

WasserJahr 2022

Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

Jahresheft der Fachgebiete:
Wasserbau und Hydraulik
Ingenieurhydrologie und Wasserbewirtschaftung

Editorial

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

die vorliegende Ausgabe des *WasserJahr* stellt Ihnen in gewohnter Weise die Aktivitäten des Instituts aus dem Jahr 2022 vor und gibt Ihnen zudem einen kurzweiligen Einblick in das Institutsleben.

Auch 2022 war ein Jahr, welches von den Auswirkungen der Corona-Pandemie geprägt war: zum Schutz der Mitarbeitenden und Studierenden bestand das komplette Jahr über in allen Unibebäuden eine Maskenpflicht, was besonders während der heißen Sommertage oft unangenehm war. Jedoch konnten Lehrveranstaltungen, Seminare und Praktika als auch viele Abschlussarbeiten damit dann wieder in gewohnter Präsenz am Campus stattfinden – für die Studierenden der ersten drei Semester war dies quasi ein „zweiter Einstieg ins Studium“, da während ihrer vorherigen Semester das Studium nur rein digital und ohne direkten Präsenzkontakt stattgefunden hat.

Der schreckliche Angriffskrieg Russlands in der Ukraine stellt gegenwärtig für den Unibetrieb neben der Coronasituation eine weitere Herausforderung dar: einerseits wurde ein Konzept zur Aufnahme von in Not geratenen Studierenden aus der Ukraine entwickelt und umgesetzt (www.tu-darmstadt.de/universitaet/aktuelles_meldungen/solidaritaet_mit_der_ukraine/ukraine.de.jsp); andererseits zieht der Krieg eine bislang in Deutschland nicht dagewesene Energiekrise nach sich, von der auch die TU Darmstadt betroffen ist, deren Wärme und Strom zu 70% aus Gas erzeugt wird. Hier müssen nun universitätsweit Energiesparmaßnahmen gebäude- bzw. anlagenspezifisch ausgearbeitet und umgesetzt werden – dies wird jedoch nur dann erfolgreich sein, wenn alle Mitarbeitenden und Studierenden ihr persönliches Verhalten entsprechen anpassen und aktiv mithelfen (www.tu-darmstadt.de/universitaet/aktuelles_meldungen/energie/index.de.jsp).

Trotz all der in 2022 prägenden Ereignisse konnte am Institut der Forschungs- und Lehrbetrieb mit guten Ergebnissen fortgesetzt werden. Obwohl viele Forschungs-Fördertöpfe durch all die Krisen und durch die von der neuen Regierung gesetzten neuen Randbedingungen zunächst unerreichbar schienen, konnten insbesondere im zweiten Halbjahr neue F+E-Projekte eingeworben werden. Ebenso konnte laufende Projekte fast planmäßig abgeschlossen und Dissertationen unserer Mitarbeitenden erfolgreich beendet werden. Auch einige neue Gesichter sind am Institut zu sehen – die Details zu all dem sind auf den folgenden Seiten zu finden.

Wir wünschen Ihnen nun viel Spaß beim Durchblättern und Lesen des *WasserJahr* 2022 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

Im April 2022 wurde die neue Lichtwiesenbahn in Betrieb genommen. Der Campus ist nun vom Hbf Darmstadt aus bequem in ca. 20 Minuten mit der Straßenbahnlinie 2 erreichbar

Inhalt

- DAWAKO 2022 – Rückblick..... 3
- Informationen aus dem Förderverein..... 4
 - Jahreshauptversammlung 2022 5
 - Nachruf und Abschied von Anton Nuding 6
- Beiträge zu herausragenden studentischen Abschlussarbeiten 10
- Aus den Fachgebieten: Wasserbau und Hydraulik..... 22
 - Lehre 22
 - Promotionen..... 28
 - Publikationen..... 29
 - Tagungen und Presse..... 30
 - Forschung..... 32
- Aus den Fachgebieten: Ingenieurhydrologie und Wasserbewirtschaftung..... 50
 - Lehre 50
 - Promotionen..... 51
 - Forschung..... 52
 - Vernetzung 70
- Der Förderverein im Internet..... 74

Impressum

Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft

Fachgebiet Wasserbau und Hydraulik

Prof. Dr.-Ing. habil. Boris Lehmann

Fachgebiet Ingenieurhydrologie und Wasserbewirtschaftung

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:

Aktivitäten und Messgeräte im ihwb-Feldlabor (Fotos: ihwb-Team 2020-2022, Schintgen 2022).

DAWAKO 2022 – Rückblick

Coronabedingt konnte aufgrund der strengen Hygieneregeln in 2021 leider kein Darmstädter wasserbau- und wasserwirtschaftliches Kolloquium (DAWAKO) stattfinden. Obwohl in 2022 aufgrund der Infektionslage an der TUDa Präsenzveranstaltungen nur für den Vorlesungsbetrieb möglich waren, wurde ein Weg gefunden, das DAWAKO am 3. März zumindest online als digitales Konferenzformat stattfinden zu lassen.



Die Teilnahme war kostenlos und ohne Anmeldung durch einfaches Einloggen in das Zoom-Videokonferenzsystem möglich, und so fanden sich rund 70 Teilnehmende dort dann auch ein. Das Programm wurde bewusst auf 3 Stunden begrenzt, da derartige online-Veranstaltungen vor dem PC erfahrungsgemäß bewegungsarm und aufmerksamkeitszehrend sind.

Es wurde ein buntes fachliches Themenportfolio in fünf Vorträgen geboten, eingerahmt von einer Begrüßung, Moderation und von Schlussworten durch die beiden Institutsleitenden Frau Prof. Schmalz und Herr Prof. Lehmann.

Frau Paula Farina Grosser, M.Sc., FG Ingenieurhydrologie und Wasserbewirtschaftung, präsentierte aktuelle Ergebnisse ihrer Forschung zur *Klimaentwicklung und den damit verbundenen möglichen Folgen für die Wasserressourcen im Forschungseinzugsgebiet der Gersprenz*. Durch die Betrachtung der langfristigen Entwicklung historischer Messdaten und Klimaprojektionen konnte die künftige Ausprägung von Dürre und Wasserverfügbarkeit antizipiert und die Belastung der Wasserressourcen unter verschiedenen Emissionskonzentrationsszenarien bis zum Jahr 2100 abgeschätzt werden.

Im Anschluss referierte Herr Dr.-Ing. Peter Heiland von INFRASTRUKTUR & UMWELT Professor Böhm und Partner, Darmstadt, zum Thema *Hitze, Dürre, Starkregen: Anpassung an die Folgen des Klimawandels im Rahmen städtebaulicher Quartierskonzepte*. Er stellte vor, mit welchen Maßnahmen den Klimawandelfolgen im urbanen Raum begegnet werden können und welche Bearbeitungsschritte eines Anpassungskonzeptes notwendig sind. Da Klimawandel nicht sektoral wirkt, werden integrierte Antworten benötigt, u.a. durch die wassersensible Gestaltung von Planungsprozessen oder die Verbesserung naturnaher und technischer Konzeptionen und Gestaltungen.

Nach einer kurzen Pause stellte Herr Michael Oberauer, M.Sc. von DAHLEM Beratende Ingenieure GmbH & Co. Wasserwirtschaft KG (Darmstadt) in seinem Vortrag *Überflutungsprognose für mögliche lokale Starkregenereignisse – Modellierungsansätze und -entwicklungen* aktuelle Fallbeispiele vor. Dabei zeigten sich anschaulich die unterschiedlichen methodischen Möglichkeiten als auch die daraus resultierenden Ergebnisqualitäten. Herr Oberauer führte in seinem Ausblick auch Ideen für konkrete Weiterentwicklungen auf, die sowohl den Modellierungsaufwand als auch die Ergebnisverwertbarkeit betreffen.

Herr Dr.-Ing. Robin Ruff vom Fachgebiet Wasserbau und Hydraulik stellte in seinem Vortrag *Einfachstturbinen für Entwicklungs- und Schwellenländer – Möglichkeiten und Grenzen* anschaulich die Ergebnisse seiner dreijährigen Forschungsarbeit vor. Es wurde deutlich, dass man durch Verwendung von alten Maschinenkomponenten und Schrott mit etwas handwerklichen Geschick solide Kleinstturbinen bauen und betreiben kann, mit denen man Energiemengen bis zu 500 Watt erzeugen kann. Je nach standörtlicher Situation lassen sich hierzu leistungssteigernde Komponenten ergänzen, zu denen Dr. Ruff Bemessungs- und Gestaltungskriterien liefert.

Im letzten Beitrag berichtete Frau Prof. Schmalz in ihrer Funktion als Präsidentin der Deutschen Hydrologischen Gesellschaft (DHG) über die Aktivitäten dieser wissenschaftlichen Gesellschaft. Im Vordergrund stehen Erfahrungs- und Informationsaustausch, Bildung und Ausbildung des wissenschaftlichen Nachwuchses, berufliche Weiterbildung sowie Organisation und Durchführung von wissenschaftlichen Jahrestagungen und Fortbildungsveranstaltungen. Dazu werden u.a. Preise (Deutscher Hydrologiepreis, Dissertationspreis, Posterpreise) und Feldstipendien von der DHG vergeben sowie ein Mentoringprogramm organisiert.

Informationen aus dem Förderverein

Dr.-Ing. Andreas Wetzstein, Vorsitzender

Obwohl das Jahr 2023 bereits einige Tage hinter sich hat, möchte ich an dieser Stelle einen kurzen Jahresrückblick auf unser Vereinsleben 2022 mit zwiespältigen Erlebnissen und Eindrücken geben.

Eine Hiobsbotschaft erreichte uns im Frühsommer mit der Todesnachricht unseres langjährigen Vereinsmitglieds Prof. Dr. Anton Nuding. Toni war Gründungsmitglied und lange Jahre im Vorstand des Fördervereins aktiv und er hinterlässt menschlich eine nicht zu schließende Lücke. Die Abschiedsworte seiner Kollegen berührten mich sehr.

Wie schon in den vergangenen Jahren wirkt sich erneut das globale Geschehen auf unseren Alltag aus, beeinflusst unser gewohntes Miteinander. Während sich die Umklammerung durch die Pandemie zwar zunehmend lockert, beeinflussen nun Krieg, Energiekrise und Inflation unser gesellschaftliches Leben und es bleibt wieder nicht ohne Auswirkungen auf unser Vereinsleben im kommenden Jahr: Auch das dritte Jahr infolge werden wir unser DAWAKO nicht am gewohnten Ort und zur gewohnten Zeit abhalten können. Wegen der Energiekrise haben wir nicht die erforderliche Planungssicherheit, ob wir für das kommende Frühjahr einen beheizten Hörsaal für das Kolloquium von der TU Darmstadt zur Verfügung gestellt bekommen können. Dies zwingt uns zu einer Umplanung, dazu später mehr.

Nach drei Jahren beginnen wir uns langsam von den Zwängen der Corona-Pandemie zu befreien und eine stete Rückkehr zum normalen gesellschaftlichen Leben findet allmählich wieder statt. Lehrveranstaltungen, Symposien, Dienstbesprechungen konnten wieder in Präsenz stattfinden.

Im März konnte das DAWAKO endlich wieder durchgeführt werden. Wenn auch „nur“ als online-Veranstaltung, so fand die Veranstaltung zumindest zur gewohnten Zeit statt. Eine hohe Anzahl an Gästen belegten das Interesse an der Veranstaltung aber auch die Akzeptanz für das gewählte Format.

Im Sommer fand dann die Jahreshauptversammlung in den Räumen der wasserbaulichen Versuchshalle statt. Als Rahmenprogramm waren die Preisverleihung der Preise für herausragende Abschlussarbeiten am Institut mitsamt den Kurzvorträgen wie auch das langersehnte Barbecue geplant. Leider machte uns Grillverbot im gesamten Bereich der Lichtwiese infolge des Dürresommers 2022 einen Strich durch die Planung. Dennoch fand der Abend in einem sehr schönen Rahmen statt. Die Jahreshauptversammlung war gut besucht, die Vorträge waren hochinteressant und die anschließende Abendveranstaltung war sehr schön. Auch wenn nicht gegrillt werden konnte, war bestens für das leibliche Wohl gesorgt. Der laue Sommerabend ermöglichte es, dass wir unter freiem Himmel auf Bänken vor der Versuchshalle zusammensaßen und uns endlich wieder von Angesicht zu Angesicht austauschen konnten. Dass die Sehnsucht nach einer solchen Veranstaltung groß war, zeigte sich, dass die Letzten erst weit nach Mitternacht den Heimweg antraten.

Der Termin für das DAWAKO und die Mitgliederversammlung soll langfristig wieder am Ende des Wintersemesters stattfinden. Für das kommende Jahr haben sich die Vorstände allerdings darauf verständigt, das DAWAKO 2023 in das Sommerhalbjahr zu verschieben. Gegen Ende des Sommersemesters, kurz vor den hessischen Sommerferien sollen das DAWAKO und die Jahreshauptversammlung in Präsenz stattfinden. Wir werden den genauen Termin und das Programm frühestmöglich ankündigen.

Ich wünsche Ihnen viel Spaß bei der Lektüre des vorliegenden Heftes und ich hoffe, dass wir uns im kommenden Jahr häufig begegnen und zahlreiche Gelegenheiten zum fachlichen und menschlichen Austausch gegeben sein werden.

Jahreshauptversammlung 2022

Am Donnerstag, dem 14. Juli fand die Mitgliederversammlung unseres Fördervereins statt. Umrahmt wurde diese von der Preisverleihung für die herausragenden studentischen Abschlussarbeiten des vorangegangenen Jahres und einem gemütlichen Beisammensein in und vor der wasserbaulichen Versuchshalle an der Lichtwiese.

Prämiert wurden die Arbeiten von Frau Ameli Brecht, Frau Lorena Gormsen und Frau Jessica Gappisch, die bereits im letzten Wasserjahr vorgestellt wurden. Die Förderpreise in Höhe von jeweils 500 € wurden von *IGM Messen*, *pecher + icon* sowie *Sieker – die Regenwasserexperten* gestiftet. Darüber hinaus bekam jede Preisträgerin ein handsigniertes Buch „Wasserbau – Grundlagen, Gestaltung von wasserbaulichen Werken und Anlagen“ vom Verfasser und Fördervereinsmitglied Prof. Dr.-Ing. Peter Gonsowski höchstpersönlich überreicht.



Verleihung der Preise des Fördervereins für hervorragende studentische Abschlussarbeiten im Jahr 2022 im Rahmen der Mitgliederversammlung am 14.07.2022 bei tropenhaften Temperaturen im Wasserbaulabor: Die Laudatoren (links) mit den drei Preisträgerinnen (rechts) – Ameli Brecht, Jessika Gappisch und Lorena Gormsen (von links), deren Arbeiten bereits im Wasserjahr 2021 vorgestellt wurden

In der Jahreshauptversammlung wurde unter anderem auf die positive Entwicklung der Mitgliederzahlen hingewiesen und ein Appell an die anwesende „Bürowelt“ gerichtet, dem Förderverein in einer Büromitgliedschaft beizutreten. Sowohl *IGM Messen* aus Bickenbach wie auch *aquadrat* aus Griesheim sind diesem Aufruf zwischenzeitlich gefolgt.

Ein großes Dankeschön gebührt den MitarbeiterInnen des Instituts für die Organisation des anschließenden Beisammenseins, wo dem offiziellen Grillverbots zum Trotz auch ohne Live-BBQ bestens für das leibliche Wohl gesorgt wurde. Auch der fachliche und persönliche Austausch wurden gepflegt und die Letzten traten erst spät in der Nacht ihren Heimweg an.

Nachruf und Abschied von Anton „Toni“ Nuding

Prof. Dr.-Ing. Anton Nuding ist am 20. Mai im Alter von 71 Jahren verstorben. Bis zu seiner Pensionierung 2016 war er Professor für das Lehrgebiet Wasserbau und einige Jahre Dekan im Bauingenieurwesen an der Hochschule Biberach. Zudem war er ab 2004 mehr als 10 Jahre im Gemeinderat seiner Heimat Biberach aktiv.



Anton Nuding habe ich als einen offenen, zugewandten und humorvollen Menschen kennengelernt, der ein souveränes und sachliches Auftreten hatte und daher allseits geschätzt und beliebt war. Seine Begeisterung für die Umweltbelange schlug sich in seinem Beruf hervorragend nieder: Nach seinem Studium des Bauingenieurwesens in Darmstadt sammelte er über 20 Jahre Berufserfahrung im konstruktiven Wasserbau und in der Wasserwirtschaft in einem international tätigen Büro. Diese Erfahrung und Leidenschaft brachte er bei seiner Tätigkeit als Professor für Wasserbau an der Hochschule Biberach von 1993 bis 2016 ein und blieb auch über seinen Ruhestand hinaus stets eng mit seiner Hochschule und seinen ehemaligen Studierenden verbunden.

Im Rahmen eines DVWK-Seminars zur hydraulischen Berechnung naturnahe Fließgewässer lernte ich Anton Nuding Ende der 1990er-Jahre kennen. Er war einer der Wegbereiter dieses Themas und aus meiner Sicht ein bedeutender Vorreiter von dem, was heute als sog. Ökohydraulik eine Schnittstellendisziplin und wesentliche Grundlage in der naturnahen Gewässerentwicklung als auch beim naturverträglichen Hochwasserschutz darstellt. Das von ihm als Doktorand in Darmstadt entwickelte semiempirische Berechnungsverfahren fand Eingang in ein DVWK-Merkblatt sowie in zahlreiche Leitfäden und Forschungsarbeiten.

Unsere Wege trafen sich - abgesehen von geselligen Begegnungen am Rande von Tagungen und Kongressen - in 2019 mit der gemeinsamen Betreuung eines Doktoranden wieder. Die hier erfahrene Zusammenarbeit mit Anton Nuding war sehr kollegial, lehrreich und konstruktiv und hat darüber hinaus immer viel Spaß gemacht. Mit Anton Nuding ist ein liebenswerter und fachlich sehr kompetenter Kollege von uns gegangen – seine Errungenschaften im Wasserbau werden jedoch in zahlreichen Vorlesungen, Seminaren und Forschungsarbeiten weiterleben und an ihn erinnern.

Boris Lehmann

Die Dahingegangenen bleiben mit dem Wesentlichen,
womit sie auf uns gewirkt haben, mit uns lebendig,
solange wir leben. Hermann Hesse

PROF. DR.
ANTON NUDING

* 17. September 1950 † 20. Mai 2022

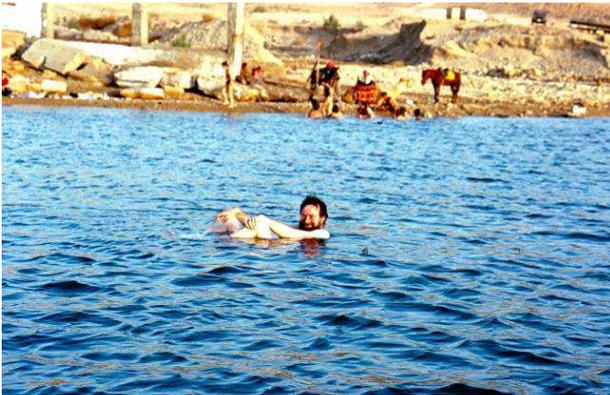
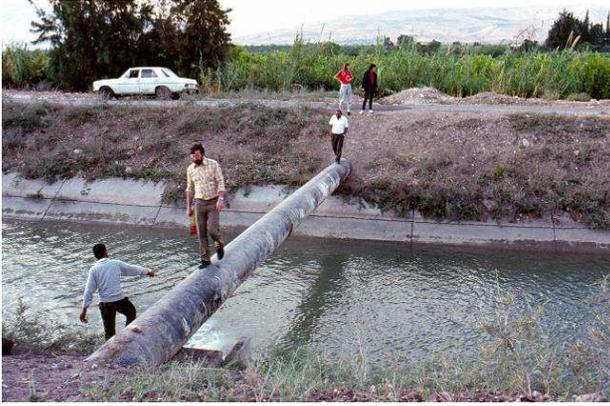
In Liebe und Dankbarkeit.
Wir werden ihn sehr vermissen

Verena
Iris und Christian mit Leonora
David
Margit und Hermann
Gabi Kübler
und alle Verwandten

**Trauerfeier mit anschließender Urnenbeisetzung am Freitag, 3. Juni 2022,
um 14:30 Uhr auf dem Stadtfriedhof Biberach.**

Anstelle von Blumen und Kränzen bitten wir um eine Spende an die »Hugo Häring Gesellschaft Biberach«
IBAN: DE97 6545 0070 0008 1729 47; Kennwort: »Anton Nuding«.

Anton Nuding - von seinen Freunden liebevoll Toni genannt – hatte viele Wegbegleiter aus der Mitgliedschaft unseres Fördervereines, die sich mit den folgenden Worten gerne von ihm verabschieden möchten.



Forschungsberichtes im Zusammenhang mit verschiedenen Projekten in Jordanien. Dabei ging es insbesondere um Messverfahren in Bewässerungsgräben. Die Exkursion nach Jordanien bleibt mir ewig in Erinnerung, warum, das können nur diejenigen verstehen, die dabei waren.

Das Thema: „Messen“ hat mich seitdem nicht mehr losgelassen. Besser gesagt, es hat meine „berufliche Karriere“ entscheidend geprägt. Wenn ich heute in meiner Vorlesung „Hydrometrie“ an der TUD über Venturi-Messrinnen und Messwehre referiere, wenn ich als Privater Sachverständiger in Bayern und als Prüfstellenleiter der Firma IGM Messen Prüfungen von Messeinrichtungen durchführe, wenn ich Seminare zu Abwassermengenmessungen und Niederschlag-Abfluss-Messungen abhalte, wenn mich Kollegen über hydraulische Phänomene befragen, denke ich oft an Dich. Immer wieder ertappe ich mich dabei, dass ich mir überlege, was Du wohl antworten würdest. Es würde Dich bestimmt interessieren, was meine Kollegen und ich bei meinen Prüfungen alles so an hydraulischen Besonderheiten herausfinden.

Du kannst Dir sicher sein, dass Du mir ewig in Erinnerung bleiben wirst.

Thomas (Thomas Kraus)

Lieber Toni,

jedes Mal, wenn ich zur Berechnung eines naturnah gestalteten Gerinnes schreite, sind die Erinnerungen an die gemeinsame Zeit in der Runden Turmstraße in Darmstadt gegenwärtig. Wie von selbst kommen dann auch die Erinnerungen an die gemeinsamen Apfel- und Birnenernten im Rheingau und das Apfelsaft und Apfelwein Keltern im Wasserbaulabor. Dieser „Goldene Bernoulli-Saft“ hat uns allen die Arbeit versüßt. Über Deinen Hagebutten Schnaps schweigen die Genießer.

Du hast neben Deinen Pflichten in Lehre und Forschung stets das Miteinander auf sehr herzliche Art gepflegt.

Lieber Toni, vielen Dank!

Ernesto (Ernesto Ruiz-Rodriguez)

Lieber Toni,

ich schreibe so, als ob Du jetzt neben mir wärest und ich diese Zeilen direkt an dich richten darf. An mehreren Stellen in unserem „wasserbaulichen“ Leben, haben sich unsere Wege gekreuzt und ich vermag zu behaupten, Du hast meinen Weg sehr positiv geprägt!

Ich als Student und du als Assistent, hast Anfang der achtziger Jahre mir, mit Deiner positiven Art auf Menschen zu zugehen und Kontakte nicht nur zu initiieren, sondern auch noch zu teilen, eine Vielzahl von Hiwi Tätigkeiten am Institut in der Runden Turmstraße vermittelt.



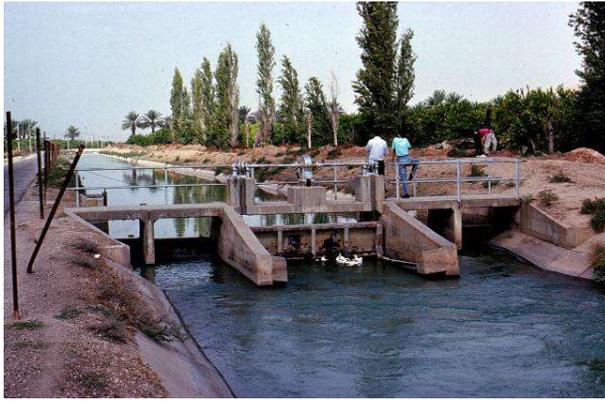
Nach dem Diplom ging ich auf eine Staudamm-Baustelle nach Mali. Bei einem kurzen Heimaturlaub in Darmstadt sind wir uns wieder begegnet, auf den offenen Fluren der Wasserbauhalle vom Architekten Neufert. Du hast dich erkundigt und gleich einen Besuch bei Professor Mock initiiert, der es gut fand, wenn ein Assistent nicht nur in der Praxis, sondern auch im Ausland war.

Leider war Deine Assistentenzeit beendet, bevor ich in Mali kündigte. Trotzdem warst Du immer noch sehr präsent am Institut, mit Deinem ausgeprägten Netzwerk und vielen spannenden Projekten aus der Praxis. Heute würde man von Dir bestimmt als „Wasserbau-Influencer“ sprechen. Es gab ein Projekt in Jordanien, da wurden viele Hilfskräfte für die hochherrschaftliche Aufgabe der Durchflussmessungen oder besser gesagt -abschätzung von Bewässerungswasser benötigt. Das Team von damals ist heute noch in Kontakt. Und 1990 war es dann eine meiner Aufgaben eine Studienfahrt nach Jordanien für Professor Mock zu organisieren. Das ging alles auf deine Kontakte zurück. Auch diese Exkursion war ein großes und bleibendes Erlebnis.

Später, im Februar 2013, waren wir gemeinsam für eine Begutachtung im Auftrag einer Wasserkraftfondsgesellschaft in der Türkei in Ostanatolien am Staudamm Bagistas II unterwegs. Es war immer toll, mit Dir zusammen solche Projekte zu begehen. Du hattest den immensen fachlichen Fundus und eine sehr angenehme Präsenz, einfach zielgerichtet und unaufgeregt!

Lieber Toni, du fehlst und was bleibt, ist eine Verneigung vor Deiner Person.

Nico (Nico von der Hude)



Lieber Toni.

fast 40 Jahre haben wir zusammengearbeitet, gelacht und gedacht.

Du warst vorher bei Lahmeyer und hast da Connections behalten. Die Konjunktur hat gebrummt, Lahmeyer hatte zu viel zu tun. Da war so ein wenig Arbeit nebenbei angesagt. Was kriegen wir da? 93Mark20 haben wir verlangt. Die Stunden, plus Mehrwert – war denen alles egal und wir haben den Seltenbach in Tuttlingen vor Hochwasser geschützt. Später noch mit Ulli das HRB Eichelbach mit Herrn Schoppe vom WWA Friedberg be-

arbeitet. Es waren wilde Zeiten und von dem Geld habe ich nen Compaq 386 gekauft und meine Diss drauf geschrieben. Also hast Du die auch ein wenig mitbewirkt.

1989 waren wir im Frühjahr in Jordanien für das Messprogramm, was Du am Jordan initiiert hast. Zollstöcke waren das Maß der Dinge, ich hab den obersten Abschnitt des Jordan unterhalb des Jordantals gehabt, mein Fahrer konnte kein Englisch, klar auch kein Deutsch. Aber wir habens ja doch immer geschafft. Auch mit Gisela den VW aus dem Jordantal nach Amman zu fahren hat nach etlichen Stunden auch geklappt. Ihr habt soooo große Augen gemacht, als wir beiden mit unseren Führerinnen von der Tankstelle bei euch auftauchten. Ein halbes Jahr später waren wir schon wieder da – mit 25 Studis auf Exkursion. Aber das hast Du Dir erspart.



1991 habe ich dann endlich den Absprung von den beiden Instituten geschafft und war auf Arbeitssuche, natürlich auch bei Lahmeyer. Es ist dann Köln geworden. Köln ganz nahe am Güterbahnhof Eifeltor. Da haben wir bei dessen Planung überlegt, ob wir zusammen die Entwässerung planen wollen. Gut, dass das an uns vorbeigegangen ist. Es hätte uns sicher überfordert? Oder: wir wachsen mit unseren Aufgaben.

Beim Sommerfest hast Du völlig unkompliziert auf dem Dachboden geschlafen ...

Bei den Ehemaligentreffen warst Du immer einer der Anlaufpunkte für wilde Gespräche und gute Ideen.

Anfang der 2000er hast Du irgendwann mal angerufen aus Biberach: Harald, wir brauchen was für unsere Master. Wir haben uns überlegt „Wissenschaftlich Publizieren“. Martina ist für das Publizieren und du für die Wissenschaft zuständig. Wie war das: man wächst mit seinen Aufgaben – schon sehr spannend mit Martina und mir zusammen bei Euren schwäbelnden Studis. So sind zweimal im Jahr Freitagabend nach Biberach gefahren, Du hast uns abgeholt, wir haben noch einen getrunken, Du hast uns den Schlüssel gegeben und wir haben den Samstag die Studis gespaßt. Man, kann man nach so einem Tag „fertig“ sein. Aber abends war Sozialleben angesagt – was habt ihr für großartige Restaurants. Am Sonntagmorgen noch gefrühstückt, spazieren gegangen und irgendwann ist der Zug Richtung Norden gefahren.

Anfang des Jahres habe ich Dich aus dem Auto angerufen, zum Smalltalk ... Dir ein gutes neues Jahr wünschen. Nein, das ist nicht gut, ich soll nur noch ein halbes Jahr leben. In solchen Momenten sollte man nicht Auto fahren. Die Ärzte haben Recht gehabt, Du hast die Hochzeit von Iris nicht mehr erleben können. Aber immer, wenn ich am Eifeltor vorbeifahre, denke ich an Dich – und wir fahren da oft vorbei.

Grüße an den Geist Toni von Martina und Harald (Martina und Harald Wegner)

Beiträge zu herausragenden studentischen Arbeiten

Stand der Technik von hydrokinetischen Turbinen für Klein(st)wasserkraftanlagen

Bachelorthesis von David Maximilian Gail
am Fachgebiet Wasserbau und Hydraulik

Studiengang: Bauingenieurwesen



Veranlassung und Ziele

Weltweit verfügen 800 Mio. nicht über einen Zugang zu grundlegender Energie. Besonders Schwellen- und Entwicklungsländer Afrikas, Asiens und Lateinamerikas sind betroffen. Im Hinblick auf die fortschreitende Urbanisierung gilt es ein gesondertes Augenmerk auf die ländlichen Regionen dieser Länder zu legen. In diesen ist ein Anschluss an ein nationales Stromnetz i.d.R. nicht realisierbar. Auf diese Gegenden konzentriert sich auch der Einsatz hydrokinetischer Turbinen in Klein(st)wasserkraftanlagen. Bisher erfolgt kein flächendeckender Einsatz hydrokinetischer Turbinen, weshalb global eine Vielzahl eingesetzter Typen besteht. Ziel der Arbeit war es, bestehende Systeme sowie erkannte Methoden zu Steigerungen der Leistungsfähigkeit darzustellen.

Datengrundlage und Methodik

In einem ersten Kapitel wurde sich mit der momentanen Lage globaler Energie- und Klimapolitik befasst. Anschließend erfolgte für folgende Kapitel eine Klassifikation von Wasserkraftanlagen hinsichtlich ihrer Leistungsfähigkeit. Eine Einteilung der relevanten Klein(st)wasserkraftanlagen erfolgte auf Grundlage englischsprachiger Literaturquellen. Innerhalb dieses zweiten Abschnittes wurden zudem Vor- und Nachteile innerhalb des Einsatzes von Klein(st)wasserkraftanlagen aufgeführt und abschließend tabellarisch dargestellt. Im nächsten Schritt, dem Hauptteil der Thesis, wurde sich aktuell gängigen Systemen hydrokinetischer Turbinen gewidmet. Innerhalb einer umfangreichen Literaturrecherche wurden existierende Bauarten von hydrokinetischen Turbinen dargestellt. Für die dargestellten hydrokinetischen Turbinen wurden strukturelle und geometrische Parameter hinsichtlich ihres Einflusses auf die Leistung der Turbinen erörtert. Hierbei wurden Vor- sowie Nachteile der einzelnen gegenübergestellt. Abschließend erfolgte eine persönliche Wertung der recherchierten Systeme mitsamt einer Prognose hinsichtlich ihrer Zukunftsaussichten.

Ergebnisse und Diskussion

Grundsätzlich lassen sich hydrokinetische Turbinen in Axial- und Querstromturbine (Abbildung 1 und Abbildung 2) einteilen. Axialturbinen verfügen i.d.R. über eine parallel zur Strömung ausgerichteten Rotorachse und bieten eine vergleichsweise höhere Effizienz, während Querstromturbinen mit vertikal ausgerichteter Achse Strömungen aus allen Richtungen aufnehmen können.

Als struktureller Parameter wurde zunächst eine Ummantelung aufgeführt, welche als Diffusor, Düse oder Kombination ausgeführt werden kann. Durch den Einsatz gelingt eine Leistungssteigerung gegenüber frei umströmten Turbinen.

Im Bereich der Axialturbinen wurde sich mit der Rotorblattgeometrie, der Rotorblattzahl sowie dem Anstellwinkel befasst. Die Rotorblattgeometrie ähnelt i.d.R. der Tragfläche eines Flugzeugs. Die Auftriebskraft dient als Hauptantriebskraft des Rotors.

Innerhalb der Querstromturbinen bilden Darrieus- und Savonius-Rotoren die gängigsten Lösungen. Es wurden geometrische und strukturelle Parameter wie das Streckungsverhältnis, die Rotorblattgeometrie, die Rotorblattzahl, der Anstellwinkel, die Stufenzahl sowie spezifische Modifikationen einzelner Studien dargestellt. Die Konstruktion der Rotorblätter von Darrieus-Rotoren ähnelt derer einer Axialturbine, weshalb auch hier die Auftriebskraft als Hauptantriebskraft des Rotors fungiert. Darrieus-Rotoren sind sowohl mit geraden als auch mit schraubenförmigen Rotorblättern auszuführen.

Savonius-Rotoren verwenden die Widerstandskraft als Hauptantriebskraft. Die konkave Seite des Rotorblatts trägt entsprechend ihrer Form mehr Wasser als die konvexe Seite, wodurch der Antrieb erfolgt. Die Rotorblätter sind auch hier sowohl konventionell als auch schraubenförmig ausführbar.

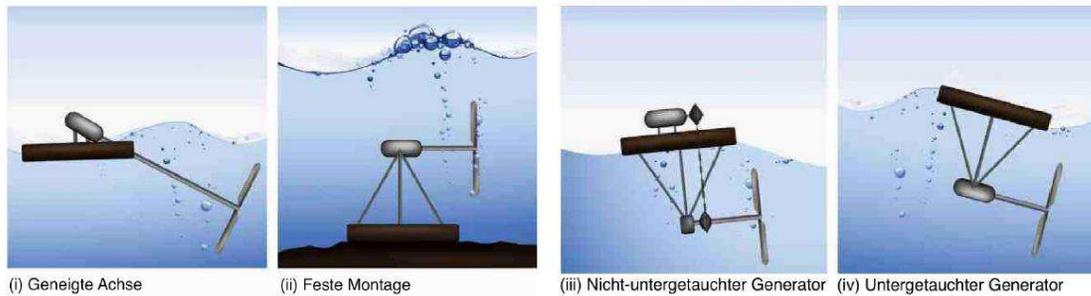


Abbildung 1: Unterschiedliche Typen von Axialturbinen (Vermaak et al. 2014, S. 628), angepasst)

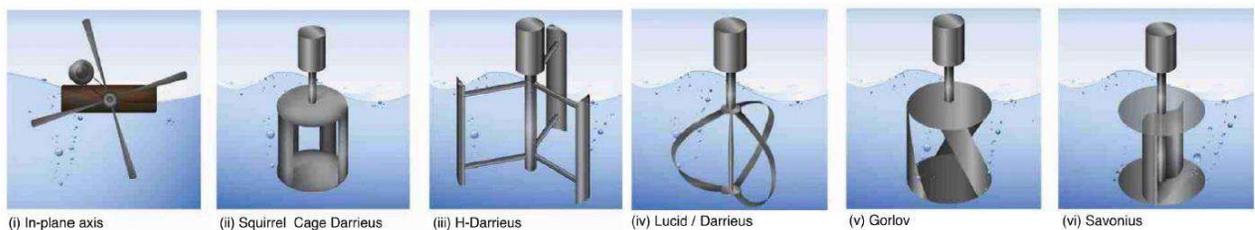


Abbildung 2: Unterschiedliche Typen von Querstromturbinen (Vermaak et al. 2014, S. 629), angepasst)

Fazit

Um eine Kommerzialisierung hydrokinetischer Turbinen in Klein(st)wasserkraftanlagen voranzutreiben, bedarf es weitere anwendungsbezogene Studien und Forschungen. Meine Arbeit dient dem Vergleich bisheriger ausgemachter struktureller und geometrischer Modifikationen, die zu einer Leistungssteigerung beitragen können und praktisch an geeigneten Standorten umzusetzen sind.

