkeiten der JuWis konnte ein spannendes und vielfältiges Tagungsprogramm realisiert werden. Das nächste JuWi-Treffen wird von wissenschaftlichen Mitarbeitern der Bundesanstalt für Wasserbau organisiert und findet 2019 in Karlsruhe statt.

Der Tagungsband mit kurzen Beiträgen zu den Fachvorträgen ist in der Mitteilungsreihe des Instituts für Wasserbau und Wasserwirtschaft im Heft 156 veröffentlicht. Die elektronische Version des Tagungsbands ist über TUprints unter <https://tuprints.ulb.tu-darmstadt.de/7817/> verfügbar.

Ein großer Dank gilt unseren Sponsoren, die es uns durch ihre finanzielle Unterstützung ermöglicht haben. Zu erwähnen ist dabei auch der Förderverein des Instituts für Wasserbau und Wasserwirtschaft und dabei insbesondere der Vorsitzende Herr Dr.-Ing. Thomas Kraus, der uns bei organisatorischen Angelegenheiten tatkräftig unterstützte.

## Forschung

### *Wasserbaulicher Modellversuch zur Hochwasserentlastungsanlage des Wasserkraftprojekts Mpatamanga in Malawi*

Dr.-Ing. Jens-Uwe Wieseemann

Projektförderer: Fichtner Stuttgart, World Bank Group, Ministry of Natural Resources, Energy & Mining (Malawi, Afrika)

**FICHTNER**



Ein derzeit anvisiertes Wasserkraftprojekt am „Shire River“ in Malawi ist als Speicheranlage geplant, welches insbesondere zur Deckung von Spitzenlast zum Einsatz kommen soll. Das Projekt besteht aus einem 50 m hohen Schüttdamm (CFRD), einer Hochwasserentlastungsanlage (HWE) am rechten Widerlager des Damms, zwei Triebwasser-Tunneln und einem Kraftwerk am linken Widerlager. Die Wasserkraftanlage nutzt die hydraulische Fallhöhe von etwa 60 m und stellt eine installierte Leistung von 310 MW bereit.

Die geplante Hochwasserentlastungsanlage ist im Zuge der Neuplanung durch einen hydraulischen Modellversuch zu untersuchen. Die maßgebenden Entlastungskapazitäten der Anlage liegen nach Angaben des Planers zwischen 1.800 m<sup>3</sup>/s für das 1.000-jährliche Hochwasser und bei 3.650 m<sup>3</sup>/s für das vermutlich größte zu erwartende Hochwasserereignis (PMF). Aufgrund der geplanten Ausführung der Talsperre als Steinschüttdamm soll die vorgesehene Hochwasserentlastungsanlage in Form einer Hangentlastung realisiert werden. Zum Transport des Hochwasserabflusses ist eine offene Schussrinne, die direkt an die Stauanlage angrenzend in den anstehenden Fels eingelassen wird, vorgesehen.

Vorstudien zur Übergabe des Hochwasserabflusses an das Unterwasser mithilfe eines konventionellen Tosbeckens haben gezeigt, dass das notwendige Tosbecken aufgrund der hohen Abflüsse sehr groß ausgeführt werden müsste und somit eine enorme finanzielle Belastung für das Projekt bedeuten würde. Im Rahmen der Findung einer wirtschaftlicheren Lösung zur Hochwasserübergabe und Energiedissipation wird deshalb die Möglichkeit einer Hochwasserentlastung mit Sprungschanze am Ende der Schussrinne in Betracht gezogen. Da die lokale Geologie für ein derartiges Entlastungskonzept prinzipiell geeignet ist, soll der Einsatz einer Entlastung mit Sprungschanze durch hydraulische Modellversuche abschließend evaluiert werden.

Zu diesem Zweck soll im Modell die gesamte Entlastungsanlage modelliert werden. Untersuchungsrelevante Bereiche sind der Anströmungsbereich der Entlastungsanlage im Reservoir der Talsperre, das Einlaufbauwerk, die anschließende Schussrinne, der eigentliche Schanzenbereich sowie das Unterwasser und das lokale Flussbett.

Die geplante Talsperre und die zugehörige Hochwasserentlastungsanlage sind in der Draufsicht sowie als Längsschnitt durch die Schussrinne schematisch in Abbildung 20 dargestellt.

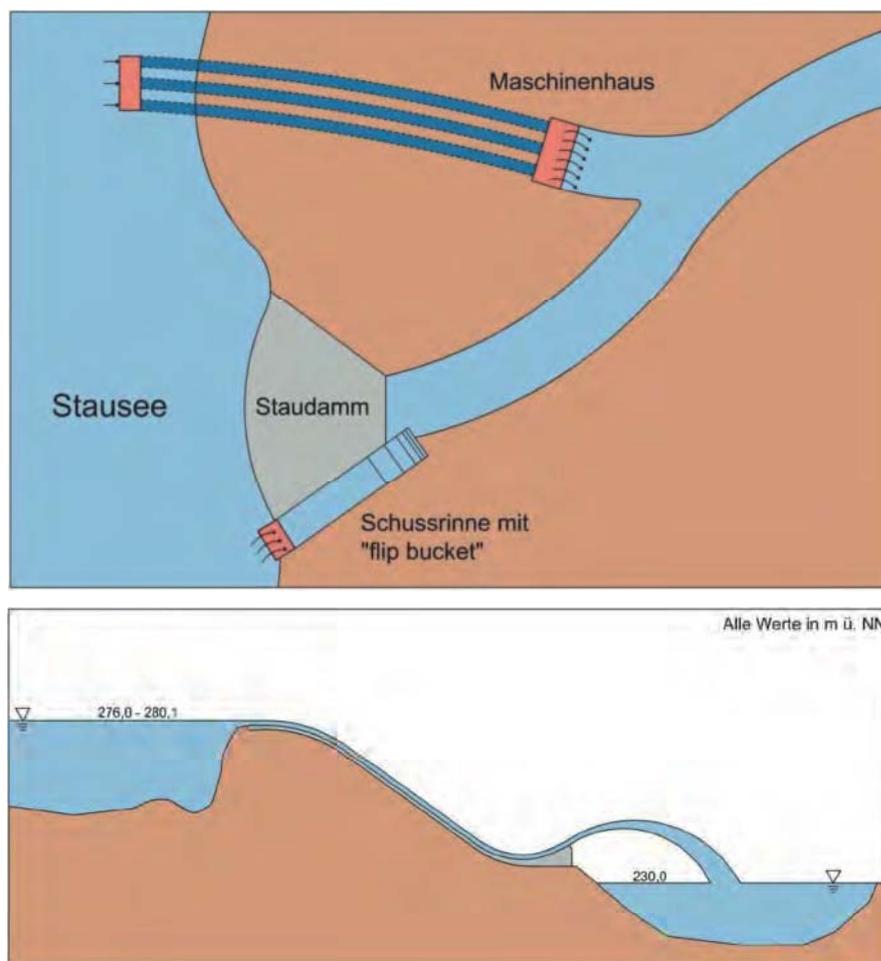


Abbildung 20: Schematische Darstellung des Wasserkraftprojekts in der Draufsicht (links) und als Längsschnitt für die Hochwasserentlastung (rechts)

Bei der Untersuchung zur Kapazität der HWE und der gegebenen Sicherheit liegt das Hauptaugenmerk auf der Bestimmung und Anpassung der Anströmverhältnisse (Abbildung 21), der verbleibenden Freibordmaße sowie der Bestätigung der gewählten Bauwerksabmessungen. Die berechneten Oberwasserstände für verschiedene Entlastungsfälle sollen hierbei im Modell nachgewiesen werden.



Abbildung 21: Oberstromseitige Wasserspiegellagen und (An-)Strömungsmuster ausgewählter Lastfälle

Die Schussrinne soll als zweiter Teilbereich, insbesondere bezüglich ihrer Dimensionierung (Entlastungskapazität) sowie notwendiger Anpassungen bzw. Optimierungen, analysiert werden. Die Schussrinne mit den Einlaufschützen und der Sprungschanze ist in Abbildung 22 dargestellt.