Literatur

Vermaak, Herman Jacobus; Kusakana, Kanzumba; Koko, Sandile Philip (2014): Status of micro-hydrokinetic river technology in rural applications: A review of literature. In: *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 29, S. 625–633. DOI: 10.1016/j.rser.2013.08.066.

Talukdar, Parag K.; Kulkarni, Vinayak; Saha, Ujjwal K. (2018): Field-testing of model helical-bladed hydrokinetic turbines for small-scale power generation. In: *Renewable Energy* 127, S. 158–167. DOI: 10.1016/j.renene.2018.04.052.

Shahsavarifard, Mohammad; Bibeau, Eric Louis (2020): Performance characteristics of shrouded horizontal axis hydrokinetic turbines in yawed conditions. In: *Ocean Engineering* 197, S. 106916. DOI: 10.1016/j.oceaneng.2020.106916.

Williamson, Samuel J.; Lubitz, W. David; Williams, Arthur A.; Booker, Julian D.; Butchers, Joseph P. (2019): Challenges Facing the Implementation of Pico-Hydropower Technologies. In: *J Sustain Res* 2 (1). DOI: 10.20900/jsr20200003.

Saini, Gaurav; Saini, Rajeshwer Prasad (2019): A review on technology, configurations, and performance of cross-flow hydrokinetic turbines. In: *International Journal of Energy Research* 43 (13), S. 6639–6679. DOI: 10.1002/er.4625.

Beiträge zu herausragenden studentischen Arbeiten

Vergleich verschiedener Messmethoden zum Sedimenttransport am Beispiel einer Deutsch-Niederländischen Messkampagne im Rhein

Masterthesis von Fabiola Siering
am Fachgebiet Ingenieurhydrologie und Wasserbewirtschaftung

Studiengang: Umweltingenieurwissenschaften



Veranlassung und Ziele

Ein grundlegendes Verständnis des Abfluss- und Sedimentregimes des Rheins ist notwendig, um die Schiffbarkeit zu gewährleisten, Maßnahmen zum Hochwasserschutz zu definieren sowie ein intaktes aquatisches Ökosystem zu erhalten. Allerdings erschweren aktuell die unterschiedlichen Methoden der Sedimentmessung und der Datenverarbeitung der Anrainerstaaten das Verständnis des Sedimentregimes und Verzögern das Erstellen von fundierten Maßnahmenplänen. Ziel der Thesis ist der Vergleich von Ergebnissen verschiedener Messmethoden zur Bestimmung des Sedimenttransports am Beispiel einer gemeinsamen deutsch-niederländischen Messkampagne im Rhein, welche im November 2021 im Rahmen des des INTERREG-Projekts "Living-Lab Rhine" (LILAR) stattgefunden hat. Zudem werden Unsicherheiten der Messmethoden quantifiziert und Möglichkeiten zur Reduktion der Messunsicherheiten diskutiert.

Datengrundlage und Methodik

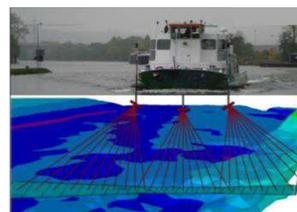
Zur Quantifizierung des Sedimenttransportes, welcher in Geschiebetransport am Gewässerbett und Schwebstofftransport in der Wassersäule unterteilt wird, stehen verschiedene Messmethoden zur Verfügung. Während bei direkten Messungen Sediment- oder Wasserproben entnommen werden, wird bei indirekten Messungen eine korrelierte physikalische Größe gemessen, aus der der Transport berechnet wird. Zur Bestimmung des Geschiebetransports wurden im Rahmen der Messkampagne eine direkte und zwei indirekte Messmethoden getestet (siehe Abbildung 3). Zur direkten Messung wurden Geschiebeprouben mittels verschiedener Geschiebefänger an definierten Messlotrechten entnommen. Darüber hinaus kamen als neuartige, indirekte Messmethode im Lotrechtenverfahren, Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP) im Bottom-Track-Modus zum Einsatz. Mit dieser Methode wird der Geschiebetransport bestimmt, indem akustische Signale ausgesandt werden, die vom Geschiebe reflektiert werden. Aus der Echointensität wird dann der Transport berechnet. Den punktuellen Messmethoden steht das Dune-Tracking gegenüber, wobei die Bewegung von Dünen über das Flussbett mittels eines Sonars gemessen wird. Die zeitliche Auflösung liegt hierbei bei mehreren Stunden.



BfG Geschiebefänger



ADCP Rio Grande Workhorse



Dune-Tracking (BfG 2010)

Abbildung 3: Messgeräte zur Bestimmung des Geschiebetransports

Zusätzlich wurden im Rahmen der Messkampagne Methoden zur Bestimmung des Schwebstofftransportes verglichen. Bei Schwebstoffvielpunktmessungen (SVPM) wurden im Lotrechtenverfahren Wasserproben in vier prozentual von der Wassertiefe bestimmten Messtiefen mit einer Pumpe isokinetisch entnommen. Zudem kam als indirekte Messmethode wiederum ein ADCP zum Einsatz, welches eine hochaufgelöste Messung der Schwebstoffkonzentration über den gesamten Gewässerquerschnitt durch Anwendung der Moving-Boat-Methode ermöglicht.

Ergebnisse und Diskussion

Die Auswertung der Messkampagne hat gezeigt, dass neben den inhärenten Unsicherheiten der Messgeräte selbst die räumliche und zeitliche Auflösungen der Messmethode, die Anzahl der Messungen sowie die Art der Datenauswertung zu Abweichungen im Gesamtergebnis führen. Zur Verringerung der Unsicherheit bei der Entnahme von Geschiebeproben mittels Geschiebefänger wird eine Änderung der Messstrategie empfohlen, welche sich an das Geschehen vor Ort anpassen soll ohne den Zeitaufwand zu erhöhen. Dazu sind die Proben der ersten Lotrechten vor Ort zu wiegen um die Lage der weiteren Messlotrechten so zu definieren, dass das Maximum und die Minima des Transportes über den Querschnitt abgeschätzt werden können.

Im Gegenzug dazu versprechen indirekte Messverfahren die Bestimmung des Transportgeschehens, ohne in dieses einzugreifen und zudem die Messdauer zu verkürzen. Der Vergleich der neuartigen, indirekten Messverfahren hat allerdings gezeigt, dass hier noch weiterer Forschungsbedarf besteht, da die Umrechnung der Messdaten von vielen Parametern abhängt. Eine Standardisierung der Auswertverfahren steht noch aus. In Zukunft scheint eine Kombination von indirekten Messmethoden mit direkten Geschiebeprobenahmen vielversprechend, sodass Zeit- und Kostenaufwand optimiert werden können während Unsicherheiten aufgrund der Vielschichtigkeit der sich gegenseitig ergänzenden Messdaten von indirekten und direkten Messungen gesenkt werden können.

Darüber hinaus hat die Auswertung der Schwebstoffmessungen gezeigt, dass die SVPM als Routine-Methode geeignet ist. Allerdings stellt der hohe Zeitaufwand auch hier einen erheblichen Nachteil dar. Indirekte Messungen mittels ADCP verkürzen zwar die Messdauer sowie die statistischen Unsicherheiten erheblich, jedoch wurden im Rahmen der Messkampagne zwei entscheidende Quellen von systematischen Unsicherheiten von ADCP deutlich: Aufgrund des Niedrigwassers während der Messkampagne waren die Schwebstoffe gut in der Wassersäule vermischt. Aus diesem Grund konnte in der Datenauswertung, welche mit der Software *VISEA* von *Aqua Vision* erfolgte, keine geeignete Korrelation aus den Kalibrierproben und den rückgestreuten Echos gebildet werden.

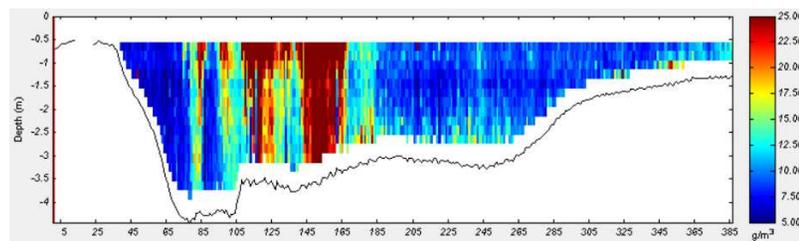


Abbildung 4: Konzentrationsverlauf und Interferenzen (rot) bei Messungen mittels ADCP bei Schiffsverkehr

Darüber hinaus kam es aufgrund des regen Schiffsverkehrs am Niederrhein zu Interferenzen, welche in der Auswertung als hohe Konzentrationen erscheinen (vergleiche Abbildung 12). Folglich mussten diese Werte interpoliert werden, was die Sinnhaftigkeit von hochaufgelösten Messungen in Frage stellt.

Fazit

Insgesamt wurde im Rahmen der Messkampagne deutlich, dass direkte Messmethoden für Routine-messungen gut geeignet sind, jedoch einen großen Zeitaufwand benötigen, was ihre Einsetzbarkeit bei Ereignissen wie Hochwasser mit schnellen Änderungen der Messgröße limitiert. Neuartige, indirekte Methoden besitzen den gemeinsamen Vorteil, dass es anders als bei der Probenentnahme zu keinem Eingriff in das Transportgeschehen kommt. Außerdem besitzen einige Methoden eine deutlich höhere räumliche und/oder zeitliche Auflösung. Als gemeinsamen Nachteil ist es bei der Mehrheit der Methoden (noch) nicht möglich, auf die Korngrößenverteilung zu schließen. Für zukünftige grenzübergreifende Messungen besitzt besonders die Kombination von ADCP- Messgeräten mit Verfahren zur direkten Probenahme ein hohes Potenzial.

Beiträge zu herausragenden studentischen Arbeiten

Hydraulische Untersuchungen zur Entwicklungsplanung einer Aue an der Lahn

Masterthesis von Anne Bitterlich
am Fachgebiet Wasserbau und Hydraulik

Studiengang: Umweltingenieurwissenschaften



Veranlassung und Ziele

Im Auenbereich der Lahn zwischen Gießen und Wetzlar soll im Rahmen des EU-LIFE-Projekts „LiLa – Living Lahn“ eine Flutmulde auf einer rund 2 ha großen Grünland-Fläche angelegt werden. Durch die Flutung der Mulde bei Lahnhochwasser soll ein temporärer Vernässungsbereich entstehen, der den Lebensraum von Brut- und Rastvogelarten im örtlichen Vogelschutzgebiet aufwertet. Zudem sollen im angrenzenden Uferbereich der Lahn Strukturmaßnahmen umgesetzt werden, um das ökologische Potential des Lahnabschnitts, im Sinne der Forderungen der EU-Wasserrahmenrichtlinie, zu verbessern. Mithilfe der Erstellung eines zweidimensionalen hydrodynamisch-numerischen (2D-HN) Modells sollten im Rahmen der vorgestellten Masterthesis die Flutmulde ausgelegt und hydraulisch wirksame Strukturmaßnahmen ausgewählt werden.

Datengrundlage und Methodik

Zunächst wurde ein 2D-HN-Modell des Ist-Zustands erstellt, um Erkenntnisse zu den aktuellen Fließwegen und Wasserständen in der Aue bei Hochwasserereignissen zu erlangen. Der Modellaufbau, das sogenannte Pre-Processing, ebenso wie die Visualisierung der Berechnungsergebnisse, das Post-Processing, erfolgte mit den Modellierungsprogrammen Kalypso und Surface-Water Modeling System (SMS), unterstützt durch das Geoinformationsprogramm ArcGIS. Grundlage für den Modellaufbau bildeten ein digitales Geländemodell und die Bemessungsabfluss-Ganglinie, welche aus der statistischen Auswertung von langjährigen Abflussdaten eines oberstrom gelegenen Lahn-Pegels ermittelt wurde, unter der Vorgabe einer Hochwasserjährlichkeit von 0,5. Für die Abbildung von Geländerauhheiten im Modell wurden aufgrund des unterschiedlichen Widerstandsverhaltens verschiedene Ansätze für überströmte Vegetation und durchströmte Vegetation gewählt. Die instationäre Berechnung des Bemessungs-Hochwasserereignisses im kalibrierten, fertiggestellten Modell (Abbildung 5, links) erfolgte mit dem Programm Hydro_AS-2D.

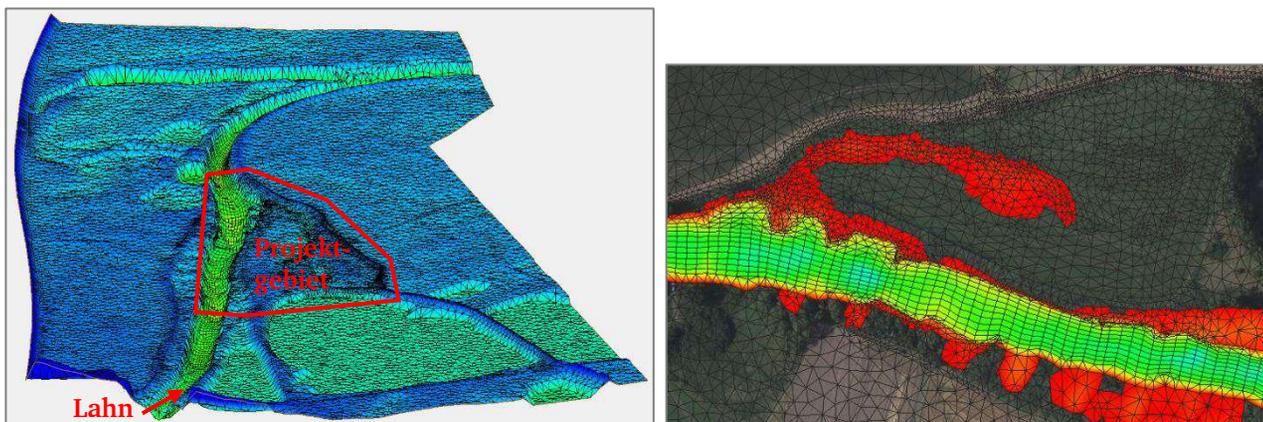


Abbildung 5: Modell des Ist-Zustands (links) und Ausuferung Lahn ins Projektgebiet (rechts)

Dieses führt mithilfe numerischer Methoden die näherungsweise Lösung der zweidimensionalen tiefengemittelten Flachwassergleichungen durch, welche eine Vereinfachung der Navier-Stokes-Gleichungen darstellen. Zur Umsetzung der Flutmulde und Strukturmaßnahmen im Modell wurden die

Geländehöhen sowie Rauheiten entsprechend verändert und deren Auswirkungen nach einer erneuten Berechnung ausgewertet.

Ergebnisse und Diskussion

Die Modellierung des Ist-Zustands zeigte, dass die Flutung des Projektgebiets von Westen her beginnt (Abbildung 5, rechts) und bereits ohne Eintiefung der Zulaufbereiche ausreichend häufig stattfindet.

Im weiteren Verlauf der Hochwasserwelle wird die Aue großflächig geflutet und das Wasser beginnt sich an den geschlossenen Modellgrenzen zu stauen. Dies bedeutet, dass der Modellumfang zu klein gewählt wurde und ein möglicher Zufluss ins Modellgebiet über die Aue nicht abgebildet werden kann. Durch eine räumliche Erweiterung des Modells könnte die hydraulische Situation im Projektgebiet realitätsnäher dargestellt werden und zudem die Auswirkung der Retention in der Aue auf die Hochwasserganglinie berücksichtigt werden. Allerdings wird die nach dem Durchlaufen der Hochwasserwelle im Projektgebiet zurückbleibende Wasserfläche nur von der Topographie bestimmt und ist unabhängig von den Fließwegen im Gelände. Das Modell ist somit für die vorliegende Fragestellung ausreichend aussagekräftig und die Flutmulde wurde basierend auf dem zurückbleibenden Wasserspiegel konzipiert.

Bei der Auslegung fanden die Anforderungen der vorkommenden Vogelarten an Böschungsneigung und Wassertiefe sowie die Wasserverluste durch Versickerung und Verdunstung, in Bilanz mit dem Niederschlag, Berücksichtigung. Die Umsetzung verschiedener Varianten von Strukturmaßnahmen im Modell (Abbildung 6) zeigte, dass deklinant ausgerichtete Strukturelemente eine höhere Strömungsdiversität im Uferbereich verursachen, als rechtwinklig ausgerichtete. Bei Hochwasserabfluss ergaben sich im Modell bereichsweise hohe Schubspannungen an den Ufern. Diese sind im Sinne der eigendynamischen Entwicklung der Lahn grundsätzlich erwünscht. In sensiblen Bereichen, wie dem angrenzenden Sommerdeich, muss an diesen Stellen jedoch der Erosion durch eine, möglichst naturnahe, Ufersicherung entgegengewirkt werden.

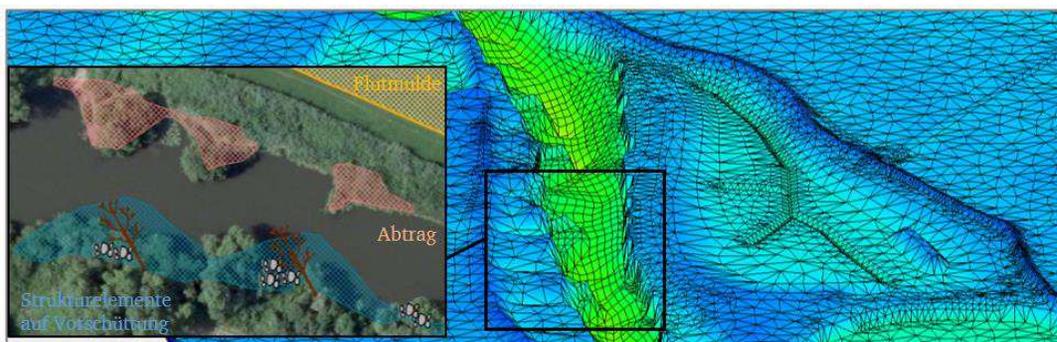


Abbildung 6: Modell mit Flutmulde inkl. Gräben und Detail der konzipierten Strukturmaßnahmen (Darstellung Modell in SMS, Farbskala=Geländehöhen)

Fazit

Die Fragestellungen zur Hydraulik im Projektgebiet konnten mithilfe der 2D-HN-Modellierung beantwortet werden. Da ein Modell aber nur so genau wie seine Eingangsdaten ist, ergaben sich Unsicherheiten durch die Randbedingungen sowie die topographischen und hydrologischen Daten, auf welchen das Modell beruht. Im Allgemeinen ist die 2D-HN-Modellierung ein vielfältig einsetzbares Instrument für die Planung von Gewässerentwicklungs- und auch Naturschutzmaßnahmen, wie die vorgestellte Thesis zeigt. Der Einsatz dieses Instruments muss aber vor dem Hintergrund der verfügbaren Datengrundlage, der erforderlichen Modellgenauigkeit sowie des Modellierungsaufwands abgewogen werden.

Literatur

- DWA (2020): Merkblatt M-524 – Hydraulische Berechnung von Fließgewässern mit Vegetation.
Laurien, E.; Oertel, H. (2018): Numerische Strömungsmechanik.
LfU Bayern (2015): Handbuch hydraulische Modellierung.

Beiträge zu herausragenden studentischen Arbeiten

Konzeptentwicklung für eine KI-basierte Überwachung und Steuerung von Kleinwasserkraftanlagen

Masterthesis von Natascha Heim
am Fachgebiet Wasserbau und Hydraulik

Studiengang: Umweltingenieurwissenschaften



Veranlassung und Ziele

Kleinwasserkraftanlagen sind die am häufigsten zu findende Form der Wasserkraft in Deutschland – jedoch sind viele Anlagen bereits veraltet. Das führt beispielweise zum Verlust von Energie durch fehlende Optimierung und kann zudem die Wirtschaftlichkeit der Anlagen gefährden. Im Verlauf von einer Modernisierung von Kleinwasserkraftanlagen können auch die Steuer- und Regeltechnik überarbeitet und deren Potenzial ausgeschöpft werden.

Die Steuer- und Regelung von Kleinwasserkraftanlagen benötigt, um den wechselnden Anforderungen gerecht zu werden, eine standortspezifische und anpassungsfähige Ausrichtung. Des Weiteren ist eine dauerhafte Überwachung der Kleinwasserkraftanlagen von Vorteil um verschleißbedingte Beeinträchtigungen der Anlage frühzeitig zu erkennen. Dazu ist ein lernfähiges, integriertes Überwachungs- und Steuerungssystem für Kleinwasserkraftanlagen eine sinnvolle Ergänzung bei der Anlagensanierung.

Datengrundlage und Methodik

Um hierzu ein Konzept zu entwickeln, wurden zunächst die verschiedenen Bereiche der Steuerung und Überwachung und deren Anforderungen identifiziert. Anschließend konnten verschiedene existierende KI-Systeme auf ihre Anwendbarkeit in der Kleinwasserkraft überprüft werden. Dabei wurde, wenn möglich, ein Vergleich zu anderen bereits existierenden Systemen, wie beispielsweise dem „Structural Health Monitoring“ (Bao et al. 2019) gezogen. Außerdem wurden bereits existierende Anwendungen von KI in der Wasserkraft beachtet.

Darauf basierend wurde ein Grobkonzept entwickelt, das die wichtigsten Bestandteile des Systems enthielt. Anschließend wurden die Teilkomponenten um Details sowie weitere Funktionsweisen zu einem Gesamtkonzept erweitert und die in Abbildung 7 skizzierte Gesamt-Struktur der Steuerung und Überwachung erstellt. Dabei sollen für die Steuerung ein Fuzzy-Logik-System und für die Überwachung ein gekoppeltes Neuronales Netz und Bayes-Netz eingesetzt werden.

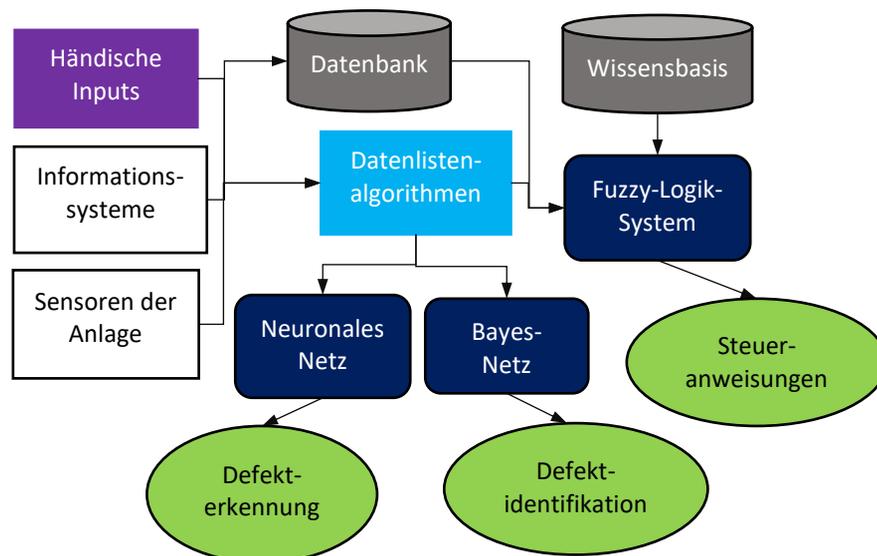


Abbildung 7: Gesamtkonzept der Überwachung und Steuerung

Ergebnisse und Diskussion

Als Inputs in das System sollen sowohl die Sensoren der Anlage als auch händische Inputs dienen. Außerdem sollen andere Informationssysteme, wie Zustände des Stromnetzes, ebenfalls in die Entscheidungen mit eingezogen werden. Diese Informationen werden sowohl in der Datenbank gespeichert als auch an die Datenlistenalgorithmen übergeben. Diese verarbeiten die Informationen, bereiten sie für die einzelnen KI-Agenten und ihre Lernprozesse in eine geeignete Form auf, und geben sie an die KI-Agenten weiter.

Fuzzy-Logik ermöglicht es, bei logischen Zuweisungen mit einer gewissen Unschärfe zu arbeiten. So können Steueranweisungen erzeugt werden, wie zum Beispiel ein hoher Wasserstand vor der Turbine bedeutet ein hoher Durchfluss zur Turbine. Diese Steueranweisungen werden in der Wissensbasis gespeichert. Was dabei als „hoher“ oder „niedriger“ Wasserstand und Durchfluss definiert wird, wird über sogenannte Zuordnungsfunktionen bestimmt. Fuzzy-Logik-Systeme werden bereits für der Steuerung von Wasserkraftanlagen eingesetzt (Giesecke et al. 2014), allerdings sind sie in der Regel nicht lernfähig. Um diese Steuerung lernfähig zu machen, wurden verallgemeinerte Zuordnungsfunktionen geschaffen, die die gesamte Zuordnung anhand weniger Parameter erzeugen könnten. Diese Parameter müssen zu Beginn mit für die Anlage sinnvollen Werten initialisiert werden, und können später über einen genetischen Algorithmus verbessert werden.

Für die Überwachung soll ein Neuronales Netz zur Erkennung eines Anlagenfehlers und ein Bayes-Netz zur Identifikation des Fehlers eingesetzt werden. Neuronale Netze sind der Verknüpfung von biologischen Neuronen nachempfunden, und erzeugen aus einer Liste an Inputs eine Liste an Outputs. Dazu werden im Allgemeinen einfache Funktionen für die Verarbeitung der Eingaben der einzelnen Knoten („Neuronen“) verwendet. Bayes-Netze können effektiv bedingte Wahrscheinlichkeiten entlang einer vorher festgelegten Ereigniskaskade berechnen. Hier soll das Neuronale Netz alle Zustände einer fehlerfreien Anlage auf den Output-Wert „1“ abbilden. Wenn es zu einer signifikanten Abweichung kommt, dann wird das Bayes-Netz aktiviert.

Um das Neuronale Netz zu trainieren, soll die Backpropagation (Ertel 2016) verwendet werden. Das ist ein einfacher Algorithmus, der die Gewichtungen zwischen den einzelnen Knoten („Neuronen“) rückwärts von einem vorgegebenen Output ermittelt. Als Datengrundlage sollen Datenpakete verwendet werden, die zu einer fehlerfreien Anlage gehören. Um das Bayes-Netz zu trainieren, werden die Daten einer fehlerbehafteten Anlage benötigt, mit den dazugehörigen Fehlern. Daraus können dann die bedingten Wahrscheinlichkeiten an jedem Knotenpunkt berechnet werden.

Fazit

Das oben beschriebene Konzept sollte für verschiedene Kleinwasserkraftanlagen implementiert werden könnten. Die Vorteile des Konzeptes sind zunächst, dass die Steueranweisungen der Anlage von Beginn an sinnvoll sind, was verhindert, dass die Anlage durch eine falsche Steuerung zu Beschädigungen kommt. Trotzdem sollte es schnell zu einer Anpassung an die Anlage und die Rahmenbedingungen kommen.

Dafür ist jedoch immer noch menschlicher Input benötigt. Dieser kann jedoch auch durch einen Fernzugriff erfolgen, wodurch eine Person viele Anlagen überwachen könnte. Schlussendlich benötigt ein KI-System auch eine robuste und lange Datenspeicherung, da ansonsten ein Lernerfolg der KI-Agenten nicht erfolgen kann.

Literatur

Giesecke; Heimerl; Mosenyi (2014): Wasserkraftanlagen - Planung, Bau und Betrieb. 6. Auflage. Springer Vieweg. Stuttgart

Bao, Yuequan; Tang, Zhiyi; Li, Hui; und Zhang, Yufeng (2019): Computer vision and deep learning-based data anomaly detection method for structural health monitoring. Structural Health Monitoring. Vol. 18(2): 401-421

Ertel, Wolfgang (2016): Grundkurs Künstliche Intelligenz, Springer Vieweg, Ravensburg

Beiträge zu herausragenden studentischen Arbeiten

Anwendung der Software OpenFOAM im Wasserbau

**Masterthesis von Simon Shayan
am Fachgebiet Wasserbau und Hydraulik**

Studiengang: Umweltingenieurwissenschaften



Veranlassung und Ziele

Durch immer leistungsstärkere Computer und effizientere Algorithmen können neben den in der Wasserwirtschaft überwiegend eingesetzten vereinfachten 1D- und 2D-Strömungssimulationen auch komplexe dreidimensionale Strömungsphänomene berechnet werden. Zur Berechnung solcher dreidimensionalen Strömungen werden spezielle Programme benötigt, die bereits die erforderlichen Bilanz- und Transportgleichungen beinhalten. Unter der Vielzahl der CFD-Programme (Computational Fluid Dynamics) sticht das Softwarepaket OpenFOAM hervor, da dieses als OpenSource Paket zur Verfügung steht und eine Vielzahl an Konfigurationsmöglichkeiten bietet. Auf den ersten Blick herausfordernd stellt sich jedoch das Fehlen einer grafischen Benutzeroberfläche dar.

Ziel der Masterthesis ist es, eine Einführung in die praxisbezogene Anwendung von wasserbaulichen Beispielen mit OpenFOAM zu geben. Inhalte der Anwendungsfälle sollen Studierenden auch in Vorlesungseinheiten zur Verfügung gestellt werden.

Datengrundlage und Methodik

Die Arbeit gliedert sich in zwei Teile: Vorangestellt der Grundlagenteil, indem die für die CFD-Berechnung benötigten Gleichungen beschrieben werden und darauf aufbauend die Vorstellung des Programms OpenFOAM. Die Inhalte des Grundlagenteils sind aus Standardwerken und neueren Fachbüchern der Turbulenzforschung entnommen und bieten sowohl erfahrenen als auch interessierten Lesenden eine kompakte Darstellung der Strömungsmodellierung. Als Datengrundlage für wasserbauliche Anwendungen von OpenFOAM sind aktuelle Veröffentlichungen aus der Environmental Modelling & Software sowie Veröffentlichungen der Bundesanstalt für Wasserbau ausgewertet. Besonderer Beachtung wird dabei Veröffentlichungen gegeben, in denen zweiphasige Strömungen mit freier Oberfläche modelliert werden. Mit dem Erarbeiten eigener wasserbaulich relevanter Beispiele im Try-and-Error-Verfahren werden Kompaktanleitungen zum Nachmachen in OpenFOAM angefertigt.

Ergebnisse und Diskussion

Das Fehlen einer grafischen Benutzeroberfläche hat zur Folge, dass ein Navigieren über ein Terminal mit Unix-internen Befehlen erfolgen muss. Aufgrund dessen sind im Zuge der Ausarbeitung eingangs die wichtigsten Linux-Befehle zum Bedienen der Konsole zusammengestellt. Jede Aktion in OpenFOAM wird durch Befehle initiiert - der daraus entstehende Workflow kann Abbildung 8 (links) entnommen werden.

Zur Generierung des numerischen Gitters werden in der Ausarbeitung drei Methoden vor- und einander gegenübergestellt. Letztlich ist die Gittererzeugung mittels SnappyHexMesh und Gmsh für komplexe Geometrien geeignet. Simple Geometrien können auch mit blockMesh erstellt werden.

Aus typischen wasserbaulichen Fragestellungen sind drei vereinfachte Beispiele abgeleitet, die in OpenFOAM modelliert werden: ein Entleerungsprozess angelehnt an eine Schleusung, eine Umströmung von geometrischen Objekten zur Untersuchung der Fischerorientierung sowie eine Unterströmung eines Schützes. Je Beispiel sind unterschiedliche Schwerpunkte gesetzt. Dies zeigt sich in der Variation der Netzerzeugung, der Wahl des Turbulenzmodells und der Auswertung. Eine standardmäßige Darstellung der Strömung erfolgt mit ParaView wie in Abbildung 8 (rechts) gezeigt. Die Auswertung einzelner Parameter kann ebenso über Python und/oder Gnuplot erfolgen. Vorteilhaft ist, dass die genannten Programme ebenfalls als OpenSource Software zur Verfügung stehen. Eine Darstellung der unterschiedlichen Methoden ist in Abbildung 9 zu sehen.

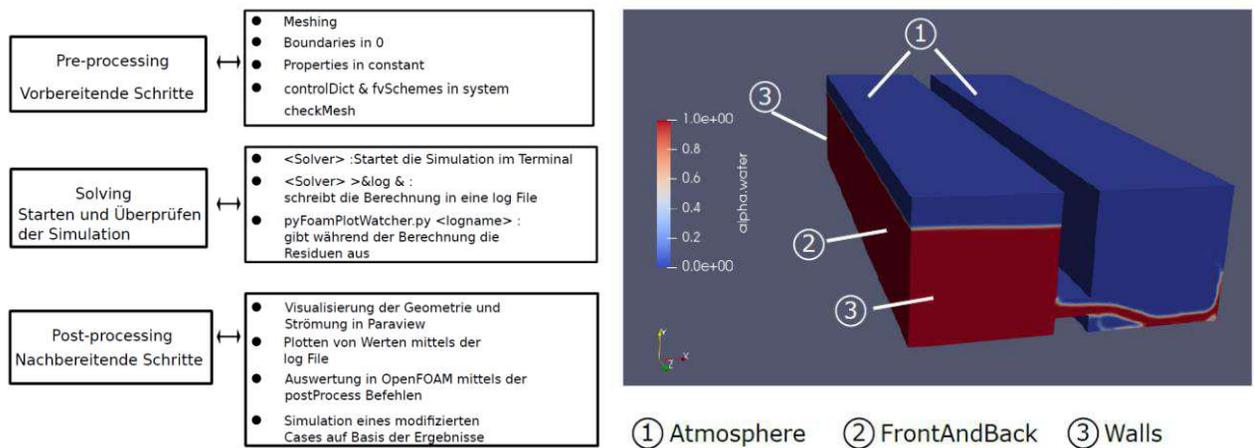


Abbildung 8: Workflow in OpenFOAM (links); Darstellung einer Entleerung in ParaView (rechts)

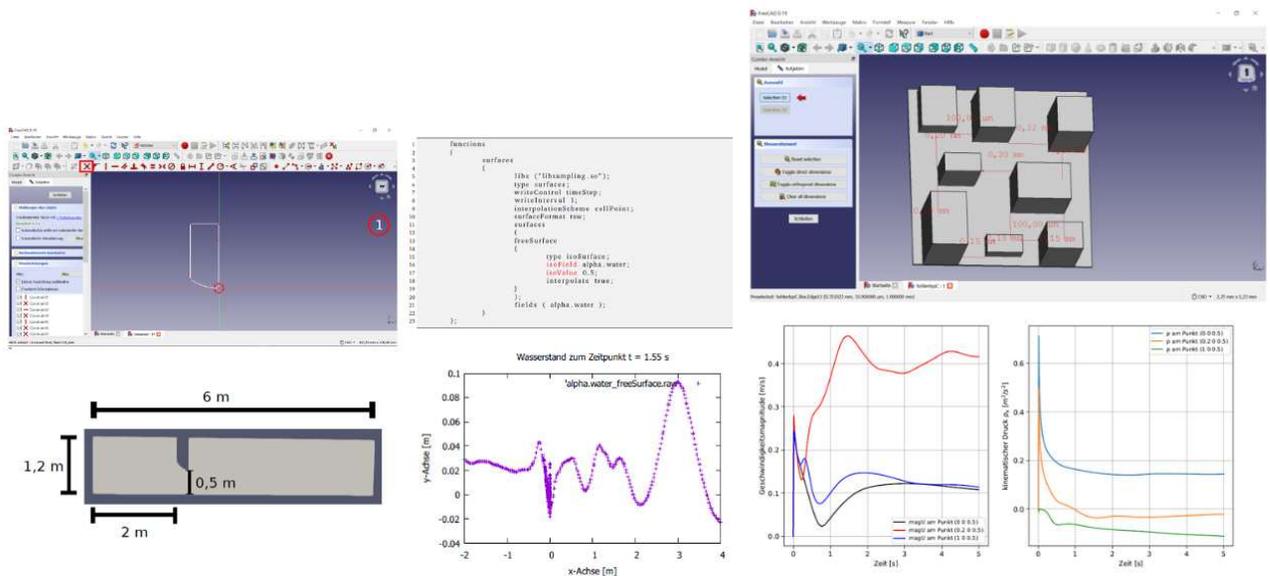


Abbildung 9: Auswertung des Wasserstandes eines angeströmten Schützes (links); Auswertung von Strömungsparametern einer überströmten Steinschüttung (rechts)

Die Freiheit in der Wahl der verschiedenen Parameter (darunter sind die numerischen Methoden und Turbulenzmodelle zu verstehen) erfordert ein gewisses Grundverständnis der hinterlegten Gleichungen. Durch das Ändern der Parameter sowie der Wahl der Randbedingungen und der Genauigkeit des Gitters können zum Teil erheblich voneinander abweichende Ergebnisse herauskommen. Somit sind die Ergebnisse immer zu plausibilisieren. Dennoch bietet OpenFOAM eine gute Alternative zu kostenpflichtigen Programmen.