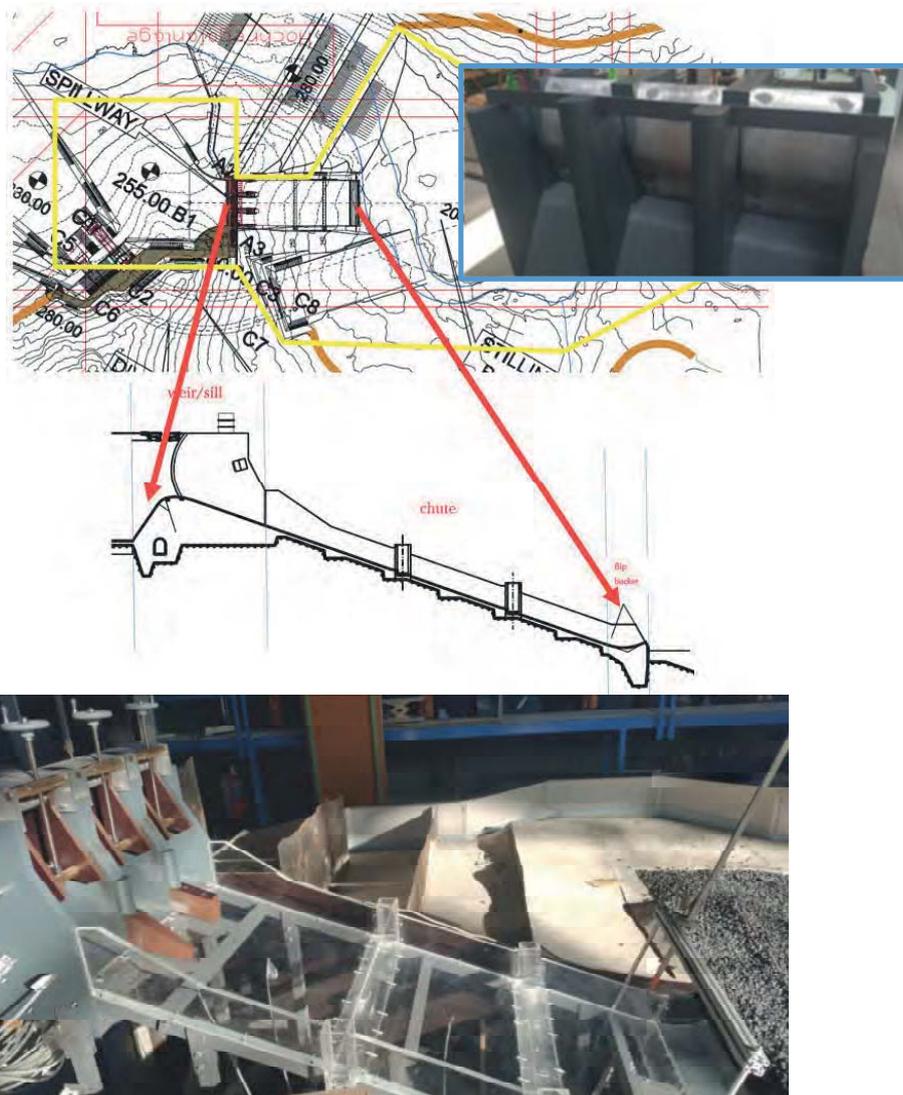


Abbildung 22: Schussrinne: Auszug aus Lageplan (links) und Modell (rechts)

Weitere Schwerpunkte der Untersuchung liegen zudem bei der Bestimmung der Ausmaße der entstehenden Kolke sowie bei der Beurteilung des Flussbetts, lokaler Bauwerke und der Uferzonen bezüglich ihrer Erosionsgefahr (Abbildungen 23 bis 25). Potentiell gefährliche Erosionsprozesse sollen bei Bedarf durch Anpassungen am Bauwerk, wie z.B. die Entwicklung einer optimierten Schanzenform, minimiert werden.



Abbildung 23: Modellbetrieb: (n-1)-Lastfall und resultierende Kolkung

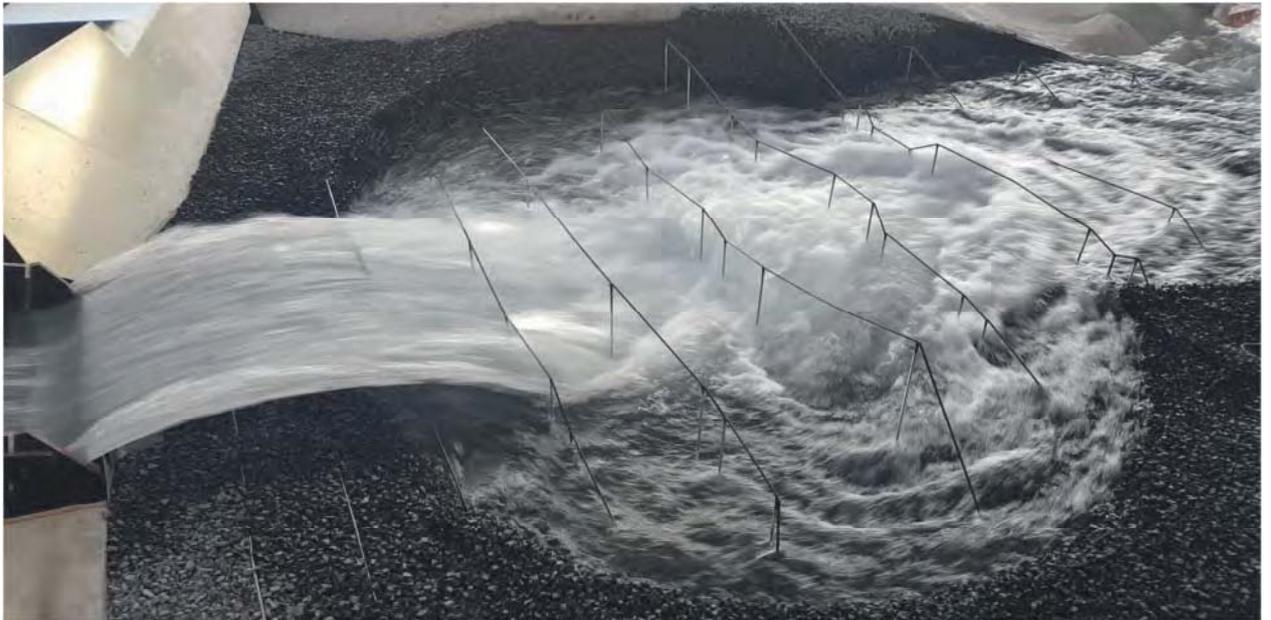


Abbildung 24: Modellbereich mit beweglicher Sohle: Seitliche Ansicht des Entlastungsstrahls im Plunge-Pool-Bereich

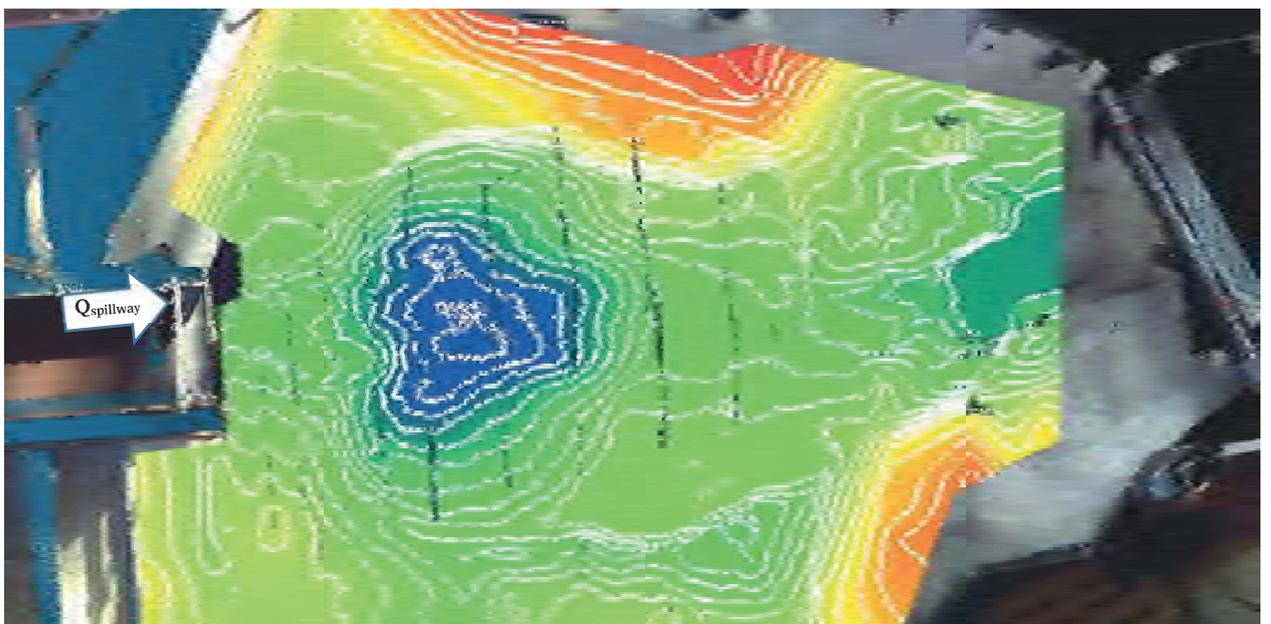


Abbildung 25: Darstellung der morphologischen Veränderung als Resultat eines 10.000 jährlichen Hochwasserereignisses

## Wärmeströmungstechnischer Prüfstand

Steve Borchardt, M.Sc.

Projektförderer: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

Projektpartner: Firma FRANK GmbH, Mörfelden-Walldorf



Gemeinsam mit dem Kunststoffrohrsystemhersteller FRANK aus Mörfelden-Walldorf entwickelt das Fachgebiet Wasserbau und Hydraulik einen modularen Wärmeübertrager, um die in Fließgewässern enthaltene Wärmeenergie technisch nutzbar zu machen. Im Wintersemester 2017/18 fanden dazu im wasserbaulichen Forschungslabor umfangreiche experimentelle Vorversuche statt, in denen unterschiedliche Wärmeübertragerkonzepte geprüft und der Einfluss verschiedener wärme- und strömungstechnischer Parameter auf die Wärmeentzugsleistung bestimmt wurden. Aus den gewonnenen Messdaten konnten konstruktive Optimierungen abgeleitet werden, die in die Entwicklung eines neuen Prototyps eingegangen sind. Zusätzlich ergaben die Erkenntnisse zum Versuchsaufbau und aus der Versuchsdurchführung für weiterführende Untersuchungen die Notwendigkeit eines eigenständigen wärmeströmungstechnischen Prüfstands.

Für reproduzierbare und belastbare Messdaten sollen unter kontrollierbaren Bedingungen möglichst naturnahe wärme- und strömungstechnische Untersuchungen auf dem Außengelände der Technischen Universität Darmstadt stattfinden. Dies ermöglicht eine systematische Studie zum Wärmeentzug und der lokalen Vereisungsgefahr am Wärmeübertrager bzw. für das Fließgewässer unterhalb der Wassertemperaturen von 4 °C und nahe am Gefrierpunkt. Durch eine gezielte Beaufschlagung mit Schweb- und Schwimmstoffen wird der Wärmeübertrager mit einer potentiellen Verklausung oder Verschlammung konfrontiert und der daraus resultierenden mechanischen Belastung ausgesetzt. Zudem kann die Wirksamkeit des geplanten Einlaufschutzes und des Selbstreinigungsmechanismus überprüft und bei Bedarf korrigierend eingegriffen werden.