Fazit

Das Softwarepaket OpenFOAM bietet für den klassischen Wasserbau mit den schon existierenden Paketen eine sehr gute Möglichkeit, komplexe Strömungsbilder zu berechnen. Dabei ist jedoch stets darauf zu achten, dass die Ergebnisse plausibilisiert werden müssen und dem Anwendenden bewusst sein muss, wie sensitiv Berechnungen auf Änderungen der Parameter reagieren können. Durch eine große internationale Community bietet OpenFOAM ebenfalls die Möglichkeit, interdisziplinäre Ansätze zu verfolgen und durch die Eigenschaft als OpenSource Programm stetig erweitert zu werden.

Beiträge zu herausragenden studentischen Arbeiten

Bewertung der wasserbaulichen Bemessungssicherheit von Ein- und Auslaufbauwerken an Poldern für extreme Betriebs-situationen

Masterthesis von Tanja Pretsch
am Fachgebiet Wasserbau und Hydraulik

Studiengang: Bauingenieurwesen



Veranlassung und Ziele

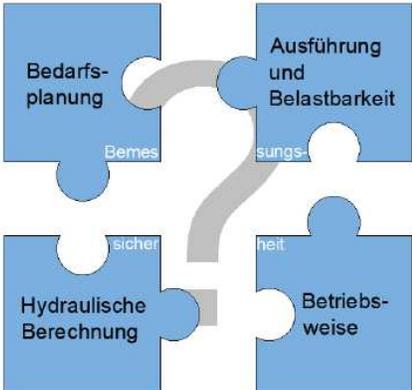
Polder oder Reserveräume für extreme Betriebs-situationen dienen, im Hinblick auf die mögliche klimawandelbedingte Hochwasserverschärfung, zur Abwehr von extremen, über das 200jährige Schutzniveau hinausgehenden, Hochwasserereignissen. Im Einsatzfall lassen sich diese Rückhaltesysteme mittels eines Einlaufbauwerks befüllen und eines Auslaufbauwerks entleeren. Plangemäße Befüllungs- und Entleerungsprozesse lassen sich nur dann gewährleisten, wenn die Ein- und Auslaufbauwerke zulänglich wasserbaulich bemessen sind und demnach auch noch nach sehr langer Wartezeit ihre Funktionen erfüllen können. Die Thesis untersucht die wasserbauliche Bemessungssicherheit mehrerer Anlagentypen in der Einlauf- sowie Auslauffunktion am Beispiel des Reserveraums für Extremhochwasser in Eich-Guntersblum (RRE).

Aufbau und Methodik der Variantenstudie

Im Rahmen dieser Arbeit wurden unterschiedliche Bau- und Funktionsweisen von Ein- und Auslaufbauwerken hinsichtlich ihrer wasserbaulichen Bemessungssicherheit untersucht. Die Untersuchung baut sich in Form einer Variantenstudie auf, diese auf themenabhängige und projektspezifisch relevanten Bewertungskriterien fundiert ist.

Der Variantenstudie liegt ein Grundlagenpaket vor, welches neben den Daten der allgemeinen Grundlagenermittlung des Projektraumes, auch Ergebnisse numerischer Modellierungen im Einlaufbereich beinhaltet. Aus der numerischen Modellierung und den ersten hydraulischen Untersuchungen, konnten hydraulische Kennlinien und Daten zur Vordimensionierung der Bauwerke entnommen werden. So ermöglicht das Grundlagenpaket die Erstellung einer Vorplanung der Anlagen auf einem Level, welches eine detaillierte Untersuchung aller Kriterien, die die wasserbauliche Bemessungssicherheit beeinflussen könnten, ermöglicht.

Um die Varianten einer Diskussion zugänglich zu machen, wurden vier Bewertungsgruppen Bedarfsplanung, Ausführung und Belastbarkeit, Betriebsweise sowie hydraulische Berechnung aufgestellt und mit Unterkriterien versehen. Diese Gruppen bewerten alle Anforderungen an ein Bauwerk, das statistisch gesehen seltener als 200 Jahre aktiviert werden soll und deren Grundlage auf akademischen Wissensstand, numerischen Modellierungen und Prognosen beruhen. Abbildung 10 (links) stellt die Struktur der zu untersuchenden Aspekte.



	Variante 1 Streichwehr	Variante 2 Heberwehr	Variante 3 Fischbauch- klappenwehr	Variante 4 Spreng- bresche	Variante 5 Bagger- bresche
Planung und Zielerfüllung	82	91	91	83	79
Ausführung und Belastbarkeit	88	82	63	50	100
Betriebsweise	48	87	59	38	45
Hydraulische Berechnung	76	74	86	73	68
Summe	74	84	75	61	73

Abbildung 10: Struktur zur Bewertungsgruppen (links); Bewertungsergebnisse (rechts)

Um eine detaillierte und objektive Bewertung realisieren zu können, gilt es jedem Kriterium ausreichend Unterkriterien zuzuordnen, die anschließend mit Hilfe zuvor definierter Bewertungsstruktur den Bauwerken zugeordnet werden können. Unter Anwendung eines Punktbewertungsverfahrens können alle Kriterien den Bauwerken mit quantitativem Wert zugeordnet werden. Durch Bildung der Mittelwerte, zeichnet sich anschließend eine Rangfolge der Varianten zu jedem der vier Hauptkriterien aus. Die Vorzugsvariante entspricht am Ende der Variante mit der Zuordnung der höchsten Punktzahl.

Vorzugsvariante

Für die Untersuchung wurden Anlagentypen untersucht, die den Anforderungen des Projektraums RRE gerecht sind. Hierunter das Streichwehr, das Heberwehr, das Fischbauchklappenwehr, die Sprengbresche und die Baggerbresche. Alle Bewertungsgruppen wurden gleich gewichtet betrachtet und die Vorzugsvariante abhängig des höchsten Mittelwerts gewählt. Abbildung 10 (rechts) stellt die Ergebnisse der obersten Bewertungsstruktur und das Endergebnis dar.

Aus den Ergebnissen der Studie ist zu entnehmen, dass sich je nach Bewertungsgruppe eine andere Variante mit der Höchstpunktzahl hervorhebt. Die für den Projektraum RRE zu verzeichnende geeignetste Variante spiegelt das Heberwehr mit 84 Punkten wider.

Um einen Grad an Realität in der Umsetzung zu bewahren, wurde aufbauend auf dem Vorplanungsstand der Bauwerke eine Kostenvergleichsrechnung erstellt. Hierbei sind Investitionskosten, laufende Kosten und Reinvestitionskosten für einen Zeitraum von mindestens einem halben Einsatzfall, in diesem Fall 100 Jahre, zu berücksichtigen. Dieser fachfremde Einblick bewahrt die Umsetzung einer Vorzugsvariante, welche in seiner Dimensionierung aufgrund hydraulischer Vorgaben eine utopische Bauwerksgröße erreicht und somit mit sehr hohen Kosten verbunden ist. Zusätzlich werden Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten entsprechend den Anforderungen an eine sehr lange Lebensdauer näher betrachtet und in die Bewertung mitaufgenommen.

Fazit und Anwendung der Studie für andere Projekträume

Für die Variantenstudie wurden fünf verschiedene Wehrtypen betrachtet, die in ihrer Funktion und Ausführung prädestinierte Varianten eines selten genutzten Einlaufbauwerks widerspiegeln. Die Bewertungskriterien basieren auf projektspezifischen Anforderungen als auch auf projektunabhängigen Kriterien. So lässt sich die Studie in ihrem Aufbau und ihrer Vorgehensweise auf Projekträume mit ähnlichen Rahmenbedingungen gut anwenden. Bei einer Übertragung wird empfohlen alle Bewertungskriterien und Bauwerkstypen auf Plausibilität zum Projektraum zu prüfen und ggf. zusätzliche Kriterien oder Bauwerke in die Untersuchung mitaufzunehmen. Eine gänzliche Ergebnisübertragung ist nur mit gleichen Projektanforderungen möglich.

Aus den Fachgebieten:

Wasserbau und Hydraulik (Leitung: Prof. Lehmann)



Lehre

Die angebotenen Lehrveranstaltungen des Fachgebiet Wasserbau und Hydraulik erfreuen sich nach wie vor hoher Teilnehmerzahlen. Da seit dem Sommersemester 2022 die Lehre wieder in Präsenz stattfindet, können auch unsere Praktikumsurse im wasserbaulichen Forschungslabor wieder ohne Einschränkungen angeboten werden. Aktuell ist das Fachgebiet mit mehreren Modulen in den Bauingenieur (Bachelor / Master), Umweltingenieur (Bachelor / Master), Sustainable Urban Development (Master) und Water Tech (Master an der Vietnamese German University) engagiert:

Modulname	Turnus
Wasserbau, Wasserwirtschaft und Hydraulik (gemeinsam mit dem ihwb)	SS
Technische Hydromechanik und Hydraulik I	SS
Technische Hydromechanik und Hydraulik II	SS
Wasserbau I: Flussbau, Hochwasserschutz, Wasserkraftnutzung	WS
Wasserbau II: Verkehrswasserbau, Gewässerentwicklung, Ökohydraulik, Ethohydraulik	WS
Wasserbau III: Wasserbauliches Versuchswesen	SS
Numerische Modellierungen im Wasserbau	SS
Gewässerdynamik: Hydromorphol. Grundl. und Ansätze für die Gewässerentwicklung	WS
Regenerative Energien (Ringvorlesung)	WS
Praktikum im wasserbaulichen Forschungslabor	WS
Hydraulic Engineering	SS
Grundwassermodellierung	SS
Environmental Sciences (gemeinsam mit ihwb und IWAR)	SS
Flood Management	WS
Hydraulic Structures and Modelling	WS
Interdisziplinäres Projekt Bau- und Umweltingenieurwissenschaften <ul style="list-style-type: none">• WS 2021/22: <i>Bibermanagement in Fließgewässern - Empfehlungen zum Biberschutz</i> (gemeinsam mit dem Fachgebiet Landmanagement und dem Institut für Geotechnik)• WS 2021/22: <i>Nutzung von Minecraft™ zur Visualisierung von wasserwirtschaftlichen Anlagen</i> (gemeinsam mit dem Fachgebiet Wasserversorgung und Grundwasserschutz)• WS 2022/23: <i>Flutresistente Flussbrücken</i> (gemeinsam mit dem Fachgebiet für Stahlbau und dem Institut für Geotechnik)• WS 2022/23: <i>Entwicklung eines Schwammstadtkonzepts für Flächen der TU Darmstadt</i> (gemeinsam mit dem Fachgebiet Landmanagement und dem Institut für Geotechnik)	WS

Abschlussarbeiten

Im Jahr 2022 haben mehr als 25 Studierende ihre Abschlussarbeit am Fachgebiet für Wasserbau und Hydraulik geschrieben. Folgende Themenstellungen wurden dabei erfolgreich bearbeitet:

Bachelorarbeiten

- Planung und Bau eines modularen Anschauungsmodells eines Deichausschnitts zur Darstellung verschiedener Last- und Versagensfälle
- Bemessung von Fischaufstiegsanlagen in Schlitzpassbauweise
- Methoden des kamerabasierten Fischtrackings
- Empfehlungen zum Einsatz von Ultraschall-Distanzsensoren zur Wasserstandsmessung
- Analyse von Beschleunigungsdaten fischförmiger Messsonden
- Systematische Erfassung und Evaluation von Anlagen zur thermischen Oberflächengewässernutzung in Europa
- Literaturanalyse zu anthropogenen Temperaturveränderungen in Oberflächengewässern
- Potenzialanalyse zur Errichtung eines kalten Nahwärmenetzes an einem Fallbeispiel
- Potenzialanalyse zur Flusswärmenutzung in Hann. Münden
- Konzepterarbeitung für die Gewässerentwicklung der Tideelbe
- Stand der Technik von hydrokinetischen Turbinen in Klein(st)wasserkraftanlagen

Masterarbeiten

- Empfehlungen zur ADV-Konfiguration und Despiking der Messdaten mit Python
- Empfehlungen zum Aufbau eines Laborrinnenmodells mit Schrägrechen in OpenFOAM
- Hydraulische Untersuchungen zur Entwicklungsplanung einer Aue an der Lahn
- Entwicklung einer rechnergestützten Bemessungshilfe zur Vorauslegung von Anlagen zur thermischen Fließgewässernutzung
- Entwicklung einer KI-basierten Überwachung und Steuerung von Kleinwasserkraftanlagen
- Anwendung der Software OpenFOAM im Wasserbau
- Ökologische Ertüchtigung eines denkmalgeschützten Wasserkraftwerks im urbanen Bereich
- Analyse der Wasserstands-Abflussbeziehung und Strömungssignaturen mit HEC-RAS 2D
- Hydraulic Data Analysis Using Python
- Hochwasserschutz der Kläranlage Aschaffenburg
- Experimentelle Untersuchung und Optimierung eines Wanderkorridores
- Analyse der Verlandungsentwicklung des Stausees Bitburg mittels 2D-Modellierung
- 2D-Modellierung von Stauraumpülungen in Bodendorf an der Mur
- Bewertung der wasserbaulichen Bemessungssicherheit von Ein- und Auslaufbauwerken an Poldern für extreme Betriebssituationen

Wie in den Jahren zuvor auch, werden Abschlussarbeiten als wertvolle Verbindungen in das bestehende Netzwerk zu unseren Praxispartnern genutzt. An der Betreuung einiger Arbeiten waren im Jahr 2022 die Dr. Pecher AG, Björnsen Beratende Ingenieure Darmstadt, BGM Messen GmbH als auch die EnBW Stuttgart aktiv mit beteiligt.

Fachexkursion in das Montafon

In der Woche vom 25. bis 29. Juli 2022 fand die Fachexkursion der Bereiche Wasserbau - Geodäsie - Landmanagement mit 28 Studierenden und den Professoren Lehmann, Eichhorn und Linke statt. Es ging in das Montafon und von dort aus erfolgten mehrere eintägige Touren per Bus und zu Fuß mit vielen spannenden Besichtigungen. Die Teilnahmegebühren für die Exkursion konnten dank einer Zuzugabe durch den Förderverein für die Studierenden im Rahmen gehalten werden, so dass alle verfügbaren Plätze sehr rasch ausgebucht waren.

Studierende der Masterstudiengänge Bauingenieurwesen, Geodäsie und Geoinformation und Umweltingenieurwissenschaften bekamen durch die Exkursion die Möglichkeit einen vertieften Einblick in interessante Projekte des Wasserbaus und der Geodäsie unmittelbar vor Ort zu erhalten, zukünftige Berufsfelder kennenzulernen und Kontakte für Praktika oder Abschlussarbeiten zu knüpfen. Neben engagierten Gästen und Guides vor Ort und den beteiligten Professoren sorgten auch die Studierenden mit erarbeiteten Referaten zu einzelnen Anlaufpunkten für spannende Einblicke und vielfältige neue Erkenntnisse.

Der erste Stopp wurde in Freiburg beim Fraunhofer Institut für Physikalische Messtechnik eingelegt. Dort bekam die Gruppe von Herrn Prof. Reiterer und seinem Team spannende Vorträge über die Laserfermessung unter Wasser und zur Bestimmung der Schneehöhe sowie des Wassergehaltes des Schnees. Von Freiburg wurde die Exkursion zum Zielort Partenen fortgesetzt. Am zweiten Tag gab Herr Wirth vom Tiefbauamt der Stadt Dornbirn einen vertieften Einblick in das Dornbirner Hochwasserschutzkonzept. Von Dornbirn aus ging es weiter zu Fuß durch die Rappenlochschlucht hoch auf den Berg Karren, inklusive weiterer, interessanter Erläuterungen von Herrn Wirth. Zum Abschluss des Tages wurde noch die Modellversuchshalle RHESI in Dornbirn besichtigt, in der aktuell wasserbauliche Modellversuche für die Realisierung des Hochwasserschutzes im St. Galler und Vorarlberger Rheintal durchgeführt werden.

Der dritte Tag stand ganz im Zeichen der Illwerke vkw AG, dem größten Energieversorgungs- und Dienstleistungsunternehmen in Vorarlberg. Die Besichtigung der Illwerke startete am Vormittag mit einem umfassenden, theoretischen Einblick in das Unternehmen und die Organisationseinheit Anlagenmesstechnik und Hydrografie sowie der Besichtigung eines Beckenüberwachungssystems. Am Nachmittag wurde das eindrucksvolle Pumpspeicherkraftwerk Kopswerk II sowie das Ausgleichsbecken Rifa besichtigt. Den ganzen Tag über wurde die Gruppe von Herrn Laufer – Leiter des Bereiches Anlagenmesstechnik Hydrografie – sowie zwei seiner Kollegen geführt.

Am vierten Tag ging es über die Silvretta Hochalpenstraße ins Bundesland Tirol, genauer gesagt nach Galtür. Dort startete eine intensive Führung durch die Tiroler Wildbach- und Lawinenbehörde und es folgten interessante Einblicke wie die Region mit Naturgefahren umgeht und was sich seit der Lawinenkatastrophe im Jahr 1999 in Galtür und der Region verändert hat.

Am fünften und somit letzten Tag der Exkursion wurde auf der Rückfahrt nach Darmstadt in Merklingen eine Unternehmensflurbereinigung zur Flächenbereitstellung für die ICE-Neubaustrecke Stuttgart-Ulm und dem Ausbau der A8 begutachtet. Hier übernahmen die zuständigen Kollegen der Flurbereinigungsbehörde die Führung.

Neben zahlreichen spannenden und hoch interessanten Vorträgen wurde in der Woche aber auch die Vernetzung unter den Studierenden durch das gemeinsame Abendprogramm gestärkt.

FACHEXKURSION in das Montafon

Wasserbau – Geodäsie - Landmanagement

25.07.2022 bis 29.07.2022

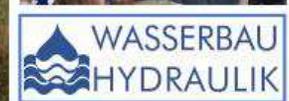
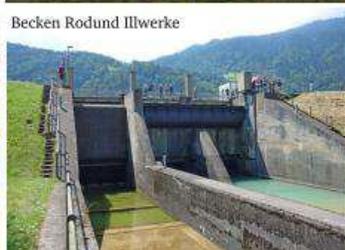
Prof. Linke, Prof. Eichhorn, Prof. Lehmann



Programm

- Freiburg
 - Fraunhofer Institut für physikalische Messtechnik
- Dornbirn
 - Wasserbau und Hochwasserschutz der Dornbirner Ache
 - Wanderung durch die Rappenlochschlucht
 - Baustelle „Neubau Rappenlochbrücke“
 - Kleinwasserkraftwerk „Ebensand“
 - Seilbahn-Bergstation Karren / Talfahrt mit der Seilbahn
 - Besichtigung RHESI-Modellversuche zur Renaturierung des Alpenrheins
- Vandans und Gaschurn-Rifa
 - Besichtigung der Illwerke: Informationen aus der Organisationseinheit Anlagenmesstechnik Hydrografie, Rundgang Beckenüberwachung Rodund, Besichtigung der Krafthauskaverne des Kopswerks II
- Partenen
 - Rundgang durch den Ort
 - Himmelstreppe
 - Wasserkraftwerk
- Galtür und Ischgl
 - Schutz vor Naturgefahren der Alpen: Lawinen- und Wildbachverbau im steilen Gelände
- Bieler Höhe
 - Silvretta-Stausee
 - Wanderung auf die Bieler Spitze (2.545 mNN)
- Merklingen
 - Unternehmensflurbereinigung im Zuge des Neubaus der Schnellbahntrasse Stuttgart-Ulm

Fraunhofer Institut für physikalische Messtechnik



**Workshop on Advanced measurement Techniques and Experimental Research
W.A.T.E.R. Summer School – vom 18. bis 22. Juli 2022 in Lissabon**



Katharina Bensing, M.Sc.

Förderer: Frauenförderung des Fachbereich Bau- und Umweltingenieurwissenschaften



Die diesjährige W.A.T.E.R. Summer School zur fortgeschrittenen Messtechnik im Bereich wasserbau-licher Forschung fand im Juli am Instituto Superior Técnico in Lissabon statt (Abbildung 11). Dabei bekam ich nach einer Bewerbung um einen Platz, die Chance teilnehmen zu können. Zusätzlich wird meine Teilnahme durch Frauenfördermittel des Fachbereich Bau- und Umweltingenieurwissenschaften bezuschusst. Organisiert wurde die Summer School maßgeblich vom Instituto Superior Técnico, der Vrije Universiteit Brussel sowie vom Experimental Methods and Instrumentation Committee (EMI) der International Association for Hydro-Environment Engineering and Research (IAHR) und wird außerdem mit 3 ECTS zertifiziert.

In den fünf Tagen wurde ein abwechslungs- und lehrreiches, aber auch sehr intensives Programm geboten (Abbildung 12). Die Teilnehmenden bestanden hauptsächlich, aber nicht ausschließlich, aus Doktoranden aus ganz Europa (Abbildung 13). Die ersten beiden Tage starteten mit Theorieeinheiten, in denen Wissenschaftler aus Europa und den USA die Grundlagen verschiedener Messtechniken vermittelten. Der Fokus lag dabei auf:

- Acoustic Doppler Techniques
- Particle Image Velocimetry
- Particle Tracking Velocimetry
- Laser Doppler Velocimetry
- Phase Doppler Anemometry
- Photogrammetry



Abbildung 11: Ankunft am Instituto Superior Técnico

Am ersten Abend wurde zusätzlich ein „Ice-Breaker“ veranstaltet, bei dem sich die Teilnehmenden bei Portwein und portugiesischen Häppchen besser kennenlernen konnten. Nach den sehr informativen ersten beiden Theorie-Tagen, fanden mittwochs dann ganztägig die Laborversuche statt. In Gruppen zu je vier Personen konnten wir sechs verschiedene Stationen durchlaufen, um die Messgeräte direkt anzuwenden und Fragen an die Lehrenden zu stellen. Am Abend bestand dann noch die Möglichkeit in der „Master Class“ die Anwendung verschiedener Messtechnik im eigenen Forschungsbereich zu präsentieren, bevor es dann zum gemeinsamen Abendessen in die Stadt ging. Der Donnerstag startete mit einem Besuch am staatlichen portugiesischen Institut Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC, Abbildung 12), wo wir einen beeindruckenden Einblick in die riesigen wasserbaulichen Versuchshallen mit zahlreichen vorhandenen physikalischen Modellen geboten bekamen. Am Nachmittag gab es weitere Vorträge und wir bekamen Zeit, um unsere Messdaten auszuwerten und Präsentationen für den erfolgreichen Abschluss der Summer School am Freitag vorzubereiten.

Es war eine sehr spannende und lehrreiche Zeit, in der ich die Möglichkeit hatte, viele tolle Wissenschaftler kennenzulernen. Daher möchte ich mich an dieser Stelle noch einmal für die super Organisation und nicht zuletzt auch die leckere Pausenverpflegung in der erstklassigen Kantine bedanken.

Weitere Informationen zur W.A.T.E.R. Summer School sind unter anderem auf der folgenden Homepage zu finden: <https://watersummerschool.wordpress.com/>

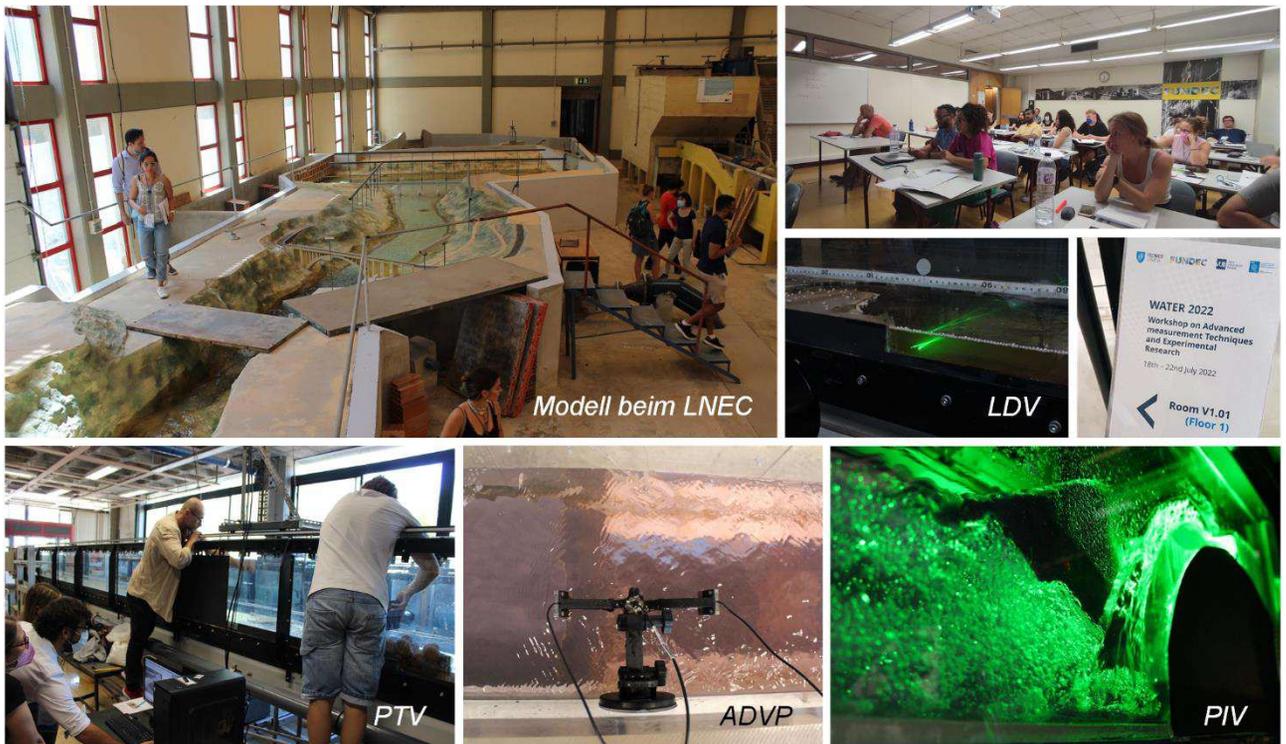


Abbildung 12: Eindrücke der W.A.T.E.R. Summer School 2022 – Besuch beim LNEC, Praxistraining im Labor unter anderem zum PIV, PTV, LDV und ADVP (Acoustic Doppler Velocity Profiler, Fotos: K. Bensing) sowie zugehörige Theorieeinheiten im Vortzugsraum (Foto oben rechts: R. Aleixo)

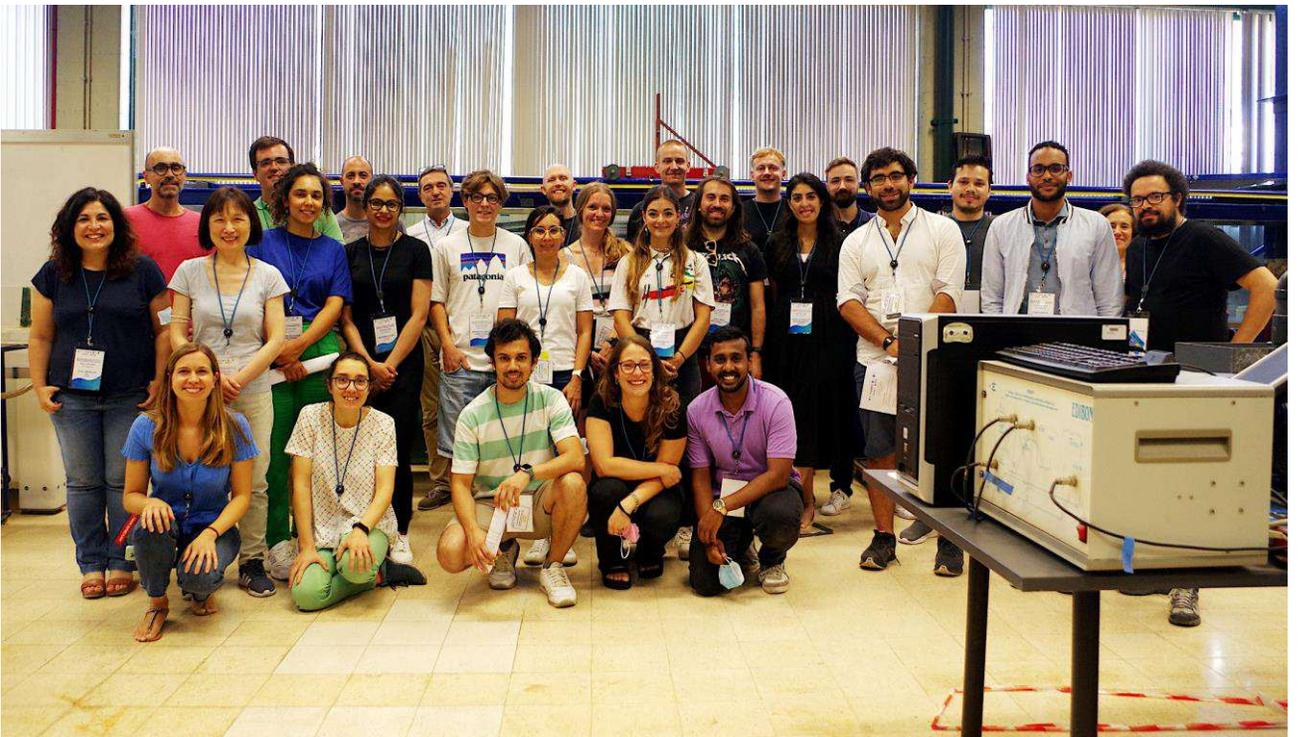


Abbildung 13: Gruppenfoto der Teilnehmenden und Lehrenden (Foto: Rui Aleixo)

Promotionen

Am 13.06.2022 verteidigte Herr **M.Sc. Robin Ruff** erfolgreich seine Dissertationsschrift mit dem Thema „Entwicklung eines mobilen, hydrokinetischen Kleinstenergiewandlers für den Einsatz in Schwellen- und Entwicklungsländern“. Robin Ruff fertigte seine Dissertation nach seinem Studium ab April 2019 im Rahmen einer Promotionsförderung der Stiftung der Deutschen Wirtschaft an und war zeitgleich in Teilzeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fachgebiet tätig.



Die Nutzung von wasserangetriebenen Turbinen zur Erzeugung elektrischer Energie ist eine lang bewährte, effektive, weit verbreitete und wirtschaftlich attraktive Technik. Durch den Einsatz komplexer maschinenbau- und elektrotechnischer Komponenten (bspw. Leitapparat, Turbine und Generator) erreichen moderne Wasserkraftanlagen enorme Wirkungsgrade - jedoch werden zur Planung, zur Bemessung, zum Bau und zum Betrieb umfangreiche Spezialkenntnisse benötigt. Zudem stellen leistungsstarke Wasserkraftanlagen immer einem enormen Eingriff in das gewässerökologische Regime dar - bspw. durch Aufstau und/oder Wasserausleitung - welche wiederum nur mittels komplexer Spezialanlagen (bspw. Fischaufstiegs-, -schutz- und -abstiegsanlagen sowie dynamisierte Mindestwasserregelungen für Ausleitungsstrecken) zumindest teilweise kompensiert werden können. Für einen erfolgreichen breitgefächerten Einsatz solcher modernen Anlagen sind in Schwellen- und Entwicklungsländern die Kenntnisse und Mittel nicht vorhanden.

Daher fokussiert die Arbeit von Herrn Ruff auf Kleinstwasserkraftanlagen, die aus gut verfügbaren Altteilen bereits mit wenig Know-how selber gebaut, installiert und betrieben werden können. Im Anlagenkern sorgt eine durch die Strömungsenergie angetriebene hydrokinetische Turbine (HKT) als Kombination aus Rotor und einem modifizierten handelsüblichen Elektromotor für die Stromerzeugung. Das von ihm entwickelte modulare Konzept greift unterschiedliche Bau- und Anpassungsmethoden auf, die je nach standörtlicher Gegebenheit miteinander kombiniert eingesetzt werden und damit eine möglichst effektive Wasserkraftnutzung ermöglichen. Hierbei sind viele der negativen Umweltwirkungen konventioneller Wasserkraftmaschinen nicht vorhanden - jedoch ist auch die Leistungsausbeute deutlich geringer. Die geringe Leistung solcher Kleinstwasserkraftanlagen - allenfalls im Bereich von bis zu 500 Watt - erscheint nach unseren Maßstäben verschwindend wenig; Herr Ruff zeigt jedoch mit Blick auf die potenziellen Einsatzgebiete auf, dass für zahlreiche abgelegene, arme bzw. geringtechnisierte Regionen weltweit ausreichend Wasserläufe und Kanäle zur Installation seines Wasserkraftkonzeptes vorhanden sind und speziell dort bereits geringe Energiemengen nicht nur für Licht sondern auch für den Betrieb eines Computers bzw. Handy sorgen können, womit über das Internet ein wertvoller Zugang zu Informationen, Kommunikation und Entwicklung möglich wird. Ein Argument, welches gemäß dem Motto „lieber der Spatz in der Hand als die Taube auf dem Dach“ das von Herrn Ruff entwickelte Konzept für viele Regionen auf der Welt sicherlich interessant macht.

Die digitale 170 Seiten starke Dissertationsschrift ist kostenfrei im Internet unter dem Link <https://tuprints.ulb.tu-darmstadt.de/21603/> abrufbar. Eine Zweitveröffentlichung in der Mitteilungsreihe des Instituts ist in Arbeit.

Aktuell promovieren folgende Doktorandinnen und Doktoranden am Fachgebiet Wasserbau und Hydraulik mit Betreuung durch Prof. Lehmann (in alphabetischer Reihenfolge):

- Katharina Bensing, M.Sc. – Ethohydraulische Modellierungen
- Willis Awandu, M.Sc. – Developing an Integrated Energy – autonomous Water Treatment System for Developing Countries; Case study of Kenya rural areas
- Gerhard Braun, Dipl.-Ing. – Feinrechenauslegung für Kläranlagen (in Zusammenarbeit mit der htw Saar)
- Jessika Gappisch, M.Sc. – Der Einsatz von Wärmeübertragern in wasserbaulichen Systemen und seine numerische Abbildung
- Linus Kaminski, M.Sc. – Numerische Simulation zum Fischabstieg über Wehranlagen (in Zusammenarbeit mit der Bundesanstalt für Wasserbau)
- Christin Kannen, M.Sc. – Bemessung und eigendynamische Entwicklung gewässerökologisch wirksamer tiefer Kolke in der Gewässerentwicklung (in Zusammenarbeit mit dem Karlsruher Institut für Technologie)
- Tobias Lohrey, M.Sc. – HN-Modellierung zum Sedimentmanagement in Stauhaltungen
- Andreas Müller, M.Sc. – Gewässerstrukturierung in urbanen Bereichen durch Lenkbuhnen (in Zusammenarbeit mit dem Karlsruher Institut für Technologie)
- Peter Wiker, Dipl.-Ing. – Multifeldrechensysteme zum Fischschutz bei großen Wasserkraftanlagen

Publikationen

Im gemeinsamen Konsortium mit der sje Ecohydraulic Engineering GmbH (Stuttgart), dem HYDRA Büro für Gewässerökologie (Niefen-Öschelbronn) und der Tallinn University of Technology konnte im Sommer 2022 nach dreijähriger Laufzeit das Forschungsprojekt „MeMo Fischabstieg“ erfolgreich abgeschlossen werden. Der Abschlussbericht wird derzeit vom Projektträger – der Deutschen Bundesstiftung Umwelt – zur Veröffentlichung aufbereitet und soll dann ab 2023 dort digital abrufbar sein.

Im Wasserhaushaltsgesetz (WHG) ist die Erzielung des guten ökologischen Zustands für Fließgewässer gesetzlich verankert. Einen entscheidenden Baustein stellt dabei die Durchgängigkeit für die Fischfauna dar (§34 WHG), die an Staubauwerken allgemein und an Wasserkraftanlagen im Speziellen behindert bzw. nicht gegeben ist. Hauptziele sind eine bessere Vernetzung der Fließgewässer und eine Verringerung der Fischmortalität, die besonders bei der Abwärtswanderung oftmals hoch ist. Es ist bislang noch weitgehend unklar, welche Faktoren das Fischverhalten bei der Abwärtswanderung beeinflussen, wie diese Faktoren ggf. gemessen und berechnet werden können und wie sie für die Leitung von Fischen zu Bypässen hin genutzt werden können. Ein Stand der Technik ist bisher nicht definiert.

Hier setzt das aktuelle Forschungsvorhaben an: Es wird zum einen das Wissen über maßgebende Strömungssignaturen und das hydraulisch-reaktive Verhalten abwanderungswilliger Fische erweitert. Zum anderen wird ein praxistaugliches Instrument für die Messung verhaltensrelevanter Strömungssignaturen entwickelt als auch ein numerisches Prognosemodell (als Modul des Habitatmodells CASiMiR) zur Abgrenzung möglicher Reaktionszonen konzipiert.



Tagungen und Presse

In 2022 fanden trotz der diversen Coronabeschränkungen wieder viele Fachtagungen statt, an denen das Fachgebiet Wasserbau und Hydraulik auch aktiv teilgenommen hat:

Das **3. Forum Wissenschaft der Hafentechnischen Gesellschaft e.V.** (www.htg-online.de/die-htg/) fand im Mai als online-Veranstaltung statt und stand unter dem Motto „Binnenwasserstraßen im Wandel“. Prof. Lehmann wurde eingeladen, hier vor knapp 120 prominenten Vertreter:innen aus Wissenschaft und den Fachverwaltungen als auch namhaften Entscheidungsträgern aus der Politik einen Vortrag zum Thema „Herausforderungen Durchgängigkeit an Binnenwasserstraßen“ zu halten. Der Vortrag sollte die Zuhörer:innen in die Thematik einführen und gliederte sich dementsprechend in die Abschnitte „Durchgängigkeit an Binnenwasserstraßen – was ist damit gemeint?“, „Ein Blick auf die deutschen Binnenwasserstraßen“, „Ebenen der Herausforderungen Durchgängigkeit: Grundlagenforschung, Planung und Konstruktion, Bauen im Bestand, Betrieb und Überwachung“ sowie einem abschließenden Conclusio mit einem Appell, welcher zum Diskutieren anregte.

Das **45. Dresdner Wasserbaukolloquium** fand am 14. und 15. Juni 2022 als Präsenzveranstaltung statt. Das übergeordnete Thema lautete: „Nachhaltigkeit im Wasserbau – Umwelt, Transport, Energie“. Katharina Bensing stellte mit dem Vortrag „Fischverhalten besser verstehen mithilfe von Multiparameterdaten“ in anschaulicher Weise einige Ergebnisse ihrer ethohydraulischen Forschungsarbeiten vor: Um Fischverhalten besser mit abiotischen Parametern verknüpfen zu können, sind Daten zu den reizauslösenden Parametern als auch zu den vom Tier gezeigten Reaktionsweisen notwendig. Für die Aufzeichnung dieser sog. Multiparameterdaten muss entsprechende Messtechnik weiterentwickelt und zielführend eingesetzt werden. Im Vortrag wird eine dazu entwickelte neuartige, fischförmige Sonde vorgestellt und auf einige Aspekte zu deren Nutzen hinsichtlich eines besseren Verständnisses der Fischwahrnehmung eingegangen. Aufgrund der großen Datenmengen ist eine zukünftige Einbindung weiterer Methoden aus dem Bereich der Data Science wie z.B. die künstliche Intelligenz sinnvoll, um bspw. im Praxiseinsatz die Umweltverträglichkeit von wasserbaulichen Anlagen zu verbessern. (Link zum Tagungsbeitrag: <https://henry.baw.de/handle/20.500.11970/108930>)

Das **14th International Symposium on Ecohydraulics (ISE)** fand als Hybridtagung vom 10. bis 13. Oktober in Nanjing, China und zeitgleich auch als Onlinesymposium statt. Katharina Bensing präsentierte auch hier in einem Vortrag Ergebnisse aus ihrer Forschungsarbeit zur Entwicklung einer Fischsinnesonde dar. In ihrem Vortrag mit dem Titel „Application of a fish-shaped probe at an angled rack: Introducing the fish sensory sonde (FSS)“ zeigte sie Schritte der Entwicklung als auch Erkenntnisse aus bisherigen Einsätzen in Labor- und Feldstudien auf: Over the last five decades, an increasing number of studies on fish behaviour in turbulent flows have been carried out, predominantly under laboratory conditions. The majority of these works correlate fish behaviour and time-averaged velocity and turbulence parameters, derived from the fluctuations of the three velocity components. However, fish experience the changing flow field through fluid-body interactions, and thus the comparison of velocity measurements and fish swimming behaviour is always missing the interaction with the flow field, as experienced by fish. This study presents a multiparameter fish-shaped probe which measures flow in a more “fish-like” way – the Fish Sensory Sonde (FSS). The probe body is equipped with three pressure sensors (right, left, center) for mimicking the anterior lateral line, and is also outfitted with an inertial measurement unit (IMU) which acts as a digital vestibular system. An interesting parameter which the FSS provides is the pressure asymmetry, which is directly related to a force imbalance acting on the left and right sides of the fish body. Since fish use undulatory locomotion, regions of a flow field with strongly changing or zero crossing pressure asymmetries are hypothesized as being avoided by fish, and are compared to laboratory studies of live fish in this work. Regions of asymmetric pressure will require constant adjustments to a fish’s body posture relative to the bulk flow field for a fish to maintain its swimming gait. We also show the advantage of a moving FSS probe to provide gapless measurements in a shorter time compared to a stationary probe. The FSS, hence, has the potential to improve future eco- and ethohydraulic investigations by providing new ways and means of measuring fluid-body interactions more similar to that of living fish. (Link zum Tagungsbeitrag: <https://www.iahr.org/library/infor?pid=22034>).

Auf Einladung der Landesregierung Baden-Württemberg zu einem Informationsaustausch im Themenfeld „**Gewässerökologie und Hydraulik**“ am 31. März hielt Prof. Lehmann einen Impulsvortrag zu den aktuellen hydraulischen Herausforderungen im Bereich der Gewässerentwicklung und -renaturierung. Dazu wurden die Themenfelder „Wertigkeit naturnaher Gewässerstrukturen“, „Hochwasserrangepasste Gewässerentwicklung“, „Umweltwirkungen wasserbaulicher Anlagen“ als auch „Ökologisch-hydraulisches Management naturnaher Gewässerstrukturen“ mit den darin bestehenden Schnittstellen zwischen Ökologie und Hydraulik skizziert und zentrale Herausforderungen für Planungs-, Bemessungs- und Modellierungskonzepte als auch für das Monitoring und die Unterhaltungsstrategie herausgearbeitet.

Zur Aufarbeitung der **Flutkatastrophe im Ahrtal** vom Juli 2021 wurde vom Landtag Rheinland-Pfalz ein **Untersuchungsausschuss** eingesetzt. Prof. Lehmann wurde als Sachverständiger für Wasserbau und Hydraulik beauftragt, ein Gutachten zur damaligen Situation der Hochwasservorhersage anzufertigen und den Ausschuss fachwissenschaftlich zu beraten. Zu dem schriftlich vorgelegten Gutachten erfolgte am Freitag, den 28. Januar 2022 im Plenarsaal des Landtags in Mainz eine Anhörung statt, bei der die Ausschussmitglieder die Gelegenheit nutzten, Fragen zum Thema stellen zu können. (<https://www.landtag.rlp.de/de/parlament/ausschuesse-und-gremien/fachausschuesse/untersuchungsausschuss-181-flutkatastrophe/detailansicht/news/detail/News/hochwasservorhersagen-im-blickpunkt-1/-/-/>)

Am 14.07.2022 wurde in der Radiosendung WDR 5 **Quarks – Wissenschaft und mehr** eine Livesendung zum Thema „Ein Jahr nach der Flut: Wiederaufbau im Hochwasserrisikogebiet“ mit Prof. Lehmann als Studiogast gesendet (<https://www1.wdr.de/mediathek/audio/wdr5/quarks/index.html>). Die Sendung schloss an die Livesendung in selbiger Reihe vom 23.07.2021 an, bei der Prof. Lehmann ebenfalls als Studiogast wasserbauliche Fragen zu den Themen Extremhochwasser, Starkregenfluten und wie man sich davor schützen kann beantwortete.



Vom SMC – **Science Media Center Germany** wurde Prof. Lehmann um Statements zu den Themen „Zukunft der Kleinwasserkraft in Deutschland“ (Juli 2022) und „Das Niedrigwasser 2022 und die wasserwirtschaftlichen Folgen“ (September 2022) gebeten. Das SMC ist eine journalistisch arbeitende, unabhängige und gemeinwohlorientierte Institution mit einem ständig wachsenden Netzwerk von derzeit mehr als 1.000 mitwirkenden Forschenden und aktuell über 1.600 akkreditierte Medienschaffende. Das SMC bündelt themenbezogene Statements von Forschenden und stellt diese den akkreditierten Journalisten für ihrer Berichterstattung zur Verfügung. Aus diesem Grund erschienen die Statements in mehr als 200 Tageszeitungen, Journalen und Onlinemedien.



Am 4.10.2022 wurde die ARD-Sendung **planet wissen** ausgestrahlt. Prof. Lehmann war hier als Studiogast eingebunden und stand den zwei Moderierenden zu diversen Themen rund um die Wasserkraftnutzung Rede und Antwort. Die Sendung wurde im Nachgang noch über diverse dritte Programme (WDR, SWR, HR, ARD alpha, ARD ONE) ausgestrahlt und wurde im Studio des SWR in Baden Baden aufgenommen.

(<https://www.planet-wissen.de/sendungen/sendung-wasserkraft-100.html>)

Forschung: RRE Eich-Guntersblum: Physikalische Modelluntersuchung zum Heberwehr

Dr.-Ing. Jens-Uwe Wiesemann

Projekt: RRE Eich-Guntersblum - Reserveraum für Extremhochwasser



Projektförderer/ Auftraggeber: ARGE Objektplanung, Ingenieurgemeinschaft Pecher-Icon-ipr



Struktur- und Genehmigungsdirektion SÜD, Rheinland-Pfalz



Hintergrund / Veranlassung

Die Dr. Pecher AG bearbeitet den Planungsauftrag für den Reserveraum für Extremhochwasser Eich-Guntersblum. Für das anvisierte Hochwasserschutzprojekt laufen derzeit die Planungsarbeiten zu einer rückverlegten Deichtrasse, zu Ein- und Auslaufbauwerken, Durchlassbauwerken und Schöpfwerken für die Binnenentwässerung. Die Rückhaltevolumen soll bei Überschreiten des 200-jährlichen Rhein-bestimmten bzw. Main-bestimmten Hochwassers aktiviert werden. Der Schutzgrad soll durch die noch geplanten und umzusetzenden Rückhalteräume im Bereich der freien Rheinstrecke einen Schutz bis zu einem HQ_{200} gewährleisten.

Da die Reserveräume nur extrem selten geflutet werden sollen, dann aber unbedingt alles reibungslos funktionieren muss, hat eine möglichst sichere und einfache Inbetriebnahme der Reserveräume höchste Priorität. Dies betrifft sowohl die sogenannte Binnenentwässerung des Hinterlandes als auch die Einlaufgestaltung vom Rhein in die Reserveräume.

Als Alternative zu den üblicherweise für die Flutung eingesetzten Wehrbauwerken mit Klappenwehren soll gezielt ein Heberwehr vertieft betrachtet und geplant werden. Die Planung soll hierbei durch einen Modellversuch überprüft und ggf. optimiert werden. Das Heberwehr, welches speziell beim Reserveraum Eich-Guntersblum im Rahmen der Entwurfsplanungsphase vertieft untersucht wird, muss zudem die Funktion eines Schöpfwerkes übernehmen und somit in beide Richtungen die notwendigen Durchflussmengen fördern.

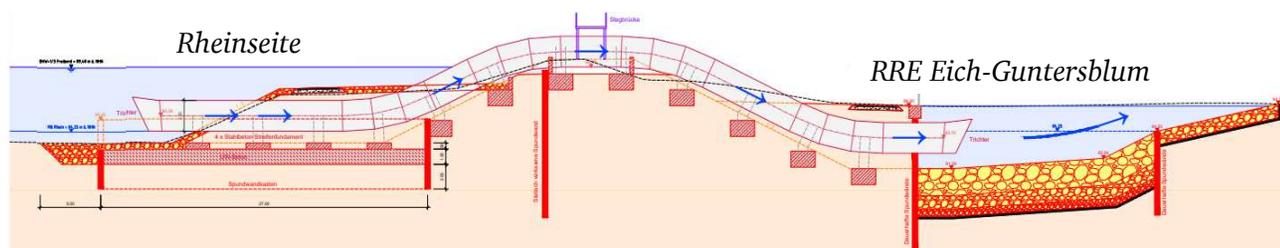


Abbildung 14: Längsschnitt entlang des Heberwehrs, Ansicht auf die repräsentative Heberleitung mit Rheinseite (links) und Leitungsaustritt in den Reserveraum (rechts) [Quelle: Pecher-Icon-ipr]

Modell

Die vom AG bereitgestellten Daten zum Projekt wurden zusammengeführt und für die Modellversuchsplanung aufbereitet. Aus den zur Verfügung gestellten Plänen wurden relevante/repräsentative topographische, bathymetrische und bauwerksspezifische Daten für die Modellierung zusammengestellt und für den Modellaufbau genutzt. Der Modellausschnitt wurde so gewählt, dass eine repräsentative Heberleitung (siehe Abbildung 14) im Modellmaßstab gebaut und untersucht wird.

Bei der Detailplanung des physikalischen Modellversuches wird vor dem Hintergrund der untersuchungsrelevanten Fragestellungen und ggf. optional angebotener Untersuchungsleistungen, der Versuchsaufbau mit Hinblick auf potenzielle Erweiterungen errichtet.

Der Modellmaßstab wurde so gewählt werden, dass im Modell die gleichen Werte für die prozessrelevanten dimensionslosen Kennzahlen auftreten wie in der Natur. Aufbauend auf Erfahrung und der im wasserbaulichen Forschungslabor vorhandenen Infrastruktur hat sich in guter Übereinstimmung mit Angaben zu dokumentierten Modellversuchen in der einschlägigen Fachliteratur ergeben, ein konservativ skaliertes Modell nach dem Froude'schen Modellgesetz zu betreiben.

Als Längenmaßstabszahl M_L wurde $M_L = \text{Länge}_{\text{Natur}} / \text{Länge}_{\text{Modell}} = 13$ gewählt. Maßgebend war hierbei das lieferbare Ausgangsmaterial für die mit Acrylglas auszuführende Modell-Heberleitung. Das verfügbare Rohrmaterial hat einen Innendurchmesser von 192 mm. Hierdurch wird sichergestellt, dass die Modellkenngrößen entsprechend ausgelegt werden können, so dass die Ähnlichkeit hinsichtlich des Strömungsgeschehens an den Modellrändern als auch im Bereich des Durchlassbauwerks und in den angrenzenden Modellgebietsbereichen sichergestellt ist.

Beim Modellaufbau im wasserbaulichen Forschungslabor der TUDa werden die bestehende Infrastruktur und vorhandene Stahlwandelemente zur Modellumrandung genutzt (siehe Abbildung 15). Hierbei ist die zu modellierende Heberleitung mit den angrenzenden Bereichen so zu platzieren, dass die Zu- und Abströmverhältnisse gemäß den Anforderungen simuliert und untersucht werden können.

Es ist vorgesehen, dass hier durch die Anordnung der Zu- und Abläufe, sowohl auf der Rhein- als auch auf der RRE-Seite, eine Variation der Zu- und Abstromverhältnisse möglich wird.

Belastbare Modellergebnisse werden Anfang 2023 erwartet.

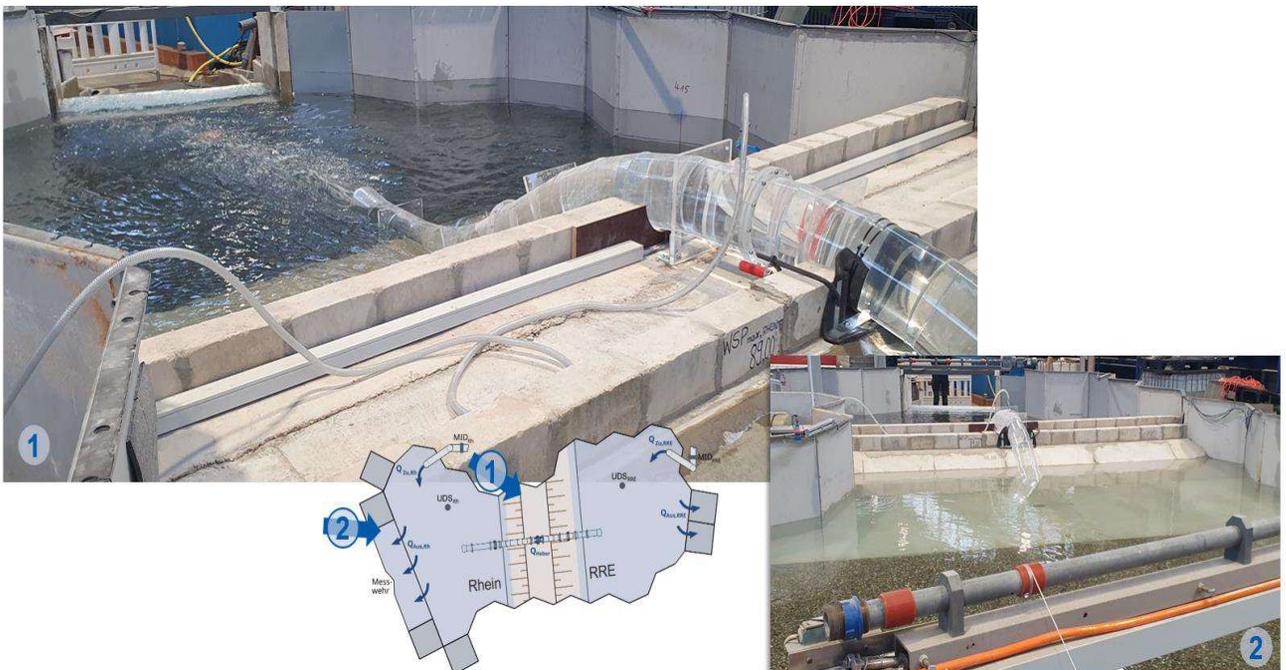


Abbildung 15: Grundriss des Modellaufbaus im wasserbaulichen Forschungslabor (Stand September 2022)

Forschung: Abschätzung des Potentials zur Wärmebereitstellung durch die hydrothermale Nutzung der Lahn für das Wasserwerk Wehrda und das Wärmenetz Softwarecenter der Stadtwerke Marburg

Jessika Gappisch, M.Sc.

Auftraggeber: Stadtwerke Marburg GmbH



Beschreibung des Projektvorhabens

Vor dem Hintergrund, dass die Stadtwerke Marburg für die Wärmeversorgung an einer verstärkten Nutzung von erneuerbarer Wärme interessiert sind, soll das hydrothermale Potential der Lahn in Marburg ermittelt und die Umsetzung der Wärmenutzung auf einzelne Standorte untersucht werden. Zum einen ist zu prüfen, ob das neu entstehende Wasserwerk Wehrda (Goßfeldener Straße 16 in 35041 Marburg Wehrda) über eine hydrothermale Nutzung der Lahn und des durch das Wasserwerk geförderten Rohmischwassers (Grundwasser) mit Wärme versorgt werden kann. Zum anderen soll das Potential abgeschätzt werden, Flusswasserwärme in das Wärmenetz Softwarecenter einzuspeisen. Als Einspeisestelle soll ein Betriebsgebäude (Softwarecenter 4, 35039 Marburg) neben einem Mühlkanal der Lahn dienen. Grundlage für die Prüfung der konkreten Standorte ist die Ermittlung des Wärmedargebots der Lahn in Marburg. Für das Wärmepotential und die Wirtschaftlichkeit spielen die hiesigen Wassertemperaturen eine wichtige Rolle, zum Beispiel mit Blick auf die Unterschreitungstage von Grenztemperaturen in der Heizperiode. Unter Berücksichtigung rechtlicher und ökologischer Belange und auf Basis der Wassertemperaturen und Durchflüsse wird das Wärmepotential der Lahn ermittelt, bevor die Anwendung auf konkrete Standorte erfolgt.

Wassertemperaturen der Lahn in Marburg

Sowohl das Wasserwerk Wehrda als auch das Softwarecenter befinden sich im Stadtgebiet Marburgs, das von der Lahn durchflossen wird. Die Lahn ist ein 242 km langer Fluss durch Nordrhein-Westfalen, Hessen und Rheinland-Pfalz. Sie entspringt im südöstlichen Rothaargebirge am Ederkopf auf 628 m ü. NHN und mündet in Lahnstein bei Koblenz in den Rhein. Die durch die Stadtwerke Marburg bereitgestellten Wassertemperaturen am Wasserwerk Wehrda wurden mit Messwerten umliegender Messtellen des Hessischen Landesamtes für Naturschutz, Umwelt und Geologie (kurz: HLNUG) verglichen: Die Wassertemperaturen des Wasserwerks können als plausibel angenommen werden und weisen durch das höchste Messintervall und den größten Stichprobenumfang ($n = 26$ Jahre) die höchste Repräsentanz für das Untersuchungsgebiet auf. Da die Temperaturänderungen der Lahn um Marburg nur sehr gering ausfallen, werden die Wassertemperaturen des Wasserwerks für die weitere Bearbeitung verwendet und repräsentieren sowohl den Bereich um das Wasserwerk Wehrda als auch um das Softwarecenter.

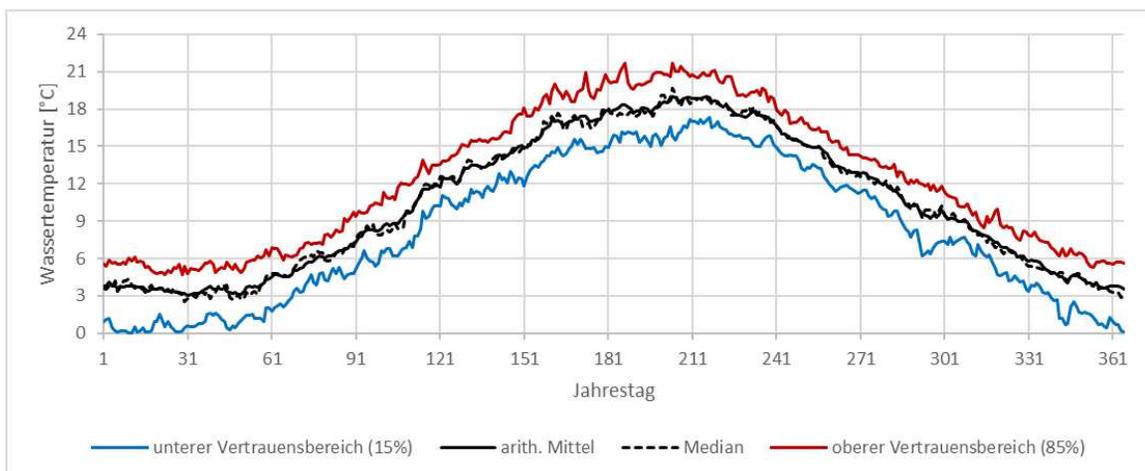


Abbildung 16: Charakteristischer Jahresverlauf der Wassertemperaturen (1994 bis 2021 gemittelt)

In Abbildung 16 ist ein sinusähnlicher Jahresverlauf zu sehen. Der Mittelwert der vergangenen Jahre (schwarze Linie) erreicht im Februar mit $t_{\min}=3,0\text{ °C}$ sein Minimum, steigt dann bis Anfang August auf $t_{\max}=19,0\text{ °C}$, bevor er wieder abfällt. Die kältesten Werte des unteren Vertrauensbereichs liegen im Winter am Gefrierpunkt. Gegenwärtig gilt ein Betrieb von hydrothermalen Wärmepumpenanlagen bis 4 °C Wassertemperatur als wirtschaftlich. Technisch sind niedrigere Wassertemperaturen möglich. Im langjährigen Mittel werden 4 °C Wassertemperatur an $56\text{ Tagen} \pm 17\text{ Tage}$ im Jahr unterschritten. Die Temperatur von 2 °C wird dagegen an $22\text{ Tagen} \pm 12\text{ Tage}$ unterschritten. Wird von einer Heizgrenztemperatur $t_H = 15\text{ °C}$ ausgegangen, gibt es in Marburg 279 Heiztage im Jahr. Damit muss bei 4 °C Grenztemperatur im Mittel an $20\% \pm 6\%$ (bei 2 °C Grenztemperatur an $8\% \pm 4\%$) der Heiztage die Wärmeversorgung über eine alternative Quelle gewährleistet werden. Eine Möglichkeit ist die Wärmebereitstellung über eine rein elektrisch angetriebene Wärmepumpe. Prinzipiell sollte im Einzelfall geprüft werden, ob die Wärmeentnahmeleistung die aufgewendete Leistung kompensiert oder nicht. Wie effizient eine Wärmepumpe arbeiten kann, kann u.a. mithilfe der Leistungszahl COP abgeschätzt werden, über die das Verhältnis des abgegebenen Nutzwärmestroms zur eingesetzten elektrischen Leistung ausgedrückt wird. Im Rahmen des Projekts wird eine Abschätzung zur Leistungszahl (Jahresmittel, Mittel der Heizperiode, gewichtetes Mittel) gegeben und eine Sensitivitätsanalyse der Leistungszahl bei verschiedenen Vorlauftemperaturen durchgeführt (vgl. Abbildung 2 (links)). Nach der Erfassung rechtlicher und ökologischer Belange im Untersuchungsgebiet und der Ermittlung des Wärmepotentials der Lahn werden die konkreten Standorte für das Wasserwerk Wehrda und das Wärmenetz Softwarecenter betrachtet.

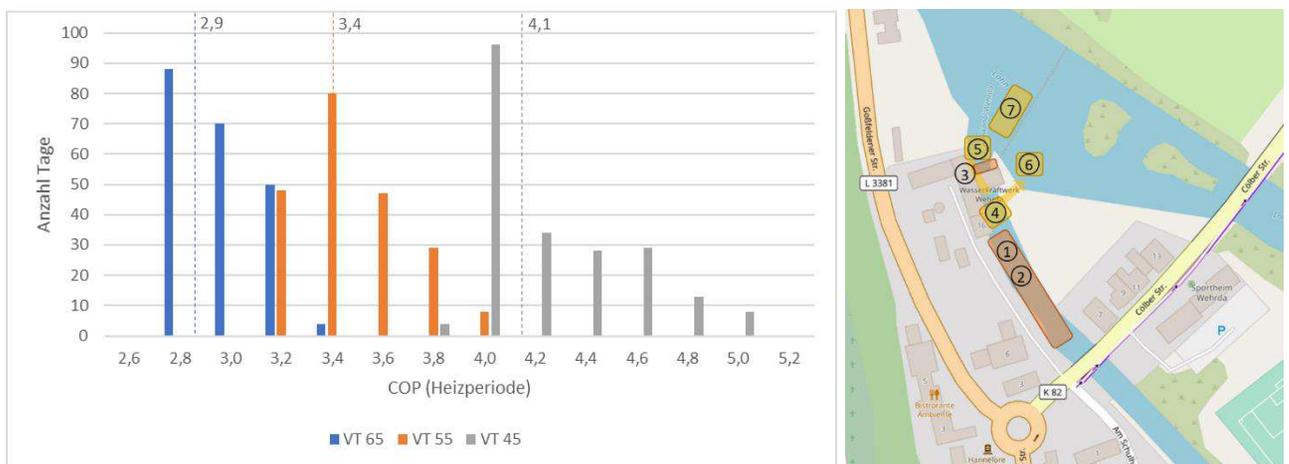


Abbildung 17: Vergleich der COP-Werte in der Heizperiode für Vorlauftemperaturen von 45, 55 und 65 °C (links) und Übersichtskarte potenzieller Wärmeentnahme-Bereiche am Wasserwerk (rechts)

Potential zur hydrothermalen Versorgung des Wasserwerks Wehrda

Bei der Potentialanalyse zur hydrothermalen Versorgung des Wasserwerks Wehr soll es primär darum gehen, Potentiale für die zukünftige Wärmeversorgung auszuweisen. Über Geodaten des HLNUG sind Querprofile für den Kanal am Wasserwerk bekannt. Wassertiefen können mithilfe von Messdaten der Stadtwerke Marburg abgeschätzt werden. Die Fließgeschwindigkeiten werden im Kanal aufgrund einer vorgeschalteten, luftgefüllten Heberleitung zu Null abgeschätzt. Da somit keine Zufuhr von Frischwasser gewährleistet werden kann, ist bei der Ausgestaltung der Wärmeentnahme ein Augenmerk auf die Vermeidung eines thermischen Kurzschlusses zu legen. Dabei sollen Möglichkeiten bei Status Quo (keine Zufuhr von Frischwasser aufgrund der Heberleitung) eruiert werden und auch Varianten erarbeitet werden, die eine Wiederherstellung der Kanaldurchgängigkeit voraussetzen. Bereiche, die potenziell für eine Wärmeentnahme in Betracht kommen, sind in Abbildung 17 (rechts) dargestellt. Bereiche, die die Wiederherstellung der Kanaldurchgängigkeit bedingen, sind orange und Bereiche bei weiterhin nicht gewährleisteter Kanaldurchgängigkeit gelb eingefärbt. Für jeden potenziellen Wärmeentnahme-Bereich werden die Stärken und Herausforderungen analysiert. Eine Erarbeitung und Bewertung mehrerer Varianten wird auch am Standort für das Wärmenetz Softwarecenter erfolgen.

Forschung: MeMo Fischabstieg

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

Katharina Bensing, M.Sc.

Projektförderer: Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU) – Az. 33867/01

gefördert durch



Deutsche
Bundesstiftung Umwelt

www.dbu.de

Projektpartner: Ingenieurbüro SJE (Ecohydraulic Engineering GmbH), Büro für Gewässerökologie HYDRA, Tallinn University of Technology (TalTech)



Anknüpfend an die Berichte der letzten Jahre wurden 2022 im Projekt MeMo Fischabstieg noch letzte Messungen sowie hydrodynamisch-numerische Simulationen und Fischbeobachtungsdaten ausgewertet und ein Test im Freiland durchgeführt. Zum Abschluss des vielseitigen und interdisziplinären Projektes (siehe Abbildung 18) können zusammenfassend folgende Rückschlüsse gezogen werden:

- Die an der TalTech entwickelte und an der TUDa umfangreich getestete Fischsinnessonde (FSS) ermöglicht einen neuen Einblick in die mögliche Sinneswelt der Fische. Dabei spielt die Wechselwirkung zwischen Fischkörper und Strömung (Bensing et al. 2022d), aber auch die multimodale Wahrnehmung (Bensing et al. 2022b) eine große Rolle. Durch die integrierte Sensorik wird neben der mechanosensorischen Seitenlinie auch das vestibuläre System sowie der Magnetsinn imitiert und kann messtechnisch ausgewertet werden.
- Die Messung mit der FSS kann sowohl stationär als auch bewegt erfolgen. Erste Tests zeigen dabei, dass eine bewegte Messung effizienter ist, da in kürzerer Zeit eine höhere räumliche Datenauflösung erzielt werden kann. Dabei gilt es jedoch einige Aspekte bei der Handhabung zu berücksichtigen, um eine ausreichende Datenqualität zu erhalten. Es wurde gezeigt, dass Halterungsstrukturen des untersuchten Horizontalrechens von der Sonde identifiziert werden können.
- Durch kombinierte Messung von FSS und ADV in verschiedenen Abständen konnte eine gute Übereinstimmung der Signale belegt werden. Dies verdeutlicht weiterhin den konvektiven Informationstransport in Form von Fluktuationen der Strömung, was Fischen über ihr Seitenlinienorgan eine Art Fernwahrnehmung ermöglicht.
- Als ethohydraulisch relevante Parameter stellten sich vor allem Gradienten dar: Bei der Analyse der FSS-Daten ist dies der Druckgradient zwischen den seitlichen Sensoren (Bensing et al. 2022c). Im Modelliersystem wurde hingegen der räumliche Geschwindigkeitsgradient im Bereich des Kopfes näher untersucht sowie dessen Winkel zur Fließrichtung. Es zeigte sich, dass Bereiche mit stark asymmetrischer Belastung auf den Körper eher gemieden werden (Bensing et al. 2022a).
- Aufbauend auf diesen Erkenntnissen wurde vom Projektpartner SJE für das Prognosemodell ein Passage Hamper Index (PHI; Passage-Behinderungs Index) entwickelt und in das bestehende Habitatmodell CASiMiR integriert. Der PHI stellt ein Maß für die Bevorzugung bzw. Meidung bestimmter Strömungsbereiche dar (0 = Bevorzugung bis 1 = Meidung).

Das Projekt geht im Bereich der Ethohydraulik innovative Wege. Der Wissensstand bezüglich des Verhaltens sowie der Wahrnehmung von Fischen bei der Abwärtswanderung wurde erweitert. Die Korrelation der Fischbewegungsmuster mit den gefundenen Strömungsfaktoren sind in weiteren Untersuchungen zu bestätigen und lassen eine zukünftige Bewertung und Optimierung von Fischabstiegsanlagen mit dem Mess- und Modelliersystem realistisch erscheinen.

Der Abschlussbericht und weitere Informationen zu Teilaspekten des Projektes sind unter anderem in den unten angegebenen Quellen online verfügbar. Außerdem wird auch in meiner Dissertationschrift, welche voraussichtlich in der ersten Jahreshälfte 2023 veröffentlicht wird, an die Arbeit des Forschungsprojektes angeknüpft.

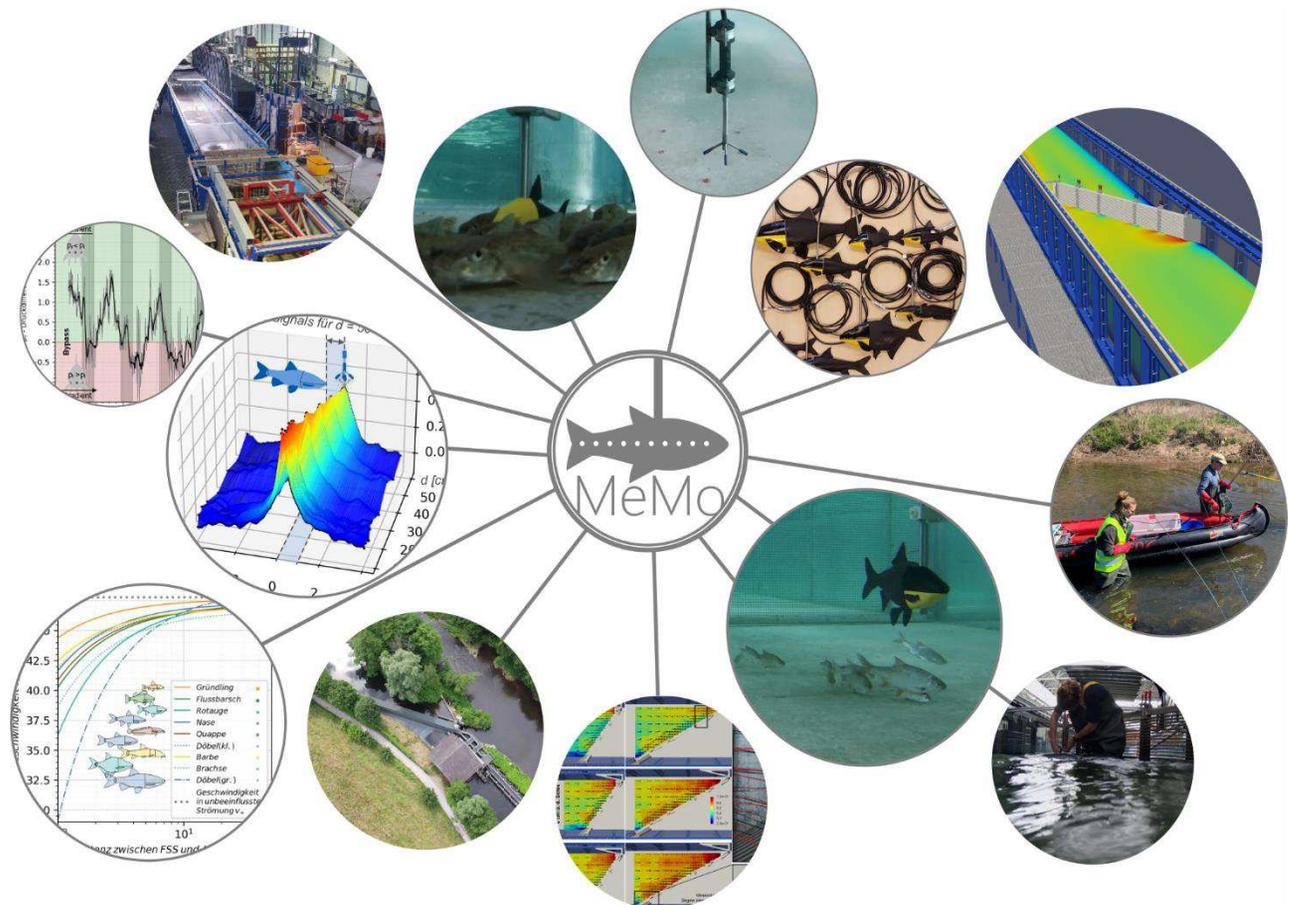


Abbildung 18: Einblicke in das Projekt „MeMo Fischabstieg“: von den Messungen im Labor und Freiland mit verschiedener Messtechnik, über die HN-Simulationen, den Fischfang und die Lebendtierversuche bis hin zur Signalanalyse und Dateninterpretation. Weitere Eindrücke zum Projekt sind in folgendem Video zu finden: <https://www.youtube.com/watch?v=iXBh37uMB6E>

Literatur

Bensing, K., Kopecki, I., Tuhtan, J. A., Ortlepp, J., Becker, A., Schneider, M. & Lehmann, B. (2022a): MeMo Fischabstieg: Entwicklung eines kombinierten Mess-/Modellersystems zur Planung, Bewertung und Optimierung von Fischabstiegseinrichtungen an Wasserkraftanlagen. Abschlussbericht, gefördert durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (Az. 33867/01-32), 213 S.