Aus den erfassten Messdaten sollen weitere konstruktive Empfehlungen abgeleitet und allgemeingültige Bemessungsansätze entwickelt werden. Folgende Anforderungen und Faktoren bildeten die Grundlage für die Planungen eines wärmeströmungstechnischen Prüfstands:

- **Kenndaten Kreiselpumpe:** Der Förderstrom ist der wesentliche Bemessungsparameter für die weiteren Anlagenkomponenten. Die zur Verfügung stehende Kreiselpumpe kann über eine stufenlose Drehzahlregelung maximal 800 m<sup>3</sup>/h Wasser umwälzen.
- **Abmessungen Wärmeübertrager:** Der Wärmeübertrager weist im Querschnitt eine maximale Ausdehnung von 0,60 m auf. Um die Auswirkungen des Strömungswiderstands auf die Durchströmung und die Strömungsablenkung möglichst naturnah abzubilden, muss die Möglichkeit einer Umströmung gegeben sein.
- **Mindestfließgeschwindigkeit:** Die Voruntersuchungen ergaben für Fließgeschwindigkeiten bis 0,5 m/s eine Zunahme der Wärmeentzugsleistung. Um das Maß der Zunahme auf den Wärmeentzug zu bestimmen, sind Fließgeschwindigkeiten unter 0,5 m/s notwendig. Soll die Fließgeschwindigkeit bei der Betrachtung weiterer Parameter dagegen keinen Einfluss haben, ist ein Wert über 0,5 m/s erforderlich.
- **Wassertemperaturen:** Der Wasserkreislauf im Prüfstand dient als Umweltwärmequelle und muss für Betrachtungen zu den Einsatzgrenzen auf Wassertemperaturen unter 4 °C temperiert werden können.

Um im Untersuchungsbereich einerseits die Mindestfließgeschwindigkeit und andererseits auch einen ausreichend dimensionierten Strömungsquerschnitt zu gewährleisten, erweist sich der kreisrunde Tauchstrahl im begrenzten Raum als geeignete Lösung. Der Tauchstrahl durchströmt ein Wasserbecken und bildet innerhalb der Kernzone den nutzbaren Untersuchungsbereich.

Der Durchmesser der Kernzone entspricht näherungsweise dem Austrittsquerschnitt von 0,60 m und weist innerhalb der Kernzone eine nahezu gleichmäßige Geschwindigkeitsverteilung auf. An der Scherzone bildet sich eine Mischungszone, in der ein Austausch mit dem umgebenden Wasserkörper stattfindet. Ein räumliches numerisches Modell kam als unterstützendes Planungswerkzeug zum Einsatz. Die Auswertung des numerischen Modells zeigt für den Tauchstrahl ein quasi-stationäres Verhalten, sobald die Mindestüberdeckung und der Mindestbodenabstand zur Tauchstrahlachse symmetrisch sind. Gemäß dem Rechenansatz nach Knauss ergibt sich für die Mindestüberdeckungshöhe am Wiedereintritt in das Drucksystem am Beckenende ein Wert von 0,9 m und damit für das Wasserbecken eine erforderliche Wassertiefe von 1,8 m. Um eine Auslenkung des Tauchstrahls zu vermeiden, liegen die Austritts- und Eintrittsöffnungen auf selben Achsenniveau und weisen denselben Durchmesser auf. Der Tauchstrahl wird unmittelbar nach dem Austritt in das Wasserbecken von der Zulaufströmung der Kreiselpumpe erfasst, was dazu beiträgt, dass der Tauchstrahl über die gesamte Länge des Wasserbeckens einen nahezu konstanten Querschnitt aufweist.

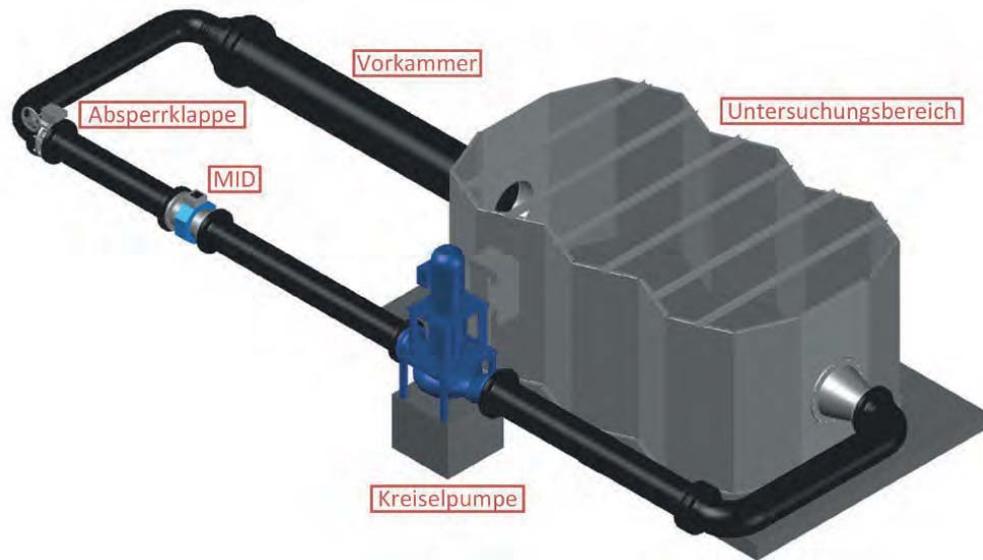


Abbildung 26: Computermodell des wärme- und strömungstechnischen Prüfstands

Die feste Begrenzung des durchströmten Wasserbeckens ( $L \cdot B \cdot H \approx 5 \cdot 3 \cdot 2$  m) besteht aus den zickzackförmigen Hochwasserschutzelementen HydroSWIZZ der Steinhardt Wassertechnik GmbH (Abbildung 25). Vier aneinandergereihte Fertigteileplatten bilden hierbei die Bodenplatte ( $L \cdot B \cdot H \approx 6 \cdot 3,5 \cdot 0,2$  m) bzw. die Sohle des Wasserbeckens. Nach dem Eintritt der Strömung in den Rohrkreislauf verjüngt ein Konfusor den Rohrquerschnitt auf den Durchmesser des Pumpensaugstutzens. Der Kreiselpumpe sind zur Durchflusserfassung ein magnetisch-induktives Durchflussmessgerät (MID) und zum Abbau der überschüssigen Förderhöhe eine Absperrklappe nachgeschaltet. Nach einer doppelten Strömungsumlenkung wird der Strömungsquerschnitt über einen Stufendiffuser auf den Austrittsquerschnitt erweitert. Für eine möglichst ungestörte sowie gleichmäßige Strömung im Untersuchungsbereich durchströmt das Wasser zunächst eine strömungsberuhigte Vorkammer und einen Gleichrichter. Alle Rohre des wärme- und strömungstechnischen Prüfstands sind aus Kunststoff gefertigt und werden vom Projektpartner FRANK bereitgestellt. Der gesamte wärme- und strömungstechnische Prüfstand umfasst eine Versuchsfläche von  $L \cdot B \approx 12 \cdot 5$  m

Eine Temperierung des Wasservolumens mittels einer Kältemaschine erwies sich als zu aufwendig und energieintensiv, weshalb eine passive Kühlung über die Umgebungstemperatur erfolgt und der wärme- und strömungstechnische Prüfstand im Außenbereich des wasserbaulichen Forschungslabors errichtet ist. Angelehnt an den natürlichen Jahresgang der Umgebungstemperatur finden die Untersuchungen zu den unteren Grenztemperaturen für den Betrieb einer Wärmequellenanlage im Winterhalbjahr statt. Um im Außenbereich eine Versuchsfläche herzustellen und die Umgebungstemperaturen zu nutzen, hat das Fachgebiet Wasserbau und Hydraulik mit dem Präsidium der Technischen Universität Darmstadt eine Nutzungsvereinbarung zu der betreffenden Außenfläche geschlossen.

## ***Entwicklung von umweltfreundlichen Methoden zur Erzielung einer Sedimentdurchgängigkeit***

Dr.-Ing. habil. Peter Mewis, PD

Projektförderer: Deutsche Bundesumweltstiftung (DBU)

Projektpartner: Firma D-Sediment, Werne



Flüsse transportieren große Mengen Sediment. Durch zahlreiche Stauhaltungen ist dieser Sedimenttransport im vergangenen Jahrhundert weitgehend unterbunden worden. In den Stauhaltungen lagern sich die mitgeführten Sedimente ab (Abbildung 27). Unterhalb der Sperren kommt es hingegen zur Erosion der Flusssohle. Die gravierenden Folgen für diesen Lebensraum und die Umwelt machen sich teilweise mit zeitlicher Verzögerung bemerkbar.

Die Wasserrahmenrichtlinie der EU (EG-WRRL, 2015) fordert seit dem Jahr 2015 für einen sehr guten Zustand der Fließgewässer auch eine Durchgängigkeit für Sedimente. Diese Sedimentdurchgängigkeit bedarf spezieller, an die jeweilige Stauhaltung angepasster Methoden. Die Erfahrungen zeigen, dass Methoden, die nicht an die Stauhaltung angepasst sind, erhebliche ökologische Schädigungen hervorrufen können. In der Abbildung unten ist beispielhaft eine Erosionsrinne in der freigelegten Sohle des Steinbrücker Teiches bei Darmstadt zu sehen.

Im Projekt sollen zwei Methoden – eine Stauraumpülung und ein kontinuierlicher Sedimenttransfer – vergleichend eingesetzt werden. Die für den Sedimenttransfer einzusetzende Technik des Partners D-Sediment ist neuartig. Sie wurde bislang an wenigen Stauhaltungen getestet und wird weiter entwickelt. Die Erfahrungen sollen gebündelt und in zwei Kolloquien auf breiter Ebene mit Entscheidungsträgern, Behörden, Verbänden und interessierten Fachleuten vorgestellt und diskutiert werden.



Abbildung 27: Sohle des Steinbrücker Teiches nach Entleerung. (Foto: Stadt Darmstadt, Herr Hüber)

## Ethohydraulische Untersuchungen an Flachrechen

Gisela Kissel, M.Sc.

Projektförderer: Bundesamt für Naturschutz (BfN)

Projektpartner: Institut für angewandte Ökologie, Kirtorf



Im Zuge der Wasserrahmenrichtlinie wird die barrierefreie Durchgängigkeit der Fließgewässer für Fische bis 2027 gefordert. Bisher fehlt für die Umsetzung der flussabwärts gerichteten Wanderung an Wasserkraftanlagen ein technischer Standard. Dieser ist jedoch von Bedeutung, da u.a. an Wasserkraftanlagen ohne Fischschutz jährlich an wenigen Tagen im Jahr an denen zahlreiche Aale abwandern, diese Schaden nehmen und schlimmstenfalls zu Tode kommen. Daher ist eine ethohydraulische Erforschung bzgl. geeigneter Abwandersisteme dringend notwendig.

Am Fachgebiet wird derzeit ein Forschungs- und Entwicklungsprojekt durchgeführt indem ein Abwandersistem bestehend aus Flachrechen (zur Sohle geneigter Rechen), Spülrinne, Rückwand und Bypassöffnung untersucht wird (Abbildung 28). Das Projekt wird vom Bundesamt für Naturschutz gefördert. Das System ist vorrangig für die Kleinwasserkraft geeignet. Der Versuchsaufbau im wasserbaulichen Forschungslabor weist eine situative Ähnlichkeit zu vielen Wasserkraftstandorten auf, sodass die Projektergebnisse unter Berücksichtigung der Randbedingungen auf reale Anlagen übertragbar sind. Ziel ist es die beste Kombination aus Flachrechenneigung, Rechenan- und -überströmung zu finden, sodass Fische zielgerichtet abwandern.

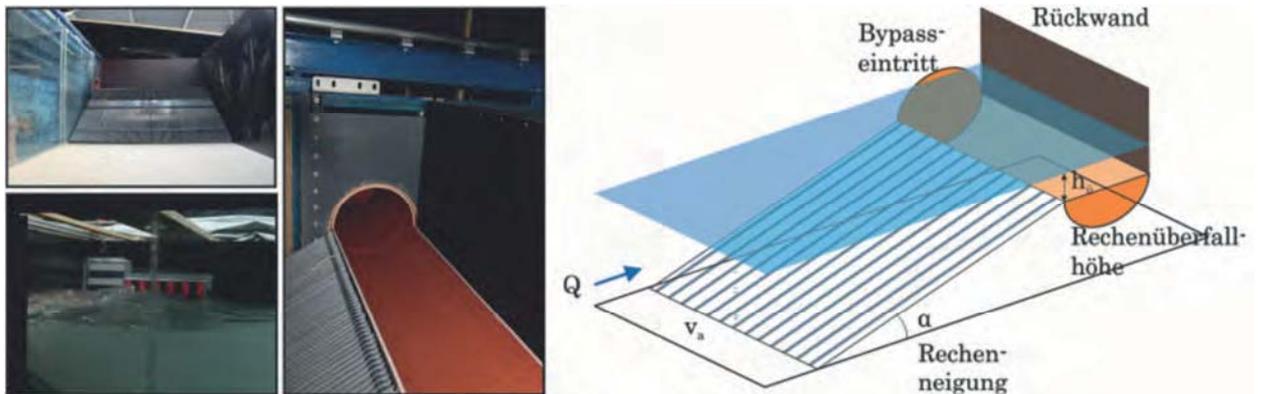


Abbildung 28: Versuchsaufbau ethohydraulische Versuche, links: Eindrücke aus Versuchen, rechts: Variable Parameter

Im Versuchsstand gibt es drei variable Parameter: die Rechenneigung zur Sohle ( $20^\circ$ ,  $30^\circ$  und  $45^\circ$ ), die Rechenanströmung ( $0,3 \text{ m/s}$  bis  $1,0 \text{ m/s}$ ) und die Rechenüberströmung ( $2 - 15 \text{ cm}$ ). Jeder Rechen weist eine lichte Weite von  $12 \text{ mm}$  und ein rechteckiges Stabprofil von  $3 \text{ mm} * 30 \text{ mm}$  (Breite \* Tiefe) auf. Je nach Rechenneigung sind die Rechenstäbe unterschiedlich lang.

Bisher wurden eine Versuchsstaffel mit Potamodromen, eine mit Aalen und eine mit Lachs Smolts durchgeführt. Die Versuche werden während natürlichen Abwanderungszeiten der Fische durchgeführt, um die größtmögliche Motivation der Fische zum Abwandern während den Versuchen zu erreichen.

Während der ethohydraulischen Untersuchungen wird von Biologen das Fischverhalten aufgezeichnet. Anhand dessen werden Bereiche in der Rinne ausgemacht, die von besonderem Interesse sind. Diese Bereiche werden hydraulisch näher untersucht.

Die bisherig durchgeführten ethohydraulischen Versuche lassen darauf schließen, dass vor allem der Übergangsbereich zwischen Rechenoberkante und Spülrinne, sowie das Fließverhalten in der Spülrinne selbst hydraulisch interessant sind.

Das Wasser in der Rinne wird von der Rückwand abgebremst, wodurch Wellen entstehen, die sich bis ca. 60 cm vor Rechenoberkante ausbreiten. Während den Versuchen wurde beobachtet, dass Fische in den Wellen verweilen und sich mit diesen treiben lassen. Inwiefern dieses Verhalten die Abwanderung verzögert ist Bestandteil weiterer Untersuchungen im Rahmen des Projekts.

Das abgebremste Wasser erfährt darüber hinaus eine Richtungsänderung, das Wasser fließt durch den Bypass ab. Die Bypassöffnung befindet sich in Blickrichtung der Strömung auf der linken Seite (Abbildung 28), das bedeutet, dass das Wasser nur einseitig lateral abfließen kann. Dadurch entsteht ein Wasserspiegelgefälle entlang der Spülrinne in Richtung Bypassöffnung. Dies ist gleichbedeutend mit einer Beschleunigung des Wassers in Richtung Bypassöffnung. Optimale Bedingungen für die Abwanderung der Fische sind gegeben, sofern bestimmte relative und explizite Geschwindigkeiten im Bypass eintritt nicht über- und unterschritten werden. Dieses Kriterium wird für die aller meisten Versuchsetups eingehalten.

Das Wasser, das sich an der gegenüberliegenden Seite des Bypasses befindet, wird frontal durch die Rückwand abgebremst und fließt nur bedingt in Richtung Bypass. Daher kommt es schlussendlich zur Wirbelbildung im Bereich der Rechenoberkante (Abbildung 29).

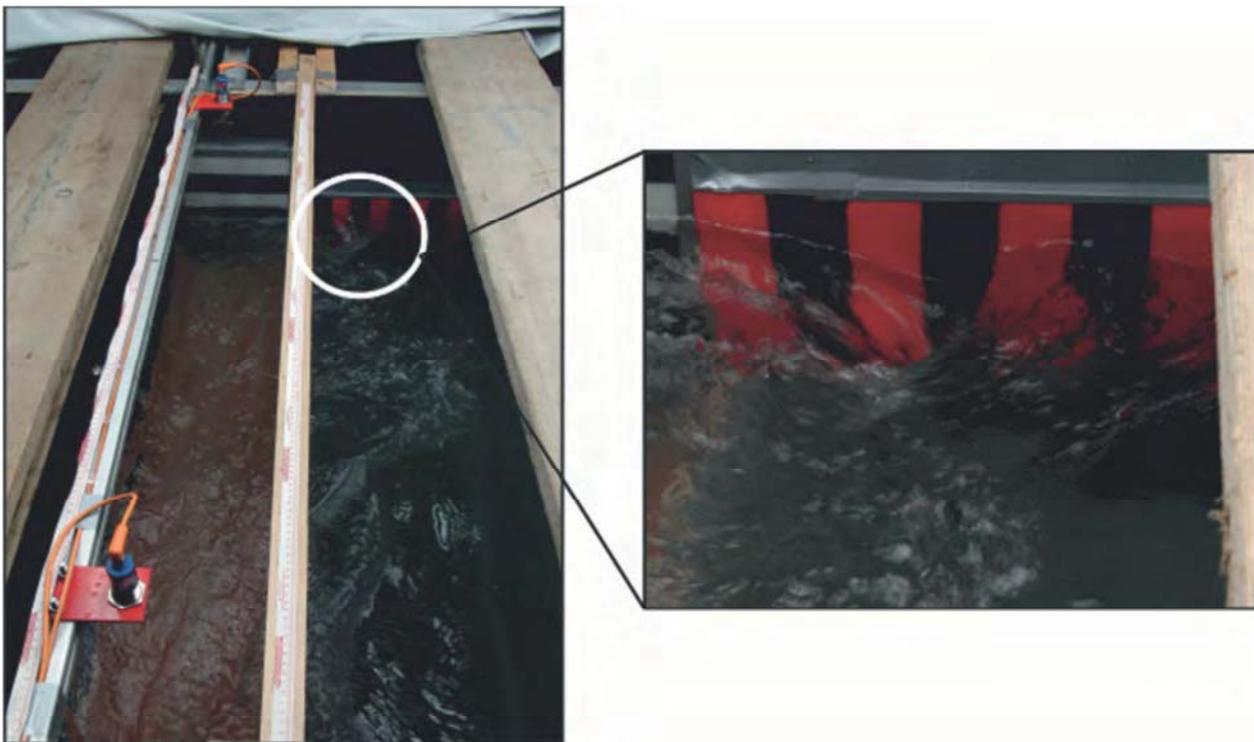


Abbildung 29: Wirbelauftreten an Rechenoberkante gegenüber der Bypassöffnung

Je höher die Strömungsgeschwindigkeit und je höher die Rechenüberströmung sind, desto größer ist die Wirbelstärke. Inwiefern das Wirbelauftreten das Fischverhalten beeinträchtigt, ist u.a. abhängig von der Fitness der Fische, sowie deren Größe und Schwimmfähigkeit. Vor allem Schwimmschwache Fische wie z.B. Welse werden desorientiert, wenn sie von einem Wirbel erfasst werden. Hierdurch kann sich die Abwanderung verzögern und ggf. wäre der Prädationsdruck im Freiland erhöht. Daher sollte eine Wirbelbildung weitestgehend vermieden werden.