Bensing, K., Tuhtan, J. A. & Lehmann, B. (2022b): Fischverhalten besser verstehen mithilfe von Multiparameterdaten; Tagungsbeitrag – 45. Dresdner Wasserbaukolloquium, Nachhaltigkeit im Wasserbau – Umwelt, Transport, Energie, 14. und 15. Juni 2022 in Dresden, Deutschland.

Bensing, K., Tuhtan, J. A., Toming, G., Becker, A., Kopecki, I., Schneider, M., Ortlepp, J. & Lehmann, B. (2022c): Application of a Fish-Shaped Probe at an Angled Rack: Introducing the Fish Sensory Sonde (FSS); Conference paper – 14th International Symposium on Ecohydraulics, 10.-14. October 2022 in Nanjing, China.

Bensing, K., Tuhtan, J. A., Toming, G., Khan, A. H. & Lehmann, B. (2022d): Fish body geometry reduces the upstream velocity profile in subcritical flowing waters. In: Aquatic Sciences 84(32):1-14.

Forschung: Automatische Steuerung und Regelung der Praktikumsrinne

Dipl.-Ing. (FH) Ralf Bindernagel

Zur automatischen Einstellung der Parameter Durchfluss und Wasserstand in der 12 Meter langen Praktikumsrinne wurde eine elektromechanische Rinnensteuerung entwickelt und installiert (Abbildung 19).



Abbildung 19: 12 m-Praktikumsrinne mit Einlaufbasin, Fließstrecke und Auslaufbereich (links) sowie in der Zulaufleitung installierter Schieber mit Durchflussmessgerät MID (rechts)

Am Einlauf der Praktikumsrinne sind ein MID (Magnetisch-Induktives-Durchflussmessgerät) von Endress und Hauser sowie ein Schieber mit elektrischem Antrieb der Firma Auma installiert (siehe Abbildung 19 rechts). Am Auslauf der Praktikumsrinne befindet sich ein Zylinderschütz (siehe Abbildung 20 links), das mittels einer Zahnstange und dem daran montierten Motor in der vertikalen Position angehoben oder abgesenkt werden kann - damit wird der Füllstand in der Praktikumsrinne eingestellt. Zur Positionserfassung des Schützes wurde dort ein 10-Gang-Wendelpotentiometer installiert und in Betrieb genommen.



Abbildung 20: Das Zylinderschütz am Rinnenauslauf (links), die Steuerung (mitte) sowie der Ultraschall-Distanzmesser (rechts)

Die Parameter „Durchfluss“ und „Schützhöhe“ wurden bisher mit einer einfachen elektrischen Steuerung (siehe Abbildung 20 mitte) manuell eingestellt. Über die Taster „Auf“ bzw. „Zu“ wurde der Durchfluss und über die Taster „Auf“ bzw. „Ab“ wurde das Zylinderschütz eingestellt. Diese elektrische Steuerung sollte zur Verwendung mit Handbetrieb auch weiterhin bestehen bleiben.

Neu installiert wurde ein Ultraschall-Distanz-Sensor der Firma Microsonic (Abbildung 20 rechts). Er ist oberhalb der Rinne angeordnet und misst berührungslos die Lage Wasseroberfläche. Der Füllstand bzw. die Wassertiefe der Rinne an dieser Stelle ergibt sich aus der Differenz des Abstandes vom Rinnenboden zur gemessenen Wasseroberfläche.

Die gesammelten Signale werden über eine SPS (speicherprogrammierbare Steuerung der Firma Beckhoff) aufgenommen, dort verarbeitet und geben über Steuerleitungen die entsprechenden Signale an die elektrische Steuerung weiter (siehe Abbildung 21 links). Die Programmierung erfolgt über die Software Twincat, die der Programmiersprache „C“ sehr ähnlich ist.



Abbildung 21: Die speicherprogrammierbare Steuerung (SPS) zur Signalverarbeitung (links) und die grafische Benutzeroberfläche auf der Steuersoftware (rechts)

Zur Bedienung der automatischen Rinnensteuerung wurde eine einfach verständliche grafische Benutzeroberfläche erstellt (siehe Abbildung 21 rechts)). Hier werden die Parameter Durchfluss [Q] und der Füllstand [h] eingegeben. Damit regelt sich die Praktikumsrinne dann vollautomatisch auf die gewünschte Parameterkonfiguration ein. Alternativ ist mit der Software auch eine manuelle Einstellung durchführbar.

Die Parameter „Durchfluss“ und „Füllstand“ wurden in etlichen Testbetrieben gut und reproduzierbar von der Automatik eingeregelt. Eine Erweiterung auf die große 40m-Rinne im wasserbaulichen Forschungslabor wurde bei der Planung des Systems bereits berücksichtigt und ist in Bearbeitung.

Bei der Adaption des Systems auf die große Laborrinne sind jedoch gleich drei MID's, zwei Handschieber, ein Schieber mit elektrischem Antrieb, vier Füllstandsensoren als auch ein dreiteiliges Überfallwehr zu berücksichtigen. Zusätzlich besteht zudem noch die Möglichkeit, die dort installierte hydraulisch gesteuerte Einzelwellenmaschine mit in die Steuerung einzubinden.



Einstellen eines Wechselsprungs



Wechselsprung auf ebener Sohle



Pratikumsrinne mit Blick in Fließrichtung

Forschung: Entwicklung eines mobilen und kostengünstigen Kleinstwasserkraftwandlers für den Einsatz in Schwellen- und Entwicklungsländern – Take Home Messages

Dr.-Ing. Robin Ruff

Projektförderer: Stiftung der Deutschen Wirtschaft (sdw)



Projektpartner: Masinde Muliro University of Science and Technology



Im Wasserjahr 2021 wurde bereits über das Forschungsprojekt zur Entwicklung eines mobilen und kostengünstigen Low-Tech-Kleinstwasserkraftwandlers zur dezentralen Energieerzeugung in Schwellen- und Entwicklungsländern berichtet. Die experimentellen Untersuchungen konnten im Laufe des vergangenen Jahres abgeschlossen und die gewonnenen Erkenntnisse in einer Dissertationsschrift dokumentiert werden.

Gemäß Zielsetzung wurde der Energiewandler in Form einer hydrokinetischen Turbine (HKT) ausschließlich aus kostengünstigen und leicht verfügbaren Komponenten entwickelt. Die für die HKT verwendeten Komponenten umfassen hierbei einen bürstenlosen Elektromotor (BLDC-Motor), den Rotor einer ausgedienten Schiffsschraube, einen Motorrad-Lichtmaschinenregler, zwei KFZ-Sicherungen, eine Autobatterie, die notwendige Verkabelung, ein PVC-Rohr sowie einige Holzbretter. Hinzu kommen kleinere Komponenten, wie Schrauben, Muttern, Dichtungsringe oder Kabelbinder. Benötigt wird weiterhin ein Gewässer oder Kanal mit einem möglichst konstanten Abfluss sowie der Möglichkeit zur (aufstaufreien) Querverbauung. Der fertige Prototyp ist in Abbildung 22 dargestellt.

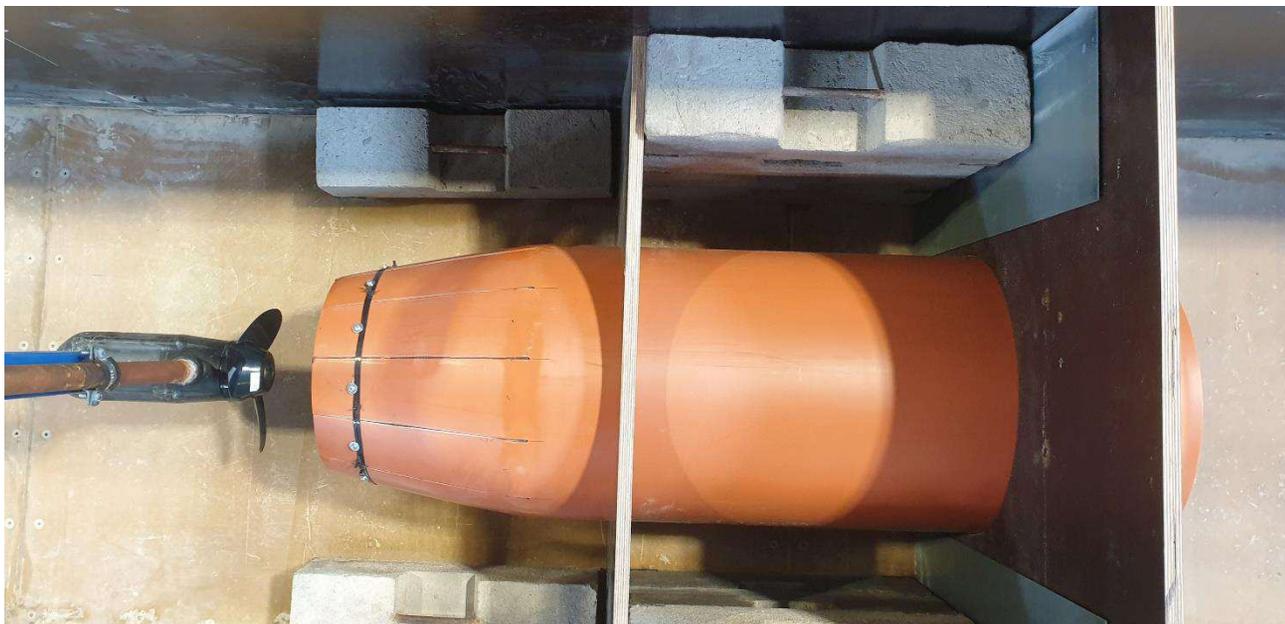


Abbildung 22: Versuchsaufbau mit Prototyp der entwickelten HKT

Da nicht an jedem potenziellen Einsatzort von einer Verfügbarkeit aller genannten Turbinenkomponenten ausgegangen werden kann, wurde eine Äquivalenzliste erstellt, um Alternativen zu den gewählten Bauteilen bereitzustellen. Die genannten Alternativen sind in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Äquivalenzliste der Komponenten der entwickelten HKT

	Verwendete Komponente	Alternativen
Rotor	Bootspropeller	-
Generator	Defekter BLDC-Bootsmotor	BLDC-Motor aus Radnabenantrieb oder Ventilator Industrielle Kleinstgeneratoren PKW-Lichtmaschine
Gleichrichter	Motorrad- Lichtmaschinenregler	Eigenanfertigung aus kostengünstigen Dioden
Ummantelung	Eigenanfertigung aus PVC-Rohr	Eigenanfertigung aus Blech

Für fast alle notwendigen Turbinenkomponenten konnten eine oder mehrere Alternativen identifiziert werden. Festzuhalten ist hierbei, dass keine der dargestellten Komponenten alle der geforderten Kriterien (kostengünstig, bekannte Technologie, robust, leicht verfügbar & wassertauglich) perfekt erfüllt. So sind beispielsweise bei einem Elektrobootsmotor Abstriche hinsichtlich der leichten Verfügbarkeit zu erwarten, während bei einem BLDC-Motor aus einem Ventilator zunächst ein wasserdichter Verbau notwendig ist.

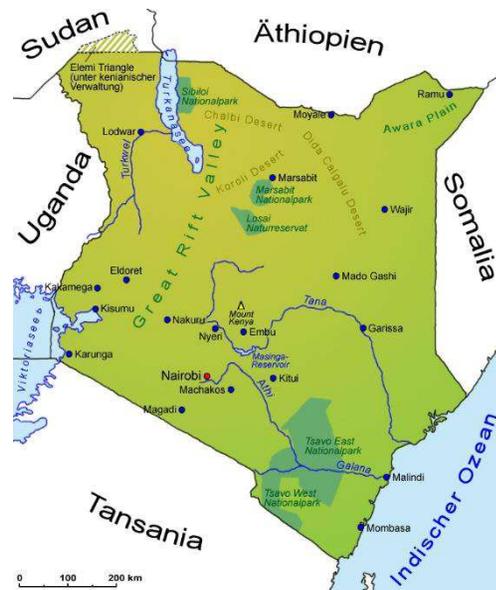
Hinsichtlich der Zielsetzung der Entwicklung einer modularen hydrokinetischen Turbine aus Einfachstbauteilen kann festgehalten werden, dass sich zumindest eine Energieversorgung der MTF-Stufe 2, gemäß Multi-Tier-Framework der Weltbank, realisieren lässt. Die geringe elektrische Leistung trägt bereits dazu bei, den Lebensstandard und Wohlstand in Entwicklungsländern maßgeblich zu fördern: Hiermit lässt sich der Zugang zu Telekommunikation, das Laden von Mobilfunkgeräten, eine umfassende Beleuchtung oder der Betrieb von Computern und Kühlgeräten realisieren. Die so bereitgestellte Energie trägt also dazu bei, Menschen in abgelegenen ruralen Gebieten den Zugang zu elektrischer Energie zu ermöglichen und damit zur Erreichung des von den vereinten Nationen definierten Entwicklungszieles beizutragen.

Durch verschiedene Modifikationen, wie beispielsweise der Vergrößerung der Düsen Eintrittsfläche ist eine weitere Erhöhung der erreichten Leistung und somit auch eine Energieversorgung der MTF-Stufe 3 denkbar. Dennoch wird ersichtlich, dass sich mittels der entwickelten Turbine keine Energieversorgung der MTF-Stufen 4 oder 5 realisieren lässt. Sie dient somit lediglich dem Bereitstellen kleiner Energiemengen in strukturschwachen Regionen, in welchen keine zuverlässige (staatliche) Infrastruktur zur Verfügung steht oder ein Netzanschluss aufgrund zu hoher Kosten für die Bevölkerung nicht erschwinglich ist.

Weiterer Forschungsbedarf besteht unter anderem noch hinsichtlich der Übertragbarkeit der Leistungskomponenten der verwendeten Motoren auf die Leistungsfähigkeit im Generatorbetrieb. Im Rahmen der durchgeführten Versuchsreihen konnten nur zwei Motoren untersucht werden, ohne dass allgemein Aussagen zur Übertragbarkeit von Kennzahlen getroffen werden konnten. Hier wird es zukünftig notwendig sein, weitere Studien durchzuführen, um anhand der Spezifikationen des jeweiligen Motors Aussagen zur Eignung für den Einsatz in einem Kleinstwasserkraftwandler treffen zu können.

Research: Integrated energy-autonomous water treatment system for rural developing countries: Case study of Kenya

Willis Awandu, M.Sc.



Background and Motivation

Water is an essential requirement for the general growth and development of living organisms. The provision and access of water is a fundamental human right and needs to be protected (Kanda et al. 2018). Water crisis is the fifth global risk considering the impact to society as close to 800 million people worldwide lack access to improved safe water for drinking. Approximately 200 million people globally depends on surface drinking water to meet their basic needs. 60% of this population are from developing countries with Sub-Saharan Africa greatly affected. Greater percentage (about 50%) of the population without safe drinking water in developing countries resides in the rural areas.

There is a close link between lack of safe water for drinking and unavailability of electricity. Provision of improved drinking water reveals that the water treatment is prioritized. The treatment plants require electricity for their operations. Majority of the population in the urban areas in the developing countries have an advantage regarding grid connectivity and provision of improved drinking water for their basic needs. The rural population in developing countries especially in Sub-Saharan countries with grid connection is estimated at around 28% as at the year 2020, symbolizing a larger population lack connection to the grid (Abbildung 23, below). The planned study therefore intends to enhance better understanding of design, construction and applicability of low-cost micro hydrokinetic river turbines for rural off-grid electrification. The laboratory findings shall be used for a planned field test trials in Kenya. Further modifications for optimized operations to be performed to enhance the applicability based on site specific status.

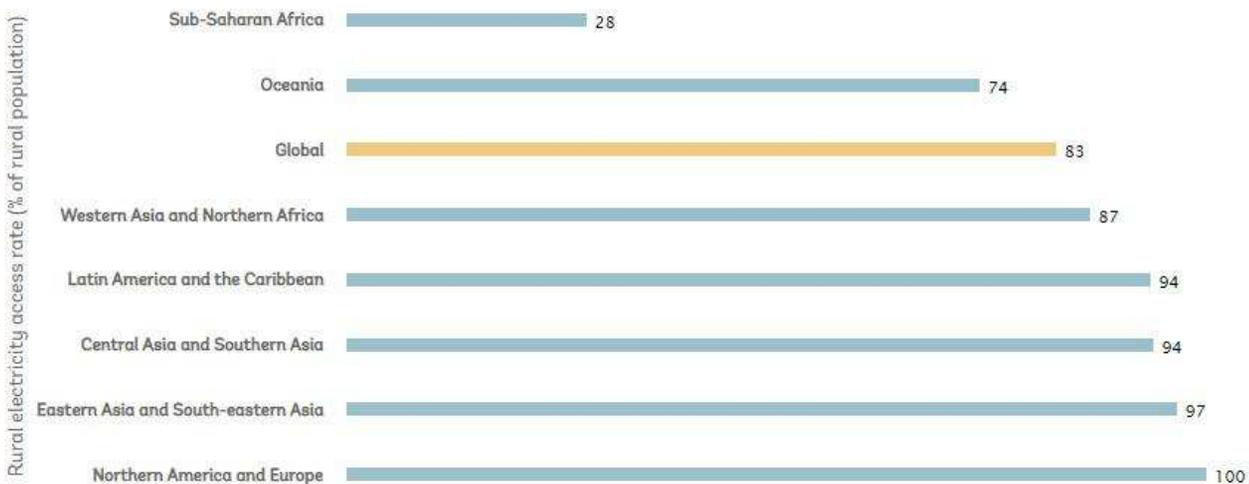


Abbildung 23: Access to electricity, rural (% of rural population) by the year 2020 (IEA et al. 2022)

Goals of the research work

The research work outlined focuses on the following main objectives:

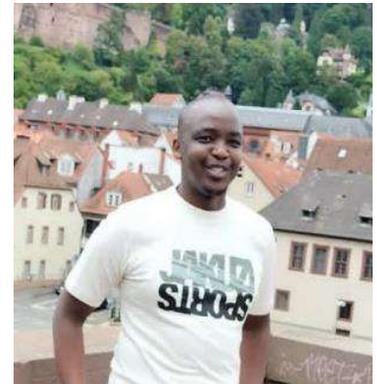
To develop a micro hydrokinetic river turbine as the energy source to supply small water treatment plant for rural use. The turbine is to be constructed from very simple components and can be easily implemented onsite in flowing waters or irrigation canals. The development of the turbine to be based on laboratory study here at TU Darmstadt. This will be followed by transfer into practice through a field test trials in Kenya. Further investigations of the drive potential of the turbine for small plants and equipment to substantiate the application possibilities and limits of the micro turbine

To develop a low-tech water treatment system for small population of 5-50 households. Development idea is to be taken up in collaboration with the department of water supply and ground water protection, TU Darmstadt. This will involve laboratory development and tests and transfer for practical field tests and possible use in Kenya. The operating and maintenance regulations as well as potential areas of application and limitations for practical use shall be worked out.

Introduction of Mr. Willis Awandu

Academics and work

I am currently a doctoral student at the Chair of Hydraulics Engineering, TU Darmstadt under the supervision and guidance of Prof. Boris Lehmann, Dr.-Ing. Jens-Uwe Wiesemann and Dr.-Ing. Robin Ruff. I hold MSc. Water Resources Engineering & Management (WAREM) from the University of Stuttgart, and a BSc. Civil and Environmental Engineering from Jomo Kenyatta University of Agriculture & Technology (JKUAT) in Kenya. I am a tutorial fellow (Assistant lecturer) at Masinde Muliro University of Science & Technology in the department of Civil & Structural Engineering.



My planned doctoral research

My research journey is sponsored by the Catholic Academic Exchange Service (KAAD) and intended to run for a period of three years. My research interest is based on the small micro turbine already developed in the hydraulics laboratory, with anticipation to understand its design, construction and working principles through laboratory investigations and extend the research into field trials and application possibilities in my country Kenya. In connection with my masters' studies in Water Engineering, this is a novel idea that will involve the use of low-cost technology to derive energy from the flowing river waters to be utilized for rural electrifications and also running of small plants at the rural levels.

Rural villages in developing countries are left behind in terms of infrastructural development due to the sparse population. As such, governments concentrate the developments in urban regions at the expense of rural areas. This has rendered the rural folks to depend on fossil fuels such as kerosene and generators to run their daily activities and this has a negative implication to health and environment. The planned research is intended to change the narrative by providing uninterrupted power supplies that would ensure quality life in the villages.

Forschung: Entwicklung von umweltfreundlichen Methoden zur Erzielung einer Sedimentdurchgängigkeit

Tobias Lohrey, M.Sc.

Projektförderer: Deutsche Bundesstiftung Umwelt



Problematik Stauraumverlandung

Stauhaltungen sind unter anderem zur Pufferung des schwankenden Wasserdargebots für die Wasserwirtschaft gerade in Zeiten des Klimawandels unverzichtbar. Die dafür benötigten Querbauwerke halten jedoch die im Gewässer mitgeführten Sedimente zurück, was ohne Gegenmaßnahmen zu einer kontinuierlichen Verlandung des Stauraumes führt. Dies führt zu Einschränkungen im Speicherbetrieb und schlimmstenfalls zum Verlust der ursprünglichen Funktion der jeweiligen Stauhaltung. Diese Problematik adressieren Stauraumspülungen als einzige der verschiedenen, regulär eingesetzten Entlandungsmaßnahmen. Zudem sind sie meist einfach und ohne konstruktive Anforderungen durchzuführen. Die Effizienz der Maßnahme ist standortabhängig, zudem kann das Unterwasser aufgrund von hohen Sedimentkonzentrationen, Durchflüssen, Sauerstoffzehrung und ggf. erhöhten Schadstoffkonzentrationen stark beeinträchtigt werden. Durch angepasste Verfahrensweisen aus vorab vorgenommenen Untersuchungen und numerischen Modellierungen lassen sich diese Schädigungen jedoch minimieren.

Zielsetzung der Arbeit

Numerische Modellierungen werden erfolgreich in wasserbaulichen Fragestellungen verwendet und können auch im Falle von Stauraumspülungen mit wesentlichen Erkenntnisgewinnen eingesetzt werden. Dabei existieren unterschiedliche Modelle mit jeweils verschiedenen Berechnungsansätzen. Um eine annehmbare Ergebnisgüte zu gewährleisten muss daher sichergestellt werden, dass das gewählte Modell mit seinen mathematischen Formulierungen den komplexen Anwendungsfall einer Stauraumspülung zufriedenstellend abbilden kann.

Im Zuge dieser Arbeit wurde untersucht, inwieweit ein vielfach praxiserprobtes, dreidimensionales, numerisches Modell für die Simulation von Stauraumspülungen als hochaktuellem Anwendungsfall verwendbar ist, obwohl dies außerhalb des ursprünglich vorgesehenen Anwendungsbereiches liegt. Das verwendete Modell Bmor3D wurde hierfür um einen Ansatz zur fraktionierten Geschiebetransportberechnung unter Berücksichtigung von Hiding & Exposure - Effekten (H&E) ergänzt. Dazu musste ein Mischungsschichtkonzept in Form eines Einschichtmodells ergänzt werden, da die Transportraten der einzelnen Fraktionen von der Verfügbarkeit des Materials an der Oberfläche der Gewässersohle abhängen.

Numerische Versuchsrinne

Im Zuge der morphodynamischen Modellierung einer vereinfachten Geometrie in Form einer rechteckigen „Numerischen Versuchsrinne“ wurden zunächst im Rahmen einer Sensitivitätsanalyse die für den Geschiebetransport wesentlichen Parameter und deren Einfluss auf die Simulationsergebnisse untersucht, als auch vergleichende Berechnungen mit weiteren Transportansätzen vorgenommen. Diese wurden zudem mit verschiedenen H&E-Ansätzen kombiniert und anhand des transportierten Materials detailliert ausgewertet. Dabei wurde die bisher nicht verwendete Kombination der Geschiebetransportformel nach Meyer-Peter und Müller mit der H&E-Korrektur nach Wu et al. als gut verträglich identifiziert.

Modellierung von Stauraumspülungen

Im Anschluss erfolgte die Modellierung von Stauraumspülungen auf Basis der 2004 innerhalb des EU-Projektes „ALPRESERVE“ gewonnenen Daten am Standort Bodendorf an der Mur. Der Datensatz beinhaltet u.a. Abfluss-, Pegel- und Trübungsdaten sowie Sohlvermessungen vor und nach dem Spülungs-

ereignis. Zudem wurden Sohlproben entnommen und mittels Siebanalyse ausgewertet. Auf deren Basis wurde innerhalb des Stauraumes anhand von fünf beprobten Stützstellen eine Kornverteilung der Sohle auf das gesamte Rechennetz interpoliert. Die Randbedingungen ergaben sich aus den Durchflüssen und der aufgezeichneten Höhe der Wehroberkante während des Abbaus vor der Spülung. Die modellierten Differenzen der Sohlagen vor und nach der Spülung sind in Abbildung 24 dargestellt.

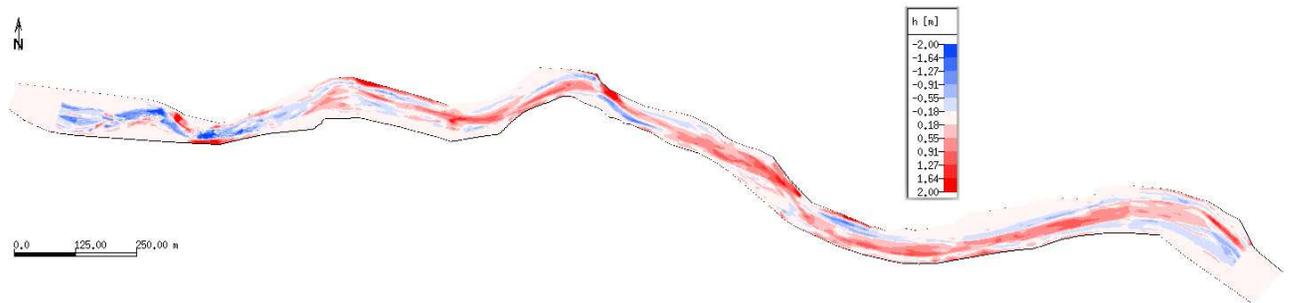


Abbildung 24: Differenz der Sohlagen vor und nach der Spülung (ausgegeben werden Tiefen, blau beschreibt daher Akkumulation, rot Erosion)

Die mittels Peilung vor und nach der Spülung ermittelten Sohlagedifferenzen (siehe Abbildung 25) konnten dabei qualitativ gut reproduziert werden. Die Akkumulation im Bereich der Stauwurzel, als auch der weitere Verlauf ist im Modell sehr gut abgebildet. Nur im unteren Bereich vor dem Wehr ergaben die Messungen großflächigere Erosionen entlang der Ufer, welche im Modell nicht nachgebildet werden konnten und aufgrund des aufgeweiteten Querschnitts und reduzierten Gefälles nicht direkt erklärbar sind.

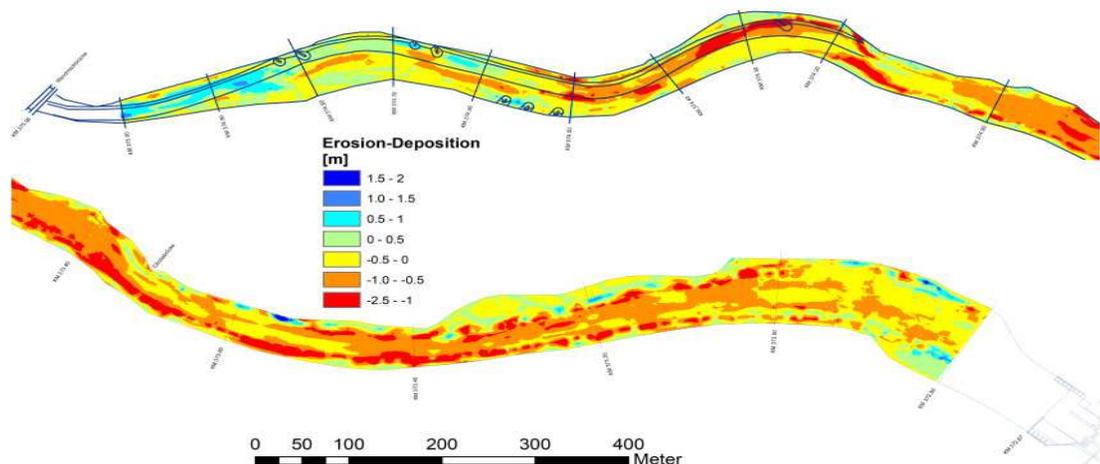


Abbildung 25: Durch Peilungen ermittelte Differenzen der Sohlagen vor und nach der Stauraumspülung 2004 (Quelle: TU Graz)

Ursache hierfür könnte das Auftreten von Uferabbrüchen sein. Die Größenordnung der Suspensions-transportraten konnten im Modell ebenfalls gut nachgebildet werden. Im Mittelpunkt der Betrachtung stehen die Geschiebetransportraten, welche konstant zu niedrig ausfielen, sodass die absolut gemessene Volumendifferenz von ca. 65.000 m³ um das sechsfache über den Modellergebnissen liegt. Um die errechneten Transportraten zu steigern, könnten im Modell manuell Multiplikatoren festgelegt werden. Dabei würde jedoch die experimentelle Grundlage der Transportgleichung verlassen. Alternativ empfiehlt sich daher zunächst Implementierung und vergleichender Einsatz eines weiteren Transportansatzes.

Insgesamt konnten mit dem erweiterten Modell bereits gute Ergebnisse erzielt werden, obwohl zum Teil weitreichende Annahmen hinsichtlich Anfangsbedingungen der Kornverteilungen innerhalb der Mischungsschicht notwendig waren und sowohl der Anwendungsfall als auch die fraktionierte Sedi-menttransportberechnung in dieser Modellkonfiguration zuvor nicht getestet wurden.

Entwicklung eines modularen Wendelfischpasses Aufbau des realmaßstäblichen Prototyps im wasserbaulichen Forschungslabor

Steve Borchardt, M.Sc.

Projektförderer: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

Gefördert durch:

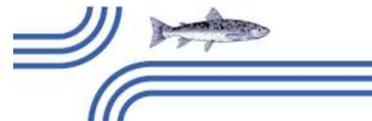


Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Projektpartner: Ingenieurbüro Bröggelhoff GmbH, SBI Siemke & Co. Brücken- und Ingenieurbau GmbH, IfOe Institut für angewandte Ökologie GmbH (FuE-Auftragnehmer)



Veranlassung

Der kompakte und modular aufgebaute Wendelfischpass soll sowohl den Fischaufstieg als auch den Fischabstieg auf engstem Raum ermöglichen (vgl. Artikel im Wasserjahr 2021 und Borchardt 2022). Um den Wendelfischpass als Ergänzung des Standes der Technik auszuentwickeln, wird im wasserbaulichen Forschungslabor ein gegenständliches Modell als Prototyp im Maßstab 1:1 aufgebaut und getestet (vgl. Tabelle 2).

Die filigrane Halbschalenrinne aus Carbonbeton und die Stützkonstruktion aus Stahlbeton wurden im Fertigteilwerk des Kooperationspartners SBI gefertigt und im November 2022 mit mehreren LKWs angeliefert.

Vom Unterwasser beginnend wurde die Stützkonstruktion für ein Wendelsegment auf Elastomerlager aufgestellt und über Schalungsstützen mit dem Hallenboden verankert. Anschließend konnte die Halbschalenrinne mit dem Portalkran in die Stützkonstruktion eingelegt werden (Abbildung 26).

Nach einer einwöchigen Montagezeit des modularen Systems soll der Wendelfischpass im nächsten Schritt über ein Zu- und Abstrombecken an den Wasserkreislauf des wasserbaulichen Forschungslabors angebunden werden. Dazu wird über drei Zuleitungen Wasser aus den Hochbehältern in ein oberwasserseitiges Stahlbecken mit anschließender Strömungsberuhigung gefördert. Nach dem Durchfließen des Wendelfischpasses soll das Wasser über ein vor Ort betoniertes Auslaufbauwerk mit Wasserstandsregulierung in den Rücklaufkanal entwässert werden.

Um die beobachtete Strömung im realmaßstäblichen Wendelfischpass möglichst naturgetreu in ein bereits bestehendes numerisches Strömungsmodell zu übertragen, erfolgt die Inbetriebnahme zunächst im leeren Wendelfischpass ohne Sohlensubstrat und strömungsmodulierenden Einbauten. Anschließend wird das Sohlensubstrat aus gebrochener Gesteinskörnung mit 45 bis 125 mm Korngröße eingebracht. Im letzten Schritt werden die strömungsmodulierenden Einbauten hinzugefügt. Jede Phase der Inbetriebnahme wird durch Messungen der Fließgeschwindigkeiten und der Wasserspiegelagen für verschiedene Durchflüsse begleitet. Die Kalibrierung des numerischen Strömungsmodells soll im weiteren Projektverlauf die Skalierung des Wendelfischpasses auf unterschiedliche Fischarten, -größen und -bedürfnisse sowie Standortspezifika ermöglichen.

Neben den numerischen Variantenstudien und den hydraulischen Laborstudien am Prototypen werden im 1. Halbjahr 2023 gemeinsam mit Fischökologen ethohydraulische Studien zum Funktionsnachweis der Passierbarkeit durchgeführt.

Tabelle 2: Daten und Zahlen zum Prototypen des Wendelfischpass im wasserbaulichen Forschungslabor

Komponente oder Abmessung des Bauwerks	Wert
Außendurchmesser der Stützkonstruktion	10,6 m
Bauwerkshöhe	3,98 m
Zu überwindender Höhenunterschied	2,7 m
Abgewinkelte Länge der Wendel	47 m
Steigung der Wendel bzw. Sohlengefälle	5,6 %
Einzelgewicht Wendelsegment aus selbstverdichtenden Carbonbeton C35/45	ca. 1.520 kg
Mittleres Einzelgewicht der Stützkonstruktion aus Stahlbeton C35/45	ca. 3.020 kg
Gewicht des Einlaufbehälters aus Stahl	ca. 4.200 kg
Gesamtgewicht des Prototyps <u>mit</u> Sohlensubstrat und Wasserkörper	ca. 112.000 kg



Abbildung 26: Aufbau der modularen Unterkonstruktion und Halbschalenrinnen

Literatur

Borchardt, S. (2022): Entwicklung eines modularen Wendelfischpasses. WasserJahr 2021: 53-55.

Feldstudie zur hydrothermalen Gewässernutzung

Steve Borchardt, M.Sc.

Projektpartner: Firma FRANK GmbH, Mörfelden-Walldorf



Seit der Heizsaison 2019/2020 deckt die Wetschaft den Heizwärmebedarf eines historischen Mühlenhöfths nordwestlich von Marburg. Dazu sind in einem Mühlkanal drei Wärmeübertrager installiert, welche die Wärme aus der Wetschaft an den Solekreislauf einer Wärmepumpe übergeben. Die Wärmepumpe hebt anschließend das niedrige Temperaturniveau der Wetschaft durch Zufuhr elektrischer Energie auf die erforderliche Heiztemperatur an.