Die hier genannten hydraulischen Aspekte und deren Auswirkung auf das Abwanderverhalten von Fischen ist ein Ausschnitt aus dem Projekt. Es gibt viele spannende Fragestellungen zum Abwanderverhalten der Fische an dem untersuchten System, die es hydraulisch zu analysieren gilt. Nur durch eine sukzessive Untersuchung des Fischverhaltens und der Hydraulik können letztendlich Empfehlungen für die bestmögliche Bauweise dieses Systems im Freiland gegeben werden.

# Beeinflussung der Effizienz von Fischwegen an Wasserkraftanlagen durch die Lichtverhältnisse

Gisela Kissel, M.Sc.

Projektförderer: Deutsche Bundesumweltstiftung (DBU)

Projektpartner: Institut für angewandte Ökologie, Kirtorf



Die Wahrnehmung der Umwelt ist ein komplexer Prozess. Menschen nehmen ihre Umwelt über die Augen wahr. Das Bild, das ein Mensch schlussendlich sieht, entsteht durch vielfältige Vorgänge im Gehirn. Wie ein Mensch allerdings auf das Gesehene reagiert, ist von weiteren Faktoren abhängig, wie z.B. das Alter, die Erfahrung, die Laune und auch die Situation selbst in der die Umwelt wahrgenommen wird. Das bedeutet, dass sich die Reaktion auf das Gesehene, von Mensch zu Mensch unterscheidet und damit nicht eindeutig vorhersagbar ist. Genau das gleiche Problem gibt es bei Fischen in Bezug auf die Wahrnehmung von Lichtverhältnissen und deren Reaktion. Die Wahrnehmung von Licht ist bei vielen Fischarten erforscht. Wie ein Fisch allerdings auf bestimmte Lichtverhältnisse reagiert, ist bisher noch nicht erforscht. Die Vorhersagbarkeit eines bestimmten Verhaltensmusters, ist für viele Situationen von Vorteil. Es könnte z.B. an Wasserkraftanlagen genutzt werden, um Fische effizienter durch getunnelte Fischwege zu leiten.

Genau mit dieser Fragestellung beschäftigt sich das Projekt „Beeinflussung der Effizienz von Fischwegen an Wasserkraftanlagen durch die Lichtverhältnisse“. Das Projekt wird von der Deutschen Bundesumweltstiftung Umwelt (DBU) gefördert und vom Institut für angewandte Ökologie (Biologen) und dem Fachgebiet Wasserbau und Hydraulik bearbeitet.

Im wasserbaulichen Forschungslabor der Technischen Universität Darmstadt ist ein 15 m langer Versuchsstand in einer ca. 40 m langen Rinne eingebaut. Der Versuchsstand befindet sich in einem Zelt 15 \* 5,5 \* 5,3 m (L\*B\*H), das den kompletten Versuchsstand abdunkelt, sodass die Lichtverhältnisse mit einem Luxmeter unter Laborbedingungen eingestellt werden (Abbildung 30).

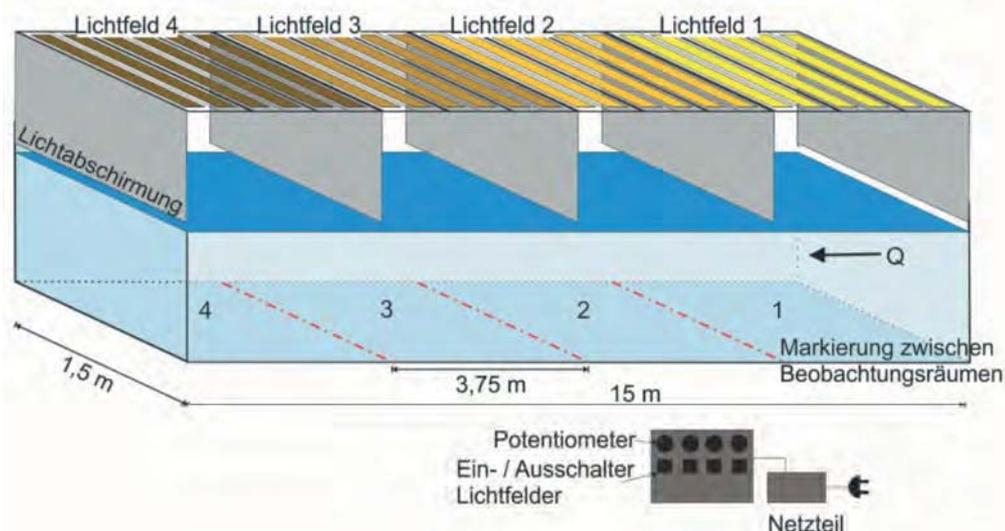


Abbildung 30: Versuchsstand ohne Zelt, nicht maßstabsgetreu

Der Versuchsstand ist in vier Beobachtungsräume mit jeweils separat einstellbaren Lichtverhältnissen unterteilt. Die separate Steuerung der Lichtfelder wird über ein Steuerpult ermöglicht, das über Ein- und Ausschalter der jeweiligen Lichtfelder verfügt, sowie über Potentiometer, um die Lichtstärke eines Feldes zu regeln. Damit das Licht nicht in den nächstgelegenen Beobachtungsraum einstrahlt und dort die Lichtverhältnisse beeinflusst, hängt jeweils eine Lichtabschirmung zwischen den Lichtfeldern. Bei

den Leuchtmittel handelt es sich um Tageslichtlampen mit einem für Tiere geeigneten Leuchtspektrum.

Während eines Versuches wird eine maximale Leuchtstärke von 1250 Lux und einer minimalen Leuchtstärke von 0 Lux am Rinnenboden der mit Wasser gefüllten Rinne eingestellt. Die Einstellung erfolgt mit einem Luxmeter und wird vor jedem Versuch neu eingestellt, da die Wassertrübung einen deutlichen Einfluss auf die Lichtverhältnisse hat. Während der Versuche werden die Lichtfelder von hell zu dunkel bzw. umgekehrt eingestellt. Diese Abstufung wird als „Lichtorgel“ bezeichnet. Zudem werden Versuche mit Kontrasteinstellungen durchgeführt, z.B. in Feld eins und vier maximale Leuchtstärke und in Feld zwei und drei Licht ausgeschaltet, um das Verhalten der Fische bei großen Helligkeitsdifferenzen zu beobachten. Die Versuche werden mit Strömungsgeschwindigkeiten zwischen 0 m/s und 0,75 m/s durchgeführt. Anhand der Kombination aus den veränderlichen Parametern (Lux und Strömungsgeschwindigkeit) lassen sich Schlüsse ziehen, ob die Reaktion der Fische auf die Lichtverhältnisse (Lichtorgel oder Kontrast) mit Einfluss der Strömungsgeschwindigkeit verändert.

Bisher wurde eine Versuchsstaffel mit Gemischtarten (Gründling, Döbel, Barbe, Wels etc.) im Sommer 2018 durchgeführt. Während der Beobachtungszeit von 30 Minuten wird alle 5 Minuten die Anzahl der Fische in einem Beobachtungsraum notiert. Anhand einer Datenanalyse werden Zusammenhänge zwischen Lichteinstellung und Reaktion der Fische deutlich. Es wird u.a. analysiert, welche Lichtverhältnisse Fische bevorzugen oder meiden und wie sie auf Lichtkontraste reagieren. Letztendlich ist das Ziel die Reaktion der Fische auf bestimmte Lichtverhältnisse vorherzusagen.

Im Herbst 2018 folgen Versuche mit Aalen und im Frühjahr 2019 mit Lachs Smolts.

## MeMo Fischabstieg

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

Katharina Bensing, M.Sc.

Projektförderer: Deutsche Bundesumweltstiftung (DBU)

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



Im Wasserhaushaltsgesetz ist die Erzielung des guten ökologischen Zustands für Fließgewässer gesetzlich verankert. Einen entscheidenden Baustein stellt dabei die Durchgängigkeit für die Fischfauna dar (§ 34 WHG), um die Fließgewässer besser zu vernetzen, die Mortalität der Lebewesen zu vermindern und damit Wasserkraftanlagen umweltverträglicher zu gestalten.

Während das Verhalten aufwanderwilliger Fische bereits intensiv erforscht wurde und dadurch ein klarer Stand der Technik mit Bemessungsvorgaben für eine Vielzahl an Aufstiegsanlagen aufgestellt werden konnten (DWA M 509), sind im Bereich des Fischschutzes und -abstiegs gegenwärtig noch viele Wissenslücken vorhanden (Kampa, Stein 2015). Bisläng ist bspw. unklar, welche Faktoren das Fischverhalten bei der Abwärtswanderung mit welcher Intensität beeinflussen und ein Stand der Technik bzgl. der Bemessung von Abstiegsanlagen liegt daher noch gar nicht vor.

Zudem wurden für ethohydraulische Untersuchungen sowie für die daraus entwickelten hydraulisch-taktilen Muster bisher meist zeitlich gemittelte Geschwindigkeitswerte herangezogen. Diverse Studien zeigen jedoch, dass Fische die Strömung an dem entlang ihrer Flanke angeordneten Seitenlinienorgan durch andere Parameter wie bspw. dem Druck und dessen turbulente Schwankungen wahrnehmen (Chagnaud et al. 2008, Bleckmann et al. 2004). Dadurch zeigt sich, dass eine erweiterte Betrachtung strömungsprägender Parameter und zugehöriger hydromechanischer Strukturen sinnvoll ist.

Zusätzlich finden hydrodynamisch-numerische Strömungssimulationen im Wasserbau immer öfter Anwendung. Auch im ethohydraulischen Kontext werden diese mittlerweile häufig erfolgreich eingesetzt, sodass sich eine Erweiterung bestehender Strömungsmodelle um ethohydraulische Prognosemodule als sinnvolle Weiterentwicklung darstellt.

Aufbauend auf den genannten Punkten bearbeitet das Fachgebiet Wasserbau und Hydraulik der TU Darmstadt in Kooperation mit dem Ingenieurbüro SJE (Ecohydraulic Engineering GmbH), dem Büro für Gewässerökologie HYDRA sowie dem Centre for Biorobotics der Universität Tallinn (TalTech) ein durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU) über drei Jahre gefördertes Projekt (Az. 33867/01).

Als übergeordnetes Hauptziel des DBU-Forschungsprojektes wird die Verbesserung der Bedingungen für den Fischschutz und -abstieg durch die Entwicklung eines kombinierten Mess- und Modellersystems (MeMo Fischabstieg) verfolgt. Die dazu erforderlichen Teilziele sind in Abbildung 31 dargestellt. MeMo Fischabstieg soll dabei hydraulische Werkzeuge liefern, um die bisher angewandten ethohydraulischen Methoden weiterzuentwickeln.

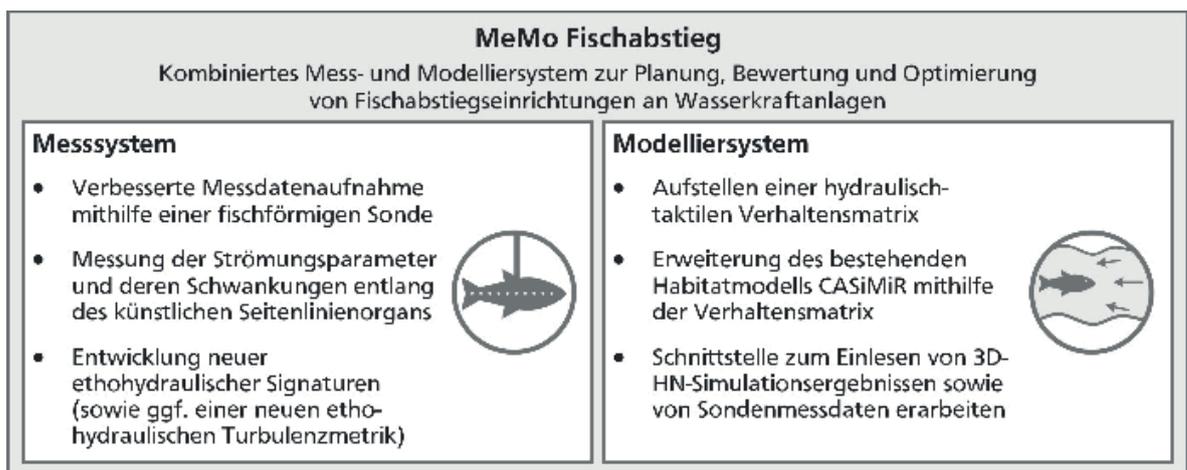


Abbildung 31: Entwicklungsziele des DBU-Projektes „MeMo Fischabstieg“

### Messsystem

Ein wichtiges Teilziel ist die Nutzung und Weiterentwicklung einer neuartigen, fischförmigen Sonde, welche am Centre for Biorobotics der Universität Tallinn entwickelt wurde (Tuhtan et al. 2016). Durch das eingebaute künstliche Seitenlinienorgan soll die natürliche Fischwahrnehmung besser nachempfunden werden, wodurch bestimmte Verhaltensweisen der Tiere sinnvoll mit einem Strömungsreiz verknüpft werden können. Mit der Sonde können zeitabhängige Druckwerte aufgezeichnet und weiterverarbeitet werden (s. Tuhtan et al. 2018). Aufgrund dieser verbesserten Möglichkeit der Messwertaufnahme ist auch die Entwicklung einer neuen Turbulenzmetrik möglich, welche die Wahrnehmung des Fisches bestmöglich beschreibt. Neuentwickelte ethohydraulische Signaturen können dann im weiteren Verlauf des Projektes zielführend genutzt werden. Der Einsatz der Sonde soll optimiert im Labor und Feld möglich sein.

### Modellersystem

Bisher ist noch kein geeignetes Werkzeug bekannt, um mögliches Fischverhalten zu prognostizieren. Daher soll auf Basis einer Literaturrecherche sowie den vorhergehenden Untersuchungen mit dem

Sondenfisch eine hydraulisch-taktile Verhaltensmatrix entwickelt werden, mit der anschließend das Habitatmodell CASiMiR (Noack et al. 2013) erweitert wird. Über eine Schnittstelle zum Einlesen von 3D-HN-Simulationsergebnissen sowie den mit dem Sondenfisch aufgezeichneten Strömungsdaten können dann erste Aussagen über mögliche Reaktionsräume und Verhaltensweisen getätigt werden. Somit ergibt sich eine Möglichkeit bestehende sowie in Planung befindliche Fischabstiegseinrichtungen zu bewerten und zu optimieren.

### Arbeitsschritte

Zunächst ist der internationale Wissensstand zu den drei Säulen des Projekts zu exzerpieren:

- hydraulisch-taktilen Verhalten beim Fischabstieg
- Messparameter, -systeme und -instrumente
- Modellieransätze, -methoden und -software

Die Laboreinrichtung wird zeitgleich auf den Einsatz der Sonde abgestimmt. Daraufhin ist es möglich bereits erste Tests mit einem älteren Modell des Sondenfisches mit steifem Körper durchzuführen. Dazu können die am Fachgebiet vorliegenden Daten vergangener, ethohydraulischer Untersuchungen genutzt werden, um erste Erkenntnisse zu gewinnen und später einen bewertbaren Vergleich mit den Ergebnissen der weiterentwickelten Sonde zu erhalten.

Anschließend werden Untersuchungen zum Verhalten (z.B. Verharren, Fliehen) verschiedener Fischarten in der Strömung von dem Kooperationspartner HYDRA durchgeführt. Die dabei verfassten Verhaltensprotokolle enthalten auffällige Reaktionsmuster und legen deren räumliche Ausdehnung dar.

Für die identifizierten Reaktionsräume werden dann genauere strömungstechnische Messungen durchgeführt. Zur verbesserten Messwertaufnahme soll der Sondenfisch eine flexible Körperform mit erweiterter Sensorik bis in die Schwanzflossen erhalten (Abbildung 32). Neben der Sonde wird zur Prüfung der Daten zusätzlich mit weiteren Strömungsmessgeräten wie bspw. dem ADV (Acoustic Doppler Velocimeter) gemessen.

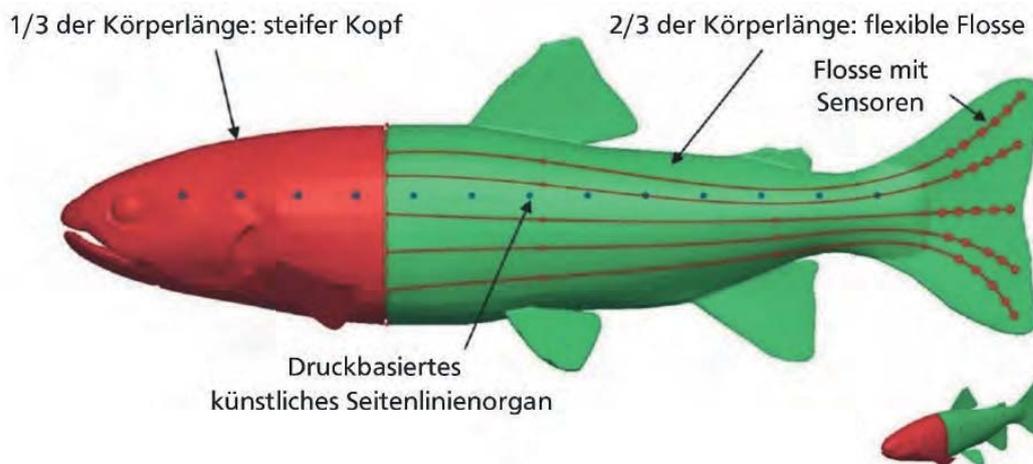


Abbildung 32: Konzept des neuen Prototyps der fischförmigen Sonde mit künstlichem Seitenlinienorgan der TalTech; durch die 1/3 – 2/3 Aufteilung wird die Sonde der biomechanischen Randbedingung gerecht, dass Fische den Vortrieb durch die Bewegung ihrer Rumpfmuskulatur erzeugen. (Quelle: DBU-Projektantrag, J. A. Tuhtan)

Aus alten und neuen Daten können durch die Korrelation von Fischverhalten mit verschiedenen aufgenommenen Strömungssignaturen neue hydraulisch-taktilen Verhaltensweisen für den Fischabstieg entwickelt werden. Aus den Erkenntnissen der Literaturrecherche und den genannten ethohydraulischen Untersuchungen kann dann eine Verhaltensmatrix entwickelt und in das Habitatmodell CASi-

MiR des Kooperationspartners SJE implementiert werden. Über eine Schnittstelle für Mess- und Simulationsergebnisse soll CASiMiR dann als Prognosewerkzeug dienen. Abschließend findet ein Praxistest zur Validierung, Bewertung und ggf. Optimierung des entwickelten Mess- und Modellersystems statt.