Die installierten Fließgewässer-Wärmeübertrager der Fa. FRANK bestehen aus parallel angeordneten Kunststoffschläuchen, die zu einer Spirale aufgewickelt sind und vom Wasser der Wetschaft umströmt werden. Im Vorfeld wurden im wärmetechnischen Prüfstand des wasserbaulichen Forschungslabors an einem Prototyp die Leistungsfähigkeit, die Effizienz der Wärmeübertragungsrate und die Wärmedurchgangsbeiwerte für unterschiedliche Betriebszustände erfasst. Mit der Inbetriebnahme der Wärmepumpenanlage startete eine Feldstudie, die eine minutliche Erhebung nachfolgender Daten umfasst (Abbildung 27):

- Außentemperatur, Flusswassertemperatur sowie Vor- und Rücklauftemperaturen im Sole- und Heizkreislauf,
- Wärmemengen im Sole- und Heizkreislauf und
- elektrischen Leistungsaufnahme der Wärmepumpe.

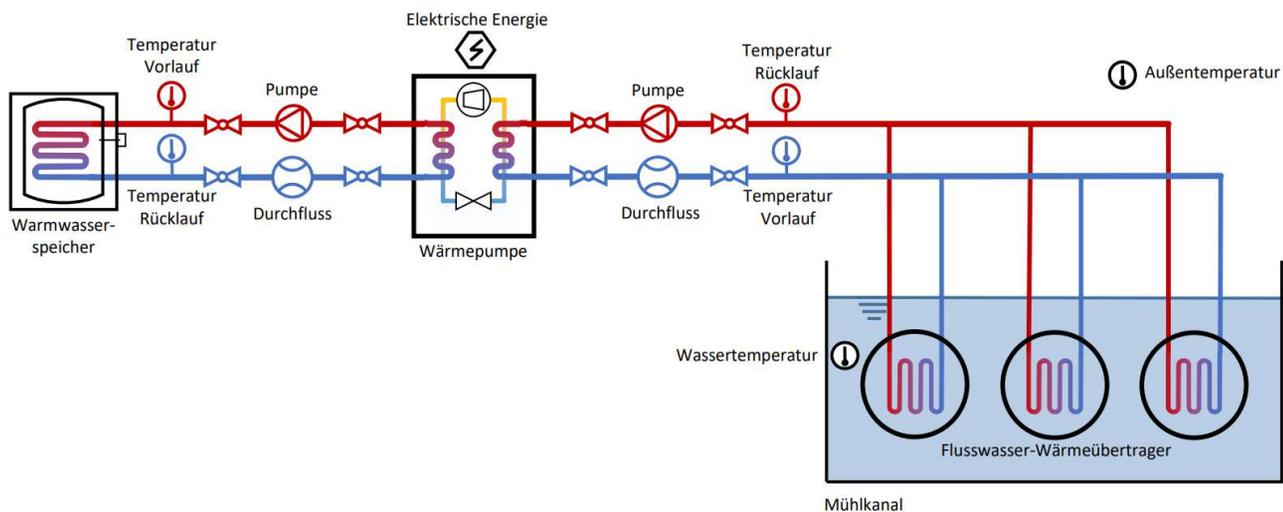


Abbildung 27: Strangschemata der installierten Wärmepumpenanlage

Die Feldstudie soll die Übertragbarkeit der Laborversuche auf den realen Anlagenbetrieb validieren und aufzeigen, zu welchem Anteil ein Mittgebirgsbach den Heizwärmebedarf in einem historischen Bestandsgebäude decken kann (vgl. Tabelle 3). Auch werden Erfahrungen zu Verschmutzungen an den wärmeübertragenden Oberflächen erhoben.

Eine zentrale Kennzahl aus den Monitoringdaten wird die Jahresarbeitszahl JAZ, als das Verhältnis der eingesetzten elektrischen Energie zur bereitgestellten Wärmemenge, sein. Je höher die Jahresarbeitszahl ist, desto mehr Wärme wird über die Wetschaft bereitgestellt und umso weniger elektrische Energie wird benötigt. Für den gegenwärtigen Beobachtungszeitraum erreicht die Jahresarbeitszahl einen Wert von $3,5 \pm 0,2$ und ordnet sich in die Messwerte für Grundwasser- ($JAZ = 3,5 \pm 0,6$) und Erdwärme-Anlagen ($JAZ = 3,6 \pm 0,6$) ein. Wärmepumpen, welche die Außenluft als Wärmequelle

nutzen, zeigen bei niedrigeren Investitionskosten im Anlagenbetrieb mit Messwerten von $2,8 \pm 0,4$ deutlich geringere Jahresarbeitszahlen. Günther (2020, 2014), Russ (2010), Miara (2011), Erb (2004)

Bei einem aktuellen Strompreis von 31,8 Cent je kWh spart die thermische Nutzung der Wetschaft gegenüber einer Luft-Wärmepumpe somit etwa 523 Euro jährlich ein. Würde der Wärmebedarf gar über Gas gedeckt werden, läge das jährliche Ersparnis bei einem gegenwärtigen Gaspreis von 15,3 Cent je kWh bei etwa 1.530 Euro. Werden die Investitionskosten und Wartungskosten berücksichtigt, amortisiert sich die thermische Nutzung der Wetschaft unter Berücksichtigung der staatlichen Förderung gegenüber einer Gasheizung nach etwa 13 Jahren bzw. einer Luft-Wärmepumpe nach etwa 17 Jahren.

Tabelle 3: Daten und Zahlen zur installierten Wärmepumpenanlage

Kennwerte und Daten an Heiztagen	Mittelwert \pm Standardabweichung	
Mittlere Entzugsleistung der Wärmeübertrager	16,9 kW	$\pm 2,3$ kW
Außenlufttemperatur	10,2 °C	$\pm 6,5$ K
Wassertemperatur der Wetschaft	9,1 °C	$\pm 3,8$ K
Tagesamplitude der Außenlufttemperatur	13,3 °C	$\pm 8,5$ K
Tagesamplitude der Wassertemperatur	2,5 °C	$\pm 1,2$ K
Differenz der Vor- und Rücklauftemperatur im Solekreis	3,9 K	$\pm 0,5$ K
Differenz der Wasser- und Vorlauftemperatur im Solekreis	6,1 K	$\pm 1,5$ K
Vorlauftemperatur im Heizkreis	44,3 °C	$\pm 4,4$ K
Differenz der Vor- und Rücklauftemperatur im Heizkreis	9,2 K	$\pm 1,1$ K
Jahresheizwärmebedarf	23.005 kWh	± 1.493 kWh
Jahresbedarf an elektrischer Antriebsenergie für die Wärmepumpe	6.454 kWh	± 889 kWh
Tägliche Laufzeit des Wärmepumpe	3:55 h	$\pm 2:13$ h
Jahresarbeitszahl JAZ	3,5	$\pm 0,2$

Literatur

Erb, M., Hubacher, P., Ehrbar, M. (2004): Feldanalyse von Wärmepumpenanlagen. Bundesamt für Energie BFE, Bern.

Günther, D., Miara, M., Langner, R., Helming, S., Wapler, J. (2014): WP Monitor. Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE. Freiburg.

Günther, D., Wapler, J., Langner, R., Helming, S., Miara, M., Fischer, D. (2020): Wärmepumpen in Bestandgebäuden. Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE. Freiburg.

Miara, M., Günther, D., Kramer, T., Oltersdorf, T., Wapler, J. (2011): Wärmepumpen Effizienz. Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE. Freiburg.

Russ, C., Miara, M., Platt, M., Günther, D., Kramer, T., Dittmer, H. (2010): Feldmessung Wärmepumpen im Gebäudebestand. Freiburg.

Aus den Fachgebieten:

Ingenieurhydrologie und Wasserbewirtschaftung (Leitung: Prof. Schmalz)

ihwb

Lehre

Die fünf ihwb-Module des digital durchgeführten **Wintersemesters 2021/2022** wurden mit den Klausuren in *Ingenieurhydrologie II* und *Integrated Water Management* sowie mit den mündlichen Prüfungen in *Methoden der räumlichen Analyse in der Hydrologie*, *Hydrometrie* und dem *interdisziplinären Projekt Bau- und Umweltingenieurwissenschaften (IPBU)* erfolgreich abgeschlossen.



Vietnamese-German University

Im April 2022 schloss sich wiederum die Lehre an der *Vietnamese-German University (VGU)* an. Wie auch schon im Jahr 2021 hat sich das Fachgebiet ihwb im Sommersemester 2022 mit einem Modul im Masterstudiengang "*Water Technology, Water Reuse and Water Management*" (WaterTech) an der VGU beteiligt. Pandemiebedingt musste die Veranstaltung *River Basin Management* allerdings digital von Darmstadt aus durchgeführt werden. Die von Prof. Schmalz und Paula F. Grosser veranstaltete zweiwöchige Blockveranstaltung für die Studierenden im dritten Semester umfasste Vorlesungen und Übungen zu Themen des Flussgebietsmanagements und wurde mit einer Studienleistung sowie einer Klausur abgeschlossen.

Im **Sommersemester 2022** wurde die Lehre wieder in Präsenz durchgeführt, nachdem sie aufgrund der Corona-Pandemie vier Semester digital stattgefunden hatte. Dazu wurden wie gewohnt die beiden Bachelormodule Wasserbau, Wasserwirtschaft und Hydraulik -Teil Hydrologie- sowie Ingenieurhydrologie I angeboten und engagiert durch die wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen Lidia Nersissian bzw. Helene Schmelzing unterstützt. Auch die beiden Mastermodule Ingenieurhydrologie III und Methoden der räumlichen Analyse in der Hydrologie profitierten wieder durch den persönlichen Kontakt in Präsenz und wurden durch Dominik Scholand bzw. Paula F. Grosser in den Übungen betreut.

Im **Wintersemester 2022/2023** wurden Ingenieurhydrologie II sowie das englischsprachige Modul *Integrated Water Management* angeboten. Diese beiden Mastermodule wurden von Dominik Scholand bzw. Lidia Nersissian unterstützt. Das Modul Hydrometrie wurde vom Lehrbeauftragten Dr. Thomas Kraus von BGS Wasser / IGM Messen durchgeführt und führte in die Themen hydrologische Messgrößen, Messtechniken zum Niederschlag, Abfluss, Wasserstand sowie Hydrometrie in der Wasserwirtschaft ein. Ein Schwerpunkt lag in der Durchführung und Auswertung von (Vielpunkt-)Messungen am Pegel Ober-Ramstadt. Dieser Geländetermin wurde von Dr. Kraus und seinem Team mit Unterstützung vom RP Darmstadt organisiert und betreut. Das interdisziplinäre Projekt Bau- und Umweltingenieurwissenschaften (IPBU) wurde zusammen mit den Kollegen Prof. Schäfer (Institut für Konstruktives Gestalten und Baukonstruktion) und Prof. Engelhart (FG Abwassertechnik, IWAR) und ihren wissenschaftlichen Mitarbeiter*innen durchgeführt. Das Thema "Green City – Datengetriebene, nachhaltige Stadtplanung am Beispiel von Wixhausen" erforderte von den Studierenden die Entwicklung eines Gesamtkonzeptes für eine grüne Stadt. Von ihwb-Seite (Prof. Schmalz mit Amrei David und Paula F. Grosser) lag der Schwerpunkt auf der Erstellung eines wasserwirtschaftlichen Konzeptes, das zum einen die langjährige Wasserbilanz betrachtet und Maßnahmen u.a. zur Verbesserung der lokalen Erdunstung, Versickerung und Grundwasserneubildung berücksichtigt. Zum anderen sollte ein Konzept zum lokalen Überflutungsschutz entwickelt werden, in welchem die ereignisbezogenen Gefahrenstellen durch Starkregenabflüsse identifiziert und entsprechende Maßnahmen für eine schadfreie Ableitung bzw. Zwischenspeicherung des Regenwassers ausgearbeitet werden sollten.



Abbildung 28: ihwb-Team (Juli 2022)

Abschlussarbeiten

Auch im Jahr 2022 wurden Studierende im Rahmen ihrer Bachelor- oder Masterarbeiten von den Mitarbeitenden des Fachgebiets ihwb betreut. Die Arbeitsthemen umfassten ein breites Spektrum von Niederschlag-Abflussberechnungen, Klimawandel und Trockenheit, Bodenerosion und Sedimenttransport bis zu Nährstoff-Austrägen. Im Folgenden dazu eine Auflistung von im Zeitraum November 2021 bis Oktober 2022 abgeschlossenen Abschlussarbeiten:

- Vergleich von Modellierungsansätzen zur Abbildung des Wellenablaufprozesses innerhalb von Niederschlag-Abflussberechnungen (Bachelorarbeit, zusammen mit BGS Wasser)
- Die Auswirkungen von Klimawandel und Trockenheit im Einzugsgebiet der Gersprenz - mögliche Maßnahmen und Anpassungsstrategien (Masterarbeit)
- Potential of remote sensing for detection of heavy rainfall effected soil erosion (Masterarbeit, zusammen mit FG Fernerkundung und Bildanalyse)
- Vergleich verschiedener Messmethoden zum Sedimenttransport am Beispiel einer Deutsch-Niederländischen Messkampagne im Rhein (Masterarbeit, zusammen mit BfG)
- Nährstoff-Austräge aus landwirtschaftlichen Flächen über Dränagen in Oberflächengewässer - Auswertung einer Messkampagne in Südhessen (Bachelorarbeit, zusammen mit HLNUG)

Wir bedanken uns bei den Kooperationspartnern für die interessanten Themen und die gute Zusammenarbeit.

Promotionen

Vom Fachgebiet ihwb sind Promotionsvorhaben von Amrei David, Paula Farina Grosser, Mahshid Khazaeiathar, Michael Kissel, Lidia Nersissian, Manuel Perschke, Angela Rebscher, Helene Schmelzing und Dominik Scholand in Bearbeitung. Einige Inhalte sowie weitere Details dazu werden auf den Seiten 56 - 69 vorgestellt.

Forschung

Hydrologisches Feldlabor des ihwb

Rückblick

Seit dem Jahr 2016 dient das Gersprenz-Einzugsgebiet (485 km², hessischer Teil) mit dem Teil-einzugsgebiet des Fischbaches (35,6 km²) dem Fachgebiet Ingenieurhydrologie und Wasserbewirtschaftung (ihwb) als hydrologisches Untersuchungsgebiet, als sogenanntes Feldlabor (vergleiche Wasserjahre 2016 bis 2021). Die Intention des Betriebs von hydrologischen Feldlaboren ist es, das hydrologische Prozessverständnis zu erweitern, hydrologische Modelle zu testen, anzuwenden oder zu entwickeln sowie die Auswirkungen von Klima- und Landnutzungswandel, Landmanagement und Wasserbewirtschaftung auf die Hydrologie abzuschätzen und zu bewerten. Das ihwb arbeitet dazu mit Einrichtungen der Umweltverwaltung sowie einzelnen Akteur*innen und Anwohner*innen vor Ort zusammen.

Messkonzept

Das ihwb-Messkonzept im ausgewählten Studiengebiet umfasst die Erhebung von Messdaten durch Mitarbeitende des ihwb und Studierende, wodurch die bereits vorhandenen Landesdaten und Literaturwerte ergänzt werden. Fest installierte Sensoren an den Pegeln Großbieberau 2, Wersau und Harreshausen dienen der kontinuierlichen Erfassung von Wasserstand, Wassertemperatur und elektrischer Leitfähigkeit in 5-Minuten-Auflösung sowie z.T. auch von pH-Wert, gesättigter Sauerstoffkonzentration und Trübung.

Darüber hinaus wird dieses kontinuierliche Monitoring durch wöchentliche Messungen im Fischbach-Einzugsgebiet ergänzt, um eine höhere räumliche Auflösung zu erzielen. Dabei werden in diesen Kampagnen Wassertiefe, Fließgeschwindigkeit, elektrische Leitfähigkeit und Trübung an 13 ausgewählten Messstellen (Abbildung 29) erfasst.

Durch die Bautätigkeiten von Bibern und dem daraus resultierenden Aufstau können die Messergebnisse an den Standorten P und Q (Abbildung 29) bereits seit Juli 2021 nicht mehr genutzt und ausgewertet werden, da sich der Wasserstand lokal erhöht und die Strömungsverhältnisse deutlich verändert haben. Es wurde ein alternativer Messstandort am Asbach eingerichtet, wodurch aber die Kontinuität der Messzeitreihe nicht beibehalten werden konnte. Seit August 2022 gibt es unterhalb von Standort E ebenfalls einen Biberdamm, so dass auch hier die Messungen beeinträchtigt sind.

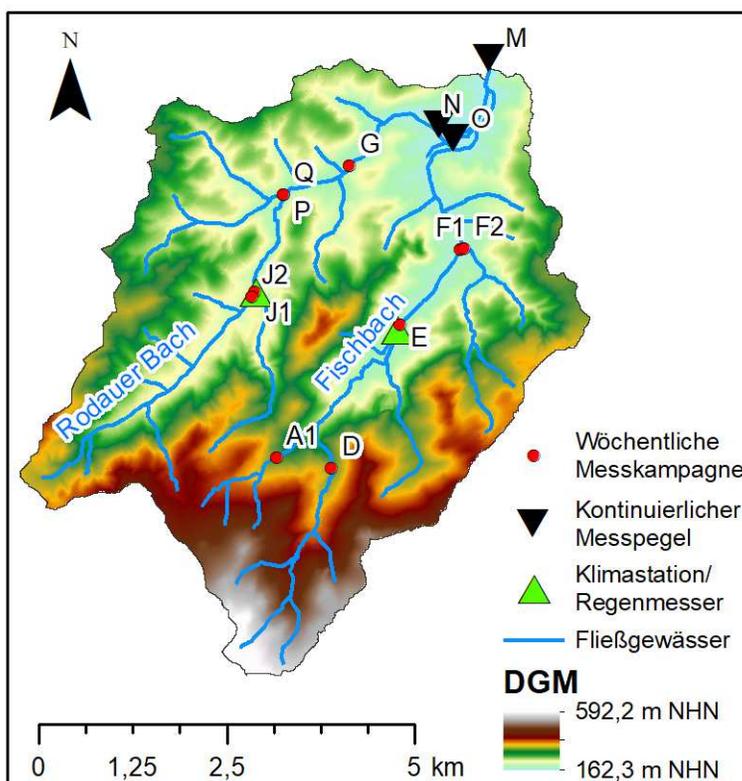


Abbildung 29: Hydro-meteorologische Messdatenerfassung im Fischbach-Einzugsgebiet durch das ihwb (Quelle DGM: HVBG)

Die ihwb-Wetterstation am Retentionsraum Herrensee im Fischbach-Einzugsgebiet erfasst nun seit April 2020 kontinuierlich in 5-Minuten Auflösung die meteorologischen Parameter Lufttemperatur, Luftfeuchte, Windgeschwindigkeit, Windrichtung, Niederschlag und Sonnenstrahlung. Wir bedanken uns beim Wasserverband Gersprenzgebiet, der uns die Fläche zur Errichtung der Station überlassen hat. Zudem findet ein Monitoring von Niederschlagsdaten seit März 2021 durch einen Regenmesser am Hottenbacher Hof statt. Wir bedanken uns ganz herzlich bei Familie Simmermacher, die uns freundlicherweise eine kleine Fläche zur Errichtung dieses Regenmessers zur Verfügung gestellt hat.

Ermittlung von Nährstoffausträgen aus Dränagen



Die Oberflächengewässer und Grundwässer in Hessen weisen hohe Nährstoffbelastungen auf. Die Quantifizierung landwirtschaftlicher Nährstoffeinträge in die Gewässer ist also unabdingbar. Eine modellgestützte landesweite Berechnung findet derzeit mit dem Modellverbund AGRUM-DE (Thünen-Institut, Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei, Forschungszentrum Jülich, Julius Kühn-Institut) statt. Dabei wird auch der Eintragspfad über Dränagen berücksichtigt. Allerdings gibt es in Hessen bisher keine Möglichkeit, die Modellergebnisse mit Messdaten zu validieren.

Im Rahmen des neuen Kooperationsvorhabens „Ermittlung von Nährstoffausträgen aus Dränagen eines Einzugsgebietes mit landwirtschaftlicher Nutzung zur Validierung der Modellansätze von AGRUM-DE“ zwischen HLNUG und ihwb soll ein Beitrag geliefert werden, diese Lücke in einem definierten Einzugsgebiet zu schließen. Es hat eine Laufzeit von 01.10.2021 bis 31.12.2024. Das Untersuchungsgebiet befindet sich bei Richen / Groß-Umstadt. Es wurden Mess- und Probenahmekampagnen konzipiert und durchgeführt mit dem Ziel, Nährstoff-Austräge aus landwirtschaftlichen Flächen über Dränagen in Oberflächengewässer zu untersuchen. Die wöchentlichen Kampagnen umfassen jeweils 14 Mess- und Probenahmepunkte, davon 7 Dränagerohre sowie 7 Gräben und Oberflächengewässer. Dabei werden vor Ort Wasserstand, Wassertiefe, Gewässerbreite, Messquerschnitt, Fließgeschwindigkeit, ggf. Durchfluss, sowie Temperatur, Sauerstoff, pH-Wert, elektrische Leitfähigkeit und Trübung erfasst. Zudem werden Wasserproben entnommen und im Labor der Stadtwerke Groß-Umstadt auf Nitrat, Ammonium, Ortho-Phosphat und Phosphor analysiert. Die Analysewerte zeigen z.T. deutlich erhöhte Stoffkonzentrationen. Aufgrund des noch geringen Umfangs ist die Aussagekraft jedoch noch sehr eingeschränkt. Die Kampagnen werden daher weiter fortgesetzt. Mit diesen langfristig regelmäßigen Messungen können auch saisonale Effekte noch besser berücksichtigt werden. Die Berechnung der Nährstofffrachten hilft bei der weiteren Bewertung und wird in einer späteren Phase des Projekts zur Validierung von Modellergebnissen genutzt werden.



Abbildung 30: Messpunkte links: Dränageauslass 15, mittig: Dränageauslass 12, rechts: Entwässerungsgraben G-D8 am 15.03.2022

Nutzung des Feldlabors für Promotions- und Abschlussarbeiten

Weitere Daten und Ergebnisse im Untersuchungsgebiet wurden vor allem im Rahmen von Promotionsvorhaben sowie von Bachelor- und Masterarbeiten der Bau- und Umweltingenieurstudiengänge erhoben, analysiert und modelliert.

Die aktuellen thematischen Schwerpunkte der Promotionen lagen dabei auf:

- Abflussbildung (Lidia Nersissian, vergleiche Seiten 56 - 57)
- Abschätzung des Basisabflusses für die hydrologische Modellierung (Michael Kissel)
- Analyse des Modellverhaltens eines 2D hydrodynamischen Modells als Niederschlags-Abflussmodell (Amrei David, vergleiche Seiten 58 - 59)
- Auswirkungen des Klimawandels mit Fokus auf Trockenheit (Paula Farina Grosser, vergleiche Seiten 60 - 61)
- Analyse von Bodenerosionsprozessen und Parametrisierung hydrologischer und hydraulischer Einflussgrößen in der Erosionsmodellierung (Angela Rebscher)
- Abschätzung des Erosionsgeschehens innerhalb von Einzugsgebieten (Dominik Scholand, vergleiche Seiten 62 - 63).



Auch Bachelor- und Masterarbeiten trugen durch ihre Analysen und Auswertungen zu weiterem Erkenntnisgewinn über die Prozesse im Gersprenz-Einzugsgebiet bei und wurden im Zeitraum 11/2021-10/2022 abgeschlossen. In der Masterarbeit „Die Auswirkungen von Klimawandel und Trockenheit im Einzugsgebiet der Gersprenz - mögliche Maßnahmen und Anpassungsstrategien“ (Sciagura 2021) wurden mit Hilfe des DPSIR-Frameworks die Auswirkungen des Klimawandels und die daraus resultierenden Dürreauswirkungen auf das Gersprenz-Einzugsgebiet untersucht und mögliche Handlungsempfehlungen formuliert. Dabei stand die regionale Betrachtung im Vordergrund, da sich sowohl Temperatur- als auch Niederschlagsveränderungen regional sehr unterscheiden können. Die Ausarbeitung hat gezeigt, dass durch ökosystembasierte Ansätze die Folgen des Klimawandels minimiert werden können, z.B. durch eine klimaangepasste Land- und Forstwirtschaft.

Die Bachelorarbeit „Nährstoff-Austräge aus landwirtschaftlichen Flächen über Dränagen in Oberflächengewässer - Auswertung einer Messkampagne in Südhessen“ (Schulte 2022) wurde zusammen mit Herrn Michael Zacharias vom HLNUG, Dezernat W4, betreut. Dazu wurde der Einfluss von Niederschlag, Boden und Landbewirtschaftung auf den Nährstoffaustrag aus ausgewählten dränierten landwirtschaftlich genutzten Flächen untersucht. Basierend auf vorliegenden Messdaten von Okt. 2021 bis März 2022 wurde festgestellt, dass die ermittelten Nährstoffkonzentrationen der Fließgewässer Richerbach, Amorbach und Röderbach die gesetzlichen Grenzwerte der OGewV bedeutend überschreiten. Auch die Nitratkonzentrationen von zwei der analysierten Dränagen überschreiten die Schwellenwerte der GrwV für Sickerwasser in den meisten Fällen. Aufgrund des vorliegenden noch kurzen Messdatenumfangs und der damit verbundenen Unsicherheiten mussten noch einige Erklärungen zu beobachteten Nährstofffrachten und Frachtspitzen offenbleiben, so dass eine Fortführung und Erweiterung der Messungen empfohlen wird.

Präsentation der Forschungsergebnisse

Posterpräsentationen:

- David, A. & Schmalz, B. (2022): Systematische Analyse des Modellverhaltens des 2D hydrodynamischen Niederschlags-Abflussmodells HEC-RAS mit Fokus auf der räumlichen Auflösung. Tag der Hydrologie 22.-23.03.2022. München. Poster.
- Grosser, P.F. & Schmalz, B. (2022): Die Auswirkungen des Klimawandels auf Trockenheit und Dürre im Einzugsgebiet der Gersprenz. Tag der Hydrologie 22.-23.03.2022. München. Poster.
- Nersissian, L. & Schmalz, B. (2022): Einfluss von Parametern auf die Bestimmung des abflusswirksamen Niederschlags nach dem SCS-Verfahren. Tag der Hydrologie 22.-23.03.2022. München. Poster.
- Perschke, M., Ruiz Rodriguez, E. & Schmalz, B. (2022): Intensitätsvariabilität von Starkniederschlagsereignissen. Tag der Hydrologie 22.-23.03.2022. München. Poster.
- Scholand, D. & Schmalz, B. (2022): Analyse und Quantifizierung der Querbewirtschaftung auf Ackerflächen zur verbesserten Abschätzung des Bodenabtrags durch Niederschlag und Wassererosion. Tag der Hydrologie 22.-23.03.2022. München. Poster.
- Scholand, D. & Schmalz, B. (2022): Automated quantification of support practice contouring for improved estimation of soil erosion. The 1st International Electronic Conference on Land (IECL 2022). 17.-19.05.2022, online. Poster.

Vorträge:

- 07.07.2022: Nersissian, L. & Schmalz, B.: The Influence of selected Parameters on the Direct Runoff using the Curve Number Method. Water Cycle and Hydro-Climatological Extremes - Online Workshop of the Sino-German Cooperation Group „Managing Risk of Water Scarcity“. Online.
- 09.06.2022: Grosser, P.F. & Schmalz, B.: Development of drought, low flow and water scarcity over past and future in a German low mountain range basin - a long-term analysis. 18th Biennial Conference ERB2022 (Euromediterranean Network of Experimental and Representative Basins). 07.-10.06.2022. Portoferraio/Elba, Italien.
- 09.06.2022: Scholand, D. & Schmalz, B.: Automated Determination of Support Practice P-Factor Using Line Detection on Open Remote Sensing Data. 18th Biennial Conference ERB2022 (Euromediterranean Network of Experimental and Representative Basins). 07.-10.06.2022. Portoferraio/Elba, Italien.
- 03.03.2022 Grosser, P.F. & Schmalz, B. (2022): Die Entwicklung des Klimawandels und der Wasserressourcen im Einzugsgebiet der Gersprenz. Darmstädter wasserbau- und wasserwirtschaftliches Kolloquium (Online-DAWAKO 2022). 03.03.2022 TU Darmstadt. Darmstadt.

Danksagung

Durch gute Zusammenarbeit, konstruktive Diskussionen und die zur Verfügung gestellten Daten werden unsere Forschungsaktivitäten sehr unterstützt. Dafür danken wir allen Beteiligten, insbesondere den Mitarbeiter*innen vom HLNUG, RP Darmstadt und Wasserverband Gersprenzgebiet. Unser Dank gilt auch allen Anwohner*innen und Eigentümer*innen für die Möglichkeit, auf ihren Grundstücken Untersuchungen durchführen zu können.

Einfluss von Parametern auf die Bestimmung des abflusswirksamen Niederschlags

Lidia Nersissian, M.Sc.

Die Betrachtung der Abflussbildung nimmt in der Hydrologie einen immer größeren Stellenwert ein, da viele Fragestellungen, z.B. Prognosen für den Hochwasserschutz, von Abflussbildungsprozessen abhängig sind.

Um die Abflussbildungsprozesse besser zu verstehen, bedarf es einer tiefergehenden Untersuchung. Dafür wurde als Projektgebiet das Fischbach-Einzugsgebiet gewählt, für das eine ausreichende Datengrundlage vorliegt. Eingeschlossen sind die seit April 2020 erhobenen Daten der ihwb-Wetterstation am Hochwasserrückhaltebecken Herrensee. Nach Recherche geeigneter Methoden und Ansätze wurde zur Beschreibung der Abflussbildung das empirische SCS-Curve-Number-Verfahren ausgewählt. Dabei liegt der Fokus auf die im DVWK (2003) gegebene Empfehlung für ein modifiziertes Curve-Number-Verfahren nach Kleeberg & Overland (1989).

Das Einzugsgebiet wird in seinen charakteristischen Eigenschaften wie Landnutzung (Wald, Wiese, Ackerfläche), Bodenart und Topographie abgebildet. In einem ersten Schritt wird das Curve-Number-Verfahren angewandt, um die Datengrundlage zu überprüfen. Nach den ersten Berechnungen kann zusammengefasst gesagt werden, dass das Verfahren gut im Fischbach-Einzugsgebiet umzusetzen ist. Darauf aufbauend wird im zweiten Schritt eine ausgewählte Ackerfrucht auf allen Ackerflächen implementiert, um für ein bestimmtes Starkregenereignis den abflusswirksamen Niederschlag für jede Fläche zu berechnen und miteinander zu vergleichen (Abbildung 31). Diese standortorientierte Anwendung soll zum besseren Verständnis von Zusammenhängen sensibler Parameter (CN-Wert, Hangneigung und Vorregen-Index) führen. Um zusätzlich eine Allgemeingültigkeit und eine Übertragbarkeit der Ergebnisse auf andere Einzugsgebiete im Mittelgebirge zu erreichen, wird in einem weiteren Ansatz die Wirkung von Parametern anhand von möglichen Szenarien berechnet und statistisch dargestellt. Hierbei werden die Parameter von den Ackerflächen für alle vier hydrologischen Bodentypen schrittweise verändert. Durch die Veränderung der Parameter wird die Empfindlichkeit der Ergebnisse abgeschätzt und ihre Abhängigkeit voneinander bewertet. Durch das bessere Verständnis der Parameterzusammenhänge soll zusätzlich die Anforderung an die benötigte Datenbasis minimiert werden.

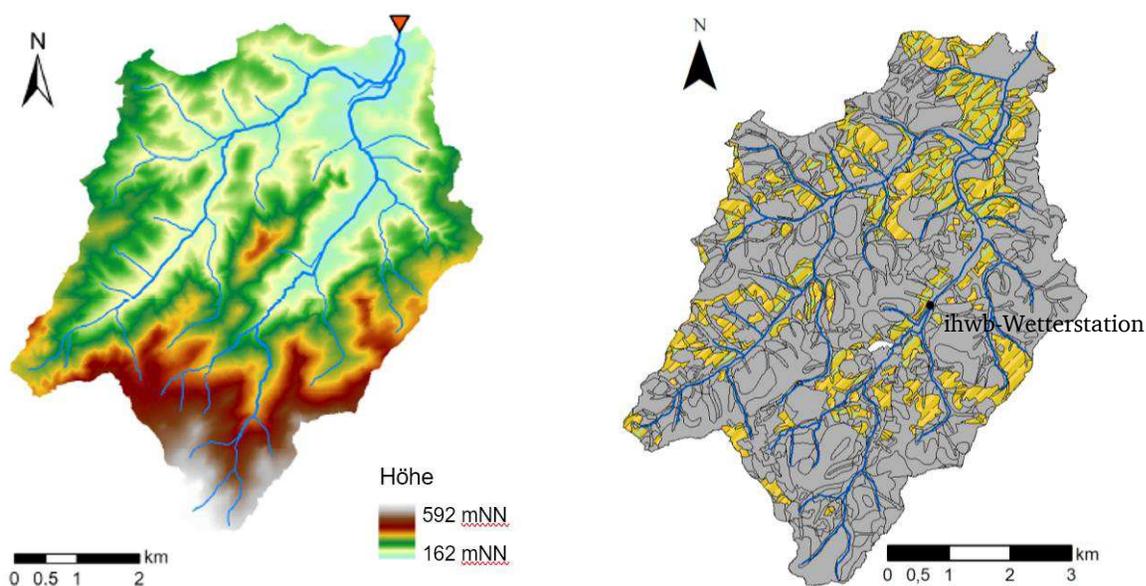


Abbildung 31: Fischbach-Einzugsgebiet: links: Digitales Geländemodell 5 x 5 m (DGM), rechts: Verteilung der Ackerflächen in gelb (ATKIS)

In Abbildung 32 sind Teilergebnisse für das ausgewählte Starkregenereignis vom 30.08.2021 dargestellt. Der Niederschlag im Berechnungszeitraum von 6 Stunden lag bei 24,6 mm.

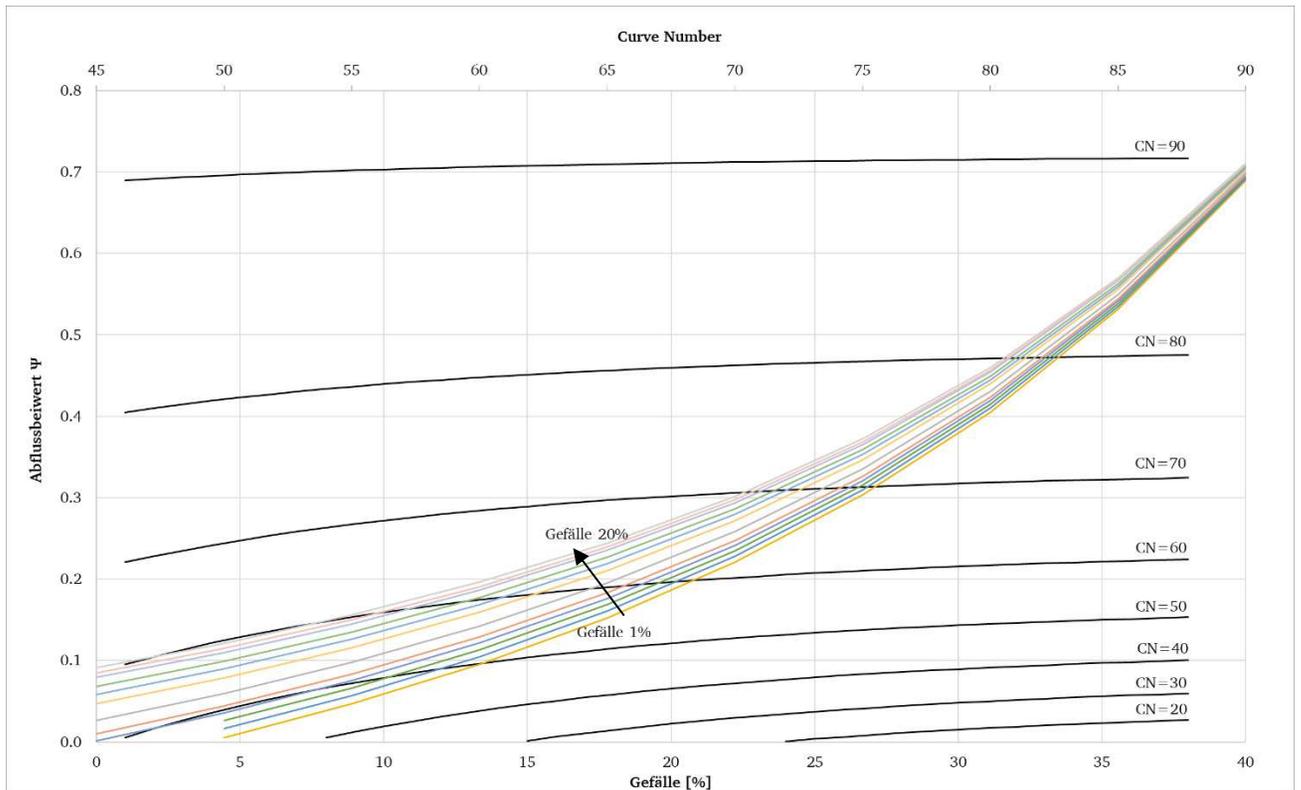


Abbildung 32: Ergebnisse: Einfluss von Gefälle und Curve-Number auf den Abflussbeiwert

Wie zu erwarten nimmt der abflusswirksame Niederschlag bzw. der Abflussbeiwert mit Erhöhung der CN-Werte zu. Kleinere Gefälle ($< 15\%$) haben einen deutlicheren Einfluss auf den abflusswirksamen Niederschlag und die Infiltration als größere. Zudem gibt es ein nicht-lineares Verhältnis zwischen dem abflusswirksamen Niederschlag und dem Gefälle. Der aktuelle Vorregenindex V_{akt} dient als Ausdruck der Vorfeuchte zum Zeitpunkt des Ereignisses, der über die Niederschlagshöhe der letzten 30 Tage bestimmt wird. Dieser korrigiert den bodenfeuchteabhängigen CN_{br} -Wert und sorgt für eine bessere Annäherung an die tatsächlichen Gegebenheiten. Bei Abnahme des Vorregenindex V_{akt} d.h. bei trockeneren Böden, entsteht eine höhere Infiltration und somit ein geringerer abflusswirksamer Niederschlag. Auch liegt für den Bodentyp D (geringe Infiltrationsrate) der abflusswirksame Niederschlag um das dreifache höher als beim Bodentyp A (hohe Infiltrationsrate). Zur Ermittlung der Abflussbildung sind Niederschlags-, Höhen-, Boden- und Landnutzungsdaten erforderlich. Zudem werden detaillierte Informationen bezüglich der hydrologischen Bodenklasse sowie der Landnutzung empfohlen, da die CN-Werte die größten Unsicherheiten aufgrund ihrer manuellen Zuweisung aufweisen.

Literatur

Deutscher Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DVWK) (2003): Ursache-Wirkungsbeziehungen zu Hochwasserereignissen. ATV-DVWK-Arbeitsgruppe HW-3.2 „Hochwasser“. Hennef.

Kleeberg, H.-B. & Overland, H. (1989): Zur Berechnung des effektiven oder abflusswirksamen Niederschlags. Institut für Wasserwesen. Mitteilung Heft 32/1990. Universität der Bundeswehr München.

Hessische Verwaltung für Bodenmanagement und Geoinformation (HVBG). Digitales Geländemodell (DGM), Wiesbaden, 2017.

Hessische Verwaltung für Bodenmanagement und Geoinformation (HVBG). Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem (ATKIS), Wiesbaden, 2017.

Einfluss der räumlichen Auflösung von Niederschlagseingangsdaten in Zusammenhang mit der Starkregengefahrenmodellierung

Amrei David, M.Sc.

Im fachgebietseigenen Feldlabor der Gersprenz (485 km²) mit dem Teil-Untersuchungsgebiet des Fischbaches (38 km², Gebietsgröße bis zur Mündung in die Gersprenz) treten unterschiedliche Arten von Überflutungen auf. Neben dem gewässerseitigen Flusshochwasser gibt es zudem von Starkregen- bzw. Oberflächenabfluss betroffene Regionen. Diese gilt es anhand geeigneter Methoden, z.B. anhand von Modellen, vorherzusagen oder als Planungs- und Entscheidungsgrundlage für wasserwirtschaftliche oder stadt- und raumplanerische Vorhaben zu identifizieren.

In den vergangenen Jahren wurden viele 2d hydrodynamische Modelle um die Methode der direkten Berechnung (Direct Rainfall Method – ‚DRM‘) erweitert. Das ermöglicht ihre Anwendung als quasi 2d hydrologisch-hydrodynamisches Niederschlags-Abfluss Modell (Hydrological Hydrodynamic Rainfall Runoff Model – ‚HHDRRM‘). Vor allem in oberen, kleinen, ländlichen Einzugsgebieten, in welchen die Übergänge zwischen Oberflächen- und Gerinneabfluss wortwörtlich „fließend“ sind, bieten die Modelle ein wichtiges Instrument zur Bestimmung von Überflutungsflächen. Das national sowie international viel genutzte 2d Modell HEC-RAS (‚Hydrologic Engineering Center – River Analysis System‘) vom U.S. Army Corps of Engineers bietet seit 2021 die Möglichkeit der flächendifferenzierten Berechnung sowie der flächendifferenzierten Abflussbildung anhand verschiedener Berechnungsansätze (HEC, 2021).

Für das am 23.04.2018 im Fischbachtal aufgetretene Starkregenereignis wird der Einfluss der Auflösung der Niederschlagseingangsdaten und Parametrisierung der Abflussbildung mit dem 2d Modell HEC-RAS untersucht. Hierbei wird, ausgehend von einem vereinfachten Basismodell, die Auflösung der Niederschlagseingangsdaten und der Parametrisierung der Abflussbildung (SCS-CN Verfahren) im Modell schrittweise erhöht. Für das Basismodell werden Stationsdaten der beiden Niederschlagsstationen Reinheim vom DWD (‚Deutscher Wetterdienst‘) und Modautal-Brandau Kläranlage vom HLNUG (‚Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie‘) anhand von Thiessen-Polygonen räumlich interpoliert und mit einer stündlichen Auflösung dem Modellgebiet hinzugefügt (Baseline-Modell, s. Abbildung 33). Als Modellerweiterung werden stündliche Radarniederschlagsdaten aus dem angeeichten DWD-Produkt RADOLAN-YW generiert und als Eingangsdaten für das Modell im GIS aufbereitet. Die SCS-CN Werte werden für das Projektgebiet gemittelt und bleiben zunächst unverändert (Modellerweiterung 1, s. Abbildung 34). Anschließend wird das Projektgebiet mit 5-minütigen Radardaten berechnet (Modellerweiterung 2, s. Abbildung 35), flächendifferenzierte CN-Werte dem Projektgebiet hinzugefügt (Modellerweiterung 3, Abbildung 36) und eine über das Ereignis zeitabhängige Berechnung der Abflussbildung (Modellerweiterung 4, Abbildung 37) durchgeführt.

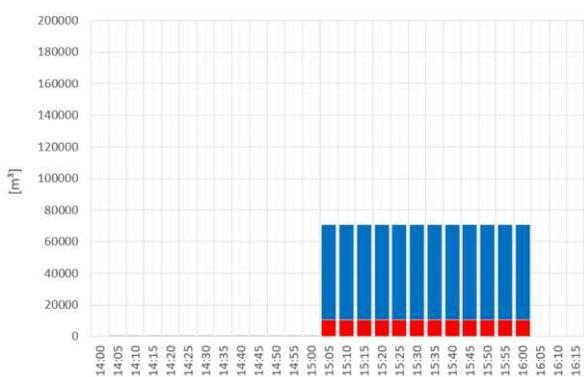


Abbildung 33: **Baseline-Modell** mit Stationsdaten, Thiessen-Polygonen und gemittelten SCS-CN-Werten

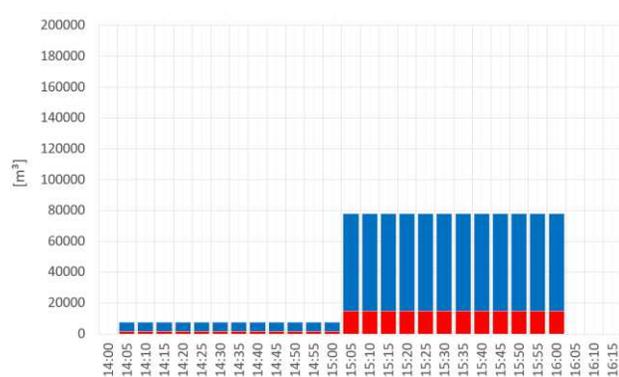


Abbildung 34: **Modellerweiterung 1** mit stündlichen, flächendifferenzierten Niederschlagseingangsdaten und gemittelten SCS-CN-Werten

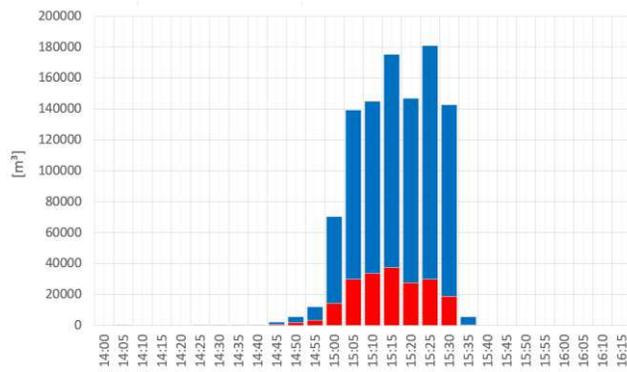


Abbildung 35: **Modellerweiterung 2** mit 5-minütigen, flächendifferenzierten Niederschlags-eingangsdaten und gemittelten SCS-CN-Werten

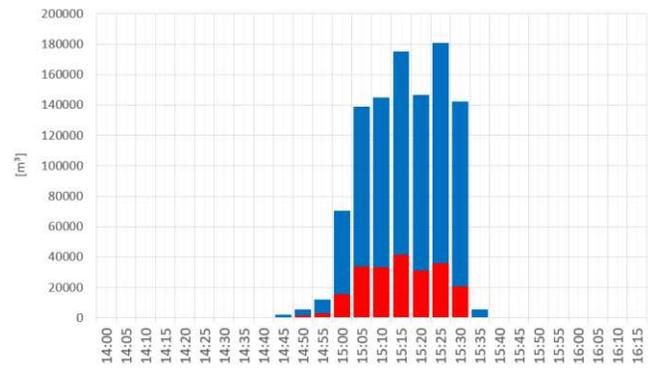


Abbildung 36: **Modellerweiterung 3** mit 5-minütigen, flächendifferenzierten Niederschlags-eingangsdaten und flächendifferenzierten SCS-CN-Werten

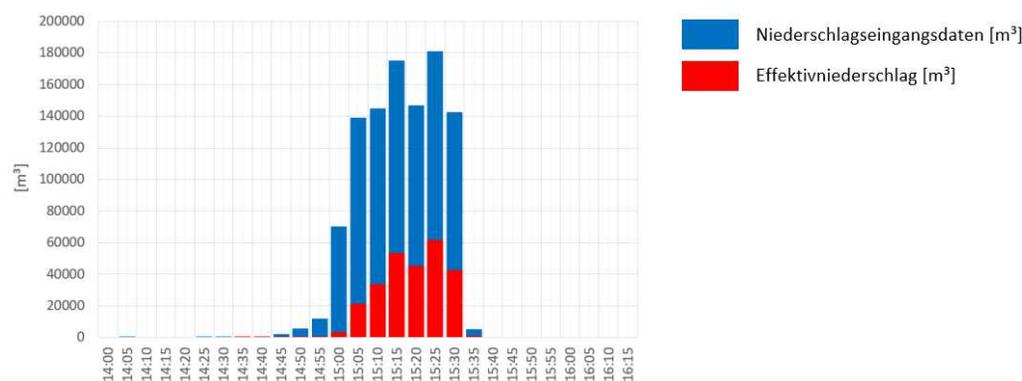


Abbildung 37: **Modellerweiterung 4** mit 5-minütigen, flächendifferenzierten Niederschlags-eingangsdaten und zeit-flächendifferenzierter Abflussbildung

In den dargestellten Verläufen des Gesamt- sowie Effektivniederschlags in Abbildung 33 bis Abbildung 37 wird das gesamte sowie effektive Niederschlagsvolumen jeweils in 5-minütigen Zeitschritten als Volumen [m³] innerhalb des Projektgebietes ermittelt und graphisch dargestellt. Es zeigt sich, dass vor allem die 5-minütige Auflösung des Radarniederschlags (Modellerweiterung 2) in Bezug auf das untersuchte Ereignis vom 23.04.2018 einen im Vergleich zum vereinfachten Basismodell stark veränderten Niederschlagsverlauf abbildet. Die räumlich differenzierte Berechnung der Abflussbildung (Modellerweiterung 3) wirkt sich in Bezug auf die Verteilung des Gesamtvolumens im Einzugsgebiet für das Ereignis nicht erheblich aus. Das Hinzufügen der zeitabhängigen Berechnung des Abflusswertes führt zu einem während des Ereignisses zunehmenden Effektivniederschlag (Modellerweiterung 4).

In einem nächsten Schritt soll die Auswirkung der jeweiligen Modellerweiterungen auf die resultierende Abflussganglinie mit den vorliegenden Messdaten für den Pegel Groß-Bieberau2 vom HLNUG verglichen werden.

Literatur:

HEC. (2021). *HEC-RAS River Analysis System 2D Modeling User's Manual Version 6.0*. U.S. Army Corps of Engineers - Hydrologic Engineering Center (HEC).

Projizierte Entwicklungen von Dürre und Trockenheit im Einzugsgebiet der Gersprenz bis 2100

Paula Farina Grosser, M.Sc.

Dürre- und Trockenperioden können weitreichende Auswirkungen auf die Umwelt, die Gesellschaft und die Wirtschaft haben. Das Auftreten von Trocken- und Hitzeperioden wird durch den fortschreitenden Klimawandel begünstigt und verschärft. Wie sich diese Entwicklung im ihwb-Forschungseinzugsgebiet der Gersprenz im südhessischen Mittelgebirge manifestiert, wurde in einer Studie untersucht. Dabei reicht der Untersuchungszeitraum von 2011 bis 2100. Um kurzfristige Wetterschwankungen bei der Analyse auszuschließen, wurde die Entwicklung von Trockenheit und Hitze in drei Zeiträumen von je 30 Jahren untersucht, die die Gegenwart und nahe Zukunft, die mittlere Zukunft und die ferne Zukunft kennzeichnen. Die saisonale Entwicklung von Trocken- und Hitzeperioden wurde anhand von Ensemble-Prognosen abgebildet. Ensembles verwenden eine Reihe von Projektionen anstelle einer einzelnen Projektion, um den großen Unsicherheiten bei der Modellierung des künftigen Klimas Rechnung zu tragen. Die Analyse basierte auf zwei Emissionskonzentrationszenarien, RCP8.5 und RCP2.6. Die hierfür verwendeten Klimaprojektionen sind Teil des Bias-korrigierten Kernensembles des Deutschen Wetterdienstes (DWD).

Die folgende Abbildung 38 zeigt die Änderungssignale der projizierten Temperatur und des Niederschlags. Für das RCP8.5-Szenario, das oft auch als Weiter-wie-bisher-Szenario bezeichnet wird, zeigt sich eine deutliche Migration der Punktwolke. Das bedeutet, dass es im Rahmen dieses Szenarios im Vergleich zum Referenzzeitraum 1971-2000 in der Zukunft zu einem deutlichen Temperaturanstieg kommen wird. Das Änderungssignal des Niederschlags hingegen ist weder eindeutig negativ noch positiv. Im Allgemeinen sind die Änderungssignale im RCP2.6-Szenario, das oft als Klimaschutzszenario bezeichnet wird, viel geringer.

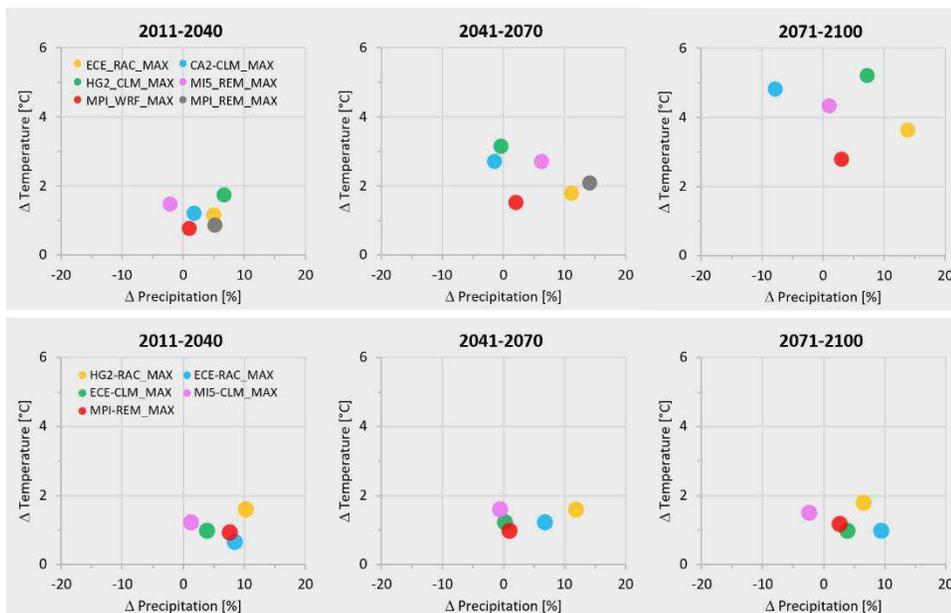


Abbildung 38: Änderungssignale der Temperatur und des Niederschlags im Vergleich zum Referenzzeitraum 1971-2000. Die Punkte zeigen die maximalen projizierten Änderungen für die Variablen Temperatur und Niederschlag im Einzugsgebiet der Gersprenz für das RCP8.5-Szenario (oben) und das RCP2.6-Szenario (unten)

Die unterschiedlichen Veränderungen der meteorologischen Variablen in den zwei Szenarien spiegeln sich auch in der Entwicklung der Dürre- und Trockenheitsindikatoren wider. Um besser beurteilen zu können, in welchen Jahreszeiten die Wasserverfügbarkeit besonders betroffen ist, wurden die Entwicklungen auf saisonaler Ebene beobachtet.



Abbildung 39: Zusammenfassung der Ergebnisse für das RCP8.5-Szenario. Die Veränderungen beziehen sich auf die Entwicklungen in der fernen Zukunft im Vergleich zum Referenzzeitraum. Die Balkendiagramme zeigen die klimatische Wasserbilanz

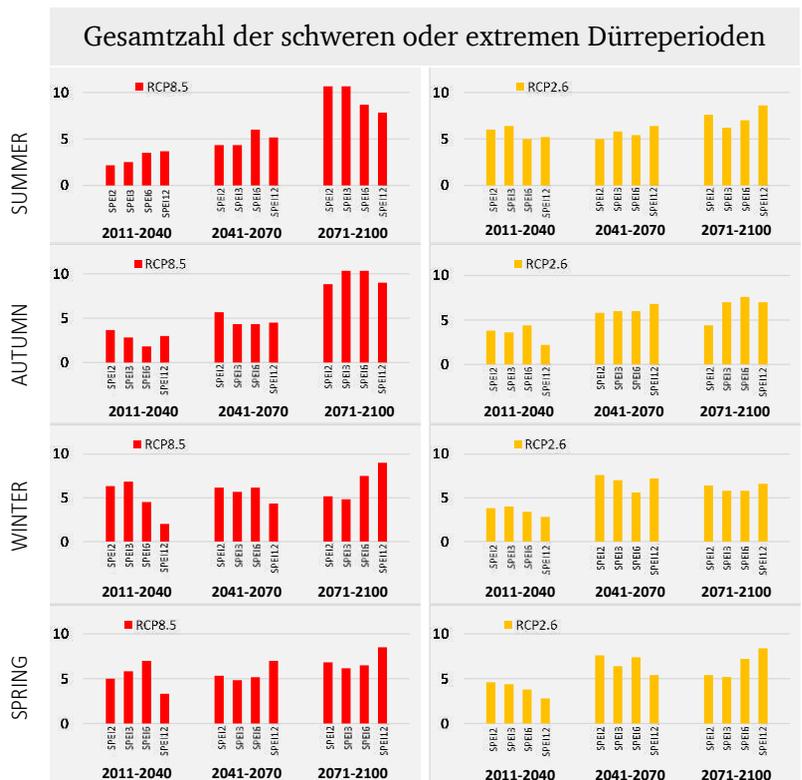


Abbildung 40: Saisonale Entwicklung von schweren oder extremen Dürren mit einem SPEI < 1.5 im Gersprenz-Einzugsgebiet für die Gegenwart und nahe Zukunft, mittlere Zukunft sowie ferne Zukunft. Schwere Dürren treten statistisch gesehen 1-mal in 20 Jahren auf, extreme Dürren 1-mal in 50 Jahren. Die Zeitabschnitte umfassen jeweils 30 Jahre.

Es ist wahrscheinlich, dass die Zunahme von Trocken- und Hitzeperioden zu Wasserknappheit und verlängerten Niedrigwasserperioden führen wird. Obwohl der Druck auf die Wasserressourcen im RCP8.5-Szenario wesentlich höher ist als im RCP2.6-Szenario, sehen wir uns selbst im niedrigen Emissionszenario mit einem Anstieg an Hitzetagen und einer Verdoppelung der Dauer der Hitzeperioden konfrontiert. Auch die Anzahl an extremen und schweren Dürren wird steigen. Dabei ist die Gesamtzahl an außergewöhnlichen Dürren besonders in der fernen Zukunft des RCP8.5-Szenarios alarmierend, hier treten im Sommer sowie in den Herbstmonaten, für den Zeitraum 2071-2100 bis zu 10 extreme oder schwere Dürren auf. Die Verschiebung der Niederschläge und die Zunahme von Trockenperioden werden vor allem in den Herbstmonaten die Wasservorräte schrumpfen lassen und die natürlichen Ressourcen stark belasten.

Analyse und Quantifizierung der Querbewirtschaftung auf Ackerflächen zur verbesserten Abschätzung des Bodenabtrags durch Wassererosion

Dominik Scholand, M.Sc.

Bodenerosion auf Ackerflächen durch Wind und Wasser ist ein bekanntes globales Problem, das häufig auf eine intensive landwirtschaftliche Nutzung zurückzuführen ist. Die Intensität der abgetragenen Bodenmasse ist abhängig von erosiven Faktoren wie Niederschlag und dem daraus resultierenden Oberflächenabfluss sowie von erodierbaren Faktoren, welche die Bodeneigenschaften und die Bodenbedeckung sowie die Bewirtschaftung berücksichtigen. Zur Ermittlung der Erosionsgefährdung durch Wasser hat sich in Deutschland in der Praxis die Allgemeine Bodenabtragungsgleichung (ABAG) etabliert, die von der internationalen „Universal Soil Loss Equation“ (USLE) abgeleitet wurde. Das empirische Modell der ABAG berücksichtigt Eingangsdaten zum Niederschlagsmuster (R-Faktor), zu den Bodeneigenschaften (K-Faktor), zur Topographie (L- und S-Faktor), zur Bodenbedeckung und -bearbeitung (C-Faktor) sowie Erosionsschutzmaßnahmen (P-Faktor). Durch Multiplikation der entsprechenden sechs Faktoren wird der langjährige, mittlere Bodenabtrag pro Jahr durch Niederschlag berechnet. Bei der praktischen Anwendung der ABAG ist der P-Faktor allerdings der am meisten vernachlässigte Faktor. Er quantifiziert unter anderem Erosionsschutzmaßnahmen wie die Bewirtschaftung quer zum Hang in Abhängigkeit von Neigung und Hanglänge. Dabei erfolgt im Optimalfall eine Bewirtschaftung mit entsprechenden Fahrspuren der Landmaschinen des einzelnen Ackerschlages parallel entlang der Höhen- bzw. Konturlinien im Gelände quer zur Hangneigung (Querbewirtschaftung), wie in Abbildung 41 dargestellt. Abflussverzögernde oder -begrenzende Strukturen vermindern den Oberflächenabfluss und damit auch den Bodenabtrag.

Seit der Einführung der Grundgleichung vor über 40 Jahren haben sich Qualität, Auflösung und Verfügbarkeit von Datensätzen zur Bestimmung der einzelnen Faktoren erheblich verbessert und damit auch die Qualität der Ergebnisse zur Abschätzung des Erosionsrisikos. Auch die Grundgleichung sowie die Ableitung der unterschiedlichen Faktoren selbst wurde mehrfach überarbeitet und modifiziert veröffentlicht (bspw. RUSLE, MUSLE).

In der aktuellen deutschen Version (ABAG nach DIN 19708:2017) wird allerdings weiterhin das ursprüngliche Verfahren zur Ableitung des P-Faktors verwendet, obwohl bereits 1992 ein Vorschlag von Auerswald für die revidierte Version der RUSLE mit Anpassung an deutsche Standortbedingungen und das metrische System veröffentlicht wurde (Auerswald (1992)). In der überarbeiteten Version wird der klimatische Einfluss durch die Wirksamkeit der Querbewirtschaftung bei besonders intensiven Starkregenereignissen berücksichtigt. Ebenfalls vorteilhaft ist eine differenzierte Betrachtung erosionsmindernder Maßnahmen durch die RUSLE. Hier ist insbesondere die realitätsnähere Anwendung zu nennen, die dadurch erreicht wird, dass absolute Grenzwerte für die Anwendung durch eine abnehmende Effektivität bei Überschreiten der Grenzwerte für die Hanglänge und Hangneigung ersetzt wurden. Zudem wird auch die Rauigkeit der Oberfläche durch die Höhe der Bearbeitungskämme berücksichtigt, die einen wesentlichen Einfluss auf das Abflussgeschehen an der Oberfläche nimmt. In diesem Zusammenhang wird auch der Anwendungsbereich der Gleichungen erweitert auf niedrige Hangneigungen kleiner als 3 %.

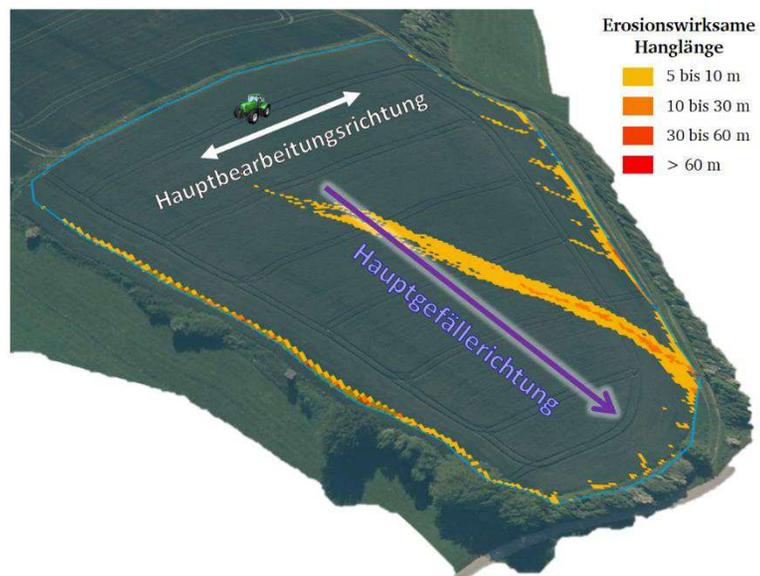


Abbildung 41: Querbewirtschaftung auf einem Ackerschlag in Abhängigkeit von Hauptgefälle- und Hauptbearbeitungsrichtung, erosionswirksame Hanglänge (Datenquelle: WIBank 2020, HVBG 2017)

In der überarbeiteten Version wird der klimatische Einfluss durch die Wirksamkeit der Querbewirtschaftung bei besonders intensiven Starkregenereignissen berücksichtigt. Ebenfalls vorteilhaft ist eine differenzierte Betrachtung erosionsmindernder Maßnahmen durch die RUSLE. Hier ist insbesondere die realitätsnähere Anwendung zu nennen, die dadurch erreicht wird, dass absolute Grenzwerte für die Anwendung durch eine abnehmende Effektivität bei Überschreiten der Grenzwerte für die Hanglänge und Hangneigung ersetzt wurden. Zudem wird auch die Rauigkeit der Oberfläche durch die Höhe der Bearbeitungskämme berücksichtigt, die einen wesentlichen Einfluss auf das Abflussgeschehen an der Oberfläche nimmt. In diesem Zusammenhang wird auch der Anwendungsbereich der Gleichungen erweitert auf niedrige Hangneigungen kleiner als 3 %.

Im aktuellen Forschungsvorhaben nutzen wir die entwickelte Methode zur automatisierten Ableitung der Hauptbearbeitungsrichtung auf Ackerflächen aus offenen Fernerkundungsdaten, um damit den P-Faktor für ein Testgebiet innerhalb des Gersprenz-Einzugsgebiets für das Jahr 2016 zu bestimmen (Scholand, Schmalz (2021)). Die Differenz des Winkels zwischen Hauptbearbeitungsrichtung und Hauptgefällerrichtung ermöglicht schließlich die Quantifizierung des P-Faktors für die Erosionsschutzmaßnahme Querbewirtschaftung einerseits mit der DIN 19708 (ABAG) und andererseits mit der überarbeiteten Version durch Auerswald (1992). Abbildung 42 zeigt einen Vergleich der Ergebnisse für die ackerschlagsspezifische Berechnung des P-Faktors von insgesamt 2495 Ackerschlägen im Testgebiet mit den zwei ausgewählten Verfahren für das Jahr 2016. Theoretisch kann der P-Faktor zwischen 0,15 und 1,0 liegen. Je niedriger der P-Faktor, desto besser wirkt die erosionsmindernde Maßnahme der Querbewirtschaftung und desto stärker wirkt sich dies auch reduzierend auf den Bodenabtrag aus.

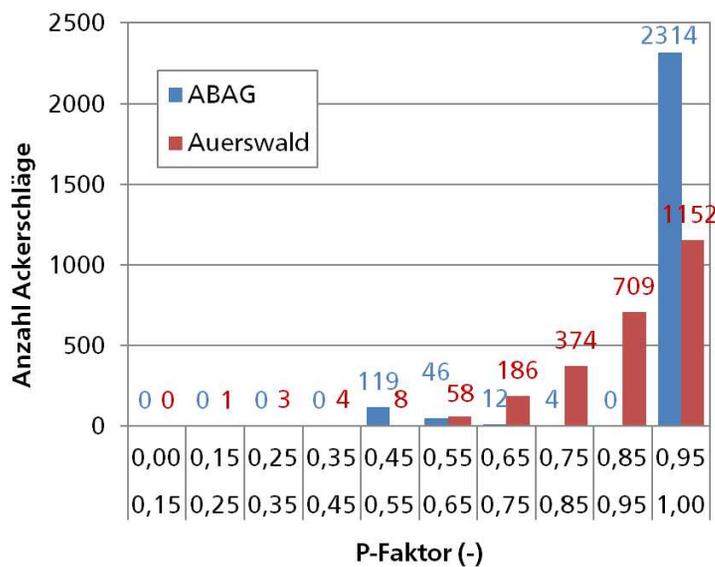


Abbildung 42: Ergebnisse für die Berechnung des P-Faktors im Testgebiet nach ABAG (DIN 2017) und Auerswald (1992)

Insgesamt liegen die Ergebnisse der Berechnung nach Auerswald deutlich unter den Werten nach ABAG. Dies liegt insbesondere daran, dass ein Großteil der Ackerschläge (77,0 %) ungeeignet für eine Anwendung der ABAG ist, da Hangneigung bzw. erosionswirksame Hanglänge außerhalb der gültigen Wertebereiche liegen. Durch eine wesentlich differenziertere Betrachtung und die Einführung der abgeminderten Effektivität bei Überschreiten von Grenzwerten sind nach Auerswald alle Ackerschläge des Testgebiets für die Anwendung geeignet. Zwar ergibt sich für die Auswertung der realen Verhältnisse in 2016 nach Auerswald für fast die Hälfte der Ackerschläge (46,2 %) immer noch ein hoher P-Faktor größer als 0,95, aber weitere Berechnungen haben gezeigt, dass die Effektivität der erosionsmin-

dernden Wirkung bei theoretischer Querbewirtschaftung aller Ackerschläge noch deutlich abgesenkt werden könnte. In der Praxis sind die Möglichkeiten einer Querbewirtschaftung jedoch häufig begrenzt durch steile Hänge und im Verhältnis zur Topographie ungünstig ausgerichtete Flurstücke. In diesen Fällen muss eine Kombination von Maßnahmen wie der Anbau bodenbedeckender Kulturpflanzen, Hanglängenverkürzung, Schlagaufteilung, Querriegel oder abflussbegrenzende Landschaftselemente (z.B. Hecken, Wälle oder Grünstreifen) angestrebt werden, um das Ziel einer wirksamen Erosionsminderung zu erreichen.

Auerswald, K. (1992): Verfeinerte Bewertung von Erosionsschutzmaßnahmen unter deutschen Anbaubedingungen mit dem P-Faktor der Allgemeinen Bodenabtragsgleichung (ABAG). Z. f. Kulturtechnik und Landentwicklung 33: 137-144.

Deutsches Institut für Normung e. V. (DIN) (Hg.) (2017): Bodenbeschaffenheit – Ermittlung der Erosionsgefährdung von Böden durch Wasser mit Hilfe der ABAG. DIN 19708: 2017-08.

Hessische Verwaltung für Bodenmanagement und Geoinformation (HVBG) (2017): Digitales Geländemodell, DGM1.

Scholand, D., Schmalz, B. (2021): Deriving the Main Cultivation Direction from Open Remote Sensing Data to Determine the Support Practice Measure Contouring. Land: 10(11):1279.

Wirtschafts- und Infrastrukturbank Hessen (WIBank) (2020): Referenzjahresnutzungen für Hessen 2016.

Konvektionsentwicklung in Deutschland – Analyse von Niederschlagsobjekten

Manuel Perschke, M. Sc.

Projektpartner: Hochschule RheinMain

Arbeitsgruppe Starkregen und Sturzfluten



Hochschule RheinMain

Die Beobachtung der globalen Klimaveränderung zeigt in allen Regionen Deutschlands (gemäßigte Klimazone) zu allen Jahreszeiten einen Anstieg der mittleren Tagesmitteltemperaturen. Für den Zeitraum 1881 bis 2021 beträgt der lineare Klimatrend in Deutschland $+1,6\text{ °C}$, im Vergleich dazu liegt der globale Trend für diesen Zeitraum bei $+1,1\text{ °C}$ (Deutscher Wetterdienst, 2022). Aus physikalischer Sicht resultiert aus der Erwärmung der Atmosphäre eine erhöhte Wasserdampfkapazität von ca. 7 % pro $+1\text{ °C}$ (Clausius-Clapeyron-Gleichung), dadurch ist eine Zunahme der Niederschlagsmenge sowie eine Intensivierung von Ereignissen auf konvektiver Ebene zu erwarten. Die Erfassung kleinräumiger konvektiver Ereignisse in Deutschland wird durch die mangelnde Repräsentativität von Niederschlagsstationen limitiert, in Hessen werden beispielsweise nur ca. 10 % der Ereignisse durch bodengebundene Stationen erfasst. Dadurch wird die Verwendung von hochaufgelösten Radarniederschlagsdaten in diesem Bereich umso wichtiger. Im Folgenden wird die Konvektionsentwicklung anhand eines Datensatzes auf Basis angeeicheter, stündlicher Radarniederschlagssummen RADKLIM-RW (Winterrath et al., 2018) durchgeführt.

Die Auswertung umfasst den Starkregenkatalog CatRaRE (Lengfeld et al., 2022) des Deutschen Wetterdienstes DWD. Dabei handelt es sich um eine geprüfte Zusammenstellung und Parametrisierung von zeitlich und räumlich unabhängigen Starkniederschlagsereignissen unterschiedlicher Dauerstufen für den Zeitraum 2001 bis 2021. Für den gewählten Datensatz wird der Schwellenwert zur Definition eines Starkregenereignisses durch ein Wiederkehrintervall $T \geq 5$ Jahren (statistischer Niederschlag) festgelegt.

Für die Auswertung werden die Parameter Dauerstufe D, räumliche Ausdehnung A sowie die objektive Wetterlagenklasse WLK betrachtet. Bei der Bildung einer repräsentativen Stichprobe konvektiver Niederschlagsereignisse werden folgende Bedingungen festgelegt: $D = 1\text{-}3\text{ h}$, $A \leq 40\text{ km}^2$, WLK = SW, SO o. XX (nur feuchte Wetterlagen). Im Weiteren werden nur die Ereignisse des hydrologischen Sommerhalbjahres (Mai bis Oktober) betrachtet und für die jeweiligen Jahre aufgetragen. Die Entwicklung wird durch Bildung linearer Trends beschrieben und mithilfe des Mann-Kendall-Test auf eine statistische Signifikanz geprüft ($\alpha = 0,05$).