### Literatur

Bleckmann, H.; Mogdans, J.; Engelmann, J.; Kröther, S.; Hanke, W. (2004): Das Seitenliniensystem. Wie Fische Wasser fühlen. Biol. Unserer Zeit, 34/2004, Nr.6, S. 358-365.

Chagnaud, B. P.; Bleckmann, H.; Hofmann, M. H. (2008): Lateral line nerve fibers do not code bulk water flow direction in turbulent flow. Zoology 111 (2008), S. 204-217.

DWA M 509 (2014): Merkblatt DWA M-509. Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke – Gestaltung, Bemessung, Qualitätssicherung. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Hennef, 2014.

Kampa, E.; Stein, U. (2015): Forum "Fischschutz und Fischabstieg". Empfehlungen und Ergebnisse des Forums. Studie im Auftrag des Umweltbundesamtes (Hrsg.); Texte 97/2015.

Noack, M.; Schneider, M.; Wieprecht, S. (2013): The Habitat Modelling System CASiMiR: A Multivariate Fuzzy Approach and its Applications. In Ecohydraulics, I. Maddock, A. Harby, P. Kemp and P. Wood (eds.); John Wiley & Sons, Ltd., S. 75-91.

Tuhtan, J. A.; Fuentes-Pérez, J. F.; Strokina, N.; Toming, G.; Musall, M.; Noack, M.; Kämäräinen, J. K.; Kruusmaa, M. (2016): Design and application of a fish-shaped lateral line probe for flow measurement. Review of Scientific Instruments, 87(4), 045110, S. 1-8.

Tuhtan, J. A.; Fuentes-Pérez, J. F.; Toming, G.; Schneider, M.; Schletterer M. (2018): Ein Fisch ist kein Punkt: Analyse von Strömungssignaturen in Fischaufstiegsanlagen mit einem Seitenlinien Sensor. WasserWirtschaft 2-3/2018, S. 48-53.

## ***Entwicklung eines 3D-Fischtrackingsystems für ethohydraulische Untersuchungen im Labor und Freiland***

Katharina Bensing, M.Sc.

Projektpartner: Geodätisches Institut TU Darmstadt (Prof. Eichhorn)

Die Durchgängigkeit an Fließgewässern hat seit Einführung der Wasserrahmenrichtlinie einen großen Stellenwert in Deutschland eingenommen. Mittlerweile wurde eine Vielzahl an Fischwanderhilfen geplant und umgesetzt. Dabei ist die Funktionstüchtigkeit zahlreicher Anlagen jedoch aufgrund fehlender Maßnahmen zum Monitoring nicht belegt. Grund dafür ist der große Umfang sowie die damit verbundenen Kosten solcher Maßnahmen. Von Fang und Handzählung, über Besendern bis hin zum Videomonitoring kommen verschiedenste Verfahren zum Einsatz – jedes Verfahren mit individuellen Vor- und Nachteilen. Neben dem Nachweis der Funktionstüchtigkeit ist jedoch die ethohydraulische Untersuchung selbst ein wichtiger Baustein für die Verbesserung und Weiterentwicklung von Fischwanderhilfen. Während im Labor bisher viele ethohydraulische Versuche stattgefunden haben, ist dies im Freiland aufgrund der starken Trübung des Wassers nur eingeschränkt möglich. Es hat sich jedoch gezeigt, dass eine genauere Überprüfung und Validierung der im Labor beobachteten Verhaltensweisen sinnvoll ist (vgl. Peake 2004). Nach aktuellem Stand besteht die einzige Möglichkeit zur unbeeinflussten Beobachtung von Fischreaktionsmustern im Freiland in der Nutzung eines Sonars, während die meisten anderen Monitoringverfahren lediglich eine Aussage darüber liefern, ob ein Fisch einen

---

bestimmten Bereich passiert hat oder nicht. Die Anschaffung eines Sonars ist jedoch meist mit sehr hohen Kosten verbunden.

Somit wird deutlich, dass im Bereich von Monitoringverfahren als ethohydraulische Untersuchungsmethode weiterhin Forschungsbedarf besteht. Aus diesem Grund arbeitet das Fachgebiet Wasserbau und Hydraulik in Kooperation mit dem Geodätischen Institut der Technischen Universität Darmstadt an einem 3D-Fischtrackingsystem für den Einsatz im Freiland und im Labor. Ein wichtiger Baustein ist hierbei auch die Kopplung mit 3D-Strömungsdaten, um einen Zusammenhang zwischen Verhaltensweisen und Strömungssignaturen herstellen zu können.

### Methodik und erste Ergebnisse

Durch FORIN-Mittel des Fachbereichs Bau- und Umweltingenieurwissenschaften konnte eine günstige Industriekamera (Fotonic P60UA – Abbildung 33) für erste Tests finanziert werden. Diese wurde daraufhin während der Durchführung von Lebendtierversuchen im Wasserbaulichen Forschungslabor eingesetzt, um die Bewegungsmuster der Fische aufzuzeichnen. Die verwendete Kamera arbeitet mit der Streifenlichtprojektion (Structured Light). Hierbei wird ein geometrisch definiertes Muster (z.B. Streifen) auf den betrachteten Raum projiziert, dieses Muster wird von der verbauten Kamera aus einem anderen, definierten Blickwinkel erfasst. Aus diesem Blickwinkel wird dann die Verzerrung des Musters durch nicht planare Oberflächen sichtbar und es können Tiefeninformationen generiert sowie die 3D-Form eines Objektes reproduziert werden (Geng 2011). Die Kamera kann sowohl ein Tiefen- als auch ein RGB-Bild ausgeben. Die aufgezeichneten Einzelbilder werden dann computergestützt ausgewertet, um die Fische zu identifizieren und in den folgenden Bildsequenzen zu verfolgen.



Abbildung 33: Eingesetzte 3D-Industriekamera: Modell P60UA von Fotonic; Funktionsweise auf Basis der Streifenlichtprojektion (Quelle: Fotonic 2016)

Das Ergebnis sind 3D-Fischtrajektorien d.h. die Schwimmwege, welche die Fische im Raum zurückgelegt haben. Durch Strömungsmessungen und 3D-hydrodynamisch-numerische Untersuchungen des Beobachtungsgebietes kann eine ethohydraulische Verschneidung computergestützt erfolgen. Somit kann beispielsweise reproduziert werden, welche Geschwindigkeiten entlang der gewählten Schwimmwege der Fische vorlagen, es können Vorlieben für bestimmte Strömungssignaturen identifiziert werden und Verhaltensweisen ethohydraulisch besser beurteilt werden. Erste Ergebnisse zur Darstellung und Auswertung der Trajektorien zeigt Abbildung 34.

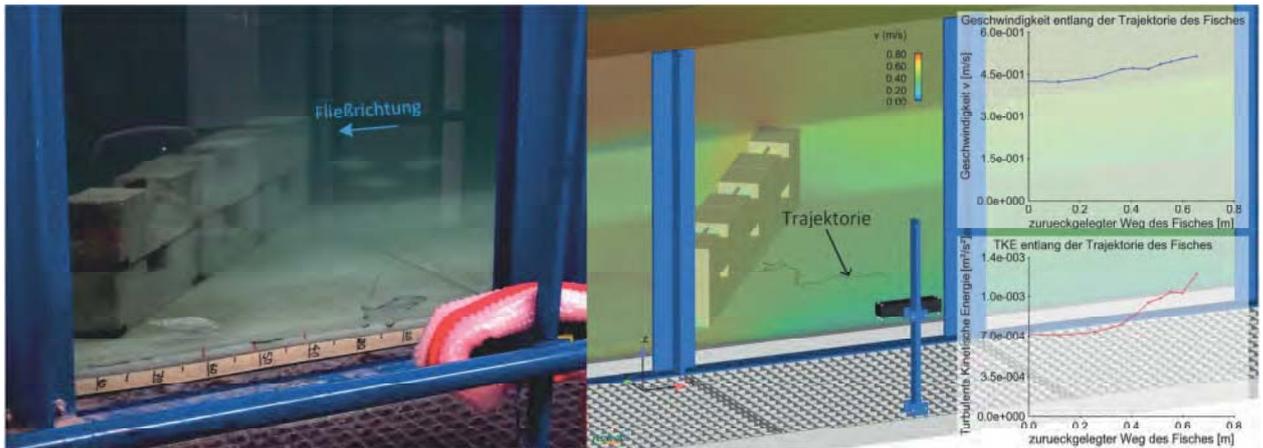


Abbildung 34: Videoaufzeichnungen während der Lebendtierversuche im Wasserbaulichen Forschungslabor (links); Ergebnisse der 3D-Simulation mit Flow 3D und Darstellung in FlowSight: Strömungsbedingungen während der Videoaufzeichnungen sowie Darstellung der generierten Trajektorie (rechts)

### Ausblick

Bisherige Tracking-Verfahren basieren oft auf zweidimensionalen Untersuchungen, obwohl es sich um Lebewesen in einer dreidimensionalen Umwelt handelt (z.B. Xia et al. 2016). Ebenso findet eine ganzheitliche ethohydraulische Betrachtung nur vereinzelt und meist nur in Ansätzen statt (z.B. Detert et al. 2014). Das System soll daher im Hinblick auf folgende Punkte ausgearbeitet werden:

- Unterstützende Anwendung bei ethohydraulischen Analysen im Labor
- Monitoring sowie Durchführung von ethohydraulischen Analysen unter natürlichen Bedingungen im Freiland
- Einfache, aber vielseitige, computergestützte Auswertemethodik mit der Möglichkeit zur Korrelation mit gemessenen oder simulierten Strömungsdaten

Die nächsten Schritte beinhalten weitere Tests im Labor zur stetigen Verbesserung der Datenprozessierung. Ebenso ist eine Kalibrierung der Ergebnisse notwendig. Die Anwendbarkeit des Kamerasystems bei verschiedenen Umweltbedingungen muss getestet und das verwendete Verfahren bewertet werden. Eine Recherche weiterer Kamerasysteme ist durchzuführen, um einen möglichst weiten Einsatzbereich gewährleisten zu können. Störeinflüsse wie die Brechung des Lichtes im Wasser müssen ebenfalls analysiert werden. Des Weiteren ist geplant einen Forschungsantrag zu stellen, um eine neue Kamera zu finanzieren und das System entsprechend der Planung weiterentwickeln und kostengünstig sowie anwenderfreundlich umsetzen zu können.