Bei der Selektion der Stichprobe aus dem Gesamtkatalog werden durch die gewählten Dauerstufen ca. 80 % aller Ereignisse des Sommerhalbjahres abgebildet. Abbildung 43 zeigt die Entwicklung der Ereignismenge über den Beobachtungszeitraum. Für die kurzen Dauerstufen von ein und zwei Stunden ist ein steigender Trend zu erkennen, wohingegen für Dauerstufen ≥ 3 Stunden weder ein steigender noch ein fallender Trend festgestellt werden kann. Zudem nimmt die Ereigniszahl mit steigender Dauerstufe ab. Für die 1-h-Ereignisse wird das Signifikanzniveau von 5 % unterschritten. Durch die Anwendung der übrigen Filter reduziert sich die Stichprobe auf 50 % aller Ereignisse des Sommerhalbjahres, was einer absoluten Zahl von 13408 entspricht. In Abbildung 44 ist die Entwicklung der 1-, 2- und 3-h-Ereignisse für definierte Ausdehnungsklassen dargestellt. Es kann ein signifikant steigender Trend für die Klassen $\leq 20\text{ km}^2$ und $21\text{-}40\text{ km}^2$ festgestellt werden. Im dritten Schritt der Auswertung werden die zeitlich und räumlich gefilterten Ereignisse nach ihrer WLK ausgewertet. Es kann für feuchte SW- und XX-Wetterlagen ein steigender Trend festgestellt werden, allerdings liegt hier keine statistische Signifikanz vor.

Zusammenfassend weist die Auswertung des Ereigniskatalogs auf eine Zunahme von konvektiven Starkregenereignissen in den letzten 2 Dekaden hin. Die Ergebnisse sollten allerdings mit Vorsicht auf die zukünftige Entwicklung (Klimawandel) angewandt werden. Die zeitliche Verfügbarkeit der Radar-daten ist nur bedingt repräsentativ für eine belastbare Trendaussage von Klimagrößen.

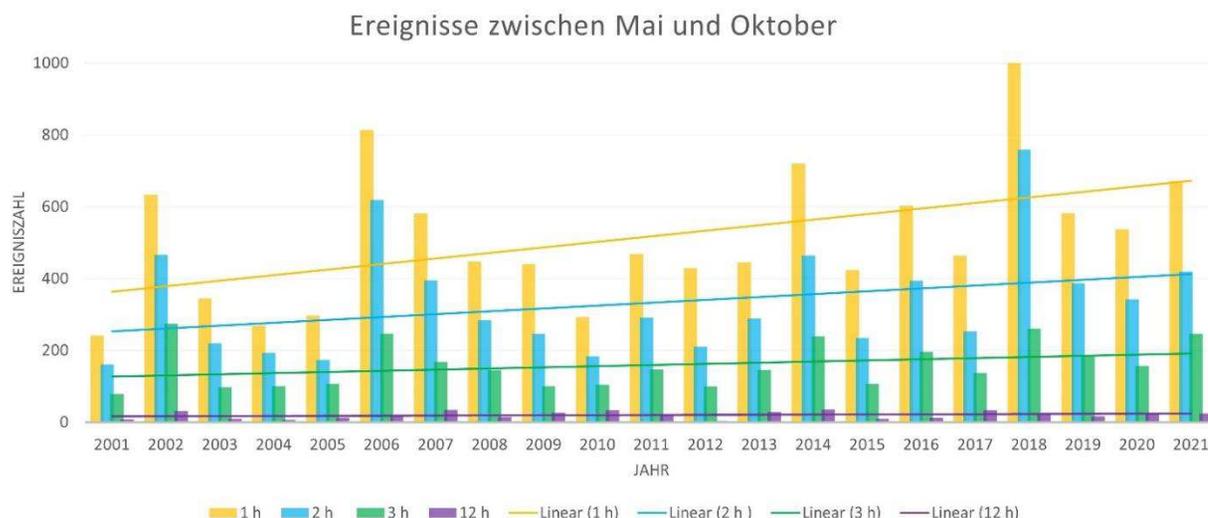


Abbildung 43: Anzahl von Starkniederschlagsereignissen für ausgewählte Dauerstufen im hydrologischen Sommerhalbjahr mit linearer Trendbetrachtung (Datenquelle: CatRaRE_T5_Eta_v2022.01)

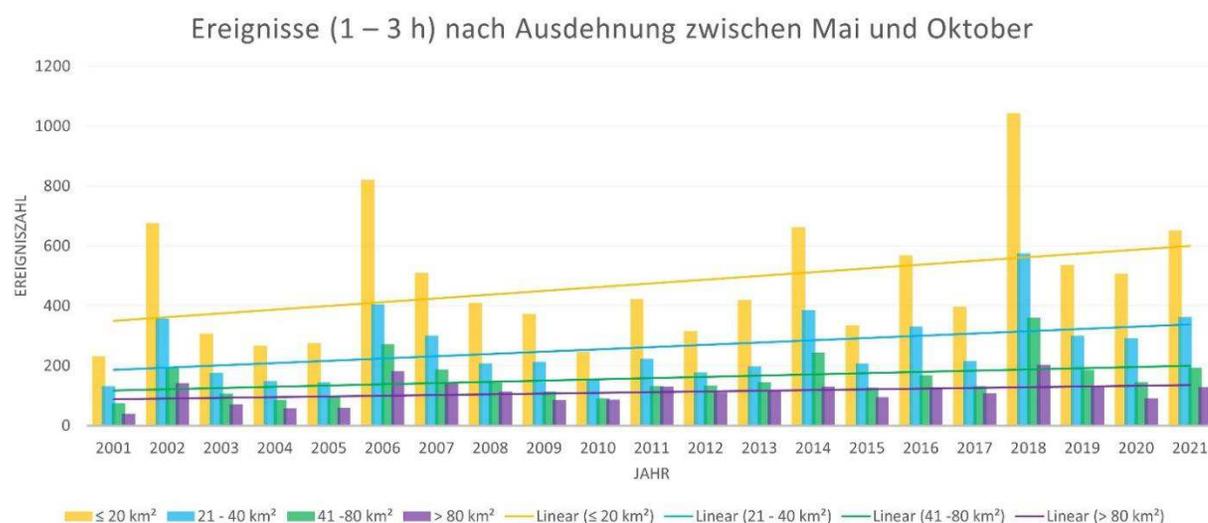


Abbildung 44: Anzahl von Starkregenerereignissen (1-3 h) für ausgewählte räumliche Ausdehnungsklassen im hydrologischen Sommerhalbjahr mit linearer Trendbetrachtung (Datenquelle: CatRaRE_T5_Eta_v2022.01)

Deutscher Wetterdienst (2022): Klimastatusbericht Deutschland Jahr 2021. DWD, Geschäftsbereich Klima und Umwelt, Offenbach, 27 Seiten, https://www.dwd.de/DE/leistungen/klimastatusbericht/publikationen/ksb_2021.html?nn=16102.

Lengfeld, K., Walawender, E., Winterrath, T., Weigl, E., Becker, A. (2022): Starkregenerereignisse Version 2022.01 mit Überschreitung der 5-Jährlichkeit basierend auf RADKLIM-RW Version 2017.002, Parameter und Polygone der Starkregenerereignisse in Deutschland. Version v2022.01, 2022, Deutscher Wetterdienst, DOI: 10.5676/DWD/CatRaRE_T5_Eta_v2022.01.

Winterrath, T., Brendel, C., Hafer, M., Junghänel, T., Klameth, A., Lengfeld, K., Walawender, E., Weigl, E., Becker, A. (2018): RADKLIM Version 2017.002: Reprozessierte, mit Stationsdaten angeeichte Radarmessungen (RADOLAN), Niederschlagsstundensummen (RW) DOI: 10.5676/DWD/RADKLIM_RW_V2017.002.

Daily Streamflow Time Series Modeling by Using Periodic Autoregressive Model ARIMA Based on Fuzzy Clustering

Mahshid Khazaeiathar, M.Sc.

Projektpartner: Reza Hadizadeh, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Projektpartner: Nasrin Fathollahzade Attar, Urmia University, Urmia, Iran

In today's world, the management of water resources plays an increasingly important role. While 70% of the earth's surface is covered with water, the problem is that there is sometimes very much or very little water, occasionally costly or polluted. On the other hand, water consumption is increasing worldwide due to population growth, land use change and upgrading life standards (Bai et al. 2014), but also due to the negative direct impacts of climate change on water resources and freshwater ecosystems, limiting them and putting the world at risk of losing some water resources (Abbaspour et al. 2009).

Therefore, the use of innovative tools such as advanced statistical methods, modeling, and data mining is crucial for water resources management, planning, and policy. Furthermore, forecasting the streamflow, as one of the main components of the hydrological cycle, is a primary subject.

As mathematical-physical models, time series models have a great ability to model linear and nonlinear phenomena. Time series modeling consists of two main parts, including the random component and the algebraic component. Therefore, the structure of time series models can be compatible with the structure of hydrological series if the calculation and selection the model are done correctly.

Most common time series models in hydrology and water resources are linear time series models. If a time series follows the linear process, modeling the time series by linear models, such as Box & Jenkins, can provide reliable and accurate results (Ho et al. 2002, Mancini et al. 2021).

But it must be highlighted that as a natural phenomenon and due to the influence of climatic factors, water flow behavior is periodic, stochastic, and nonlinear. So, it is crucial to develop the models based on their periodicity, nonlinearity and stochastic nature for prediction.

Regarding the linear models, in this study we evaluated the performance of the ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average) model as a linear model in forecasting the daily water discharge. Daily time series show more fluctuations than series, which are classified based on a monthly, seasonal, or annual scale. So we used the Fuzzy cluster c-mean as a data mining method for decomposing the main daily time series into several smaller sub-series based on their similar statistical behavior. By using this method, there will be several series with different lengths instead of one series. In other words, we will be able to recognize the periodic behavior in every daily time series and have the time series with linear behavior. Then we applied ARIMA model on every cluster. We draw on the daily discharge data of four different river stations in Hesse state in Germany including Ehringen, Hanau, Biedenkopf, and Günthers. In accordance with the conditions of being on various hydrological conditions, the stations were chosen randomly in Hesse's four main geographical directions: North, South, East, and West. The collected data cover 18 years, from 2000 to 2017, provided from the Hessian Agency for Nature Conservation, Environment, and Geology (HLNUG), <https://www.hlnug.de/static/pegel/wiskiweb2/>.

Dividing the daily time series into smaller groups based on their statistical behavior by using a statistical method for analyzing and a combination of Fuzzy C-mean Cluster and ARIMA modeling is the innovation of this study. The results revealed that the performance of ARIMA in four stations for predicting every cluster was reliable. In addition, it must be highlighted that by clustering the daily time series into smaller groups, forecasting different days of the year will be possible. Root Mean Square Error (RMSE) was used to evaluate the accuracy. This method of segmentation and modeling, described here, can also be used for short-term prediction at other hydrological stations.

But one of the disadvantages of this method is that converting a time series into several sub-series and modeling every cluster separately is time-consuming. Furthermore, as it is mentioned above, hydrological time series have a non-linear nature due to the influence of climatic factors. So, in order to increase the accuracy of forecasting the hydrological time series, non-linear models such as Bilinear, TAR, GARCH, and ARCH have been recommended, some of which we will apply to 15 stations in Hesse in the next study.

Figure 1 represents the visual comparison of predicted values with true values of the station Biedenkopf as an example of the results of this research.

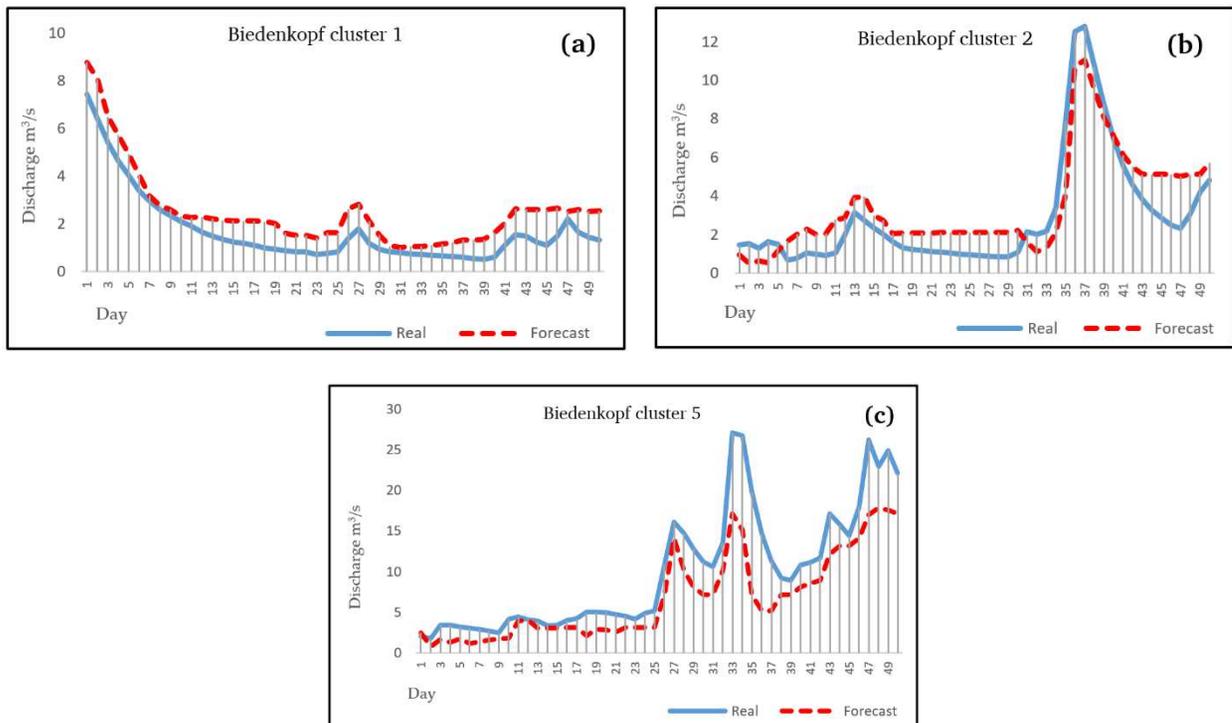


Abbildung 45: (a) Forecasting plot for Biedenkopf cluster 1; (b) Forecasting plot for Biedenkopf cluster 2; (c) Forecasting plot for Biedenkopf cluster 5

Abbaspour, K.C., Faramarzi, M., SeyedGhasemi, S. & Yang, H. (2009): Assessing the impact of climate change on water resources in Iran. *Water Resources Research* 45: W10434. doi: 10.1029/2008WR007615.

Bai, Y., Wang, P., Li, C., Xie, J. & Wang, Y. (2014): A multi-scale relevance vector regression approach for daily urban water demand forecasting. *Journal of Hydrology* 517: 236-245. doi: 10.1016/j.jhydrol.2014.05.033 372.

Ho, S.L., Xie, M. & Goh, T.N. (2002): A Comparative Study of Neural Network and Box-Jenkins ARIMA Modeling in Time Series Prediction. *Computers and Industrials Engineering* 42(2-4): 371-375. doi: 10.1016/S0360-8352(02)00036-0 461.

Mancini, S., Francavilla, A.B., Longobardi, A., Viccione, G. & Guarnaccia, C. (2021): Predicting Daily Water Tank Level Fluctuations by Using ARIMA Model, A Case Study. 5th International Conference on Applies Physics, Simulation and Computing (AP-SAC 2021), Salerno, Italy (03.-05.09.2021).

Simulation der Wirksamkeit der Schwammstadtpraxis in einem hypothetischen Untersuchungsgebiet mit variierender Bebauungsdichte für kurze und lange Zeitreihen angesichts des Klimawandels unter Verwendung eines hydrologisch-hydraulischen Modells (SWMM₅)

Helene Schmelzing, M.Sc.

Globale Trends wie die fortschreitende Urbanisierung und der Klimawandel führen zu drastischen Veränderungen im hydrologischen Kreislauf. Vor allem die, zu einem großen Anteil versiegelten, Flächen innerhalb städtischer Siedlungen leisten einen großen Beitrag zur Umverteilung des Wasservolumens. Versuchsbeobachtungen sowie hydrologische Modellierung haben bereits gezeigt, dass diese Veränderungen zu höheren Abfluss-Peaks und einem sturzflutartigen Abflussverhalten nach Niederschlagsereignissen führen können (Guan et al., 2015; Cheng und Wang, 2002; Burns et al., 2005; Jang et al., 2007). Schwammstadt-Praktiken als ein Beispiel eines dem Klimawandel angepassten Wassermanagement-Konzepts müssen durch sowohl strukturelle als auch nicht-strukturelle Maßnahmen umgesetzt werden. Diese strukturellen Maßnahmen zur Eindämmung der Auswirkungen hydrologischer Extremereignisse beinhalten u.a. Gründächer, durchlässige Straßenbeläge sowie (biologische) Rückhalteräume wie Regengärten.

Bisher wurden wenige Ergebnisse zur Effektivität grüner Infrastrukturmaßnahmen im städtischen Raum veröffentlicht, die auf Langzeit-Monitoring in der Region Mitteleuropa fokussiert sind und die Veränderungen durch den Klimawandel berücksichtigen. Außerdem gibt es bisher kaum Untersuchungen in dem Bereich (außer bspw. Guan et al., 2015), welche auf die hydrologischen Veränderungen auf der Basis einer sich verändernden Bebauungsdichte innerhalb urbaner Räume abzielen. Das

Dissertationsvorhaben beschränkt sich im ersten Teil darauf, die Implementierung grüner Infrastrukturelemente des Niederschlag-Abfluss-Modells SWMM für verschiedene Bebauungsszenarien innerhalb eines Wohnblocks zu untersuchen und potentielle Lücken hinsichtlich seiner Eignung als Schwammstadt-Modell aufzuzeigen.



Abbildung 46: Einteilung des fiktiven Untersuchungsgebietes in SWMM unter drei verschiedenen Besiedlungszuständen.

Simulationen werden für drei verschiedene Bebauungszustände durchgeführt, was die Siedlungsdichte angeht, sowie für vier verschiedene Klimaszenarien. Davon liegen jeweils ein kurzzeitiges (mehrstündiges) Niederschlagsereignis sowie eine langzeitige (mehrjährige) Niederschlagszeitreihe in der Vergangenheit sowie in der Zukunft. Abbildung 46 zeigt die Einteilung des fiktiven Untersuchungsgebiets, Abbildung 47 zeigt konzeptionell das Vorgehen.

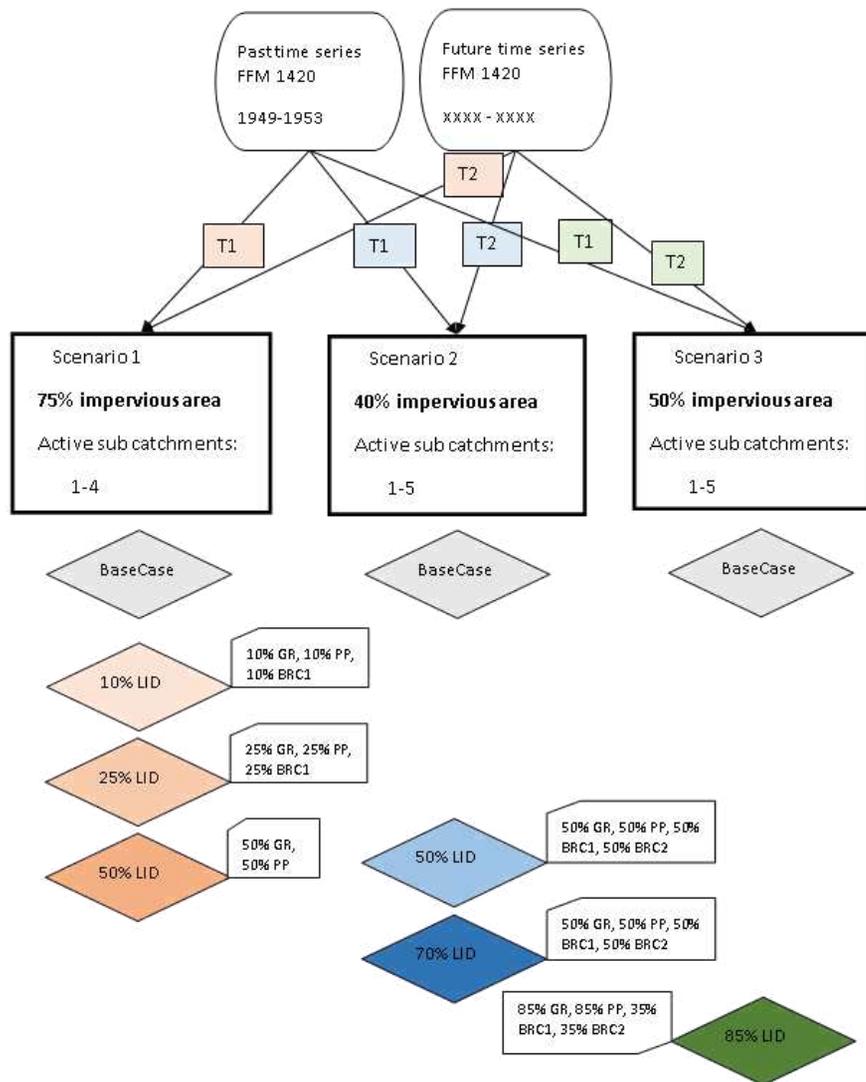


Abbildung 47: Konzeptionelle Darstellung des Vorgehens. T1, T2: Niederschlags-Zeitreihen, LID: LowImpactDevelopment, GR: GreenRoof, PP: Permeable Pavement, BRC: Bioretention Cell.

Bisherige Simulationsergebnisse einer 5-Jahres-Niederschlagsreihe der Jahre 1949-1953 der DWD-Station 1420 (FFM) zeigen, dass Gründächer, durchlässiger Straßenbelag sowie (biologische) Rückhalteräume effektive Maßnahmen sind, um Abfluss(spitzen) zu reduzieren und die Speicherkapazität innerhalb des urbanen Raums zu erhöhen. Hierbei erzielt die kombinierte Implementation dreier Infrastrukturen eine größere Effektivität als die reine Nutzung von Gründach und durchlässigem Straßenbelag. Zudem wurde festgestellt, dass mehr Bilanzierungsglieder der Wasserbilanz in die Evaluation der Effektivität grüner Infrastrukturmaßnahmen eingeschlossen werden können als bei bisherigen Studien, die sich ausschließlich auf die Reduktion des Abflusses als Zielkriterium konzentrieren. Im weiteren Vorgehen sollen die

Szenarien hinsichtlich dekadischer Klimavorhersagen des DWD untersucht werden.

Burns et al. (2005): Testing the impact of at-source stormwater management on urban flooding through a coupling of network and overland flow models. *Water* 2 (4): 291-300, doi: 10.1002/wat2.1078.

Cheng und Wang (2002): An approach for evaluating the hydrological effects of urbanization and its application. *Hydrological Processes* 16: 1403-1418, doi: 10.1002/hyp.350.

Guan et al. (2015): Modelling and assessment of hydrological changes in a developing urban catchment. *Hydrological Processes* 29: 2880-2894, doi: 10.1002/hyp.10410.

Jang et al. (2007): Using SWMM as a tool for hydrologic impact assessment. *Desalination* 212: 344-356, doi: 10.1016/j.desal.2007.05.005.

Vernetzung

emergenCITY: Smart Flood and Low Flow Warning System



Projektförderer: LOEWE-Forschungsförderungsprogramm



"Das LOEWE-Zentrum emergenCITY forscht seit 2020 an resilienten Infrastrukturen digitaler Städte, die auch Krisen und Katastrophen standhalten. emergenCITY ist als interdisziplinäre und standortübergreifende Kooperation organisiert, an der die Partneruniversitäten Technische Universität Darmstadt, Universität Kassel und Philipps-Universität Marburg beteiligt sind. Darüber hinaus sind die assoziierten Partner das Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) und die Stadt Darmstadt in das Zentrum eingebunden." (<https://www.emergencity.de>)

Von Seiten der TU Darmstadt arbeitet ein interdisziplinäres Team aus Wissenschaftler*innen der Informatik, Elektrotechnik und Informationstechnik, Maschinenbau, Bau- und Umweltingenieurwissenschaften, Gesellschafts- und Geschichtswissenschaften, Architektur, Wirtschaftswissenschaften sowie Rechtswissenschaften zusammen und bringt die Expertisen in übergreifenden Forschungsmissionen zusammen.

Das ihwb beteiligt sich mit der Entwicklung eines Umweltmonitoring- und Warn-Systems für eine frühzeitige Einschätzung und Warnung vor Überschwemmungen und Niedrigwasser auf der Grundlage von Echtzeit-Messdaten mit Datenfusion aus verschiedenen Quellen mittels künstlicher Intelligenz. Seit Juni 2022 wird vom ihwb-Mitarbeiter Mehdi Koopaeidar zunächst der Fokus auf den Themenbereich Starkregen und Überschwemmungen gelegt. Zunächst wurde die Auswahl eines Testgebietes durchgeführt. Die Wahl fiel auf die Pegel Nauheim (Schwarzbach) und Eberstadt (Modau), für die Daten recherchiert, GIS-Projekte erstellt und erste hydrologische Modell-Simulationen mit HEC-HMS durchgeführt wurden. Dazu wird jeweils das gesamte Einzugsgebiet betrachtet, um die Abflussbildung abzuschätzen. Dabei finden sowohl Sturzfluten, also pluviale Überschwemmungen, als auch Flusshochwässer Berücksichtigung.

Im nächsten Schritt wird eine enge Abstimmung und Kooperation mit Kolleg*innen der Informatik und Politikwissenschaften erfolgen, um das Modell mit KI-Methoden zu verknüpfen und ein intelligentes Hochwasservorhersagesystem zu schaffen. Dabei wird eine Bewertung der Warnstufen nach politikwissenschaftlichen Gesichtspunkten integriert. Durch gemeinsame Planung wird methodisch ein intelligentes Kommunikationssystem zur Übermittlung von Daten und Alarmstufen an Behörden, Rettungsdienste und Bürger entwickelt.

Es gab erste Präsentationen des entwickelten Konzeptes:

- Schmalz, B. & Koopaeidar, M. (2022): Smart Flood and Low Flow Warning System. emergenCITY week 2022. 20.-29.06.2022. TU Darmstadt. Kurzpräsentation.
- Koopaeidar, M. & Schmalz, B. (2022): Smart flood warning system. emergenCITY demonstrator fair. 13.10.2022. TU Darmstadt. Poster.

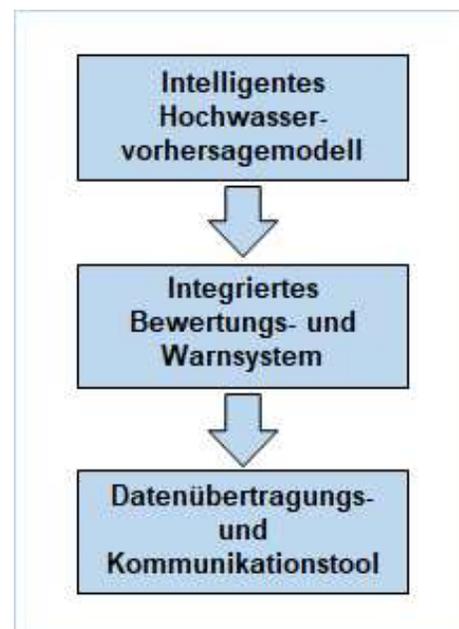


Abbildung 48: Schema der Produktentwicklung

Chinesisch-Deutsche Kooperationsgruppe

Projektförderer: Chinesisch-Deutsches Zentrum für Wissenschaftsförderung

Projektpartner: Nanjing University of Information Science and Technology (NUIST)



Die seit 2018 laufende Chinesisch-Deutsche Kooperationsgruppe „Risikomanagement von Wasserknappheit“ konnte aufgrund der Coronavirus-Pandemie auch im Jahr 2022 die geplanten Aktivitäten leider nicht verwirklichen. Gegenseitige Besuche in China und Deutschland oder Workshops in Präsenz waren bedauerlicherweise nicht möglich. So mussten die Kontakte weiter digital stattfinden. Auch die Workshops wurden online durchgeführt. Unter dem Thema "Water Cycle and Hydro-Climatological Extremes" fanden so zwei digitale Veranstaltungen statt:

- 07.07.2022 mit acht Fachvorträgen (61 Teilnehmende)
- 25.10.2022 mit fünf Fachvorträgen und anschließender Diskussionsrunde zur Planung zukünftiger Aktivitäten (31 Teilnehmende)

Die Teilnehmenden der Chinesisch-Deutschen Kooperationsgruppe hoffen, dass sie ihre Zusammenarbeit in 2023 in Form von Besuchs- und Konferenzreisen wieder vertiefen können.

Deutsche Hydrologische Gesellschaft (DHG)

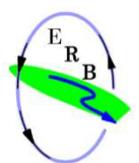
Die Deutsche Hydrologische Gesellschaft (DHG) ist eine wissenschaftliche Gesellschaft und ein Zusammenschluss der auf dem Gebiet der Hydrologie und ihrer Anwendungsbereiche Tätigen. Ziel ist die Förderung von Wissenschaft, Forschung und Berufsbildung im Bereich der Hydrologie. Als Kommunikationsplattform, durch fachliche Arbeitsgruppen sowie Organisation von Konferenzen und Workshops werden der Austausch von Wissen, Erfahrungen und Informationen, insbesondere auch unter dem wissenschaftlichen Nachwuchs, gefördert. So können Impulse für die Weiterentwicklung der wissenschaftlichen Grundlagen und deren Anwendung an der Schnittstelle zwischen Wissenschaft und Praxis entwickelt und gegeben werden.



Auch im Jahr 2022 hat die DHG unter der Leitung ihrer Präsidentin Frau Prof. Schmalz aktiv an der Organisation des "Tag der Hydrologie" (TdH), der größten deutschsprachigen Hydrologen-Konferenz, mitgewirkt. Der TdH fand im März 2022 in Garching bei München statt. Dort hat die DHG u.a. den Deutschen Hydrologiepreis, den DHG-Dissertationspreis und die TdH-Posterpreise vergeben. Zudem wurden im Jahr 2022 wiederum Feldstipendien gefördert und ein Mentoringprogramm organisiert.

Euromediterranean Network of Experimental and Representative Basins (ERB)

Die Zusammenarbeit und Vernetzung von kleinen hydrologischen Einzugsgebieten wird auf europäischer Ebene durch das Euromediterranean Network of Experimental and Representative Basins (ERB) gefördert. Die nationalen Repräsentanten, auch Frau Prof. Schmalz als deutsche Vertreterin, haben sich im Juni 2022 hybrid getroffen und die nächsten Aktivitäten sowie Meetings und Konferenzen besprochen.



Als Leiterin der deutschen ERB-Arbeitsgruppe hat Frau Prof. Schmalz zudem einige Aktivitäten auf nationaler Ebene initiiert, die zur weiteren Zusammenarbeit und Vernetzung von kleinen hydrologischen Einzugsgebieten geführt haben. Auch in 2022 wurde der Themenbereich Dürre und Trockenheit weiter bearbeitet. Dazu wurde auch auf dem Tag der Hydrologie 2022 ein Poster präsentiert.

Schmalz, B., Dietrich, S., Meesenburg, H., Merensky-Pöhlein, F., Miegel, K., Reinstorf, F., Rupp, H., Suttmöller, J. & Ziese M. (2022): Dürre 2018-2020 - Analyse des Niederschlagsdefizits und der hydrologischen Auswirkungen auf kleine Einzugsgebiete und Lysimeterstationen. Tag der Hydrologie 22.-23.03.2022. München. Poster.

Publikationen im Rahmen weiterer Vernetzung und Kooperation:

Im Jahr 2022 sind drei begutachtete Publikationen erschienen, die durch internationale Kontakte und Diskussionen entstanden sind.

Abdolahzadeh, M. & Schmalz, B. (2022): Assessment of wavelet-SVR and wavelet-GP models in predicting the groundwater level using areal precipitation and consumption data. *Hydrological Sciences Journal* 67(7): 1026-1039. DOI: 10.1080/02626667.2022.2064755.

Die Bewertung und Vorhersage von Schwankungen des Grundwasserspiegels mit Hilfe spezifischer Modelle liefert wertvolle Informationen für die Bewirtschaftung von Wasserressourcen und die Verbrauchsplanung. In dieser Studie wurden flächenhafte monatliche Daten des Grundwasserspiegels, der Niederschläge und des Wasserverbrauchs verwendet, um den Grundwasserspiegel mit Hilfe von Modellen der genetischen Programmierung (GP), Wavelet-GP, Support Vector Regression (SVR) und Wavelet-SVR über einen Zeitraum von 11 Jahren vorherzusagen. Geeignete Zeitverzögerungen wurden mit Hilfe der Autokorrelationsfunktion (ACF) und der Kreuzkorrelationsfunktion (CCF) bestimmt. Das Untersuchungsgebiet ist die Ajabshir-Ebene im Nordwesten des Iran und gehört zum Einzugsgebiet des Urmia-Sees. Es wurde festgestellt, dass der Verbrauch mit einer zweimonatigen Verzögerung und der Niederschlag mit einer einmonatigen Verzögerung den größten Einfluss auf die Grundwasserspiegel haben. Die Ergebnisse zeigen, dass das Wavelet-SVR-Modell im Vergleich zu den anderen drei Modellen die beste Modellgüte hatte, und SVR hatte eine bessere Leistung als GP.

Liu, G., Schmalz, B., Zhang, Q., Qi, S., Zhang, L. & Liu, S. (2022): Assessing effects of land use and land cover changes on hydrological processes and sediment yield in the Xunwu River watershed, Jiangxi Province, China. *Frontiers of Earth Science*, published online 01/2022. DOI 10.1007/s11707-021-0959-9.

In dieser Studie wurden die Auswirkungen von Landbedeckungs- und Landnutzungsänderungen auf hydrologische Prozesse und den Sedimentaustrag im Xunwu-Einzugsgebiet in der 'red soil hilly' Region im Süden Chinas untersucht. Diese hat in den letzten 30 Jahren drastische Veränderungen in der Landnutzung erfahren, wobei die Zahl der Obstplantagen um etwa 42 % zunahm und der Waldanteil um etwa 40 % abnahm. Ziel dieser Studie war es, mithilfe des SWAT-Modells (Soil and Water Assessment Tool) die Auswirkungen der Landbedeckung/-nutzung auf den Abfluss und den Sedimentaustrag im Xunwu-Einzugsgebiet zu bewerten. Vier Landnutzungsszenarien, die die schrittweise Ausdehnung der Obstplantagen in den letzten 26 Jahren darstellen, wurden für die Bewertung der hydrologischen Prozesse und die Simulation des Sedimentaustrags entwickelt. Die Simulationsergebnisse zeigen eine Abnahme von Gerinneabfluss, Oberflächenabfluss, lateralem Abfluss und Sedimenteintrag mit der Ausdehnung der Obstanbaufläche, was auf die Höhen- und Hangverteilung der neu angelegten Obstanbaufläche sowie auf den Bau von Terrassen zurückzuführen ist. Bei geeigneter Landbewirtschaftung braucht eine Ausweitung der Obstplantagen so nicht zu schwerwiegenden Wasser- und Bodenverlusten führen.

Der Förderverein im Internet

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

www.iww.tu-darmstadt.de/foerderverein_fviww/ueber_den_verein_fviww/index.de.jsp



Die Homepage beinhaltet folgende Rubriken:

- Informationen

Hier finden sich Informationen zur Mitgliedschaft und das digitale Formular des Aufnahmeantrags.

- DAWAKO

Informationen zum aktuellen **Darmstädter wasserbau- und wasserwirtschaftlichen Kolloquium (DAWAKO)** als auch ein Archiv mit den Beiträgen der vergangenen DAWAKO's sind in dieser Rubrik abgelegt.

- Förderpreis

Für besondere Arbeiten (Studien-, Diplom-, Bachelor-, Masterarbeiten oder Dissertationen) werden vom Förderverein Preise an die Bearbeitenden vergeben. Diese Rubrik stellt die Preisträgerinnen und Preisträger der vergangenen Jahre mit den Themen ihrer ausgezeichneten Arbeiten vor.

- Publikationen

Hier befindet sich das digitale Archiv des Jahresheftes **WasserJahr**, welches das Institut jährlich mit Unterstützung des Fördervereines publiziert. Alle Ausgaben können digital im PDF-Format heruntergeladen werden. Zudem werden hier weitere interessante Beiträge (bspw. Exkursionsberichte) als Download veröffentlicht.

- Downloads

In dieser Rubrik befindet sich die digitale Ablage der Vereinssatzung, des Aufnahmeantrages und einer Einzugsermächtigung.

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

WasserJahr 2022

Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft



2014



2015



2016



2017



2019



2018



2020

Das WasserJahr im Internet:
www.iww.tu-darmstadt.de



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



2021

Jahresheft der Fachgebiete:
Wasserbau und Hydraulik
Ingenieurhydrologie und Wasserbewirtschaftung