### Literatur

Detert, M.; Kriewitz, C. R.; Albayrak, I.; Boes, R. (2014): Entwicklung und Anwendung eines automatisierten Fish-Tracking Moduls. Schlussbericht vom 30.09.2014, im Auftrag des Bundesamts für Energie BFE, Forschungsprogramm Wasserkraft, Bern.

Fotonic (2016): Produktdatenblatt, Fotonic P60U-series. Stockholm.

Geng, J. (2011): Structured-light 3D surface imaging: a tutorial. Adv. Opt. Photon. 3, 128-160.

Peake, S. (2004): An Evaluation of the Use of Critical Swimming Speed for Determination of Culvert Water Velocity Criteria for Smallmouth Bass. Transactions of the American Fisheries Society 133, S.1472-1479.

Xia C.; Chon, T.-S.; Liu, Y.; Chi, J.; Lee, J. (2016): Posture tracking of multiple individual fish for behavioral monitoring with visual sensors. Ecological Informatics 36 (2016), S. 190-198.

## Untersuchungen zur Verbesserung von Flussdeichen

Sirko Lehmann, M.Sc.

Ein Forschungsschwerpunkt des FG Wasserbau und Hydraulik ist der Einsatz von qualifiziert verbesserter Baustoff im Wasser- und speziell dem Flussdeichbau. Qualifiziert verbessertem Baustoff steht für das Stabilisieren von z.B. schluffigem Sand mittels eines Mischbindemittels (in unserem Versuchsaufbau 7 Vol.-% Mischbinder, der aus 30% Kalk und 70% Zement besteht). Der Vorteil dabei ist, dass die standsicherheitsrelevanten Bodenparameter (Reibungswinkel und Kohäsion) dadurch deutlich erhöht werden. Aus diesem Baustoff wurde ein ca. 2 m hoher Deich, mit einer Böschungsneigung von 1:2 auf Wasser- und Landseite in der Tiefrinne des wasserbaulichen Forschungslabors der TU Darmstadt eingebaut.

Das Ausschnittmodell ist sowohl in Böschungswinkel als auch in Kronenbreite (1,5 m) bewusst standsicherheitsgefährdend steil gewählt. Damit erfüllt es die Richtwerte der DIN 19712 und des DWA Merkblatt 507-1, welche beide eine Böschungswinkel  $\leq 1:3$  sowie eine Kronenbreite von mind. 3 m angeben, nicht. Betrachtet man weitere Faktoren der Anforderung einer Deichböschung wird schnell klar, dass eine steilere Böschung als 1:2,5 nur schlecht realisierbar ist. Hierbei spielen Unterhaltungseffekte, wie Begehrbarkeit, Mähbarkeit und Einfügung in das Landschaftsbild mit ein.

Für die Abmessungen des Modells gibt es zwei Gründe: Zum einen die Beobachtbarkeit während der Versuche und zum anderen das bewusste Ausreizen des Baumaterials. Eine größere Kronenbreite oder eine flachere Böschungswinkel würden im Versuchsaufbau der Tiefrinne die Beobachtung von Zu- und Abströmbedingungen bei einer Überströmung verhindern. Die ca. 30 m lange Rinne ist im Mittelstück, auf einer Länge von ca. 7 m, von der Seite einsehbar.

Im Jahr 2018 wurde ein Dauereinstau des Deichmodells in der Rinne durchgeführt. Dabei stand auf der Wasserseite knapp das gesamte Jahr hydrostatisch Wasser an. Während des Einstaus wird die landseitige Deichböschung immer wieder auf optische Veränderung untersucht. Während dieser Untersuchung konnte keine optische Veränderung der Deichböschung detektiert werden.

Neben dem Volleinstau werden auch die Überströmbarkeit und damit die Erosionssicherheit des Materials untersucht. Die hierfür eingesetzte Messtechnik ist vereinfacht in Abbildung 35 dargestellt. Durch die 0,75 m breite Rinne kann ein Durchfluss von bis zu  $1 \text{ m}^3/\text{s}$  geleitet werden. Eine zweistündige Belastung mit landseitigem Wechselsprung in dieser Größenordnung konnte von dem Erdbauwerk schadlos aufgenommen werden.

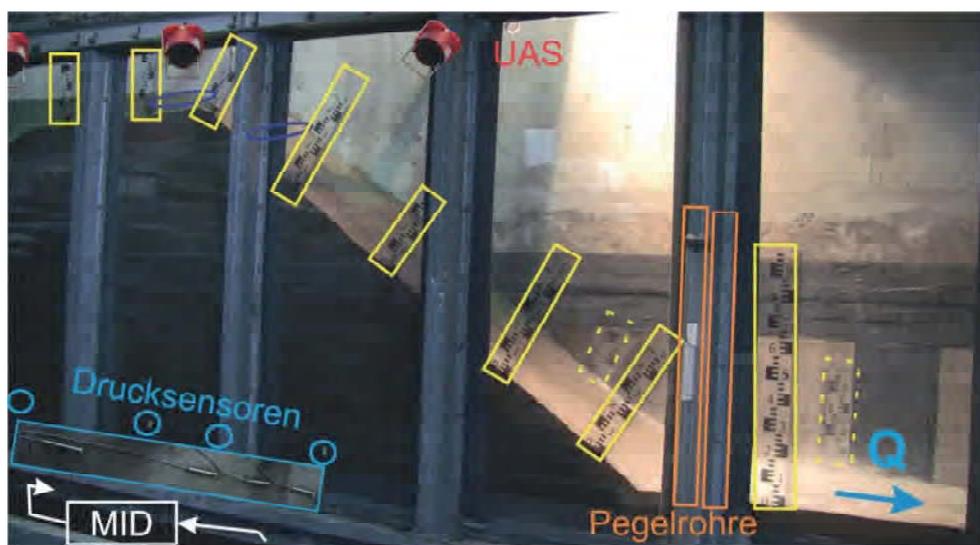


Abbildung 35: Ansicht des Ausschnittmodells in der Tiefrinne, mit markierter Messtechnik

Viele Erdbauwerke – insbesondere Deiche – versagen allerdings nicht unter Laborbedingungen im nahezu ideal aufgebauten Zustand, sondern vielmehr durch Initialschäden. Diese entstehen in der Natur häufig durch das Einwirken von Flora und Fauna. Um diesen Umstand untersuchen zu können, wurden wühlmausgroße ( $D \approx 40 \text{ mm}$ ) und ca. 35 cm tiefe Löcher in den unteren Teil des Deiches eingebracht. Abbildung 36 zeigt das Einbohren der Löcher, Abbildung 37 die fertigen Löcher.



Abbildung 36: Einbringen der Wühlerschäden mittels Handschlagbohrmaschine

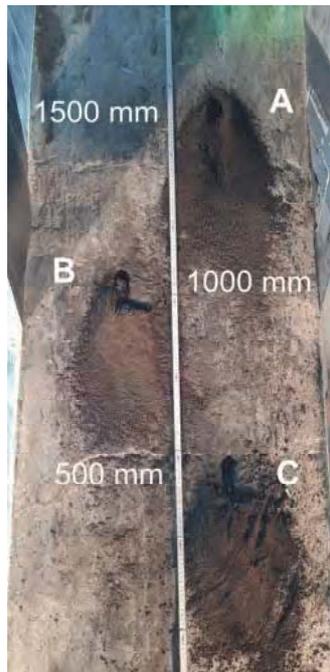


Abbildung 37: Position der Initialwühlerschäden auf der landseitigen Böschung

Es lässt sich festhalten, dass auch diese Löcher weder bei Volleinstau noch bei Überströmung beobachtbare fortschreitende Schädigungen am Deichkörper verursacht haben. Der einzige Effekt nach tagelangem Einstau war eine leichte weißliche Verfärbung unterhalb der Löcher, welche auf Kalkaustrag von noch nicht abschließend gebundenen Bindemittel zurückzuführen ist.

Es ist fraglich ob die Tiere in das Material eingraben (können) oder dieses eher meiden. Trotzdem ist vorgesehen, diese Initialschäden zu vergrößern und bis zu einem Pipingeffekt, also einem durchgehenden Loch gerade durch den Deich, zu untersuchen. Dabei soll unter Volleinstau die Menge und Beschaffenheit des den fiktiven, idealen Wühltergang durchströmenden Wassers untersucht werden.

#### Literatur

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

DWA-M 507-1 (2011): „Merkblatt Teil 1: Deiche an Fließgewässern - Planung, Bau und Betrieb“. Ko-operation der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e.V. (DGGT), des Deutschen Talsperren Komitees (DTK) und der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA).