

# Institut IWAR

## Tätigkeitsbericht 2020



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT



### Abwassertechnik

Fachgebietsleitung  
Prof. Dr.-Ing. Markus Engelhart

Geschäftsführer Institut IWAR  
Prof. Dr.-Ing. habil. Martin Wagner

### Abwasserwirtschaft

Fachgebietsleitung  
Prof. Dr. Susanne Lackner

### Raum- und Infrastrukturplanung

Kommissarische Fachgebietsleitung  
Prof. Dr.-Ing. Hans Joachim Linke

### Stoffstrommanagement und Ressourcenwirtschaft

Geschäftsführende Direktorin Institut IWAR und Fachgebietsleitung  
Prof. Dr. rer. nat. Liselotte Schebek

### Umweltanalytik und Schadstoffe

Fachgebietsleitung  
Prof. Dr. Holger Lutze

### Wasserversorgung und Grundwasserschutz

Fachgebietsleitung  
Prof. Dipl.-Ing. Dr. nat. techn. Wilhelm Urban

Herausgeber  
Technische Universität Darmstadt  
Fachbereich Bau- und Umweltingenieurwissenschaften

Institut IWAR  
Abwassertechnik  
Abwasserwirtschaft  
Raum- und Infrastrukturplanung  
Stoffstrommanagement und Ressourcenwirtschaft  
Umweltanalytik und Schadstoffe  
Wasserversorgung und Grundwasserschutz

Gebäude L5|01  
Franziska-Braun-Straße 7  
D-64287 Darmstadt

Telefon: (+49) 06151 16 20301  
Telefax: (+49) 06151 16 20305  
Web: <http://www.iwar.bauing.tu-darmstadt.de>  
E-Mail: 1.Buchstabe Vorname.Nachname@iwar.tu-darmstadt.de

Redaktion:  
Luisa Barkmann, Philipp Bunse  
Christian Dierks, Christian Eichhorn, Mischa Jütte, Julian Mosbach,  
Svenja Seelinger

März 2021, Darmstadt

## Vorwort

Auch im Jahr 2020 hat sich am Institut IWAR wieder viel getan. An den verschiedenen Fachgebieten werden zurzeit insgesamt 42 Projekte bearbeitet. Neben drei fachgebietsübergreifenden Projekten wurden am IWAR viele nationale und internationale Projekte 2020 begonnen oder weitergeführt und haben dazu beigetragen, unseren fachlichen und kulturellen Horizont zu erweitern.

Nicht nur an Forschungsprojekten wurde gearbeitet. Auch wurden gemeinsame Ziele in Fachgebietsseminaren erarbeitet und viele (digitale) Konferenzen zum fachlichen Austausch und Vorstellung der Forschungsergebnisse besucht. Zusätzlich wurde ein neuer, internationaler Studiengang ins Leben gerufen.

Acht Promotionen wurden abgeschlossen und viele neue Mitarbeiter am Institut begrüßt. Neben zahlreichen Abschlussarbeiten konnte auch in diesem Berichtsjahr eine Vielzahl von Lehrveranstaltungen für die Studierenden am Fachbereich 13 der Bau- und Umweltingenieurwissenschaften angeboten werden. Aufgrund der weltweiten Corona-Pandemie fiel das Angebot an Laborübungen und Exkursion eingeschränkt aus.

Eine der größten Ereignisse am Institut IWAR ist die Einführung des Fachgebietes „Umweltanalytik und Schadstoffe“ unter der Leitung von Prof. Dr. Holger Lutze. Dieses Fachgebiet stellt eine starke Bereicherung für das Institut dar und wir freuen uns auf viele Jahre guter Zusammenarbeit.

Wie auch in den vergangenen Jahren möchten wir mit dieser Ausgabe unseres Tätigkeitsberichtes unseren Dank an alle Persönlichkeiten, Institutionen und Unternehmen ausdrücken, die das Institut IWAR im Jahr 2020 gefördert und vorangebracht haben.

Wir wünschen Ihnen eine spannende und informative Lektüre und hoffen, dass wir Sie auch dieses Jahr wieder von unserer Arbeit am IWAR überzeugen können.

## Inhalt

VORWORT	II
<b>1 INSTITUT IWAR</b>	<b>1</b>
1.1 ORGANISATION DES INSTITUTS	1
1.2 ENTWICKLUNGEN DES INSTITUTS	2
1.3 DATEN UND FAKTEN DES INSTITUTS	3
1.4 AUFGABENFELDER UND ZUSAMMENARBEIT DER FACHGEBIETE	4
1.5 NEUIGKEITEN, PREISE UND AUSZEICHNUNGEN AM INSTITUT	7
<b>2 FORSCHUNGSTÄTIGKEITEN AM INSTITUT IWAR</b>	<b>27</b>
2.1 FACHGEBIETSÜBERGREIFENDE FORSCHUNGSTÄTIGKEITEN	29
2.2 FACHGEBIET ABWASSERTECHNIK	33
2.3 FACHGEBIET ABWASSERWIRTSCHAFT	41
2.4 FACHGEBIET RAUM- UND INFRASTRUKTURPLANUNG	55
2.5 FACHGEBIET STOFFSTROMMANAGEMENT UND RESSOURCENWIRTSCHAFT	59
2.6 FACHGEBIET UMWELTANALYTIK UND SCHADSTOFFE	79
2.7 FACHGEBIET WASSERVERSORGUNG UND GRUNDWASSERSCHUTZ	89
<b>3 LEHRANGEBOT AM INSTITUT IWAR 2020</b>	<b>97</b>
3.1 LEHRANGEBOT IM BACHELORSTUDIUM	97
3.2 LEHRANGEBOT IM MASTERSTUDIUM	98
3.3 INTERDISZIPLINÄRE LEHRVERANSTALTUNGEN	100
3.4 VGU MASTERSTUDIENGANG „WATER TECH“	101
<b>4 ABGESCHLOSSENE PROMOTIONEN AM INSTITUT IWAR</b>	<b>103</b>
ANHANG	111



## 1 Institut IWAR

Das Institut IWAR setzte sich bis Ende 2020 zusammen aus den Fachgebieten Abwassertechnik, Abwasserwirtschaft, Raum- und Infrastrukturplanung, Stoffstrommanagement und Ressourcenwirtschaft, Umweltanalytik und Schadstoffe sowie dem Fachgebiet Wasserversorgung und Grundwasserschutz. Das Institut ist eines von 12 Instituten am Fachbereich 13 „Bau- und Umweltingenieurwissenschaften“ der Technischen Universität Darmstadt.

### 1.1 Organisation des Instituts

Das Institut wird durch ein Direktorium geleitet, welches sich aus den Professorinnen und Professoren sowie je einer Vertretung der wissenschaftlichen Mitarbeitenden, der sonstigen Mitarbeitenden und der Studierenden zusammensetzt. Den Vorsitz übernimmt die Geschäftsführende Direktorin, welche in der Regel für zwei Jahre gewählt wird. Der Geschäftsführer setzt die vom Direktorium gefassten Beschlüsse um und vertritt die Geschäftsführende Direktorin.

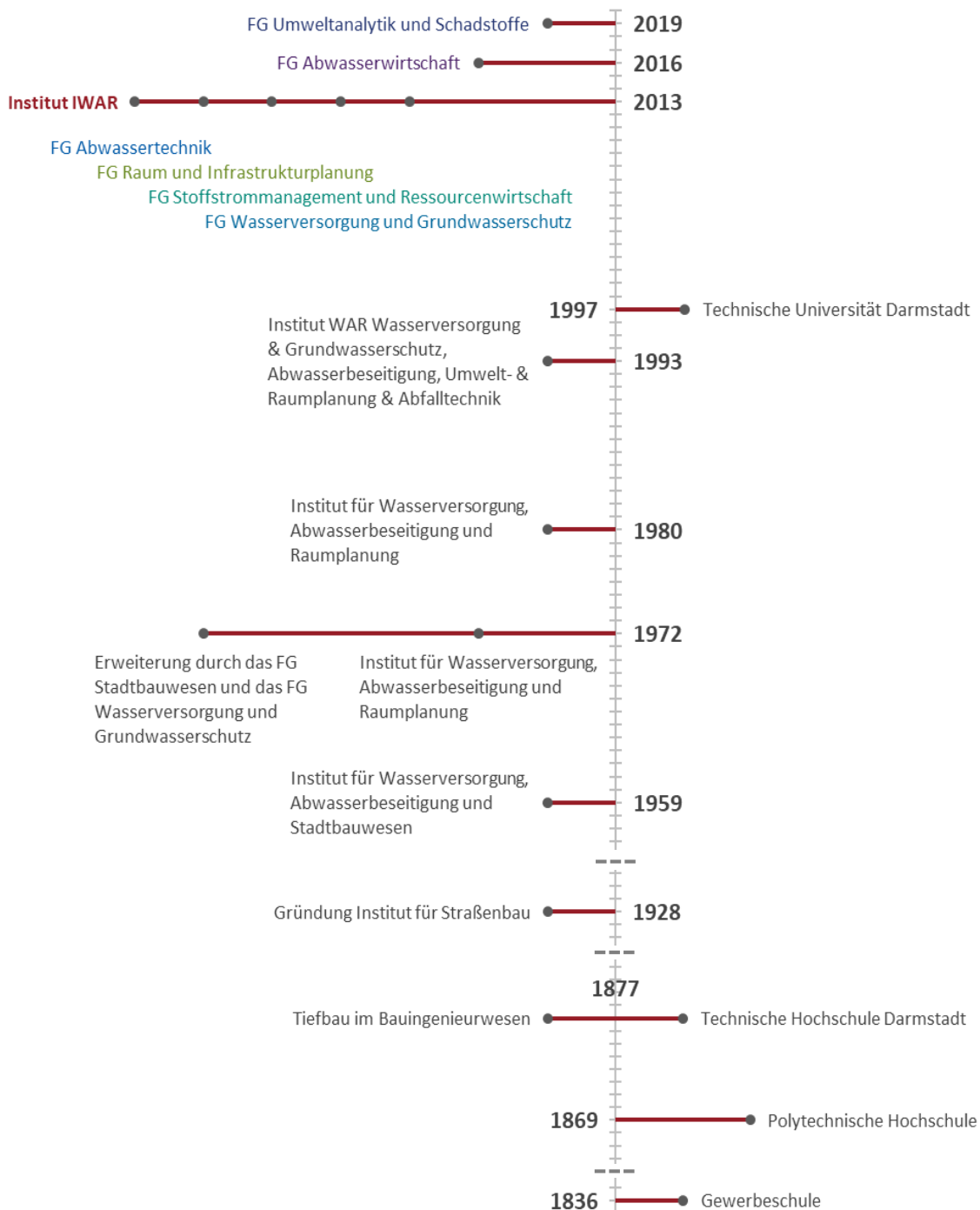
Institut IWAR		
	Prof. Dr. rer. nat. L. Schebek Geschäftsführende Direktorin	Prof. Dr.-Ing. habil. M. Wagner Geschäftsführer
Abwassertechnik Prof. Dr.-Ing. Markus Engelhart	Abwasserwirtschaft Prof. Dr. Susanne Lackner	Raum- und Infrastrukturplanung Prof. Dr.-Ing. Hans Joachim Linke (kommis. Leitung)
Stoffstrommanagement und Ressourcenwirtschaft Prof. Dr. rer. nat. Liselotte Schebek	Umweltanalytik und Schadstoffe Prof. Dr. rer. nat. Holger Lutze	Wasserversorgung und Grundwasserschutz Prof. Dipl.-Ing. Dr. nat. techn. Wilhelm Urban
Zentrale Einrichtungen Lehrlabor Forschungslabor Mikrobiologisches Labor Werkstatt	Technikums- und Versuchsanlagen Forschungsfeld Kläranlage Darmstadt-Eberstadt. Abfalltechnische Versuchshalle.	Förderverein des Instituts  Vorsitzender Prof. Dr.-Ing. Nobert Jardin Geschäftsführer Prof. Dr.-Ing. Peter Cornel

Neben den sechs Fachgebieten verfügt das Institut über ein eigenes Forschungslabor und ein separates Lehrlabor für ein breites analytisches Spektrum zur Begleitung von Forschungsprojekten, Abschlussarbeiten und Lehre. Dem Fachgebiet Abwasserwirtschaft ist ein mikrobiologisches Labor angeschlossen. Die angeschlossene Werkstatt leistet technische Unterstützung bei Auf- bzw. Umbau und Betrieb von Technikums- und Versuchsanlagen, sowohl am Institut als auch auf den externen Versuchsfeldern. Der Verein zur Förderung des Instituts IWAR der Technischen Universität Darmstadt e. V. (IWAR-Förderverein) ist ein eingetragener gemeinnütziger Verein, der sich zum Ziel gesetzt hat, Forschung und Lehre am Institut IWAR zu unterstützen.

## 1.2 Entwicklungen des Instituts

Die Technische Universität Darmstadt wurde 1836 als Gewerbeschule gegründet. Im weiteren historischen Verlauf wurde mit der Umsetzung der Gewerbeschule zur Technischen Hochschule Darmstadt 1877 der Bereich Tiefbau im Bauingenieurwesen als Schwerpunkt eingeführt. Aus diesem heraus wurde 1959 das Institut für Wasserversorgung, Abwasserbeseitigung und Stadtbauwesen gegründet.

Das Institut IWAR trägt durch die Integration verschiedener Fachrichtungen zu erkenntnis- und praxisorientierten Lösungen sowohl fachspezifischer als auch komplexer, interdisziplinärer Aufgaben im naturwissenschaftlich-technischen und konzeptionellen Umwelt- und Gewässerschutz bei.



## 1.3 Daten und Fakten des Instituts

### Forschungsprojekte

<b>3</b>	Fachgebietsübergreifende Forschungsprojekte
	Laufende Forschungsprojekte im
<b>7</b>	FG Abwassertechnik
<b>10</b>	FG Abwasserwirtschaft
<b>0</b>	FG Raum- und Infrastrukturplanung
<b>18</b>	FG Stoffstrommanagement und Ressourcenwirtschaft
<b>3</b>	FG Umweltanalytik und Schadstoffe
<b>5</b>	FG Wasserversorgung und Grundwasserschutz



### Personalbestand

<b>8</b>	Professorinnen und Professoren
<b>1</b>	Gastprofessorinnen und -professoren sowie Honorarprofessoren
<b>0</b>	Privatdozent
<b>16</b>	Lehrbeauftragte (inkl. promovierte WiMis mit Lehrauftrag)
<b>49</b>	Wissenschaftliche Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter
<b>2</b>	Stipendiaten
<b>0</b>	Hilfswissenschaftlerinnen und Hilfswissenschaftler mit Abschluss
<b>4</b>	Administrative Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter
<b>10</b>	Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter im Labor und in der Werkstatt

### Studierendenzahlen Bau- und Umweltingenieurwissenschaften

<b>1.197</b>	Immatrikulationen im Bachelor WS 2020/2021
<b>777</b>	Immatrikulationen im Master WS 2020/2021



## 1.4 Aufgabenfelder und Zusammenarbeit der Fachgebiete

Durch eine im deutschsprachigen Raum einmalige Zusammensetzung von verschiedenen Fachdisziplinen trägt das Institut IWAR zur wissenschaftlichen und praktischen Lösung besonderer Aufgabenstellungen bei. Das Institut IWAR und seine sechs Fachgebiete setzen ihre gebündelte Kompetenz sowohl in gemeinsamen Forschungsprojekten als auch in der Lehre ein. Tatkräftige Unterstützung in Lehre und Forschung erfährt das Institut durch den IWAR-Förderverein. Auch die institutsangegliederte Werkstatt sowie Labor- und Versuchseinrichtungen unterstützen das Institut bei praktischen und analytischen Problemstellungen.

2020 arbeitete das Institut an drei **gemeinsamen Forschungsprojekten**. Das Forschungsprojekt WaReIp (Water-Reuse in Industrieparks) wurde unter der Leitung von Herrn Prof. Dr.-Ing. Joachim Linke und unter Mitarbeit von Herrn Prof. Dr.-Ing. Markus Engelhart (Abwassertechnik) und von Frau Prof. Dr. rer. nat. Liselotte Schebek (Stoffstrommanagement und Ressourcenwirtschaft) weitergeführt. WaReIp beschäftigt sich mit den in industriellen Wässern und Abwässern enthaltenen Wertstoffen und deren Nutzung. Das zweite gemeinsame Forschungsprojekt, EmiStop, untersucht Mikroplastikemissionen in Industriebetrieben entlang der Wertschöpfungskette von Kunststoffprodukten, deren Minderung und Vermeidung. Die Fachgebiete Abwassertechnik und Abwasserwirtschaft arbeiten dabei an Probenahme- und Analysemethoden, Bilanzierungen und Möglichkeiten zum Rückhalt von Mikroplastik. Das dritte Forschungsprojekt RePhoRM beschäftigt sich mit Konzepten zur technologischen und strategischen Rückgewinnung von Phosphor aus Klärschlammaschen im Rhein-Main-Gebiet. Es wird von den Fachgebieten Abwassertechnik sowie Stoffstrommanagement und Ressourcenwirtschaft bearbeitet.

Das **Fachgebiet Abwassertechnik** beschäftigt sich schwerpunktmäßig mit der Verfahrenstechnik und Technologieentwicklung zur Behandlung kommunaler und industrieller Abwässer und Schlämme. Durch die Vielfalt möglicher technologischer Lösungsansätze (z.B. Belebtschlammverfahren, anaerobe Abwasserreinigung, chemisch-physikalische Verfahren) liegt ein Schwerpunkt der Lehr- und Forschungstätigkeit auf der Bewertung des Zusammenwirkens und den gegenseitigen Abhängigkeiten von Prozessschritten in unterschiedlichen Verfahrenskombinationen. Dazu werden angewandte Grundlagen der biologischen Abwasserreinigung und Schlammbehandlung ebenso vermittelt, wie chemisch-physikalische Grundoperationen (chemische Oxidation, Fällung/Flockung, Adsorption) und Membrantechnik. Ein weiterer Schwerpunkt liegt im Bereich der Belüftungstechnik und des Sauerstoffeintrags.

Versuchs- und Pilotanlagen im Technikum und auf dem Versuchsfeld des Fachgebiets in Eberstadt dienen der praxisnahen Erprobung und dem Scale-up der neuen Technologien. Aktuelle Forschungsprojekte beschäftigen sich beispielsweise mit dem Einfluss hoher Salzkonzentrationen auf den biologischen Abbau und den Sauerstoffeintrag in Industrieabwässern, der Entfernung von Mikroverunreinigungen durch nanoporöse Membranen, der Wiederverwendung von gereinigtem Abwasser in Industrie und Kommunen, und dem Einfluss von Industriechemikalien auf anaerobe Granula. Semizentrale Ver- und Entsorgungssysteme für schnell wachsende Ballungsräume werden traditionell mit Partnern in China erforscht und weiterentwickelt.

Ein weiterer Schwerpunkt des Fachgebiets liegt auf richtungsweisenden Fragestellungen zur Behandlung von Industrieabwasser mit Partnern aus der Lebensmittelproduktion und

der chemisch-pharmazeutischen Industrie. Durch die stark von kommunalen Abwässern abweichenden Zusammensetzungen, sollen hier verstärkt Optionen der produktionsnahen Ressourcenrückgewinnung (Rohstoffe, Energie) und des Wasserrecyclings überprüft werden, um „Mehrwert“ aus Abwasser zu erzeugen.

Das **Fachgebiet Abwasserwirtschaft** beschäftigt sich mit grundlegenden und praxisorientierten Fragestellungen der Abwasserbehandlung und Umweltbiotechnologie. Im Fokus stehen insbesondere innovative technische Lösungen für die Elimination von Nährstoffen (Stickstoff und Phosphor), aber zunehmend auch verfahrenstechnische Ansätze für neuartige Schadstoffe, wie organische Spurenstoffe, mikrobielle Kontamination und Kunststoffpartikel.

Um eine effizientere Abwasserbehandlung zu gewährleisten, sind neben den klassischen Verfahren, die vor allem in Lehre und Praxis vertreten sind, auch Untersuchungen und Entwicklungen von neuen Technologien, wie beispielsweise Biofilm- und Membranverfahren, Gegenstand aktueller Forschung. Zur Optimierung neuer Verfahren werden Versuchsanlagen im Labor- und halbertechnischen Maßstab betrieben und so z.B. in aktuellen Forschungsprojekten membranbasierte Biofilmverfahren, granuliert Aktivkohleanlagen oder Oxidationsverfahren untersucht. Neben der experimentellen Forschungsarbeit leistet auch die mathematische Simulation von biochemischen Prozessen einen großen Beitrag um technische Systeme besser zu verstehen und zu steuern.

Ein weiterer Schwerpunkt liegt auf der interdisziplinären Forschung an der Schnittstelle zwischen den Ingenieurwissenschaften und der Umweltmikrobiologie. Durch den Einsatz von hochmodernen molekularbiologischen Methoden können biologische Systeme z.B. in der Abwasserbehandlung besser verstanden und hinsichtlich der Leistungsfähigkeit und Stabilität im Betrieb nachhaltig optimiert werden. Neben dem Nachweis von antibiotikaresistenten Bakterien und Genen arbeiten wir aktuell auch an Nachweisverfahren für SARS-CoV-2 in Rohabwasser um durch Abwassermonitoring die Pandemiebekämpfung zu unterstützen.

Das **Fachgebiet Raum- und Infrastrukturplanung** beschäftigt sich unter der kommissarischen Leitung von Herrn Prof. Dr.-Ing. Hans Joachim Linke mit städtischen und regionalen Infrastruktursystemen und den damit verbundenen planerischen Herausforderungen. In der Lehre werden planungswissenschaftliche Perspektiven auf Städte und Infrastruktursysteme sowie die Probleme einer nachhaltigen Raum- und Infrastrukturentwicklung thematisiert. Einerseits werden Kenntnisse über räumliche Entwicklungsprozesse und über aktuelle Herausforderungen der Raumentwicklung und des Städtebaus vermittelt (z.B. demografischer Wandel und klimagerechte Stadtentwicklung). Andererseits ist ein weiterer Schwerpunkt die Vermittlung von Wissen über die Entwicklung und Erneuerung von technischen Infrastruktursystemen, ihre Wirtschaftsstruktur und ihre Wechselwirkungen mit Städtebau und Raumentwicklung. Schließlich widmet sich das Fachgebiet mit seinem Angebot den globalen Umweltproblemen und aufbauend auf einer Einführung in das System der Umweltpolitik und -planung in Deutschland werden verschiedene Handlungsfelder des planerischen Umweltschutzes beleuchtet.

Der Forschungsgegenstand des **Fachgebiets Stoffstrommanagement und Ressourcenwirtschaft** sind die Kreisläufe von Stoffen und Materialien innerhalb der Anthroposphäre (d.h. der menschengemachten Umwelt) sowie zwischen Anthroposphäre und natürlicher Umwelt. Stoffströme in Form von Rohstoffen und Materialien sind die Grundlage der Ökonomie; gleichzeitig sind die Emissionen bestimmter Elemente und Verbindungen maßgebend

für viele Umweltauswirkungen, wie beispielsweise den Treibhauseffekt, verantwortlich. Ziel der Forschung ist es, wissenschaftliche Erkenntnisse für ein nachhaltiges Stoffstrommanagement zu gewinnen und einzusetzen. Diese Erkenntnisse werden bereitgestellt für die Technologieentwicklung, aber auch für langfristige Strategieentwicklungen im Bereich von Wirtschaft und Politik. Der Forschungsschwerpunkt „Kreislaufwirtschaft und Sekundärrohstoffe“ beschäftigt sich vorrangig mit der energieeffizienten Verwertung organischer und anorganischer Abfälle sowie Abfallmanagementkonzepten für Schwellen- und Entwicklungsländer. Der Forschungsschwerpunkt „Nachhaltigkeitsbewertung“ bilanziert Stoffströme und deren Umweltwirkungen mit systemanalytischen Methoden. Der dritte Forschungsschwerpunkt beschäftigt sich mit dem Thema „Umweltanalytik“.

Das **Fachgebiet Umweltanalytik und Schadstoffe** beschäftigt sich mit den chemischen und physikalisch-chemischen Prozessen und dem Verhalten von Schadstoffen in der aquatischen Umwelt. Die Themenfelder unterteilen sich in die Bestimmung von Schadstoffen in der aquatischen Umwelt, die Untersuchung von Transformations- und Desinfektionsprozessen sowie Machbarkeitsstudien in Zusammenarbeit mit dem IWW Zentrum Wasser und der Universität Duisburg-Essen.

Bei der Untersuchung von Schadstoffen werden verschiedene chromatographische Methoden wie LC, IC und GC in Verbindung mit online Anreicherung und verschiedenen Detektoren wie MS-MS sowie Nachsäulenreaktion verwendet. Nach der Umwandlung von Schadstoffen können deren Transformationsprodukte in Einzelfällen nicht geringere, sondern verstärkte unerwünschte Moleküleigenschaften aufweisen. Ein Beispiel ist die bromidkatalysierte Transformation des harmlosen Dimethylsulfamids zu dem kanzerogenen *N*-Nitrosodimethylamin in der Ozonung. Die Untersuchung dieser Prozesse ist ebenfalls Bestandteil der Forschung des Fachgebiets Umweltanalytik und Schadstoffe.

Zusätzlich werden in Zusammenarbeit mit dem IWW Zentrum Wasser und der Universität Duisburg-Essen verschiedene Praxisprojekte der oxidativen Trink- und Abwasseraufbereitung durchgeführt. Diese Projekte beinhalten die Bewertung des Schadstoffabbaus, der Desinfektion, der Bildung unerwünschter Nebenprodukte sowie des Energieverbrauchs.

Zu den Hauptfeldern der Forschungsaktivitäten des **Fachgebiets Wasserversorgung und Grundwasserschutz** gehören neben dem integrierten Wasserressourcenmanagement und dem Nachhaltigkeitscontrolling die numerische Modellierung und Optimierung von Anlagen der Wasserversorgung. Aktuelle Forschungsprojekte am Fachgebiet beschäftigen sich zum Beispiel mit CFD-Modellierungen und Simulationen. Neben den nationalen Aktivitäten ist das Fachgebiet in eine Vielzahl internationaler Forschungsprojekte und Kooperationen eingebunden. Das Fachgebiet pflegt einen regen Austausch von Wissenschaftlern mit anderen internationalen Forschungseinrichtungen und Universitäten (Bankura University, Vietnamese – German University).

Eine weitere wichtige Institution des Instituts ist der **Verein zur Förderung des Instituts IWAR e.V.**, der IWAR-Förderverein. Die Förderung erfolgt durch Publikation wissenschaftlicher Arbeiten und Veranstaltungsergebnissen sowie durch Gewährung von Stipendien und Finanzierungsbeihilfen, z.B. für den Ausbau von Forschungseinrichtungen. Der IWAR-Förderverein veranstaltet außerdem Seminare, Info-Tage, Symposien und Kolloquien, die ein wichtiges Forum für den Erfahrungsaustausch zwischen Wissenschaft und Praxis darstellen. Auf der Webseite des IWAR-Fördervereins ([www.iwar-förderverein.de](http://www.iwar-förderverein.de)) wird über aktuelle Veranstaltungen, Veröffentlichungen und offene Stellenangebote informiert.

## 1.5 Neuigkeiten, Preise und Auszeichnungen am Institut

### NEUIGKEITEN AUS DEM IWAR

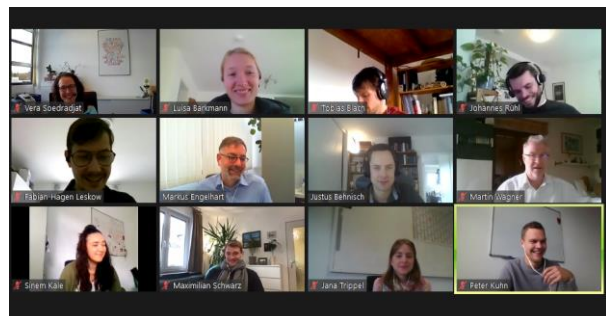
#### Umstellung auf digitale Lehre und Kommunikation

Trotz der knappen Zeit, um die Lehre zu digitalisieren, konnten sich die Fachgebiete gut auf die neuen Anforderungen einstellen und dank frühzeitiger Vorankündigung das Wintersemester 2020/21 digital gestalten. So wurden, neben auf der Plattform Zoom stattfindenden Live-Veranstaltungen, etwa Vorlesungen vorab für die Studierenden aufgezeichnet und die Präsentationsfolien mit Audiospur den Studierenden als Videocasts über die Lernplattform Moodle zur Verfügung gestellt. Dieses asynchrone Angebot wurde dabei je nach Veranstaltung noch durch Online-Sprechstunden ergänzt, um den Studierenden die Möglichkeit zu geben, direkte Rückfragen zu stellen und damit nach wie vor die Interaktivität in den Veranstaltungen zu gewährleisten. Von den Studierenden gab es positives Feedback zu den Angeboten. So konnte beispielsweise die Erstsemesterveranstaltung „Grundlagen des Planens, Entwerfens und Konstruierens GPEK“ mit knapp 400 Teilnehmern in diesem Jahr unter erhöhtem Arbeitseinsatz aller Beteiligten ausschließlich im digitalen Raum stattfinden.

Doch nicht nur für Studierende kann ein gelungenes digitales Konzept Vorteile bringen. Auch für ein Fachpublikum kann hiermit die Reichweite erhöht werden. Bei der IWAR-Vortragsreihe „Neues aus der Umwelttechnik und Infrastrukturplanung“ hat das digitale Angebot zur Teilnahme vieler Interessierter geführt, die sonst aus Gründen größerer Entfernung, hinsichtlich Aufwands oder mangelnden terminlichen Spielraums, nicht an den Veranstaltungen teilgenommen hätten.

Ebenso hat sich der Forschungs- bzw. -arbeitsalltag grundlegend verändert. So befindet sich ein Großteil des Instituts im Home-Office und im Labor gibt es Personenbegrenzungen um Kontakte zu minimieren. Es zeigt sich jedoch, wie produktiv viele Projekttreffen auch über Videokonferenzen abgehalten werden können, was als positiver Aspekt auch nach Aufhebung der Kontaktbeschränkungen bestehen bleiben mag. Viele Fahrten durch Deutschland und um die Welt, zu Projektpartnern oder Firmen, werden wohl auch zukünftig im Sinne des Klimaschutzes und der schieren Zeitersparnis auf diesem Wege zumindest teilweise entfallen können.

Eine besondere Herausforderung stellen diese Maßnahmen aber in besonderem Maße für neu hinzugekommene Mitarbeitenden dar, da diese manche ihrer Kolleginnen und Kollegen bisher nur über Zoom kennenlernen konnten. Um die Nähe zwischen den Mitarbeitenden zu fördern, wurden etwa regelmäßige Termine zum Austausch eingeführt, um jene Fragen zu klären, welche sonst ganz informell im Rahmen des gemeinsamen Mittagessens oder mit ein paar Worten auf dem Flur besprochen werden konnten. Aller Widrigkeiten zum Trotz, bahnt sich das Institut IWAR seinen Weg durch die Krise und sieht optimistisch in das Jahr 2021.



Das Fachgebiet Abwassertechnik bei seinem wöchentlichen Treffen



## Verabschiedung von Anita Curt und Dienstjubiläum von Arno Beck

Im September fand unter Wahrung der Hygienebestimmungen im Institutsrahmen eine kleine Feierstunde für Frau Anita Curt und Herrn Arno Beck statt. Frau Curt war seit 1990 im Forschungslabor des Instituts beschäftigt. Sie verabschiedet sich in den wohlverdienten Ruhestand. Herr Beck, Mitarbeiter in der technischen Abteilung, konnte in diesem Jahr sein 40-jähriges Dienstjubiläum an der TU Darmstadt feiern, wo er vor eben diesen 40 Jahren seine Ausbildung begann. Seit 2006 ist er bei uns am Institut IWAR beschäftigt.



**Kollege Arno Beck**



**Anita Curt bei der Überreichung von Abschiedsgeschenken**



**Feierlichkeiten für Anita Curt und Arno Beck in der BauIng-Kuhle**

## NEUIGKEITEN AUS ABWASSERTECHNIK UND ABWASSERWIRTSCHAFT

### Erfolgreiche Webkonferenz im Projekt EmiStop

Nach zweieinhalbjähriger Laufzeit des Projektes EmiStop, wurden interessierten Fachleuten aus Kunststoffindustrie und Wissenschaft Ergebnisse in einer digitalen Konferenz vorgestellt und mit Hilfe interaktiver Medien angeregt diskutiert. Im Anschluss wurde ein direkter Austausch der Teilnehmer in einem virtuellen Raum ermöglicht.

In dem zweistündigen Meeting waren 94 Teilnehmer anwesend. Die Konferenz wird in Ausschnitten auf der [Projekthomepage](#) zur Verfügung gestellt.

Im Projekt EmiStop werden Industriebetriebe entlang der Kunststoffwertschöpfungskette auf ihren potenziellen und tatsächlichen Mikroplastikeintrag in aquatische Systeme untersucht. Das Projekt wird als Teil des Forschungsschwerpunktes „Plastik in der Umwelt – Quellen, Senken, Lösungsansätze“ vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert. Die Fachgebiete Abwasserwirtschaft und Abwassertechnik arbeiten zusammen mit vier weiteren Projektpartnern an Analyseverfahren und Technologieentwicklungen zur Verhinderung des Umwelteintrags von Mikroplastik über den Abwasserpfad. Die Laufzeit des Projektes beträgt derzeit dreieinhalb Jahre und endet im Juni 2021.



Die Projektpartner von EmiStop in der Webkonferenz

## NEUIGKEITEN AUS DEM FACHGEBIET ABWASSERTECHNIK

### 91. Darmstädter Seminar „Mikroplastik“ ein voller Erfolg

Am 23. Januar 2020 veranstaltete das Fachgebiet Abwassertechnik in Kooperation mit dem Fachgebiet Stoffstrommanagement und Ressourcenwirtschaft das 91. Darmstädter Seminar mit dem Schwerpunktthema Mikroplastik in Abwasser und Boden im Maritim Hotel Darmstadt.

Das Seminar war ein voller Erfolg. Insgesamt 160 Teilnehmerinnen und Teilnehmer besuchten die Veranstaltung und wurden von Herrn Prof. Dr.-Ing. Markus Engelhart und Frau Prof. Dr. rer. nat. Liselotte Schebek durch das vielfältige Programm geführt. In acht Fachvorträgen wurden Themen zu Mikroplastik in Abwasser, Abfall und deren Analytik vorgestellt und anschließend angeregt Problematiken und weitere Entwicklungen diskutiert. In den Pausen luden acht Fachaussteller zu weiterem Austausch und Vernetzung an den Ständen ein. Auch im nächsten Jahr wird wieder ein Darmstädter Seminar erwartet, zu einem neuen, aktuellen Thema aus der Siedlungswasserwirtschaft.



Das BMBF-geförderte Projekt EmiStop präsentiert Teilergebnisse (Referentin: Luisa Barkmann, M.Eng.).

Angeregter Austausch im Ausstellungsraum des 91. Darmstädter Seminars





## Doktorandenseminar im Spessart

Vom 30. bis 31. Juli 2020 fand das Doktorandenseminar des Fachgebiets Abwassertechnik in Klingenberg im Spessart statt. In einer ruhigen Atmosphäre und umgeben von Wald und Wild wurden die Forschungsfragestellungen der Teilnehmenden, sowie zukünftige Forschungsschwerpunkte des Fachgebiets diskutiert. Für Ablenkung und Erholung von den heiteren und bisweilen auch anstrengenden Diskussionsrunden wurde durch gutes Essen und Wein gesorgt.



Fachgebiet Abwassertechnik in Klingenberg am Main

## Start des Masterstudiengangs „Water Technology, Water Reuse and Water Management“ an der Vietnamese-German University (VGU) in Ho Chi Minh City

Der Masterstudiengang „Water Technology, Water Reuse and Water Management“ (WaterTech) ist am 02. November 2020 mit 15 Studierenden gestartet. Es handelt sich um einen Vollzeit-Masterstudiengang an der Vietnamese-German University (VGU) in Ho Chi Minh City. Das Projekt wird gefördert durch das Hessische Ministerium für Wissenschaft und Kunst (HMWK). Der akademische Direktor ist Professor Dr.-Ing. Martin Wagner; dieser wird in Vietnam unterstützt durch den akademischen Koordinator Dr. Tran Le Luu von der VGU und in Deutschland von Frau MSc Jana Trippel.



Das Studienprogramm soll die Studierenden befähigen, eigenverantwortlich wissenschaftlich zu arbeiten (siehe Kapitel 3.4). Sie erwerben vertiefte Kenntnisse über verschiedene Aspekte ökologischer, ökonomischer und sozialer Themen im Zusammenhang mit Wasser. Im Hauptfokus steht die Herausforderung der Wasser- und Abwasserbehandlung sowie das Wassermanagement in schnell wachsenden Städten und ländlichen Gebieten. Die Besonderheit des Studiengangs stellt die Wasserwiederverwendung als Möglichkeit in der globalen Problemstellung der Wasserknappheit dar. Daher lautet der Slogan des Studiengangs



auch „Water Reuse is our Future“. Von besonderer Relevanz sind der interdisziplinäre Ansatz und die Struktur des Studiengangs. Nach ihrem Abschluss sind die Studierenden in der Lage, kreative technische Lösungsmöglichkeiten für die unterschiedlichen Problemstellungen in der Wasser- und Abwasserbehandlung sowie im Wassermanagement zu finden.

Im ersten Semester werden zunächst ausschließlich Grundlagenmodule durch vietnamesische Dozierende gelehrt. Im zweiten Semester wird der Großteil der Module von deutschen Dozierenden der Institute IWAR und IWW sowie dem Landmanagement übernommen. Die Wahl zwischen zwei Spezialisierungen, Water and Wastewater sowie River Management, ist im dritten Semester möglich. Im Anschluss daran erfolgt im vierten Semester die Masterthesis, die sowohl in Vietnam als auch in Deutschland geschrieben werden kann. Beim Modell der Flying-Faculty fliegen deutsche Dozierende nach Vietnam, um die verschiedenen Module als zweiwöchige Blockveranstaltungen zu lehren. In jedem Semester werden fünf Module gelehrt, was zu einem Umfang von 30 CP pro Semester führt und dem deutschen Universitätsmodell entspricht.

Die VGU wurde 2008 durch eine gemeinsame Initiative des Hessischen Ministeriums für Wissenschaft und Kunst und des vietnamesischen Ministers für Erziehung und Ausbildung gegründet. Das Ziel der Gründung ist die Etablierung einer Universität mit starkem Forschungsbezug und einem besonderen Schwerpunkt in den Bereichen Technologie sowie Ingenieur- und Wirtschaftswissenschaften. Die VGU hat 36 deutsche Partneruniversitäten inklusive der TU9-Universitäten. Zurzeit sind 1.700 Studierende an der VGU in 16 Bachelor- und Masterstudiengängen eingeschrieben. Bereits seit 2013 besteht der Studiengang Sustainable Urban Development (SUD) mit Professor Dr.-Ing. Hans-Joachim Linke (Fachgebiet Landmanagement) als Programmkoordinator, welcher seit dem Wintersemester 2019 auch als Joint-Degree an der TU Darmstadt stattfindet.

Momentan sind die Räumlichkeiten auf dem Binh Duong Campus untergebracht. Ein neuer größerer Campus befindet sich zurzeit im Bau und kurz vor der Fertigstellung, welcher 40 km entfernt von Ho Chi Minh City entsteht (s. Bild).



**Modell des neuen Campus**



**Baustellenaufnahme des Campus**

## NEUIGKEITEN AUS DEM FACHGEBIET ABWASSERWIRTSCHAFT

### IWA Seminar Biofilm Systems in Municipal Wastewater Treatment - Opportunities, Challenges and Limitations, Schweden 2020

Am 22. und 23. Januar 2020 fand in Malmö das Seminar der IWA Schweden zum Thema „Biofilm Systems in Municipal Wastewater Treatment - Opportunities, Challenges and Limitations“ statt. Dieses Seminar sollte eine Plattform liefern um Experten aus Forschung und Praxis zusammenzubringen um sich zum Potential von Biofilmsystemen in der Abwasserbehandlung auszutauschen. Auch eingeladen für eine Keynote-Lecture war Frau Prof. Susanne Lackner vom IWAR zum Thema „How do we move on with anammox in the mainstream?“. Die Veranstaltung bot so die Gelegenheit, Forschungsergebnisse zum Thema Deammonifikation im Hauptstrom und die Erfahrungen mit Biofilmsystemen am FG Abwasserwirtschaft dem interessierten Teilnehmerkreis nahezubringen, neue Kontakte zu knüpfen und alte Kontakte zu pflegen.

### IWA Nutrient removal and recovery conference (VIRTUAL CONFERENCE) 2020

Nach einer erfolgreichen Reihe von NRR-Konferenzen brachte die Konferenz zur Nährstoffentfernung und -rückgewinnung 2020 Spezialisten aus der ganzen Welt zusammen, um Ideen zur Grundlagenforschung und angewandten Forschung im Bereich der Nährstoffentfernungs- und -rückgewinnungstechnologien auszutauschen und zu entwickeln. Die Konferenz war eine gemeinsame Anstrengung der Aalto-Universität und der finnischen Umweltbehörde der Region Helsinki.

Aufgrund der Corona-Pandemie wurde die zuerst für Anfang Juni angesetzte Konferenz schließlich virtuell Anfang September durchgeführt. Dabei waren zahlreiche Mitglieder des Fachgebietes Abwasserwirtschaft involviert. Die Konferenz wurde mit diversen virtuellen Werkzeugen durchgeführt und organisiert. Trotz des ungewohnten Formats konnte ein reger Austausch erreicht werden und es gab in den einzelnen Sessions ausgedehnte Möglichkeit zur Diskussion. Dabei waren die Session-Redner jeweils Live (siehe Bild) zugeschaltet, während die Zuschauer über einen Chat die Möglichkeit hatten, Fragen zu stellen.



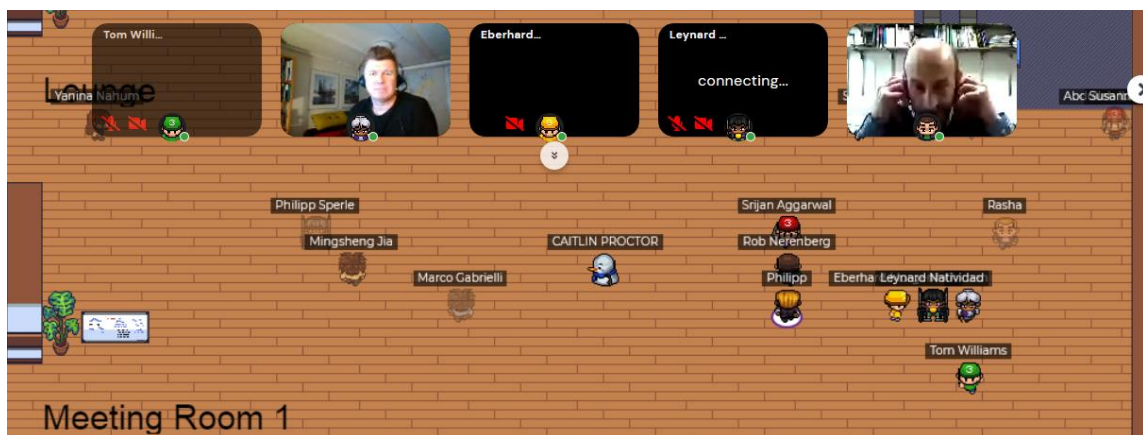
Session-Redner beantworten virtuell Fragen aus dem Publikum

Frau Prof. Dr. Susanne Lackner war für den Konferenzteil zum Thema „Microbial ecology in NRR process development“ als Leiterin aktiv. Im Rahmen der Session „Chemical P Removal“ hielt Herr Dr.-Ing. Thomas Fundneider den Vortrag „Tertiary Phosphorus Removal To Extremely Low Levels“ (Autoren: Thomas Fundneider, Luz Alejo und Susanne Lackner). In der gleichen Session kam auch Frau Dr.-Ing. Luz Alejo mit dem Vortrag „Wisdom Of The Crowd: Ensemble Methods To Forecast Extremely Low Levels Of Phosphorus In Advanced

Wastewater Treatment“ (Autoren: Luz Alejo, Thomas Fundneider, John Atkinson und Susanne Lackner) zum Zuge. In der Session zu dem Themenbereich „N<sub>2</sub>O Mechanisms“ hielt Herr Philipp Bunse, M.Sc. den Vortrag „Wolinella Succinogenes as a Possible Sink for Nitrous Oxide (N<sub>2</sub>O) in Wastewater Treatment Plants“ (Autoren: Philipp Bunse, Annika Vera Pidde, Sascha Hein, Jörg Simon und Susanne Lackner).

### IWA Specialist Conference Biofilms (VIRTUAL CONFERENCE) 2020

Im Dezember 2020 fand die „IWA Biofilms 2020 Virtual Conference: Emerging Trends and Developments“ statt. Die Konferenz hat Wissenschaftler, Branchenmitglieder, Berater und Endverbraucher zusammengebracht, um die neuesten Trends und Bedürfnisse für Biofilme im Wasserbereich zu diskutieren. Die Konferenz wurde von der University of Notre Dame ausgerichtet und vollständig digital durchgeführt. Neben einer Vielzahl von Workshops, gab es auch Postersessions und virtuelle Gatherings.



**Der virtuelle Raum der IWA Specialist Conference Biofilms sorgte für eine gute Atmosphäre und konstruktiven Austausch**

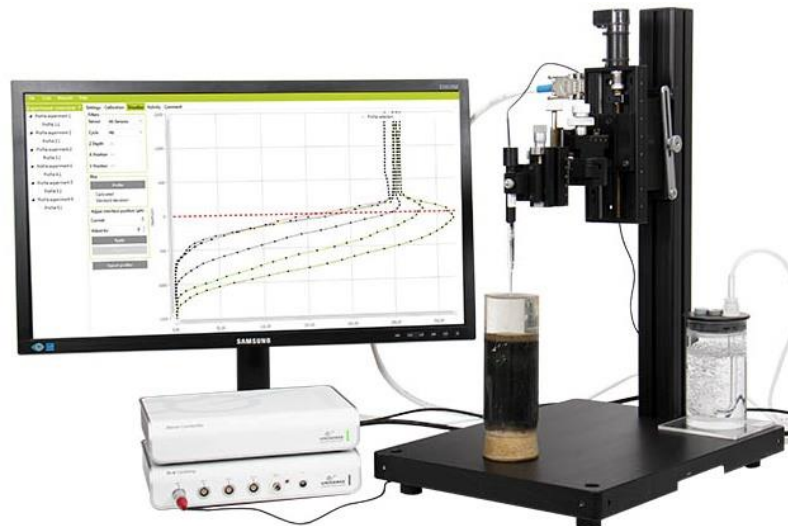
Frau Prof. Dr. Susanne Lackner war für den Konferenzteil zum Thema „Granular Sludge“ als Leiterin aktiv. In der Session zu dem Themenbereich „Membrane Aerated Biofilm Reactors (MABR)“ hielt Herr Philipp Bunse, M.Sc. den Vortrag „Impact of intense scouring on the performance of Membrane Aerated Biofilm Reactors“ (Autoren: Philipp Bunse, Annika Vera Pidde und Susanne Lackner).

### Neues MicroProfiling-System am Fachgebiet Abwasserwirtschaft

Das Unisense MicroProfiling-System ermöglicht die präzise Positionierung und Bewegung von Mikrosensoren, sodass Profile in einer schier unendlichen Anzahl verschiedener Anwendungen erstellt werden können. Das MicroProfiling-System bietet den vollen Nutzen der feinspitzigen Mikrosensoren (bis zu 10  $\mu\text{m}$  im Durchmesser klein), da mit dem MicroProfiling-System die Mikrosensoren mit Schrittgrößen von bis zu 0,5  $\mu\text{m}$  durch die Probe bewegt werden können.

Mit dem motorisierten Mikroprofilsystem können ein-, zwei- oder dreidimensionale Mikroprofile automatisch erstellt werden. Tiefe, Schrittgröße, Messzeit und Anzahl der Wiederholungen für das Experiment werden in Software definiert. Diese protokolliert auch die Daten und sie ermöglicht, Ergebnisse während der Messung zu visualisieren. Anschließend können in der Software Produktions- und Reduktionsraten ermittelt werden.





**Das neue MicroProfiling System (Quelle: Unisense A/S)**

Am Fachgebiet Abwasserwirtschaft wird das System (mit 1D motorisiertem Mikromanipulator) zunächst zur Analyse von Sauerstoffkonzentrationsprofilen im membranbelüfteten Biofilm verwendet. In Zukunft ist auch die Analyse von Lachgasprofilen in verschiedenen Biofilmen oder fixierten Bakterienproben geplant. Die Anwendung kann durch weitere Sensoren (z.B. Schwefelwasserstoff, pH-Wert und Redox) fast beliebig erweitert werden.

### **ZDF-Dokumentation über die Modau**

Am 11. November 2020 wurde eine 30-minütige Dokumentation über den Zustand der Modau gedreht. Auf Einladung der Stadtverwaltung Pfungstadt wurde für die Dreharbeiten eine Mikroplastik-Probenahme im Ablauf der Kläranlage Pfungstadt gezeigt. Dort wurde im Rahmen einer Masterarbeit Anfang 2020 die Reinigungsleistung des Sandfilters hinsichtlich Mikroplastikpartikeln bestimmt. Frau Prof. Dr. Susanne Lackner erläuterte die Ergebnisse der Untersuchungen und beantwortete Fragen zum Zusammenspiel von Kläranlagenabläufen und Gewässern. Die Dokumentation wird im Frühjahr 2021 in der Sendung „planet e.“ des ZDF ausgestrahlt.



**Prof. Dr. Susanne Lackner und Hajo Bitter, Dipl.-Ing. werden bei der Mikroplastikprobenahme von einem Filmteam begleitet**

### Neuigkeiten aus dem Fachgebiet Raum- und Infrastrukturplanung

Das Fachgebiet Raum- und Infrastrukturplanung wird kommissarisch von Prof. Linke geleitet, da eine Wiederbesetzung der zugehörigen Professur derzeit nicht absehbar ist. Das Fachgebiet bleibt ohne Institutsangehörigkeit solange bestehen, bis die dem Fachgebiet nach wie vor obliegenden Lehrverpflichtungen enden. Die nach den derzeit noch gültigen Studienordnungen vorgesehene Lehre wird über interne und externe Lehraufträge weiterhin gesichert. Die studentische Nachfrage nach den angebotenen Modulen ist nach wie vor hoch. So haben im letzten Sommersemester jeweils etwa 100 Studierende das B.Sc.-Modul „Grundlagen der räumlichen Planung“ und das M.Sc.-Modul „Umweltplanung“ belegt. Die Studierenden kamen hierbei aus unterschiedlichen Studiengängen (u.a. Bauingenieurwesen, Umweltwissenschaften, Verkehrswesen, Wirtschaftsingenieurwesen mit der technischen Fachrichtung Bauingenieurwesen).

Zum Start des Sommersemesters 2020 wurde das bisher im Format Vorlesung + Übung angebotene Modul „Infrastrukturplanung“ (6 CP) organisatorisch umstrukturiert. Es sind zwei neue Teilmodule „System of Infrastructure“ (3 CP) und „Economic assessment“ (3 CP) entstanden, die zum Sommersemester 2020 eingeführt wurden und in englischer Sprache gelehrt werden. Diese können ersatzweise kombiniert werden. Die Inhalte von Infrastrukturplanung werden in den Teilmodulen weiterhin vermittelt. Mit der Neustrukturierung und der Umstellung auf Englisch wird das Modul auch für internationale Studierende geöffnet und für das Masterprogramm „Sustainable Urban Development“ zugänglich gemacht.

## NEUIGKEITEN AUS DEM FACHGEBIET STOFFSTROMMANAGEMENT UND RESSOURCENWIRTSCHAFT

### Berliner Recycling- und Sekundärrohstoffkonferenz


Am 02. und 03. März 2020 fand die jährliche Berliner Recycling- und Sekundärrohstoffkonferenz statt. Frau Professor Dr. rer. nat. Liselotte Schebek war im wissenschaftlichen Beirat aktiv und nahm auch in diesem Jahr persönlich an der Veranstaltung teil. Die Berliner Recycling- und Sekundärrohstoffkonferenz bringt Experten aus Forschung, Politik, Industrie und Gesellschaft im deutschsprachigen Raum zusammen. In diesem Jahr beschäftigten sich die Vorträge in der Plenumsitzung zum Auftakt der Konferenz mit den nationalen und internationalen Herausforderungen der Kreislaufwirtschaft, etwa der Bewertung von Risiken in Rohstofflieferketten sowie vielversprechenden Ansätzen zu deren Überwindung, wie aktuellen Projekten des Bundesumweltministeriums. In den weiterführenden parallelen Sessions wurden u.a. die Themen Kunststoffe, Metalle und Elektronikschrott sowie Batterien behandelt. Ein hochaktuelles Themenfeld sind die Anwendungen von Digitalisierung und Robotik in Prozessketten des Recyclings. Wichtig sind zudem (gesamt-) wirtschaftliche Betrachtungen der Kreislaufwirtschaft, zu denen Frau Schebek eine entsprechende Session leitete. Hier wurden u.a. die Klimarelevanz der Rückgewinnung von Sekundärrohstoffen sowie Tradeoffs und Werttreiber der Circular Economy diskutiert. Insgesamt ermöglichte die Konferenz einen umfassenden Überblick über aktuelle Themen der Kreislaufwirtschaft und den intensiven Austausch zwischen den Teilnehmern, auch im Rahmen des abendlichen Konferenzdiners.

### SciCon – SETAC Europe 30th Annual Meeting in digitaler Form


Vom 03. bis 07. Mai 2020 fand die diesjährige SETAC Konferenz unter dem Motto „Open Science for Enhanced Global Environmental Protection“ statt. Aufgrund der Corona-Pandemie fand die 30. Ausgabe der Konferenz zum ersten Mal in digitaler Form statt. So konnte trotz der Einschränkungen ein fachlicher Austausch zur Umweltqualität in der Wissenschaft zwischen mehr als 1600 Delegierten aus aller Welt erfolgen.

Das Fachgebiet Stoffstrommanagement und Ressourcenwirtschaft trat auf der Konferenz mit zwei Beiträgen in Erscheinung: Herr Michael Gottschling, M.Sc. stellte seine Forschungsergebnisse zum Thema Mikroplastik in Kläranlagen aus dem Projekt PLASTRAT vor. Frau Steffi Weyand, M.Sc. hielt einen Vortrag mit dem Titel „Ökobilanzierung und neuartige Technologien: Was Ökobilanz über den Status Quo und Zukunftsperspektiven aussagt“.


**LCA and emerging technologies: What LCA tells us about the status quo and future prospects**



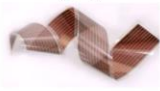
**Steffi Weyand\***, Liselotte Schebek  
Technical University Darmstadt, Germany,




Dye-sensitized cells (DSC)



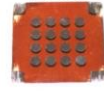
Organic cells (OPV)




Perovskite cells (PSC)



Quantum dot cells (QDPV)



04.05.2020 | SETAC SciCon | 3-7 May 2020 | Steffi Weyand | 1



Aufnahme des Online-Vortrags von Frau Steffi Weyand

### WiMi-Forschungsjahr am Fachgebiet SuR

Die wissenschaftlichen Mitarbeitenden des Fachgebietes Stoffstrommanagement und Ressourcenwirtschaft (SuR) haben am 05. Februar 2020 zum sechsten „Forschungsjahr“ (WiMi-Stammtisch) eingeladen.

Dieses Format, das alle zwei Monate alternierend an verschiedenen Fachgebieten bzw. Instituten stattfindet, soll Raum für Austausch und Vernetzung zwischen den wissenschaftlichen Mitarbeitenden des gesamten Fachbereichs bieten. Mit mehr als 40 Teilnehmenden stieß die Veranstaltung an diesem Abend auf große Resonanz.

Zu Beginn stellten die wissenschaftlichen Mitarbeitenden des Fachgebietes SuR ihre Forschungsaktivitäten kurz – in jeweils einer Minute (!) – vor. Daraufhin waren alle Teilnehmenden gefragt, als es in Kleingruppen darum ging, gemeinsame Anknüpfungspunkte zu schaffen und einander kennenzulernen. Dabei entwickelte sich ein reges Gespräch, das sich im anschließenden, informellen Teil des Abends fortsetzte.



Zusammenkommen verschiedener Fachgebiete des FB 13 in kollegialer Runde

### Life Cycle Innovation Conference 2020

Vom 26. bis 28. August 2020 fand die Life Cycle Innovation Conference (LCIC) unter dem Motto „Collaborate, Innovate, Co-Create“ statt. Das Fachgebiet Stoffstrommanagement und Ressourcenwirtschaft (SuR) war durch zahlreiche Beiträge vertreten.

Die LCIC wird im Zwei-Jahres-Rhythmus vom „Forum for Sustainability through Life Cycle Innovation“ (FSLCI) organisiert. In den drei Konferenztagen wurden die Themenbereiche Nachhaltige Innovationen, Kreislaufwirtschaft und Klimawandel behandelt. Eingeleitet wurden die Konferenztage durch Podiumsdiskussionen mit Leitvorträgen von Connie Hensler, Leiterin des Bereichs Umweltmanagement und Produktverantwortung bei Interface, Ken Webster, Direktor der International Society for Circular Economy und Håvard Haarstad, Leiter des Centre for Climate and Energy Transformation an der Universität Bergen.

In diesem Jahr fand die Konferenz erstmalig im Online-Format statt. Hierzu hatten die über 100 Teilnehmenden die Gelegenheit in Diskussions-Sessions, Workshops und Poster-Sessions zu diskutieren, sich auszutauschen und zu vernetzen. Ein besonderes Format der Konferenz sind die Barcamps, in denen Themenvorschläge aus dem Teilnehmenden-Kreis eigeninitiativ diskutiert werden.

Das Fachgebiet SuR war auf der Konferenz durch drei Vorträge von Frau Laura Göllner-Völker, Herrn Niklas Scholliers und Frau Steffi Weyand, sowie durch drei Posterbeiträge von Herrn Christian Dierks, Frau Julia Fischer und Frau Almut Güldemund vertreten.





Teilnehmende des FG-SuR an der Life Cycle Innovation Conference 2020

### Hybrides Doktorandenseminar

Nachdem das traditionell externe Doktorandenseminar im Frühjahr leider verschoben werden musste, wurde am Fachgebiet Stoffstrommanagement und Ressourcenwirtschaft getüftelt, wie der alljährliche kollegiale Austausch zur Präsentation des Standes der Dissertation gewährleistet werden kann.

Mithilfe eines vom Institut IWAR bereitgestellten Konferenzsystems ließ sich Mitte Juli eine hybride Veranstaltung in den Räumen der TU Darmstadt durchführen. Unter Einhaltung von Mindestabstand, Frischluftzufuhr und der im Raum zulässigen maximalen Personenanzahl konnte ein Zusammenkommen des ganzen Fachgebiets ermöglicht werden, bei dem jeweils ein Teil der Mitarbeitenden in Präsenz teilnehmen und ein Teil vor den Bildschirmen sitzen konnte. Die erfolgreiche Realisierung des Testbetriebs zum Zeitpunkt eines milden Pandemiegeschehens hat allen Kolleginnen und Kollegen große Freude bereitet und in der schwierigen Zeit des Social Distancing den Zusammenhalt gestärkt. Trotz der aktuellen Verschiebung aller Aktivitäten in den virtuellen Raum lässt sich darauf hoffen, dass bei einer verbesserten Situation im nächsten Sommer das Konzept einer hybriden Veranstaltung unter Wahrung aller Vorgaben erneut durchgeführt werden kann.



Im Sommer nachgeholtes hybrides Doktorandenseminar des FG Stoffstrommanagement und Ressourcenwirtschaft unter Einhaltung der derzeitigen Hygieneregeln

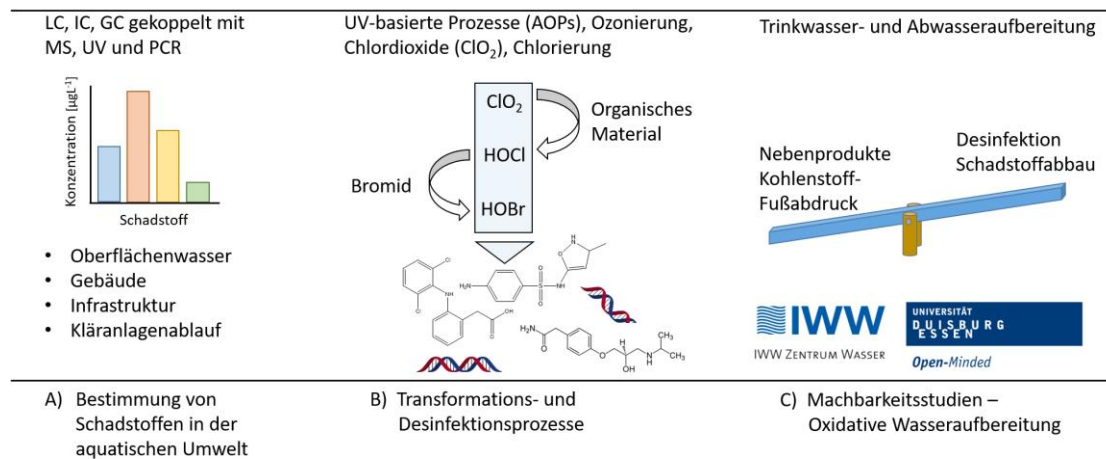


## NEUIGKEITEN AUS DEM FACHGEBIET UMWELTANALYTIK UND SCHADSTOFFE

### Vorstellung des neuen Fachgebiets Umweltanalytik und Schadstoffe

Das Fachgebiet "Umweltanalytik und Schadstoffe (UaS)" befasst sich im Rahmen der Forschung und Lehre mit den chemischen und physikalisch-chemischen Prozessen und dem Verhalten von Schadstoffen in der aquatischen Umwelt. Dieses Thema gliedert sich in drei Teilbereiche:

1. Bestimmung von Schadstoffen in der aquatischen Umwelt
2. Transformations- und Desinfektionsprozesse
3. Machbarkeitsstudien



### Schematische Darstellung der Themengebiete des Fachgebiets Umweltanalytik und Schadstoffe

Professor Dr. rer. nat. Holger Lutze leitet das Fachgebiet Umweltanalytik und Schadstoffe. Eine detaillierte Beschreibung der inhaltlichen Ausrichtung des Fachgebiets und eine Kurze Vita des Fachgebietleiters Professor H. Lutze sind in dem Hauptkapitel (Kapitel 2.6) des Fachgebiets zu finden.

### Eine Tagung unter erschwerten Bedingungen!

Das 4. Mülheimer Wasseranalytische Seminar (MWAS 2020) startete mit ganz besonderen Herausforderungen. Als eine der ersten Konferenzen während der Corona Pandemie begann das zweitägige Seminar am 16.09.2020. Das Fachgebiet Umweltanalytik und Schadstoffe wurde durch die wissenschaftlichen Mitarbeiter Sajjad Abdi, M.Sc. und Mischa Jütte, M.Sc. vertreten. Unter der Leitung von Prof. Dr. Torsten C. Schmidt (UDE) und Dr. Ulrich Borchers (IWW) behandelte die MWAS aktuelle Themen der Wasseranalytik. Der thematische Schwerpunkt lag auf den Themen „persistente, mobile, toxische Stoffe (PMT), Perfluorchemikalien (PFAS) und Digitalisierung/Datenverarbeitung. Dabei konnten neben vielen interessanten Vorträgen und Postern auch eine Ausstellung besucht werden um den neuesten Stand der Technik in Augenschein zu nehmen.

Die Konferenz wurde selbstverständlich unter genauester Berücksichtigung der Corona-Hygieneauflagen (AHA-Regeln) durchgeführt. Diese wurden vorbildlich von allen 150 Teilnehmenden eingehalten, sodass die Tagung zu keiner einzigen Corona Infektion geführt hat.



Sajjad Abdi (links) und Mischa Jütte auf der MWAS 2020



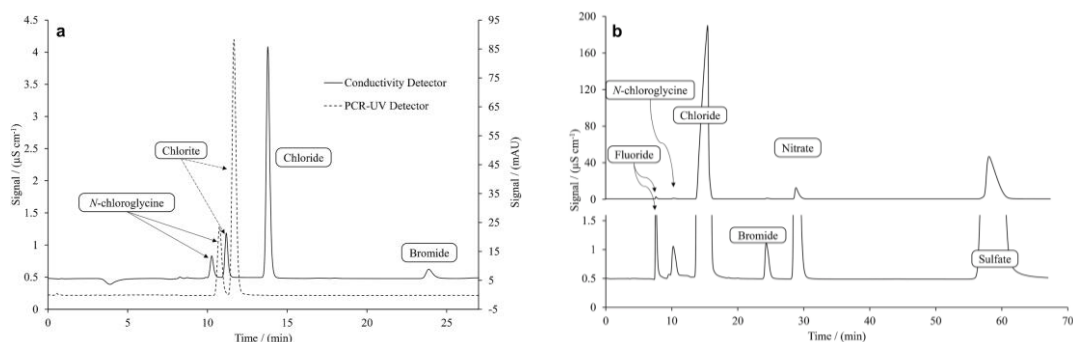
Die wissenschaftlichen Mitarbeiter Sajjad Abdi, M.Sc. und Mischa Jütte, M.Sc. informieren sich über den neusten Stand der CIC Technologie bei Vertretern der Firma Metrohm.



Einzelsitzplätze während der Seminare tragen dazu bei das Infektionsrisiko zu verringern

### Herausragende Publikation zur Messung von freiem Chlor

Die jüngste Veröffentlichung von Sajjad Abdi, M.Sc., Prof. Torsten Schmidt und Prof. Dr. Holger Lutze mit dem Titel „Determination of free chlorine based on ion chromatography - application of glycine as a selective scavenger“, wurde als ausgezeichnete Arbeit von Analytical and Bioanalytical Chemistry als Beitrag für das Titelblatt des Journals ausgewählt (Analytical and Bioanalytical Chemistry 412(28): 7713-7722).



IC-Chromatogramme der FAC-Messung als N-Chlorglycin in (a) einer Reinstwasserprobe mit 200 µg L-1 FAC und 200 µg L-1 ClO<sub>2</sub>; (b) einer Leitungwasserprobe, die mit 800 µg L-1 FAC versetzt und mit einem Leitfähigkeitsdetektor gemessen wurde (zu b): Oben, Chromatogramm zeigt das Gesamtchromatogramm, unten: vergrößerte Ansicht der Basislinie und kleinerer Peaks). (Analytical and Bioanalytical Chemistry 412(28): 7713-7722).

Sajjad Abdi, M.Sc. hat dabei eine neue Methode zur Messung von freiem Chlor (FAC), einem weltweit eingesetzten Desinfektionsmittel, entwickelt. Diese Methode basiert darauf, dass FAC mittels der Aminosäure Glyzin selektiv und quantitativ abgefangen wird, wobei Chlorglyzin entsteht, welches mittels Ionenchromatographie quantifiziert werden kann. Dabei ist es möglich über diesen Weg die Bestimmung von freiem Chlor in ionenchromatographische Routinemessungen zu integrieren. Im Vergleich zu anderen Methoden zur Bestimmung von FAC (z.B. Küvetten-Tests auf der Basis von DPD) weist die neue Methode eine geringere Anfälligkeit gegenüber Interferenzen mit Bestandteilen von Realmatrizes auf, behält dabei aber eine vergleichbare Nachweis- und Quantifizierungsgrenze.

### Venator-Award

Mischa Jütte, M.Sc. wurde am 15.12.2020 im Rahmen der Studienpreisverleihung für seine exzellente Masterarbeit mit dem Titel "Oxidation of nitrogen-containing micropollutants with chlorine dioxide in surface water" mit dem Venator-Preis ausgezeichnet. Der Venator-Award wird jährlich an die jahrgangsbesten Abschlussarbeiten des Studiengangs „Water Science“ verliehen.

In seiner Abschlussarbeit befasste sich Mischa Jütte, M.Sc. mit den Grundlagen der Reaktion von Chlordioxid mit organischen Verbindungen und leistete damit einen wichtigen Beitrag zur Verbesserung des Prozessverständnisses der oxidativen Wasseraufbereitung. Dabei zeigte er sehr eindrücklich, dass die Reaktionen von Chlordioxid mit organischen Verbindungen weit komplexer sind als bisher angenommen. Er konnte dennoch zeigen, dass der Abbau von Mikroschadstoffen mit Chlordioxid in Oberflächenwasser unter Verwendung repräsentativer Modellverbindungen mit einer guten Genauigkeit vorhergesagt werden kann. Insgesamt ist seine Arbeit sowohl für die Wissenschaft als auch für die Praxis der Wasseraufbereitung von großem Wert. Aktuell ist Mischa Jütte, M.Sc. Promotionsstudent im Fachgebiet Umweltanalytik und Schadstoffe (IWAR, TU Darmstadt) und arbeitet weiterhin an der Thematik der oxidativen Wasseraufbereitung.



Prof. Torsten Schmidt (links) überreicht Mischa Jütte, M.Sc. den Venator-Preis für seine Masterarbeit im Rahmen der Jahresabschlussfeier.

## NEUIGKEITEN AUS DEM FACHGEBIET WASSERVERSORGUNG UND GRUNDWASSERSCHUTZ

### Durch Prof. Dipl.-Ing. Dr. nat. techn. Urban unterstütztes StartUp *Sooqua* (BMWi) gewinnt TU Ideenwettbewerb und gründet die *PipePredict GmbH*

Mit der Mission, Sensordaten aus Wassernetzen mit künstlicher Intelligenz und einem digitalen Zwilling auszuwerten, um Rohrbrüche vorherzusagen und Wasserversorgungsnetze effizienter zu gestalten, startete das vom BMWi geförderte eXist-Projekt „Sooqua“ im November 2019. Seitdem unterstützt Herr Prof. Dipl.-Ing. Dr. nat. techn. Wilhelm Urban das Gründerteam bei dieser Mission und stellt dazu Fachexpertise, Branchenkontakte und technisches Know-how sowie einen Büroraum zur Verfügung.

Durch die Zusammenarbeit gewann das Projekt schnell an Professionalität und konnte bei der Teilnahme am TU Darmstadt Ideenwettbewerb am 12. Dezember 2019 eine Jury aus Professor\_innen der TU Darmstadt und Unternehmensvertreter\_innen aus der Wirtschaft überzeugen. Das überzeugende Konzept belegte den ersten Platz in der Kategorie „Wissenschaftler“. Als Aussteller auf dem anschließenden TU StartUp & Innovation Day konnten wertvolle Industrie- und Investorenkontakte geknüpft werden. Anschließend wurde das technische Konzept weiterentwickelt, sodass ein zusätzlicher Einsatz in der industriellen Produktion bei Chemie- und Pharmaunternehmen möglich wird. Aufgrund der Weiterentwicklung konnte der erste Platz im X-linker Programm des Digital Hubs (BMWi) am 06. Februar 2020 in Mannheim gewonnen werden.

Auch die Softwareentwicklung schritt durch ein Pilotprojekt in Frankreich voran. Durch die Anpassung der Software auf unterschiedliche Sensorik wurde es möglich, die technologische Anwendbarkeit auf Fernwärmenetze auszuweiten. Seit der Installation zusätzlicher Sensorik im Fernwärmenetz des Kunden im Februar werden etwa 7 Kilometer Rohrnetz digital überwacht und auf Leckagen überprüft. Aufgrund der positiven Entwicklung wurde beschlossen, eine Kapitalgesellschaft zu gründen, um die Software zur Nutzung durch weitere Kunden auf dem Markt anzubieten. In diesem Zuge wurde auch eine Umbenennung in die *PipePredict GmbH* vorgenommen, welche seit dem 06. März 2020 im Handelsregister eingetragen ist.



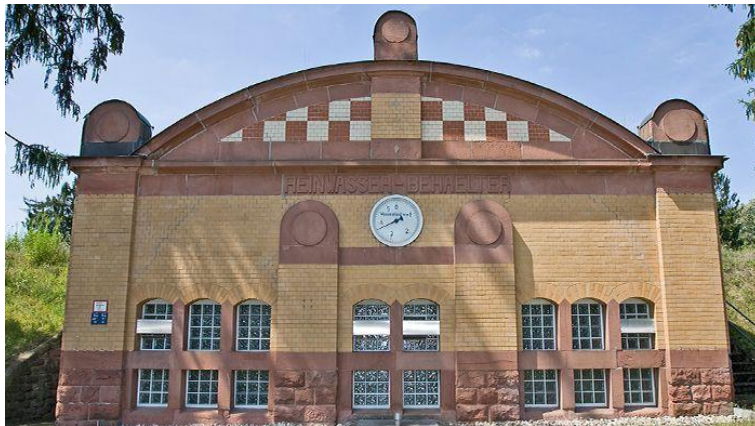
Links: PipePredict (früher Sooqua) gewinnt am 12. Dezember 2019 den ersten Platz des TU Darmstadt Ideenwettbewerbs in der Kategorie „Wissenschaftler“. Rechts: Gründer Christopher Dörner gewinnt mit PipePredict am 06. Februar 2020 den ersten Platz des de:Hub (BMWi) X-linker Programms in Mannheim.

### Exkursion zum Wasserwerk Käfertal bei Mannheim

Im Rahmen der Lehrveranstaltung „TropHEE“ ging es am 6. Februar 2020 nach Mannheim zum Wasserwerk Käfertal. Das Wasserwerk wurde 1888 erbaut und versorgt die Stadt mit Trinkwasser. Es ist bezogen auf die Liefermenge von ca. 3000 m<sup>3</sup> pro Stunde das größte Wasserwerk. Die 27 Brunnen sind sowohl in Flach- als auch in Tiefbaulage angelegt. Die



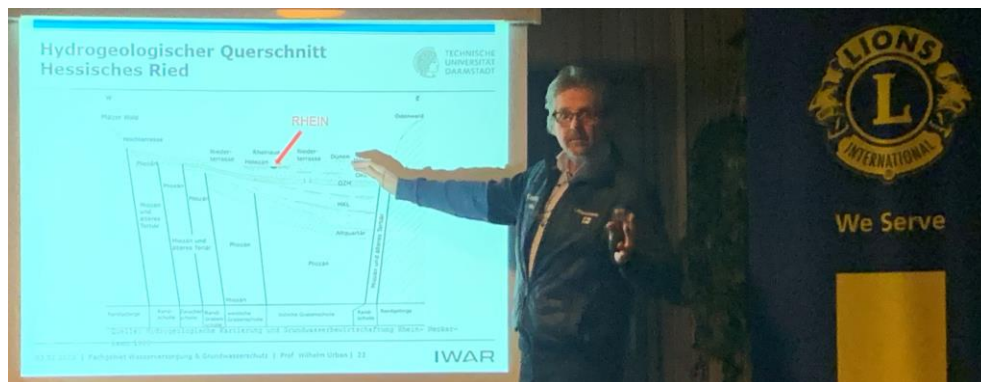
23 mitgereisten Studierenden waren sehr interessiert und beteiligten sich rege an den Diskussionen.



Das Wasserwerk in Mannheim-Käfertal.

### Trinkwasserversorgung im Hessischen Ried – Quo vadis?

Am 03. Februar 2020 waren Herr Prof. Dipl.-Ing. Dr. nat. techn. Wilhelm Urban und Herr Prof. Dr.-Ing. Hussain Al-Towaie beim Lions Club Rüsselsheim Cosmopolitan eingeladen, ab 19 Uhr einen abendfüllenden Vortrag über die Trinkwasserversorgung im Hessischen Ried zu halten. Prof. Urban ging kurz auf die historische Entwicklung ein, um im Weiteren den Fokus auf die künftigen Herausforderungen, die negativen Folgen des Klimawandels betreffend, zu legen.



Prof. Urban beim Vortrag beim Lions Club Rüsselsheim Cosmopolitan

### Wasserknappheit im Vogelsbergkreis

Was lange abstrakt und fern erschien, wird nun auch in Deutschland immer deutlicher spürbare Realität: Der Klimawandel und die einhergehende Trockenheit entwässern die Böden; Grund- und damit Trinkwasser wird knapp. Erste Versorgungskonflikte brechen aus. So auch zwischen dem Vogelsbergkreis und der Metropole Frankfurt am Main. Frankfurt bezieht seinen Bedarf an Trinkwasser zu einem großen Teil von dort. Ein anderer Teil kommt aus dem hessischen Ried, wo seit den 1980er Jahren der Grundwasserstand durch Infiltration von aufbereitetem Rheinwasser reguliert wird. Das kann im Vogelsberg nicht gemacht werden.

Zu der Problematik hat die Sendergruppe RTL den Experten für Grundwasserschutz Herrn Prof. Dipl.-Ing. Dr. nat. techn. Wilhelm Urban befragt. Das Interview mit ihm wurde am 27. Juni 2020 auf ntv und am 29. Juni 2020 auf RTL Hessen ausgestrahlt. Es wäre zwar in

Deutschland genügend Niederschlag und somit Grundwasser vorhanden. Dies ist aber ein Trugschluss, der durch statistische Mittelung entsteht. Im Grunde ist das Wasser sehr ungleich verteilt, sodass die zunehmenden Trockenperioden im Sommer zu einer Verschärfung des Problems führen.

### **Virtuelles Pressegespräch zum Thema „Strategie der Wasserverteilung in Deutschland“**

Am 27. August 2020 war Herr Prof. Dipl.-Ing. Dr. nat. techn. Wilhelm Urban Teilnehmer eines virtuellen Pressegesprächs des Science Media Centers Germany. Unter dem Titel „Nach dem trockenen Sommer und vor dem Abschluss des Nationalen Wasserdialogs – Mit welcher Strategie lässt sich das Wasser in Deutschland künftig gut verteilen?“ diskutierte er mit weiteren Experten über die Möglichkeit einer gerechten Verteilung von Trinkwasser in Deutschland in Zeiten des globalen Klimawandels und seiner Folgen. Das Thema Konkurrenz im Wasserbedarf wurde von ihm deutlich angesprochen: „beispielsweise in Hessen, [wo es] häufig der Fall gewesen [ist], dass man gleichzeitig Wasser für die Beregnung benötigt hat, gleichzeitig vielleicht noch ein hoher Grundwasserstand war, wo ein Feuchtgebiet geschützt wurde und Wasserversorgung ebenfalls jeden Tropfen brauchte, also der Wasserspiegel abgesunken ist.“ Er machte zudem auf die unterschiedlichen Formen der Entscheidungsfindung von lokalen Behörden aufmerksam. Er stellte aber auch klar, dass es eine gesetzliche Regelung gibt: „Einmal ist der Wasserversorger prioritär, dann das Feuchtgebiet, zum dritten Mal die Landwirtschaft.“

### **German Water Partnership – Regionalforum Afrika**

Herr Prof. Dipl.-Ing. Dr. nat. techn. Wilhelm Urban nahm am 27. Oktober 2020 an der Online-Konferenz des GWP-Regionalforums Afrika unter der Leitung von Herrn Michael Kersting (Sewerin GmbH) teil. Sehr informativ waren die Ausführungen von Frau Britta Ziemann, Geschäftsstellenleiterin des Mittelstand Global Wirtschaftsnetzwerkes Afrika des BMWi, GTAI und BMZ, eine neue Initiative der Bundesregierung. Sie stellte den neuen Africa Business Guide vor. Frau Lena Pahlenberg berichtete über das Markterschließungsprogramm des BMWi und Frau Natalie Kolbe als Leiterin von GAPWAS, German-African Partnership for Water and Sanitation, sehr ausführlich über eWACEE, The West African Clean Energy & Environment Trade Fair & Conference (WACEE) die 2020 als Online-Konferenz abgehalten wurde. Abschließend erläuterten die verbliebenen Teilnehmenden in der Blitzlichtrunde „Rat und Tat“ über deren aktuellen Afrika-Aktivitäten.

### **Teilnahme an BRiDGE II-Projekt**

BRiDGE II ist ein Projekt, das im Rahmen des Horizon 2020-Aufrufs SwafS-6-2018: Science4Refugees-Support für hochqualifizierte Flüchtlingswissenschaftler finanziert wird. BRiDGE II ist ein zweijähriges Projekt, das am 1. Dezember 2018 gestartet wurde. Das Projekt bietet eine Komplettlösung für die lokalisierte Beratung von Flüchtlingsforschenden (RRs) im Europäischen Forschungsraum (ERA) und ermöglicht es den 40 EURAXESS-Mitgliedern in der ERA, das Potenzial von RRs in ganz Europa zu identifizieren und zu nutzen. Herr Prof. Hussain Al-Towaie war aktiver Teilnehmer an verschiedenen Phasen dieses Projekts. Im Rahmen eines Interviews berichtete er über seine Erfahrungen, die für manche

Flüchtlingswissenschaftler mit ähnlichen sozialen und politischen Rahmenbedingungen hilfreich werden können. Das Interview ist online verfügbar.

### **Teilnahme am CARE-Projekt**

Das CARE-Projekt (Karriereförderung für Flüchtlingsforscher in Europa) ist ein 24-monatiges Projekt (Januar 2019 - Dezember 2020), das die Integration von Forschenden mit Flüchtlingshintergrund in den europäischen Forschungsarbeitsmarkt unterstützen soll. Herr Prof. Hussain Al-Towaie wird als Berater für das CARE-Projekt angenommen bzw. ernannt. Unter anderem war er Referent während eines „CARE Online Talk“, der am 25. September 2020 stattgefunden hat.

## 2 Forschungstätigkeiten am Institut IWAR

Im Folgenden werden zuerst die fachgebietsübergreifenden Forschungsvorhaben beschrieben, gefolgt von der Vorstellung der sechs Fachgebiete und deren Forschungstätigkeiten.

Insgesamt drei fachgebietsübergreifende und 35 fachgebietsbezogene Forschungs- und Entwicklungsprojekte wurden im Berichtsjahr 2020 am Institut IWAR betreut.

Die Förderung der Forschungsprojekte erfolgte durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU), der Förderinitiative für interdisziplinäre Forschung, dem European Union LIFE programme, der Willy-Hager-Stiftung, die TU Darmstadt, die Fritz und Margot Faudi-Stiftung, die Gerda-Henkel-Stiftung, die DBU, den DAAD, DFG, RMU, AVLEE sowie durch verschiedene Abwässerverbände. Weiterhin wurden Projekte bearbeitet, die von der Industrie gefördert wurden.

Die Beschreibung der Fachgebiete erfolgt über die unten skizzierten Inhalte:

- Vorstellung der Schwerpunkte der einzelnen Fachgebiete einschließlich der Fachgebietsleitung
- Laufende und fertiggestellte Forschungsprojekte mit den jeweiligen Ansprechpartnern
- Abgeschlossene Bachelor- und Masterarbeiten
- Workshops- und Seminarbeiträge bzw. -teilnahmen sowie Forschungsaufenthalte
- Veröffentlichungen und Konferenzbeiträge





## 2.1 Fachgebietsübergreifende Forschungstätigkeiten

Die fachgebietsübergreifenden Forschungstätigkeiten am Institut IWAR gliedern sich in drei große Forschungsprojekte, welche nachfolgend kurz beschrieben und im weiteren Verlauf näher dargestellt werden:

- **Identifikation von industriellen Plastik-Emissionen mittels innovativer Nachweisverfahren und Technologieentwicklung zur Verhinderung des Umwelteintrags über den Abwasserpfad (EmiStop)**

Das Verbundprojekt EmiStop wird im Zuge des BMBF-Forschungsschwerpunktes „Plastik in der Umwelt – Quellen, Senken, Lösungsansätze“ gefördert. Es soll die Plastikemission durch Industrieabwässer in die Umwelt entlang der Wertschöpfungskette von Kunststoffprodukten identifiziert und Lösungsansätze erarbeitet werden. Die Fachgebiete Abwasserwirtschaft und Abwassertechnik bearbeiten das Projekt gemeinsam.

- **Water-Reuse in Industrieparks (WaReIp)**

Im fachgebietsübergreifenden Forschungsprojekt WaReIp wird eine Methode entwickelt, die zur Entscheidungsunterstützung für industrielle Anwender geeignet sein wird, um Maßnahmen, Verfahren oder Nutzungsänderungen für industrielle Wässer, Abwässer und darin enthaltene Wertstoffe zu identifizieren und auszuwählen sowie deren Nutzen mit Hilfe der entwickelten ganzheitlichen Entscheidungsinstrumente zu bewerten. Darüber hinaus werden im Rahmen des Projektes neue Verfahren zur Abwasserreinigung erprobt.

- **Regionales Phosphorrecycling im Rhein-Main-Gebiet unter Berücksichtigung industrieller und agrarischer Stoffkreisläufe (RePhoRM)**

Das Verbundprojekt RePhoRM ist ein vom BMBF im Rahmen des Förderprogramms „Forschung und Nachhaltige Entwicklung (FONA3)“ gefördertes Forschungs- und Entwicklungsvorhaben zum Thema „Regionales Phosphor-Recycling (RePhoR)“. Ziel des Projektes ist die Entwicklung eines Konzepts zur technologischen und strategischen Rückgewinnung von Phosphor aus Klärschlammaschen im Rhein-Main-Gebiet.

### 2.1.1 EmiStop

#### Identifikation von industriellen Plastik-Emissionen mittels innovativer Nachweisverfahren und Technologieentwicklung zur Verhinderung des Umwelteintrags über den Abwasserpfad

##### Fördergeber:

Bundesministerium für Bildung und Forschung

##### Förderzeitraum:

01.01.2018 – 30.06.2021

Die allgemeine Verschmutzung der Umwelt durch Kunststoffe gerät immer stärker in den Fokus der Öffentlichkeit. Plastik ist mittlerweile ubiquitär, auch in limnischen und marinen Ökosystemen. Die Mengen, Eintragspfade und Abbaumechanismen sind kaum bekannt. Deshalb beschäftigen sich immer mehr Forschungseinrichtungen mit unterschiedlichen Aspekten von Kunststoffen in der Umwelt.

Im Zuge des BMBF Forschungsschwerpunktes „Plastik in der Umwelt – Quellen, Senken, Lösungsansätze“ startete Anfang des Jahres das Verbundprojekt „EmiStop“ mit einer Laufzeit von drei Jahren. In diesem soll die Plastikemission durch Industrieabwasser in die Umwelt entlang der Wertschöpfungskette von Kunststoffprodukten identifiziert und Lösungsansätze erarbeitet werden.

Die Fachgebiete Abwasserwirtschaft und Abwassertechnik arbeiten zusammen mit vier weiteren Projektpartnern an Analyseverfahren und Technologieentwicklungen zur Verhinderung des Umwelteintrages über den Abwasserpfad. Mittels Dynamischer Differenzkalorimetrie und Raman-Mikrospektroskopie sollen die Kunststofffrachten qualifiziert und quantifiziert werden. Korrelationen zwischen Kunststoffen und wasserchemischen Routineanalysen werden untersucht und Bilanzierungen mittels Tracer-Tests durchgeführt. Durch

Bilanzierungen bei kooperierenden Industriebetrieben werden Emittenten identifiziert und bestehende Technologien und Konzepte zum Partikelrückhalt bewertet. Methoden zur Partikelabtrennung (z.B. Flockung) werden zur Abtrennung von Mikroplastik optimiert. Sozioökonomische Aspekte werden im Rahmen einer Multi-kriterienanalyse betrachtet und die Öffentlichkeit im Zuge von Delphi-Befragungen mit einbezogen.

Das Projekt wurde aufgrund der aktuellen Einschränkungen in den Betriebsbegehungen, Probenahmen um Labortätigkeiten um ein halbes Jahr bis Juni 2021 verlängert.



##### Fachgebiet Abwassertechnik

Prof. Dr.-Ing. M. Engelhart

Luisa Barkmann, M.Eng.

##### Fachgebiet Abwasserwirtschaft

Prof. Dr. Susanne Lackner

Dipl.-Ing. Hajo Bitter

### 2.1.2 WaReIp

#### Water-Reuse in Industrieparks

##### Fördergeber:

Bundesministerium für Bildung und Forschung

##### Förderzeitraum:

01.10.2016 – 30.09.2020

Mit dem Ansatz „Water-Reuse in Industrieparks (WaReIp)“ will man zur Optimierung von Wassernutzung und Rohstoffrückgewinnung aus Abwasser in Industrieparks beitragen. Ziel des interdisziplinären Projektkonsortiums ist die Entwicklung eines methodischen Vorgehens zur Entscheidungsunterstützung für industrielle Anwender, um Einflüsse für (Wieder-)nutzung von industriellen Wässern und Abwässern zu bestimmen sowie den Nutzen zu bewerten.

Um Potentiale zur Wiederverwendung von behandeltem Abwasser in einem Industriepark erfassen und bewerten zu können, wurden zusätzliche Gespräche und Interviews mit Experten aus den verschiedensten Abteilungen und Aufgabenbereichen eines Industrieparks geführt. Darauf aufbauend und gestützt auf Daten, teils aus der Modellierung von Reinigungsverfahren, teils auf Daten aus der Literatur, wurden Umweltauswirkungen der Wiederverwendung von Wasser innerhalb und außerhalb des Industrieparks unter Verwendung verschiedener Wiederverwendungsfaktoren berechnet.

Die im Rahmen des WaReIp-Projektes geplanten Versuchsanlagen wurden Anfang August 2020 auf dem Werksgelände der Merck KGaA in Gernsheim aufgebaut. Ziel der Pilotierung ist es, den Einfluss von hohen Salzgehalten auf den Stofftransport an der Gas-Flüssig-Grenzfläche bei der aeroben Abwasserbehandlung zu untersuchen. In separaten Versuchen werden von der EnviroChemie GmbH (Roßdorf) parallel

Entsalzungsverfahren erprobt. Waren die Monate August und September von Installationsarbeiten und Vorversuchen geprägt, fiel der Startschuss zum kontinuierlichen Anlagenbetrieb mit realem Industrieabwasser im Oktober 2020. Begangen wurde dies mit einer kleinen Feier an der sowohl Vertreter aller beteiligten Projektpartner sowie die Merck KGaA teilnahmen.

Zwischen dem 3. und 4. Dezember 2020 fand in Berlin die Abschlusskonferenz der BMBF-Fördermaßnahme WavE statt. Die konzeptionellen Projekthalte wurden abgeschlossen und damit endet für manche Projektpartner das Projekt zum Jahresende. Ausgenommen sind Projektpartner, die an den praktischen Versuchen beteiligt sind, darunter auch die TU Darmstadt, für die das Projekt bis zum 30.09.2020 kostenneutral verlängert wurde.



#### Fachgebiet Abwassertechnik

Prof. Dr.-Ing. Markus Engelhart  
Prof. Dr.-Ing. habil. Martin Wagner  
Justus Behnisch, M.Sc.

#### Fachgebiet Stoffstrommanagement und Ressourcenwirtschaft

Prof. Dr. rer. nat. L. Schebek  
Almut Güldemund, M.Sc.

### 2.1.3 RePhoRM

#### Regionales Phosphorrecycling im Rhein-Main-Gebiet unter Berücksichtigung industrieller und agrarischer Stoffkreisläufe

##### Fördergeber:

Bundesministerium für Bildung und Forschung

##### Förderzeitraum:

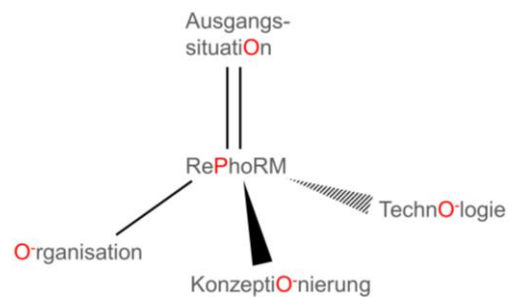
01.02.2020 – 31.07.2020

Mit Artikel 4 der Verordnung zur Neuordnung der Klärschlammverwertung vom 27.09.2017 wird von Kläranlagenbetreibern bis Ende 2023 ein Bericht über die geplanten und eingeleiteten Maßnahmen zur Sicherstellung der ab 1. Januar 2029 (GK 5) durchzuführenden Phosphorrückgewinnung gefordert. Während in Bezug auf die Entsorgung in Ballungsräumen die thermische Verwertung klar im Fokus steht, ist bei der Phosphorrückgewinnung unklar, ob nass- oder thermochemische Verfahren zur Extraktion des Phosphors zum Einsatz kommen bzw. welche regionalen Stoffkreisläufe mit den Rezyklaten und Restprodukten geschlossen werden können oder ungewollt erzeugt werden.

Unter der Leitung des Fachgebietes Abwassertechnik wurden im Rahmen der Konzeptphase technische und organisatorische Möglichkeiten für ein regionales Phosphorrecycling aus Klärschlammaschen geprüft. Zur Entscheidungsfindung wurden neben den Randbedingungen der jeweiligen Konzeptpartner auch regionale Zusammenhänge berücksichtigt und die Technologieoptionen durch das Fachgebiet Stoffstrommanagement und Ressourcenwirtschaft im Rahmen einer Ökobilanz bewertet. Aufbauend auf diesen Ergebnissen wurden gezielt Technologieanbieter kontaktiert und eine Lösung für das Rhein-Main-Gebiet eruiert. In Einklang mit der hessischen Res-

sourcenschutzstrategie soll aus Klärschlammasche großtechnisch ein Düngemittel hergestellt werden, welches in der Landwirtschaft Anwendung finden und somit direkt dem Phosphorkreislauf zurückgeführt werden kann. Nach erfolgreicher Begutachtung des Konzepts besteht die Möglichkeit eine Förderung für eine fünfjährige Umsetzungsphase zu erhalten.

Weitere Beteiligte an der Konzeptphase waren die Fraunhofer-Einrichtung für Wertstoffkreisläufe und Ressourcenstrategie IWKS in Alzenau, die Becker Büttner Held PartGmbH aus Berlin, die Thermische Verwertung Mainz GmbH, die Stadtentwässerung Frankfurt am Main, die Entega Abwasserreinigung GmbH & Co. KG und der Abwasserverband Langen/Egelsbach/Erzhausen.



**Fachgebiet Abwassertechnik**  
Prof. Dr.-Ing. Markus Engelhart  
Johannes Rühl, M.Sc.

**Fachgebiet Stoffstrommanagement und Ressourcenwirtschaft**  
Prof. Dr. rer. nat. L. Schebek  
Christian Dierks, M.Sc.

## 2.2 Fachgebiet Abwassertechnik

### 2.2.1 Vorstellung des Fachgebiets

#### Fachgebietsleitung Abwassertechnik

Das Fachgebiet Abwassertechnik am Institut IWAR beschäftigt sich schwerpunktmäßig mit der Verfahrenstechnik und Technologieentwicklung zur Behandlung kommunaler und industrieller Abwässer und Schlämme. Durch die Vielfalt möglicher technologischer Lösungsansätze (z.B. Belebtschlammverfahren, anaerobe Abwasserreinigung, chemisch-physikalische Verfahren) liegt ein Schwerpunkt der Lehr- und Forschungstätigkeit auf der Bewertung des Zusammenwirkens und der gegenseitigen Abhängigkeiten von Prozessschritten in unterschiedlichen Verfahrenskombinationen. Dazu werden angewandte Grundlagen der biologischen Abwasserreinigung und Schlammbehandlung ebenso vermittelt, wie chemisch-physikalische Grundoperationen (chemische Oxidation, Fällung/Flockung, Adsorption) und Membrantechnik. Versuchs- und Pilotanlagen im Technikum und auf dem Versuchsfeld des Fachgebiets in Eberstadt dienen der praxisnahen Erprobung und dem Scale-up der neuen Technologien. Aktuelle Forschungsprojekte beschäftigen sich dazu mit der Co-Vergärung von Flotatschlamm zur Erhöhung der Biogasproduktion in einer Hochlastfaulung, dem Einfluss hoher Salzkonzentrationen auf den biologischen Abbau und den Sauerstoffeintrag in Industrieabwässern sowie der Wiederverwendung von gereinigtem Abwasser in Industrie und Kommunen. Semizentrale Ver- und Entsorgungssysteme werden traditionell mit Partnern in China erforscht und weiterentwickelt.

Ein weiterer Schwerpunkt des Fachgebiets liegt auf richtungsweisenden Fragestellungen zur Behandlung von Industrieabwasser mit Partnern aus der Lebensmittelproduktion und der chemisch-pharmazeutischen Industrie. Durch die stark von kommunalen Abwässern abweichenden Zusammensetzungen sollen hier verstärkt Optionen der produktionsnahen Ressourcenrückgewinnung (Rohstoffe, Energie) und des Wasserrecyclings überprüft werden, um „Mehrwert“ aus Abwasser zu erzeugen.



**Geschäftsführer Institut IWAR**  
 Prof. Dr.-Ing. habil.  
 Martin Wagner

**Fachgebietsleitung**  
 Abwassertechnik  
 Prof. Dr.-Ing. Markus Engelhart





## 2.2.2 Laufende Forschungsprojekte

### Strategien zur Überwindung leistungsmindernder und destabilisierender Effekte von Industriechemikalien auf anaerobe Granula

#### Fördergeber:

Willy-Hager-Stiftung, Stuttgart

#### Förderzeitraum:

01.10.2018 – 31.03.2021

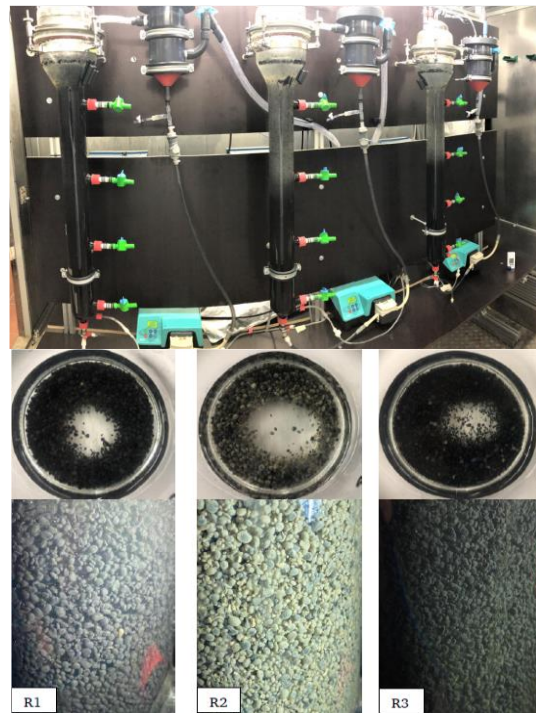
Im Rahmen des Forschungsprojektes sollen die Auswirkungen zweier Klassen von Additiven auf die anaeroben Granula und die daraus resultierenden Folgen für den Reaktorbetrieb untersucht werden. Hierzu werden im labortechnischen Maßstab Anaerobanlagen mesophil betrieben und unterschiedlichen Hemmstoffexpositionen ausgesetzt. Nach Identifizierung der Hemmstoffkonzentrationen und der zur Leistungsminderung führenden Mechanismen, stehen die Ableitung und Entwicklung von Maßnahmen zur Sicherung der Betriebsstabilität sowie Optimierung im Fokus des Forschungsvorhabens.

Die Leistungsfähigkeit anaerober Schlammbedreaktoren sowie deren Betriebsstabilität sind in starkem Maße von der Aktivität der anaeroben Biozönose bzw. vom Zustand der anaerob granulierten Biomasse abhängig. Bereits geringfügige Veränderungen der Substratzusammensetzung können sich nachteilig auf den Prozess auswirken sowie Struktur, Eigenschaft und Zusammensetzung der anaeroben Granula signifikant beeinträchtigen, wodurch der Zerfall der Schlamm pellets hervorgerufen werden kann.

In lebensmittelproduzierenden Betrieben, wie z.B. Brauereien und Fruchtsaftproduktionen, kommen zur Reinigung und Desinfektion der Produktionsanlagen verschie-

dene Industriechemikalien, oberflächenaktive Substanzen sowie Additive zum Einsatz.

Nach Inbetriebnahme aller Versuchsreaktoren sowie Erreichen einer stabilen Betriebsphase starteten die Untersuchungen der ersten Versuchsphase, in der die kontinuierliche Hemmstoffexposition durchgeführt wurde. Ersten Ergebnissen zufolge bewirken quarternäre Ammoniumverbindungen akute sowie irreversible Hemmungen. Komplexbildner hingegen beeinflussen lediglich physikalisch-chemische Eigenschaften der Biomasse, führen jedoch nicht zu einem totalen Reaktorversagen.



**AnsprechpartnerInnen**  
 Prof. Dr.-Ing. Markus Engelhart  
 Sinem Kale, M.Sc.

## WOBes

### Weitergehende Optimierung von Belüftungssystemen - Untersuchung zur Effizienzsteigerung feinblasiger Druckbelüftungselemente durch angepasste Verfahrens- und Betriebsführung

#### Fördergeber:

Bundesministerium für Bildung und Forschung

#### Förderzeitraum:

01.07.2017 – 30.09.2021

Im Rahmen des Projektes sollen Möglichkeiten einer optimierten Betriebs- und Verfahrensführung bei zweistufigen Belüftungsanlagen untersucht werden, die den Energieverbrauch bei der Abwasserreinigung durch Einsparungen im Bereich der Belüftung senken.

Dazu wird in der Versuchsanlage kontinuierlich Schlamm aus den nebenstehenden Belebungsbecken in zwei belüftete Reaktoren gepumpt. Die Abluft aus diesen Belüftungstürmen wird aufgefangen und deren Sauerstoffgehalt mit einem Prozessgasanalysator gemessen. Mit den aufgezeichneten Daten kann die Sauerstoffausnutzung begleitend zum Betrieb des Belebungsbeckens bestimmt werden. Die Versuchsanlage ermöglicht bei langen Betriebszeiträumen neben Tagesschwankungen im Sauerstoffübergang auch saisonale Schwankungen zu erfassen. Im August 2020 ist die Versuchsanlage auf das Betriebsgelände der Stadtentwässerung Mannheim umgezogen. Der Betrieb auf der einstufigen Belebungsanlage dient dem Vergleich mit der zuvor untersuchten zweistufigen Belebung.

In Kooperation mit dem Fachgebiet Geodätische Messsysteme und Sensorik (GMSS) und dem Fachgebiet Fernerkun-

dung und Bildanalyse (FEK) wird eine wissenschaftliche Methode zur Aufnahme und Bewertung des Blasenbildes auf der Beckenoberfläche entwickelt. Die Methode soll eine schnelle und kostengünstige Bewertung der Leistungsfähigkeit von Belüfterelementen ermöglichen, ohne in den Regelbetrieb einer Kläranlage störend eingreifen zu müssen.



Im Unterprojekt OptiMaBel (Optimierung material- und Lay-out-technischer Parameter von Belüftungselementen bei der biologischen Abwasserbehandlung) wird das Membranmaterial von Belüfterelementen genauer unter die Lupe genommen. Die Zusammenarbeit erfolgt mit dem Fachgebiet Statik von Prof. Dr.-Ing. Jens Schneider, das sich mit dem Materialverhalten von Silikon als Werkstoff in der Glasfassadentechnik experimentell und numerisch beschäftigt. Ziel ist es, das Verhalten unterschiedlicher Membranmaterialien, Schlitztypen und -weiten bei Dehnung genauer zu beschreiben und mit dem möglichen Sauerstoffeintrag zu korrelieren.



**Ansprechpartner**  
Prof. Dr.-Ing. habil. Martin Wagner  
Maximilian Schwarz, M.Sc.



## IntenKS

### Intensivierung der Klärschlammbehandlung zur energetischen und stofflichen Nutzung in China unter Einsatz thermaler Verfahren

#### Fördergeber:

Bundesministerium für Bildung und Forschung

#### Förderzeitraum:

01.11.2018 - 31.12.2021

Im Vorhaben IntenKS werden sowohl Möglichkeiten zur stofflichen als auch zur energetischen Verwertung von Klärschlamm in China untersucht. Die Behandlung des Klärschlammes mittels Thermo-Druckhydrolyse (TDH), hydrothormaler Carbonisierung (HTC) und anaerobe Stabilisierung wird durch Untersuchungen zu Prozesswasserbehandlung, Sauerstoffeintrag und Reststoffverwertung ergänzt. Hieraus soll ein integriertes Konzept zum Management anfallender Reststoffe entwickelt und qualifiziert werden.

Die insgesamt drei Pilotanlagen können aufgrund der anhaltenden Corona-Pandemie nicht in China betrieben werden, weshalb die Forschungsfragestellungen in Deutschland bearbeitet werden. Weiterhin erfordert der Ausstieg des Druckreaktorbauers als Projektpartner eine Umstrukturierung des Pilotbetriebs. Die halbtechnischen Anlagen der TU Darmstadt („Prozesswasserbehandlung“ und „Belüftung“) werden nun auf dem institutseigenen Versuchsgelände Darmstadt-Eberstadt aufgestellt und betrieben. Dies bedingt den Transport der bei Projektpartner Aqseptence in China fertiggestellten Anlage „Belüftungstechnik“ nach Deutschland. Die Anlage „Prozesswasserbehandlung“ wird derzeit in Meschede gefertigt. Die Inbetriebnahme beider Anlagen ist im März/April 2021 vorgesehen.

Zur Vorbereitung des Betriebs der Anlage „Prozesswasserbehandlung“ wurden aerobe biologische Abbauprobversuche des HTC-Prozesswassers durchgeführt. Daraus ließ sich eine nur ungenügende biologische Elimination organischer Verbindungen ableiten, die in der Planung der Pilotanlage mit einer weiteren Verfahrensstufe berücksichtigt wurde. Ein Vergleichsversuch zwischen IWAR und Projektpartner TU Braunschweig (Institut für Siedlungswasserwirtschaft) zu TDH und anschließender Faulung zeigte, dass trotz unterschiedlicher TDH-Reaktorsysteme prinzipiell vergleichbare Methangasausbeuten zu erwarten sind.

Im Oktober ging die neue Projekthomepage im neuen Responsive Design der TU Darmstadt online, auf der über aktuelle Projektentwicklungen berichtet wird.

Projekthomepage:

[www.intenks.tu-darmstadt.de](http://www.intenks.tu-darmstadt.de)



**Ansprechpartner**  
 Prof. Dr.-Ing. Markus Engelhart  
 Prof. Dr.-Ing. habil. Martin Wagner  
 Tobias Blach, M.Sc.  
 Maximilian Schwarz, M.Sc.

## **Funktionale nanoporöse Membranen zur selektiven Entfernung von Mikroverunreinigungen in der Wasserwiederverwendung**

### **Fördergeber:**

Förderinitiative für interdisziplinäre Forschung

### **Förderzeitraum:**

01.11.2018 – 30.06.2020

Die nachhaltige Verfügbarkeit und Bewirtschaftung von Wasser im Sinne der UN „Sustainable Development Goals“ kann durch Wiederverwendung bereits genutzten Wassers effektiv gestützt werden. Das Schließen von Wasserkreisläufen setzt jedoch eine weitgehende Entfernung von Spurenstoffen und Mikroverunreinigungen voraus. Bisher verwendete Technologien zur Abtrennung von Mikroverunreinigungen erfordern in der Regel einen hohen Energieeinsatz zum Stoffabbau oder weisen mangelnde Selektivität beim Stoffrückhalt auf. Nanoporöse Hybridmembranen mit funktionellen Trennschichten stellen eine vielversprechende Neuentwicklung zur Erhöhung der Membranselektivität bestimmter Substanzen dar. Durch die Anpassung der Funktionalisierung der Grenzschichten (Ladezustand, Hydrophilie), z.B. durch pH-abhängige zwitterionische Polymere, kann die Permeation in Membranporen verhindert oder beschleunigt werden. Die Funktionalität und Beständigkeit solcher Grenzflächenschichten unter anwendungsbezogenen Prüfbedingungen in Bezug auf Druck, pH-Wert, Querstrom, Durchlässigkeit und Vorhandensein anderer Inhaltsstoffe ist noch nicht bekannt.

Die interdisziplinäre Zusammenarbeit der Arbeitsgebiete „Smart Membranes“ und „Abwassertechnik“ erforscht die Grundla-

gen der Herstellung funktionalisierter nanoporöser Trennschichten auf makroporösen Substraten und deren Verhalten bei der Crossflow-Filtration von Mikroschadstofflösungen und Abwasser. Permeabilität und Selektivität werden durch wiederholte Iteration optimiert und mit einer handelsüblichen polymeren NF-Membran als Benchmark verglichen.



### **Projektende:**

Im Rahmen des Projekts wurden erfolgreich mesoporöse Silicaschichten auf Celluloseacetatsubstrate aufgebracht. Zur Quantifizierung der Beschichtungen wurden verschiedene Techniken entwickelt, die zeigten, dass hinsichtlich der Größe weiterer Forschungsbedarf besteht. In weiterer Forschung soll die Funktionalisierung der Silicaschicht durch Addition spezifischer Polymere weiterentwickelt werden, um Mikroschadstoffe selektiver zu trennen. Diese Funktionalisierung gelang bereits im Projekt, zeigte jedoch eine zu geringe Selektivität bzw. Rückhalt gegenüber ausgewählten Modellschadstoffen.



**Ansprechpartner**  
 Prof. Dr.-Ing. Markus Engelhart  
 Fabian-Hagen Leskow, M.Sc. M.Eng.

### 2.2.3 Abgeschlossene Bachelor- und Masterarbeiten

#### Bachelorarbeiten

Untersuchung des Sauerstoffeintrags verschiedener feinblasiger Belüfertypen bei erhöhten Salzkonzentrationen

Probenahmekonzepte zur Ermittlung von Kunststoffemissionen von Industriebetrieben

Auswirkungen von Kunststoffpartikeln auf Summenparameter zur Abwassercharakterisierung

Identifikation und Diskussion der Reaktionsmechanismen hydrothermischer Verfahren zur Klärschlammbehandlung

Bewertung der hemmenden Wirkung verschiedener Einzelsubstanzen und Abwässer auf die Nitrifikation von Belebtschlamm

#### Masterarbeiten

Entwicklung eines ganzheitlichen Abwasserbehandlungskonzepts der ABA Buriej in Gaza-Stadt mit einer Kaskadendenitrifikation im Hauptstrom zur Optimierung der Prozesswasserbehandlung

Technologievergleich in der Prozesswasseraufbereitung der PVC-herstellenden Industrie

Auslegung einer Aufbereitungsanlage für Prozessabwässer aus der Polymerherstellung

Leistungsfähigkeit einer Membranbelebungsanlage im Kontext einer weitergehenden Stickstoff- und Phosphorelimination

Vergleichende Bewertung zentraler und dezentraler Abwasser- und Klärschlammbehandlungsverfahren in ariden und humiden Gebieten

Einfluss hoher Salzkonzentrationen auf den Sauerstoffeintrag feinblasiger Belüftungssysteme bei der aeroben Industrieabwasserbehandlung

## 2.2.4 Workshops, Seminare und Forschungsaufenthalte

Barkmann, L.; Behnisch, J.; Blach, T.; Engelhart, M., Kale, S., Leskow, F.-H., S. Schwarz, M.; Rühl, J., Wagner, M., Darmstadt, 23.01.2020, 91. Darmstädter Seminar „Mikroplastik – Herausforderungen und Perspektiven in der Abwasser- und Abfallbehandlung“

Leskow, F.-H., Frankfurt, 17-20.11.2020, Industrial Water 2020, DECHEMA

## 2.2.5 Veröffentlichungen und Konferenzbeiträge

### Artikel:

Barkmann, L.; Bitter, H.; Wolff, S.; Weber, F.; Engelhart, M.; Kerpen, J.; Bitter, E. (2020): Industrieller Eintrag von Mikroplastik in die Umwelt. Erste Erkenntnisse aus dem Projekt EmiStop. In: Korrespondenz Abwasser 67 (2), S. 112–117.

Barkmann, L.; Engelhart, M. (2020): Industrielle Eintragspfade von Mikroplastik - Zwischenbilanz des Projektes EmiStop. In: Mikroplastik - Herausforderungen und Perspektiven in der Abwasser- und Abfallbehandlung. Darmstadt: Institut IWAR, TU Darmstadt (Schriftenreihe IWAR, 257), S. 46–53.

Bauer, S.; Dell, A.; Behnisch, J.; Chen, J.; Nguyen, V.A.; Linke, H.J.; Wagner, M. (2020): Water-reuse concepts for industrial parks in water-stressed regions in South East Asia. In: Water Supply 20 (1), S. 296–306. <https://doi.org/10.2166/ws.2019.162>

Bauer, S.; Dell, A.; Linke, H.J.; Wagner, M. (2020): Sustainability requirements of implementing water-reuse concepts for new industrial park developments in water-stressed regions. In: Journal of Water Reuse and Desalination 10 (4), S. 490–499. <https://doi.org/10.2166/wrd.2020.028>

Bauer, S., Linke, H. J.; Wagner, M. (2020): Optimizing water-reuse and increasing water-saving potentials by linking treated industrial and municipal wastewater for a sustainable urban development, In: Water Science and Technology 81 (9), p. 1927–1940. <https://doi.org/10.2166/wst.2020.257>

Bauer, S., Linke, H. J.; Wagner, M. (2020): Combining industrial and urban water-reuse concepts for increasing the water resources in water-scarce regions. Water Environment Research 92 (7), p. 1027–1042. <https://doi.org/10.1002/wer.1298>

Behnisch, J.; Schwarz, M.; Wagner, M. (2002): Three decades of oxygen transfer tests in clean water in a pilot scale test tank with fine-bubble diffusers and the resulting conclusions for WWTP operation. In: Water Practice and Technology 15 (4), S. 910–920. <https://doi.org/10.2166/wpt.2020.072>

Behnisch, J.; Dell, A.; Linke, H.-J.; Wagner, M.; Bauer, S. (2020): Pharmaindustrie. In: Rosenwinkel, K.-H.; Austermann-Haun, U.; Köster, S.; Beier, M. (eds): Taschenbuch der Industrieabwasserreinigung, 2. Auflage, S. 542-553, Essen, Deutschland, Vulkan Verlag.

Engelhart M. (2020): Entsalzungstechnologien und Wasserkreislaufführung (Reuse/Recycling) In: Rosenwinkel, K.-H.; Austermann-Haun, U.; Köster, S.; Beier, M. (eds): Taschenbuch der Industrieabwasserreinigung, 2. Auflage, S. 172-193, Essen, Deutschland, Vulkan Verlag.

- Engelhart M., Wagner M., Behnisch J., Blach T., Schwarz M. (2020): Abwassertechnik. In: Zilch K. et al. (eds) Handbuch für Bauingenieure. Handbuch für Bauingenieure. Springer Vieweg, Wiesbaden. [https://doi.org/10.1007/978-3-658-21749-5\\_40-1](https://doi.org/10.1007/978-3-658-21749-5_40-1)
- Weber, F.; Wolff, S.; Kerpen, J.; Barkmann, L. (2020): Regenentwässerung eines kunststoffverarbeitenden Industriebetriebs als Quelle für Mikroplastik. In: Mitteilungen der Fachgruppe Umweltchemie und Ökotoxikologie (GDCh) 26 (3), S. 90–96.
- Wolff, S.; Weber, F.; Kerpen, J.; Winklhofer, M.; Engelhart, M.; Barkmann, L. (2021): Elimination of Microplastics by Downstream Sand Filters in Wastewater Treatment. In: Water 13 (1), S. 33. <https://doi.org/10.3390/w13010033>

### **Konferenzbeiträge:**

- Barkmann, L. (2020): Industrielle Eintragspfade von Mikroplastik – Zwischenbilanz BMBF-Forschungsprojekt EmiStop. Vortrag auf dem 91. Darmstädter Seminar, 23.01.2020, Darmstadt.
- Barkmann, L. (2020): Bewertung bestehender Abwasseraufbereitungsanlagen. Vortrag in der EmiStop-Webkonferenz, 02.12.2020, digital. <https://emistop.de/conferencereview.html>
- Barkmann, L. (2020): Produktionsnahe Maßnahmen zur Emissionsvermeidung. Vortrag in der EmiStop-Webkonferenz, 02.12.2020, digital. <https://emistop.de/conferencereview.html>
- Engelhart, M.; Schebek, L. (2020): Problem Mikroplastik – Und jetzt? Vortrag auf dem 91. Darmstädter Seminar, 23.01.2020, Darmstadt.
- Engelhart, M. (2020): RePhoRM. Vortrag zur Auftaktveranstaltung der Förderinitiative RePhoR, 03.11.2020, digital.
- Engelhart, M. (2020): RePhoRM. Vortrag im VKU-Arbeitskreis Wasser/Abwasser, 09.11.2020, digital.
- Engelhart, M. (2020): RePhoRM. Vortrag auf dem P-Rück Kongress-BW, 25.11.2020, digital.
- Engelhart, M. (2020): Eintragspfade in die Umwelt. Vortrag in der EmiStop-Webkonferenz, 02.12.2020, digital. <https://emistop.de/conferencereview.htm>



## 2.3 Fachgebiet Abwasserwirtschaft

### 2.3.1 Vorstellung des Fachgebiets

#### Fachgebietsleitung Abwasserwirtschaft

Das Fachgebiet Abwasserwirtschaft stellt sich aktuellen und zukünftigen Herausforderungen der Abwasserbehandlung und Umweltbiotechnologie. Dabei arbeiten wir sowohl an technischen Lösungen als auch an der Entwicklung neuer Analysemethoden. Unser Fokus liegt derzeit im Bereich der biologischen Stickstoffelimination sowie auf den Themen Wasserwiederverwendung, Nachweis und Reduktion von antibiotikaresistenten Bakterien und Genen, Spurenstoffreduktion, Mikroplastik und ganz aktuell auch auf dem Nachweis von SARS-CoV-2 in Abwasser.

Um diese Themen umfassend bearbeiten zu können arbeitet das Fachgebiet Abwasserwirtschaft sehr interdisziplinär an der Schnittstelle zwischen Umweltingenieurwesen und Umweltmikrobiologie. Dabei wollen wir Verfahren und Zusammenhänge in natürlichen und technischen Systemen mit Hilfe von mikrobiologischen und molekularbiologischen Methoden erforschen und verstehen um diese Erkenntnisse dann in verfahrenstechnische Lösungen zu übertragen. So lassen sich z.B. biologische Prozesse auf Kläranlagen in ihren technischen Anwendungen hinsichtlich Stabilität und Leistung verbessern. Dafür begleiten wir Anlagen im halbtechnischen Bereich sowie im Labormaßstab und setzen dabei auf eine Kombination aus chemischer Analytik, Mikrosensorik und molekularbiologischen Methoden.

Der Forschungsbereich der Nährstoffelimination beschäftigt sich, neben den klassischen Verfahren, mit der Untersuchung und Entwicklung neuer Technologien. Besonders im Fokus stehen dabei innovative biologische Verfahren wie die Deammonifikation für eine effizientere Stickstoffelimination. Zur Entwicklung und Optimierung neuer Verfahren betreiben wir Versuchsanlagen im Labor- und halbtechnischen Maßstab. Auch Ansätze zur gezielten Reduktion von Lachgasemissionen aus Kläranlagen werden untersucht.

**Fachgebietsleitung**  
Abwasserwirtschaft  
Prof. Dr. Susanne Lackner



Der Forschungsbereich der weitergehenden Abwasserbehandlung zielt auf die Entwicklung von technischen Maßnahmen und Anpassungsstrategien zur Verminderung von Schadstoffeinträgen unter dem Aspekt einer ganzheitlichen Betrachtung bis hin zum Gesundheits- und Gewässerschutz. Im Fokus stehen hier vor allem Untersuchungen zur Entfernung von anthropogenen Spurenstoffen (z.B. Medikamentenreste, Haushalts- und Industriechemikalien, Pestizide), Mikroplastik und antibiotikaresistenten Keimen aus kommunalem Abwasser, die im Labor-, Pilotmaßstab und großtechnischen Maßstab durchgeführt werden. Besonders für die Bewertung der Eliminationsleistung für Pathogene, Viren und antibiotikaresistente Keime und Gene aus dem Abwasser nutzen wir eigens entwickelte und optimierte molekularbiologische Methoden.

Ganz aktuell beschäftigen wir uns im Kontext der COVID-19 Pandemie mit dem Nachweis von SARS-CoV-2 in Rohabwasser. Da COVID-19-Infizierte das SARS-CoV-2 Virus sowohl über den Urin als auch den Stuhl ausscheiden, kann die Verbreitung von SARS-CoV-2 auch über das Abwasser nachgewiesen werden. Ein solches Monitoringsystem bietet die Möglichkeit auch asymptomatische Infizierte oder Nicht-Getestete zu erfassen. Die Abwasseranalytik kann somit einen Beitrag zur Pandemiebekämpfung leisten.

Die Verbesserung der Wasserqualität und nachhaltige Wasserwiederverwendungskonzepte, wie sie auch in den Zielen für nachhaltige Entwicklung der Vereinten Nationen verankert sind, sind ebenfalls Teil unserer Forschungsaktivitäten. Ein nachhaltiges Wasserressourcen-Management und Strategien zur Wasserwiederverwendung unter Einbeziehung demographischer, ökonomischer und klimatischer Veränderungen stellt besonders in wasserarmen Regionen und Entwicklungsländern ein wichtiges Thema dar, wie in dem vom BMBF geförderten Projekt EPoNa in Namibia demonstriert wurde.

### 2.3.2 Laufende Forschungsprojekte CombOsCarb - Leistungsfähigkeit der Verfahrenskombination von Ozonung und granulierter Aktivkohle für die Ent- fernung von organischen Spurenstoffen mittels OZONFLIT® und CONTIFLOW® GAK

#### Fördergeber:

Huber SE und ProMinent GmbH

#### Förderzeitraum:

01.07.2020 – 31.05.2021

Der Ablauf von Kläranlagen führt neben diffusen Quellen, wie Einträge durch die Landwirtschaft, Verkehrsflächen und Siedlungsgebiete, zu einer hohen Belastung des aquatischen Systems mit organischen Spurenstoffen anthropogenen Ursprungs. Mit dem Hintergrund, diese Einträge durch Kläranlagen zu reduzieren, beschäftigt sich die aktuelle Forschung rund um die 4. Reinigungsstufe.

Seit Oktober 2019 wird in Zusammenarbeit mit den Firmen Huber SE und ProMinent eine Versuchsanlage auf der Kläranlage in Bickenbach des Abwasserverbands Bickenbach/Seeheim-Jugenheim durch das Fachgebiet Abwasserwirtschaft betreut. Die Anlage besteht aus zwei parallel betriebenen kontinuierlichen Aktivkohlefiltern, wobei dem einen Aktivkohlefilter eine Ozonanlage vorgeschaltet ist. Dieser Aufbau erlaubt einen Vergleich der alleinigen Aktivkohlefiltration mit der Kombination einer Vorozonung und einer anschließenden Aktivkohlefiltration in Bezug auf die Entfernung ausgewählter Spurenstoffe und weiterer Abwasserparameter.

Die Vorozonung führt bereits zu einer Reduktion gut oxidierbarer Spurenstoffe und zu einer Verbesserung der biologischen Verfügbarkeit des vorhandenen organischen Kohlenstoffs und kann damit die

Standzeit der Aktivkohle erhöhen. Jedoch kommt es bei der Ozonung in Abhängigkeit der Ozondosis und der vorhandenen Bromidkonzentration zur Bildung des kanzerogenen Oxidationsproduktes Bromat.



Im Zuge des Projektes wird weiterhin der Prozess der Rückspülung bzw. Umwälzung der granulierten Aktivkohle erforscht und im Hinblick auf einen möglichen Aktivkohleschlupf untersucht. Im Gegensatz zu diskontinuierlich betriebenen Aktivkohlefiltern kann die regelmäßig notwendige Rückspülung der granulierten Aktivkohle bei kontinuierlichen Aktivkohlefilter während des Betriebs erfolgen, sodass der Zufluss des zu reinigenden Abwassers nicht gestoppt werden muss. Jedoch kann die Umwälzung der granulierten Aktivkohle zu einem Abrieb führen und damit zu einem Austrag von mit Spurenstoffen belasteter Aktivkohle.



**AnsprechpartnerInnen**  
Prof. Dr. Susanne Lackner  
Franziska Kirchen, M.Sc.

## Entwicklung und Optimierung von Nachweismethoden für die Detektion von SARS-CoV-2 in Abwasser (IWB-EFRE)

### Fördergeber:

IWB-EFRE Hessen

### Förderzeitraum:

15.06.2020 – 31.12.2020

Die COVID-19-Pandemie wird durch das neuartige Coronavirus SARS-CoV-2 verursacht. Die Verbreitung von SARS-CoV-2 soll vor allem durch direkten Kontakt über respiratorische Partikel, über Aerosole und über kontaminierte Oberflächen erfolgen. Zur Nachverfolgung der Ausbreitung von SARS-CoV-2 werden symptomatische Personen und Personen mit Verdacht auf COVID-19 mittels PCR-Diagnostik getestet. Zwischen der Ansteckung einer Person und dem Ausbruch der Erkrankung liegen im Durchschnitt vier bis fünf Tage, sodass der Prozess der Nachverfolgung der eigentlichen Verbreitung von SARS-CoV-2 zeitlich nachsteht. Einen neuen Ansatz für die Früherkennung von SARS-CoV-2 in Deutschland und auch weltweit, bietet die Überwachung von SARS-CoV-2-Ribonukleinsäure (RNA) im Abwasser. Da COVID-19-Patienten die RNA von SARS-CoV-2 sowohl über den Urin als auch Stuhl ausscheiden, kann SARS-CoV-2 auch über das Abwasser der Kläranlage nachgewiesen werden. Dieses Monitoringsystem bietet auch die Möglichkeit asymptotische Patienten sowie COVID-19-Patienten ohne Test zu erfassen, da selbst bei einem milden Verlauf von COVID-19 Virusmaterial ausgeschieden wird und dadurch detektiert werden kann.

Daher bietet dieses Monitoring einige Vorteile, um beispielsweise regionale Hotspots durch eine steigende Virenlast in der Kläranlage frühzeitig zu erkennen und die jeweiligen politischen Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung zu entscheiden.

Die Messung ist so empfindlich, dass sie weniger als zehn bestätigte Covid-19-Fälle pro 100.000 Einwohner detektiert.



Derzeit analysieren wir drei Kläranlagen aus dem Großraum Frankfurt sowie des Frankfurter Flughafens mit zwei Probenahmen pro Woche und extrahieren die RNA, sowie eine quantitative PCR Analyse. Ziel des Projekts ist, Trends zu erkennen, die auf einen Anstieg oder eine Abflachung der Virenlast in der Kläranlage hindeuten und gleichzeitig eine Grundlage bieten, um basierend auf diesen Informationen, weitere Maßnahmen zur Verschärfung oder Lockerung einzuleiten.

Im Rahmen dieses Projekts gibt es Fernsehbeiträge der Hessenschau, sowie der Sendung „alles wissen“, die einen detaillierten Blick auf Durchführung und Methodik werfen sowie schöne Aufnahmen der Kläranlage Frankfurt-Niederrad liefern.



### AnsprechpartnerInnen

Prof. Dr. Susanne Lackner

Dr.-Ing. Shelesh Agrawal

Dr. rer. nat. Laura Orschler

Ir. Seeram Apoorva

## Metagenomik als Tool für ein besseres Prozessverständnis zur Implementierung komplexer biologischer Stickstoffeliminationsverfahren

**Fördergeber:** Faudi Stiftung

**Förderzeitraum:**

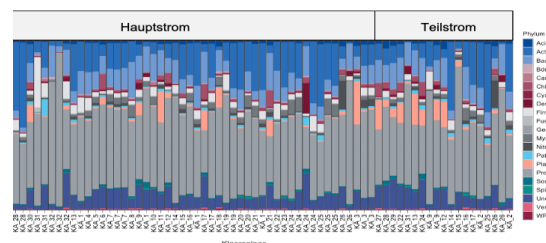
01.01.2018 – 31.07.2020

Das klassische Verfahren der biologischen Stickstoffelimination, bestehend aus dem Zusammenspiel von Nitrifikation und Denitrifikation wird in kommunalen Kläranlagen meist erfolgreich eingesetzt. Dieser Prozess hat jedoch einen hohen Bedarf an Sauerstoff und organischem Kohlenstoff. Als innovative Alternative dient durch die Entdeckung der anaeroben Ammoniumoxidierer seit einigen Jahren die Deammonifikation bei dem Ammonium und Nitrit autotroph zu  $N_2$  umgewandelt werden. Das führt zu großen Einsparungen beim Sauerstoffbedarf und es wird außerdem keine organische C-Quelle benötigt. Bis heute ist jedoch wenig bekannt über das Zusammenspiel der mikrobiologischen Gemeinschaften in beiden Prozessen.

Ziel dieser Studie war es, einen umfassenden Einblick in die mikrobiellen Gemeinschaften verschiedener Kläranlagen und aus verschiedenen Anlagenteilen zu gewinnen und die Zusammensetzung und den Genpool dieser Schlämme dann zu vergleichen. Dieser Genpool bildet die Grundlage, um die Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen den Anlagen herauszuarbeiten sowie Informationen über das Vorkommen bestimmter Bakterien unter bestimmten Bedingungen zu gewinnen. Mit diesen Grundlagen können dann Rückschlüsse auf den Betrieb und die Leistungsfähigkeit gezogen werden.

Das Projekt lieferte Proben aus 32 verschiedenen Kläranlagen in Deutschland und Europa, die mit Hilfe der neuen Next-

Generation-Sequencing-Methoden analysiert und ausgewertet wurden. Die Ergebnisse zeigen die Relevanz dieser Studie deutlich, da bisher die komplexe Zusammensetzung der mikrobiellen Gemeinschaft nicht genügend untersucht und verstanden ist.



Außerdem zeigte die Studie auch, dass das mikrobielle Ökosystem der Kläranlagen sowohl bei Belebtschlammssystemen als auch PNA-Systemen von einer Kerngemeinschaft dominiert wird, die sich aus Mikroorganismen zusammensetzt, von denen es bisher nicht viele Studien gibt oder deren Informationen über die Rolle in den Systemen begrenzt sind. Die Ökosysteme der Kläranlagen sind durch starke metabolische Wechselwirkungen zwischen Mikroorganismen gekennzeichnet, die durch den Abbau von Stickstoffverbindungen und C-Verbindungen in komplexen inter- und intra-Speziesverbindungen existieren. Die relativ wenigen in dieser Studie beobachteten Koexistenzmuster legen nahe, dass diese mikrobiellen Wechselwirkungen nicht auf exklusiven Assoziationen beruhen und auf ein komplexes Zusammenspiel aller interagierenden funktionellen Gruppen hinweisen könnten.



**AnsprechpartnerInnen**

Prof. Dr. Susanne Lackner

Dr.-Ing. Shelesh Agrawal

Dr. rer. nat. Laura Orschler



## Ertüchtigung von Abwasser-Ponds zur Erzeugung von Bewässerungswasser am Beispiel des Cuvelai-Etosha-Basins in Namibia (EPoNa)

**Fördergeber:** Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)

**Förderzeitraum:**

01.09.2016 – 31.12.2020

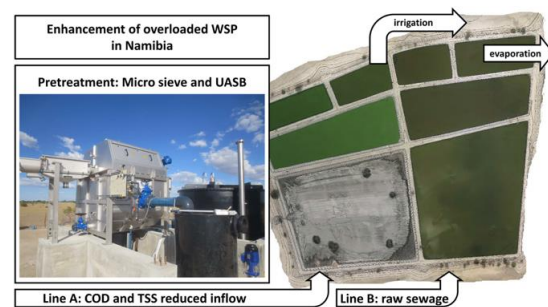
Kurz vor Beginn des Lockdowns in Namibia und Deutschland wurden die Felder der dritten Versuchsreihe angelegt. In diesem finalen Feldversuch verglich die Hochschule Geisenheim (HGU) nun mittels Tropfbewässerung die Auswirkungen von drei verschiedenen Wasserarten. Untersucht wurde der Ablauf der ertüchtigten mit der ursprünglichen Behandlungsstraße und der Einsatz von Trinkwasser. Durch den kontinuierlichen Einsatz des namibischen Personals konnten die Felder der EPoNa-Anlage trotz Einschränkungen weiter bewässert und im Juli die letzte Ernte eingeholt werden.



Nach genau 4 Jahren mit kontinuierlicher Probenahme wurde am 15. August 2020 die letzte Wasserprobe in Outapi analysiert. Dank des unermüdlichen Einsatzes von 11 Studierenden in Outapi, unserer namibischen Laborkraft Lydia Luvinga und den Mitarbeiter\_innen vom Outapi Town Council (OTC) konnten über die gesamte Projektlaufzeit alle Anlagenteile beprobt und analysiert werden.



Mit diesen Daten war es möglich die ersten drei wissenschaftlichen Artikel in den IWA-Journals of Water and Health und Water Reuse and Desalination zu veröffentlichen. Weitere sind aktuell in Bearbeitung um die Ergebnisse aus Outapi möglichst weit zu verbreiten.



Die offizielle Übergabe der EPoNa-Anlage an OTC fand am 28. August 2020 digital statt. Es nahmen Vertreter\_innen der verschiedenen Projektpartner und des Projektträgers PTKA in Outapi, Windhoek und Deutschland an der Online-Konferenz teil.



In Outapi übernahm Kai Sturm, Mitarbeiter der Hochschule Geisenheim (HGU), die Übergabe der Schlüssel. Trotz der aktuellen Umstände war es eine gelungene Veranstaltung, die alle Projektbeteiligten an einen (virtuellen) Tisch brachte und einen schönen Abschluss ermöglichte.



Nach Wiederaufnahme des Flugverkehrs konnten die letzten Boden-, Pflanzen- und Wasserproben nach Deutschland transportiert werden. Diese wurden dank einer Projektverlängerung bis 31. Dezember 2020 bei der HGU und im Mikrobiologielabor des IWAR analysiert.



Das letzte Projekttreffen fand mit allen Projektpartnern im November 2020 in digitaler Form statt.

Durch die tatkräftige Mitarbeit aller Projektpartner aus Namibia und Deutschland und die Unterstützung durch die Emscher-Genossenschaft (EGLV) wurde dieses Projekt Ende 2020 erfolgreich abgeschlossen. Wir sind zuversichtlich, dass der weitere Betrieb sowohl der EPoNa- als auch der CuveWaters-Anlage bei OTC in guten Händen liegt und erfolgreich fortgeführt wird. Die Omeya-App befindet sich seit November 2020 in der Vorbereitung. Die App dient zur Unterstützung und Schulung der Betreiber im Bereich des Betriebs der Abwassersammlung und -behandlung. Die

App wird in Kooperation mit der EGLV entwickelt.

Im Rahmen der Fördermaßnahme „Digital GreenTech“ des BMBF freuen wir uns auf eine perspektivische Weiterarbeit in Namibia.



**AnsprechpartnerInnen**

Prof. Dr. Susanne Lackner

Dipl.-Ing. M.Appl.Sc. Jochen Sinn

## RAaaO – Reduktion von Antibiotikaresistenzen mittels akustisch aktivierter Ozonierung

**Fördergeber:** Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)

**Förderzeitraum:**

01.05.2020 – 30.04.2022

Das Projekt RAaaO (Reduktion von Antibiotikaresistenzen mittels akustisch aktivierter Ozonierung bei der weitergehenden Abwasserbehandlung), gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) als Teil der Maßnahme „KMU-innovativ“, befasst sich in Zusammenarbeit mit der up2e! GmbH mit der Entwicklung und Optimierung einer neuen und kostengünstigeren Kombination von Ultraschall und Ozonierung als Methode zur Reduktion von Antibiotikaresistenzen im Zuge der vierten Reinigungsstufe. Die Belastung der Gewässer mit Antibiotikaresistenzen (AR) hat in den letzten Jahren zusehends an Aufmerksamkeit gewonnen. Kläranlagen als eine Schnittstelle zwischen urbanem Raum und Umwelt sind ein möglicher Eintragspfad und werden deshalb vermehrt untersucht. Um eine weitgehende Reduktion des Austrags von AR über Kläranlagen zu erreichen, müssen die bisher eingesetzten Technologien auf ihre Wirksamkeit untersucht und ggf. aufgerüstet werden.

Für die Reduktion von Spurenstoffen haben sich Oxidations- und Adsorptionsverfahren oder deren Kombination als geeignet herausgestellt, zusätzlich kommen für den Rückhalt von Bakterien und Genen auch Membranverfahren in Frage. Bisherige Forschungsprojekte haben sich noch wenig mit den für eine kombinierte Reduktion von Spurenstoffen und AR relevanten Verfahrenskombinationen auseinandergesetzt.

Ziel dieses Projektes ist die Entwicklung und Optimierung einer neuen und kostengünstigeren Kombination von Ultraschall und Ozonierung als Methode zur Reduktion von Antibiotikaresistenzen. Gleichzeitig kommen neue molekularbiologische Monitoring-Methoden zur Untersuchung eines weiten AR-Spektrums zum Einsatz, um ein umfangreiches Bild bzgl. der Leistungsfähigkeit von Ultraschall und Ozonierung als Kombinationsverfahren zu ermöglichen.



### **AnsprechpartnerInnen**

Prof. Dr. Susanne Lackner

Dr.-Ing. Shelesh Agrawal

Dr. rer. nat. Laura Orschler

Ir. Seeram Apoorva

## Rue-ARG – Rückhalt antibiotikaresistenter Keime und Gene

**Fördergeber:** Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU)

**Förderzeitraum:**

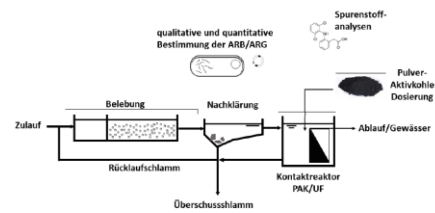
01.04.2020 – 31.03.2022

Im von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) geförderten Projekt Rue-ARG (Rückhalt antibiotikaresistenter Keime und Gene in Kombination mit Spurenstoffadsorption mittels einer neuen PAK/UF-Kombination) beforscht das Fachgebiet Abwasserwirtschaft gemeinsam mit den Entsorgungsbetrieben der Landeshauptstadt Wiesbaden (ELW), der Microdyn-Nadir GmbH und der Hochschule Darmstadt die Leistungsfähigkeit eines Ultrafiltrations-Membranverfahrens als Barriere für ARB und ARG mit gleichzeitiger Spurenstoffreduktion mittels Aktivkohle.



Das beantragte Forschungsvorhaben soll vertiefte Kenntnisse insbesondere über den Rückhalt von antibiotika-resistenten Bakterien (ARB) und Resistenzgenen (ARG) liefern. Dieser Ansatz geht über die meisten bisherigen Bemühungen hinaus, die sich ausschließlich mit dem Thema Spurenstoffreduktion beschäftigen. Das Projekt verfolgt einen integrierten Ansatz, bei dem über die vierte Reinigungsstufe zur Spurenstoffelimination hinausgegangen wird. Dabei wird eine direkte Integration einer fünften Stufe für die Reduktion

der ARB/ARG betrachtet, um nicht nachsorgend doppelt investieren zu müssen.



### **AnsprechpartnerInnen**

Prof. Dr. Susanne Lackner

Dr.-Ing. Shelesh Agrawal

Dr. rer. nat. Laura Orschler



## VACNTs-TriWaSys – Multiplex-Sensor zur schnellen Online-Hygieneüberwachung auf Basis vertikal ausgerichteter Kohlenstoffnanoröhren für Trinkwasserverteilungssysteme

### Fördergeber:

Alfred Kärcher-Förderstiftung, Forum interdisziplinäre Forschung (FiF)

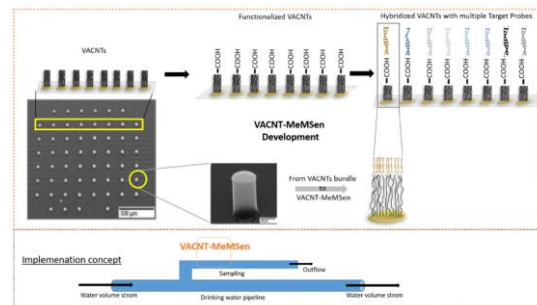
### Förderzeitraum:

01.07.2020 – 30.06.2021

Eines der größten Gesundheitsrisiken der Menschheit ist die mikrobielle Kontamination von Trinkwasser. Kontaminationen entstehen entweder durch die autochthone Population in der Wasserquelle selbst oder durch das unbeabsichtigte Eindringen in Speicher- oder Verteilungssysteme durch mangelnde Hygiene oder Isolierung. In Deutschland schreibt die Trinkwasserverordnung (TrinkwV) aus diesem Grund den Wasserversorgern vor, die Qualität des Trinkwassers regelmäßig zu kontrollieren. Dadurch soll eine hygienisch einwandfreie Wasserqualität gewährleistet werden, die durch festgelegte Probenfrequenzen und standardisierte Analysemethoden sichergestellt werden (TrinkwV, 20011). Diese Methoden basieren in der Regel jedoch auf der Kultivierung von Mikroorganismen, die nicht nur arbeitsintensiv und zeitaufwendig sind, sondern auch spezielle Analyselabors erfordern.

Das Projekt VACNT-TriWaSys konzentriert sich auf die interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen Versuchsgruppen in den Abteilungen für Bau- und Umweltingenieurwesen und Chemie, um die Verwendung von Kohlenstoffnanoröhren als intelligentes Biomaterial für die Qualitätsüberwachung von Trinkwasser zu nutzen. Insbesondere wird die Funktionalisierung vertikal ausgerichteter Kohlenstoffnanoröhren

(VACNTs) untersucht, um ausgewählte Mikroorganismen zu detektieren. Aufgrund der elektrischen Leitfähigkeit von VACNTs, ändert sich ihr spezifischer Widerstand, wenn die ausgewählten Krankheitserreger an ihre Oberfläche gebunden werden. Durch die Anlagerung der Krankheitserreger an die VACNT-Strukturen entsteht eine Änderung des elektrischen Potentials, welches mit Hilfe eines Signalumwandlers die An- oder Abwesenheit des jeweiligen Krankheitserregers detektiert. Das Projekt zielt darauf ab, den Grundstein für ein neues Erfassungsprinzip für wasser-assoziierte Krankheitserreger, insbesondere im Trinkwasser, zu legen. Aufgrund der Möglichkeit, Kohlenstoffnanoröhren in größeren Arrays anzuordnen, lassen sich mikroskalige Sensoren aus Millionen einzelner Kohlenstoffnanoröhren herstellen. Das Projekt zur Entwicklung von Multiplex-Sensoren wird von der Alfred Kärcher-Förderstiftung und dem Forum interdisziplinäre Forschung (FiF) der TU Darmstadt gefördert.



**AnsprechpartnerInnen**  
 Prof. Dr. Susanne Lackner  
 Dr.-Ing. Shelesh Agrawal  
 Dr. rer. nat. Laura Orschler



## Modellierung einer Nebenstrombehandlung für den Abwasserverband AVLEE

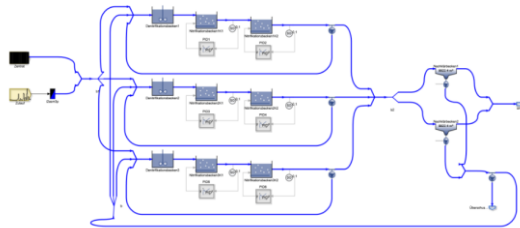
### Fördergeber:

Abwasserverband Langen Egelsbach Erzhausen (AVLEE)

### Förderzeitraum:

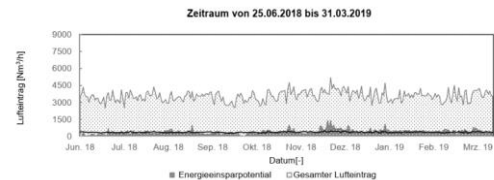
01.01.2019 – 31.03.2020

Der Einfluss einer potenziellen Nebenstrombehandlung des Zentrats auf die Kläranlagen des Abwasserverbands Langen, Egelsbach, Erzhausen (AVLEE) wurde mittels dynamischer Simulationen untersucht.



Als erster Schritt wurde der aktuelle Ist-Zustand der Kläranlage durch ein Modell in SIMBA# abgebildet. Das Modell war in der Lage sowohl die Ablaufkonzentrationen als auch die Lufteinträge der Kläranlage korrekt darzustellen. Die Simulation der potenziellen Nebenstrombehandlung setzte die vollständige Charakterisierung des Zentrats voraus. Zu diesem Zweck wurde in Zusammenarbeit mit dem AVLEE eine Messkampagne zur Bestimmung der Zusammensetzung und der anfallenden Menge des Zentrats durchgeführt. Die Ergebnisse der Messkampagne dienen als

Grundlage für die Auslegung und Simulation der Nebenstrombehandlung. Ein Sequential Batch Reactor sowie drei (mit unterschiedlichen Trägermaterial) Schwebebett-Reaktoren wurden in Rahmen dessen analysiert.



Um das aus der Nebenstrombehandlung resultierende Energieeinsparungspotential zu ermitteln, wurden die Simulationen des Ist-Zustands und der Nebenstrombehandlung zusammengeführt. Nach den Simulationsergebnissen würde das Energieeinsparungspotential unter den derzeitigen Betriebsbedingungen der Kläranlage bei ca. 10 % liegen. Aufgrund dessen ist eine Nebenstrombehandlung nicht vorteilhaft und kann nicht empfohlen werden.



### AnsprechpartnerInnen

Prof. Dr. Susanne Lackner

Vanessa Acevedo Alonso, M.Sc.

### 2.3.3 Abgeschlossene Bachelor- und Masterarbeiten

#### Bachelorarbeiten

Implementierung von magnetisierbaren Top-down Partikeln in einem Tracer-Test für technische Systeme.

Literature study on Membrane Aerated Biofilm Reactors (MABRs) for nitrogen removal in context of mainstream wastewater treatment

Mikroplastik in kommunalem Abwasser: Bilanzierung weitergehender Filtrationsverfahren und Analyse der Schlammwässer.

Untersuchung der Auswirkung von „Scouring Events“ auf den Biofilm von Membranbelüfteten Biofilmreaktoren mit Hilfe von mathematischen Modellierung.

Vergleich der Biogasproduktion eines UASB zur Behandlung von kommunalem Abwasser mit der Faulung von Siebgut aus einem Mikrosieb.

Vergleich der Desinfektionsleistung von Abwasserteichen mit und ohne Ertüchtigungsmaßnahmen.

#### Masterarbeiten

Aktivkohlefilter zur weitergehenden Spurenstoffentfernung – Biologische Aktivität in großtechnischen Filtersystemen.

Application of data driven methods for the evaluation of micropollutant removal in advanced wastewater treatment.

Biologische Aktivkohlefilter zur weitergehenden Spurenstoffentfernung – Potential und Einflussparameter.

Dynamische Modellierung von Aktivkohlefiltern zur weitergehenden Spurenstoffentfernung basierend auf dem organischen Kohlenstoff.

Einfluss verschiedener Kohlenstoffquellen auf die Nitritakkumulation bei der Denitrifikation in nachgeschalteten Filtern.

Mikroplastik in kommunalem Abwasser: Bewertung nachgeschalteter Filtrationsverfahren.

Modellierung von biologisch aktiver granulierter Aktivkohle (GAK) Filtration anhand des Beispiels der Pilotanlage des Abwasserverbands Langen Egelsbach Erzhausen.

Ozonung und Aktivkohlefiltration zur weitergehenden Spurenstoffentfernung – Leistungsvergleich und Synergieeffekte der Verfahrenskombination.

Volatile fatty acid production and application as external carbon source for denitrification.

Wiederverwendung von behandeltem Abwasser aus Teichkläranlagen – Vergleich einer ertüchtigten Anlage in Namibia.

### 2.3.4 Workshops, Seminare und Forschungsaufenthalte

Alejo, L., Bunse, P., Fundneider, T., Lackner, S. IWA Nutrient removal and recovery conference 2020.

Bunse, P., Lackner, S. IWA Biofilms 2020 Virtual Conference - Emerging Trends and Developments.

Lackner, S., IWA Biofilm Symposium 2020, Malmö, Schweden.

### 2.3.5 Veröffentlichungen und Konferenzbeiträge

#### Artikel:

Agrawal, S., Orschler, L., Sinn, J., Lackner, S., 2020. High-throughput profiling of antibiotic resistance genes in wastewater: comparison between a pond system in Namibia and an activated sludge treatment in Germany. *Journal of Water and Health* 18. <https://doi.org/10.2166/wh.2020.018>

Agrawal, S.; Weissbrodt, D.G.; Annavajhala, M.; Jensen, M.M.; Arroyo, J.M.C. ; Wells, G. ; Chandran, K.; Vlaeminck, S.E.; Terada, A.; Smets, B.F.; Lackner, S., 2020. Time to act--assessing variations in qPCR analyses in biological nitrogen removal with examples from partial nitrification/anammox systems. *Water Research* 190. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.116604>

Alejo, L., Atkinson, J., Lackner, S., 2020. Looking deeper - exploring hidden patterns in reactor data of N-removal systems through clustering analysis. *Water Science and Technology* 81. <https://doi.org/10.2166/wst.2020.029>

Bitter, H., Lackner, S., 2020. First quantification of semi-crystalline microplastics in industrial wastewaters. *Chemosphere* 258. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.127388>

Bunse, P., Orschler, L., Agrawal, S., Lackner, S., 2020. Membrane aerated biofilm reactors for mainstream partial nitrification/anammox: Experiences using real municipal wastewater. *Water Research X* 9, 100066. <https://doi.org/10.1016/j.wroa.2020.100066>

Fundneider, T., Alejo, L., Lackner, S., 2020. Tertiary phosphorus removal to extremely low levels by coagulation-flocculation and cloth-filtration. *Water Science and Technology* 82. <https://doi.org/10.2166/wst.2020.337>

Fundneider, T., Acevedo Alonso, V., Abbt-Braun, G., Wick, A., Albrecht, D. and Lackner, S. 2020. Empty bed contact time: the key for micropollutant removal in activated carbon filters. *Water Res.*, 116765.

Kampouris, I.D., Klumper, U., Agrawal, S., Orschler, L., Cacace, D., Kunze, S., Berendonk, TU., 2020. Treated wastewater irrigation promotes the spread of antibiotic resistance into subsoil pore-water. *Environmental International* 71. <http://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106190>

Mohr, M., Dockhorn, T., Drewes, JE., Karwat, S., Lackner, S., Lotz, B., Nahrstedt, A., Nocker, A., Schramm, E., Zimmermann, M., 2020. Assuring water quality along multi-barrier treatment systems for agricultural water reuse. *Journal of Water Reuse and Desalination* 10. <https://doi.org/10.2166/wrd.2020.039>

- Orschler, L., Agrawal, S., Lackner, S., 2020. Lost in translation: the quest for Nitrosomonas cluster 7-specific primers and TaqMan probes. *Microbial Biotechnology* 13. <https://doi.org/10.1111/1751-7915.13627>
- Orschler, L., Agrawal, S., Lackner, S., 2020. Targeted metagenomics reveals extensive diversity of the denitrifying community in partial nitrification anammox and activated sludge systems. *Biotechnology and Bioengineering* 118. <https://doi.org/10.1002/bit.27581>
- Sinn, J., Lackner, S., 2020. Enhancement of overloaded waste stabilization ponds using different pretreatment technologies: a comparative study from Namibia. *Journal of Water Reuse and Desalination* 10. <https://doi.org/10.2166/wrd.2020.021>
- Yasuda, S., Suenaga, T., Orschler, L., Agrawal, S., Lackner, S., Terada, A., 2020. Identification of a Metagenome-Assembled Genome of an Uncultured Methyloceanibacter sp. Strain Acquired from an Activated Sludge System Used for Landfill Leachate Treatment. *Microbiology Resource Announcements* 9. <https://doi.org/10.1128/MRA.00771-20>
- Yasuda, S., Toyoda, R., Agrawal, S., Suenaga, T., Riya, S., Hori, T., Lackner, S., Hosomi, M., Terada, A. 2020. Exploration and enrichment of methane-oxidizing bacteria derived from a rice paddy field emitting highly concentrated methane. *Journal of Bioscience and Bioengineering* 130. <https://doi.org/10.1016/j.jbiosc.2020.04.006>.

#### **Konferenzbeiträge:**

- Alejo, L., Fundneider, T., Atkinson, J., Lackner, S. Wisdom Of The Crowd: Ensemble Methods To Forecast Extremely Low Levels Of Phosphorus In Advanced Wastewater Treatment. Presented at the IWA Nutrient removal and recovery conference 2020 (Virtual), Helsinki.
- Bunse, P., Pidde, A.V., Hein, S., Simon, J., Lackner, S. Wolinella Succinogenes As A Possible Sink For Nitrous Oxide (N<sub>2</sub>O) In Wastewater Treatment Plants. Presented at the IWA Nutrient removal and recovery conference 2020 (Virtual), Helsinki.
- Bunse, P., Pidde, A.V., Lackner, S. Impact of intense scouring on the performance of Membrane Aerated Biofilm Reactors. Presented at the IWA Biofilms 2020 Virtual Conference - Emerging Trends and Developments (Virtual), University of Notre Dame, Indiana.
- Fundneider, T., Alejo, L., Lackner, S. Tertiary Phosphorus Removal To Extremely Low Levels. Presented at the IWA Nutrient removal and recovery conference 2020 (Virtual), Helsinki.

## 2.4 Fachgebiet Raum- und Infrastrukturplanung

### 2.4.1 Vorstellung des Fachgebiets

#### Fachgebietsleitung Raum- und Infrastrukturplanung

Positioniert an der Schnittstelle zwischen Raum-, Infrastruktur- und Umweltp lanung, ist die Forschung des Fachgebiets als problemorientierte Grundlagenforschung zu verstehen: Einerseits werden bestehende Herausforderungen einer nachhaltigen Raum- und Infrastrukturentwicklung aufgezeigt und Orientierungswissen für planerische Problemlösungen erschlossen. Gleichzeitig werden aber auch theoretisch relevante Fragestellungen und Ansätze der sozialwissenschaftlichen Raum-, Technik- und Umweltforschung weiterentwickelt.

Die Forschung konzentrierte sich auf folgende Schwerpunkte:

- Infrastrukturprobleme und planerische Lösungsansätze in verschiedenen Raumkontexten.
- Neue Aufgaben der Raum- und Infrastrukturplanung angesichts weltweit differenzierter Trends zur rasanten Verstädterung, zunehmender Umweltrisiken, klimatischen Veränderungen und technischen Innovationen.
- Governance der Stadt- und Regionalentwicklung zwischen Planung und Selbstorganisation in Süd und Nord.

In der Lehre des Fachgebiets wird ein Verständnis von städtischen und regionalen Entwicklungsprozessen sowie dem Wandel von technischen Infrastruktursystemen vermittelt. Zugleich wird ein Überblick über institutionelle Struktur, Methoden und Instrumente der Raum- und Infrastrukturplanung gegeben. Anhand konkreter Fallbeispiele werden planerische Lösungsansätze für aktuelle Herausforderungen der Raum- und Infrastrukturentwicklung beleuchtet. Das Fachgebiet verfolgt einen interdisziplinären Ansatz, der sowohl auf Studierende der Architektur, des Bau-, Wirtschafts- und Umweltingenieurwesens als auch auf geo- und sozialwissenschaftliche Disziplinen zugeschnitten ist. Mit einer internationalen Ausrichtung umfasst der vom Fachgebiet angebotene Modulkatalog auch Fächer für Studierende des Masterprogramms Sustainable Urban Development.

Seit November 2016 wird das Fachgebiet Raum- und Infrastrukturplanung kommissarisch von Prof. Dr.-Ing. Hans Joachim Linke geleitet.

**Kommissarische Fachgebietsleitung**  
Raum- und Infrastrukturplanung  
Prof. Dr.-Ing. Hans Joachim Linke





## 2.4.2 Abgeschlossene Bachelor- und Masterarbeiten

### Bachelorarbeiten

Resilienz in Städten: Analyse aktueller städtischer Ansätze sowie von Überschneidungen mit Ansätzen einer nachhaltigen Entwicklung – untersucht am Beispiel der Stadt Quito

Urbane Resilienz als Leitbild für die Entwicklung von Klimaanpassungsstrategien - untersucht anhand von Fallbeispielen innerhalb Europas

E-Scooter in Städten – Übertragbarkeit internationaler Ansätze nach Deutschland

Unterwegs auf dem Land - Leben ohne eigenes Auto

Gesundheitsfördernde Verkehrsplanung – Beitrag neuer Mobilitätskonzepte

Planungsverfahren und raumordnerische Auswirkungen von Infrastrukturprojekten am Beispiel der „Regionaltangente West“

Modulare Bündelung von energetischen Technologien bei der Entwicklung neuer Wohnbaugebiete im ländlichen Raum

Die Berücksichtigung von Umweltbelangen in der Regionalplanung – untersucht an der Regionalplanung in der Planungsregion Südhessen

Stand und Perspektiven der Planungen für die ICE-Neubaustrecke Rhein/Main-Rhein/Neckar

Handlungsmöglichkeiten der Stadt Frankfurt am Main zur Umsetzung der Energiewende  
Chancen und Herausforderungen einer Straßenbahnverbindung in den Osten des Landkreises Darmstadt-Dieburg

Klimaschutz als Aufgabe der Regionalplanung – untersucht an der Regionalplanung in der Planungsregion Südhessen

Möglichkeiten und Grenzen einer autarken Stromversorgung kleinerer Siedlungen

Kommunale Handlungsfelder beim Klimaschutz – untersucht am Beispiel der Stadt Frankfurt am Main

Interkommunale Zusammenarbeit in der Metropolregion Frankfurt/Rhein-Main

Fußball-Bundesligavereine als Impulsgeber für die Stadt- und Regionalentwicklung – untersucht am Beispiel des SV Darmstadt 98

## Masterarbeiten

- Mobilitätswende auf kommunaler Ebene in Deutschland – Gegenüberstellung der Handlungsmöglichkeiten und -grenzen von Großstädten und Gemeinden im ländlichen Raum
- Veränderung des Modal Splits durch neue Formen der Mikromobilität – Eine Potenzialanalyse von E-Scootern in Kombination mit Öffentlichen Verkehrsmitteln
- Klimaschutz und Ressourceneffizienz auf kommunaler Ebene Aktuelle Entwicklungen, Ziele und Herausforderungen der Bauleitplanung am Beispiel der Wissenschaftsstadt Darmstadt
- Überörtliche Raumplanung in deutschen Grenzregionen Ableitung von Handlungsempfehlungen für eine erfolgreiche transnationale – Zusammenarbeit am Beispiel der trinationalen Metropolregion Oberrhein
- Herausforderungen und Lösungsansätze des öffentlichen Personennahverkehrs in einer Post-Apartheid-Stadt in Afrika – untersucht anhand der Fallstudie „Go!Durban“
- Nachhaltige Verkehrskonzepte zur Anbindung ländlicher Räume an größere Städte in der Region – am Beispiel der Gemeinde Großbundenbach und Umgebung
- Stadionstandorte als Herausforderung für die Verkehrsinfrastrukturplanung – untersucht an der „Commerzbank-Arena“ in Frankfurt am Main
- Gute Beispiele für die Umsetzung der Energiewende auf kommunaler Ebene – untersucht an der Wissenschaftsstadt Darmstadt
- Die Metropolregion Frankfurt/Rhein-Main – Wachstum bringt Herausforderungen
- Autofreie Großstadt – Am Beispiel Frankfurt a. M.
- Planung von interkommunalen ÖPNV-Schientrassen
- Anbindung ländlicher Räume an den öffentlichen Verkehr und P+R-Anlagen
- Integration von Lastenfahrrädern in den städtischen Verkehr
- Integration der E-Scooter in die Verkehrsinfrastruktur Deutschlands – Herausforderungen und Potenziale
- Industrielle Nachhaltigkeit – Die Bedeutung von Eco-Industrie-Parks in China
- Regionalflughäfen in Deutschland – Eine räumliche Untersuchung bestehender Strukturen und möglicher Zukunftspotenziale für Flughäfen und Umland
- Nachhaltige Entwicklung und Resilienz von Städten: Analyse der Überschneidungen und Unterschiede
- Pandemieresiliente Mobilitätskonzepte in europäischen Städten



## 2.5 Fachgebiet Stoffstrommanagement und Ressourcenwirtschaft

### 2.5.1 Vorstellung des Fachgebiets

#### Fachgebietsleitung Stoffstrommanagement und Ressourcenwirtschaft

Frau Prof. Dr. rer. nat. Liselotte Schebek studierte von 1976 bis 1983 Chemie an der damaligen Technischen Hochschule Darmstadt. Daran schloss sich eine Tätigkeit als wissenschaftliche Mitarbeiterin mit dem Schwerpunkt Abfallwirtschaft beim Öko-Institut e.V. in Darmstadt an. Zwischen 1987 und 1990 war sie Doktorandin am Max-Planck-Institut für Chemie in Mainz im Bereich Biogeochemie und promovierte 1990 an der Universität Mainz mit einer Arbeit zur Analytik von Organozinnverbindungen in der Umwelt. Von 1990 bis 1999 arbeitete sie als Projektmanagerin bei Lahmeyer International in Frankfurt (seit 1998: ERM Lahmeyer International) und führte Forschungs- und Beratungsprojekte in den Bereichen Abfallwirtschaft und Stoffstrommanagement, Umweltverträglichkeitsuntersuchungen und Umweltmanagement durch. 2000 wurde Liselotte Schebek als Professorin für das Fachgebiet „Industrielle Stoffkreisläufe“ des Instituts IWAR an die TU Darmstadt berufen. Im Rahmen einer institutionellen Kooperation war sie von 1999 bis 2012 gleichzeitig tätig als Leiterin der Zentralabteilung technikbedingte Stoffströme am Institut für Technische Chemie (seit 2008 am Institut für Technikfolgenabschätzung) des KIT, früher Forschungszentrum Karlsruhe. Seit 2016 ist sie die wissenschaftliche Leiterin des Bereiches „Wertstoffkreisläufe“ der Fraunhofer-Einrichtung für Wertstoffkreisläufe und Ressourcenstrategie (IWKS). Die Forschungsinteressen von Prof. Schebek liegen vor allem in den Bereichen Life Cycle Assessment, Stoffstromanalyse, Kohlenstoffflüsse in der Technosphäre, Urban Mining, Ressourceneffizienz sowie Industrial Ecology.

Das Fachgebiet „Stoffstrommanagement und Ressourcenwirtschaft (SuR)“ wurde am 01.10.2013 aus den bisherigen Fachgebieten „Industrielle Stoffkreisläufe“ und „Abfalltechnik“ des Instituts IWAR gegründet. Das interdisziplinäre Team aus 23 wissenschaftlichen Mitarbeitenden, zwei Mitarbeiterinnen im Sekretariat, zwei technischen Mitarbeitern, sieben Lehrbeauftragten und einer apl. Professur arbeitet an aktuellen Forschungsthemen mit Methoden der Natur-, Wirtschafts- und Ingenieurwissenschaften. Die Forschungsschwerpunkte liegen in den Bereichen Kreislaufwirtschaft und Sekundärrohstoffe, Umweltanalytik und Nachhaltigkeitsbewertung.

**Fachgebietsleitung**  
**Stoffstrommanagement und Ressourcenwirtschaft**  
 Prof. Dr. rer. nat. Liselotte Schebek



### 2.5.2 Laufende Forschungsprojekte

#### **PLASTRAT – Lösungsstrategien zur Verminderung von Einträgen von urbanem Plastik in limnische Systeme**

##### **Fördergeber:**

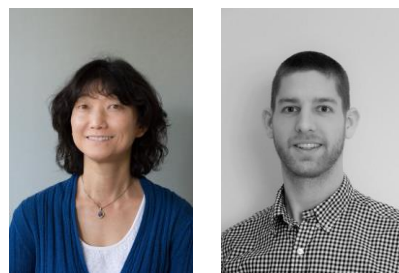
Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)

##### **Förderzeitraum:**

01.09.2017 – 31.12.2020

Verbindendes Element aller Untersuchungen in PLASTRAT ist die Entwicklung von Lösungsstrategien zur nachhaltigen Begrenzung der Ausbreitung von Plastikrückständen in der aquatischen Umwelt auf technischer, umweltwissenschaftlicher und sozial-ökologischer Ebene mit dem Ziel der gemeinsamen Entwicklung eines multikriteriellen Bewertungsansatzes zur Umweltverträglichkeit von unterschiedlich beschaffenen Kunststofftypen. Zudem soll daraus ein Gütesiegel für die praktische Anwendung entwickelt werden. Schwerpunkte bilden die Analyse und Bewertung der Degradationsstufen verschiedener Kunststoffarten sowie Leaching, Adsorption und Desorption in verschiedenen Abwasserbehandlungsstufen, die Wirkungen von unterschiedlichen Plastikspezies (in unterschiedlichen Degradationsstufen) und deren Additiven auf wasserlebende Organismen limnischer Systeme sowie eine Risiko-Charakterisierung der human-toxikologischen Wirkung von Mikroplastik auf den Konsumenten von Trinkwasser. Im Fokus stehen ferner die Quantifizierung und das technische Verminderungspotential (z. B. durch Einsatz von Membrantechnologie) von Plastikemissionen im Bereich der Siedlungswasserwirtschaft einschließlich der Klärschlamm-/Gärrestbehandlung unter Berücksichtigung geeigneter Probenahme-, Aufbereitungs- und Analyseverfahren. Zudem erfolgen Untersuchungen zur gesellschaftlichen Relevanz, d.h.

wie mit Plastik in deutschen Haushalten umgegangen wird, welche Anforderungen der Konsument an Kunststoffe stellt, welche Möglichkeiten der Nutzung von Ersatzstoffen bestehen sowie deren Auswirkungen, die sich für Handel, Logistik und Konsumentinnen und Konsumenten ergeben.



**AnsprechpartnerInnen**  
 Prof. Dr. rer. nat. L. Schebek  
 Dr.-Ing. Kaori Sakaguchi-Söder  
 Michael Gottschling, M.Sc.



## WieBauin – Wiederverwendung Baumaterialien innovativ

### Fördergeber:

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)

### Förderzeitraum:

01.10.2018 – 30.09.2023

Gebäude enthalten erhebliche Mengen an Bauteilen und Rohstoffen und sind somit ein ökologisch und ökonomisch relevanter Teil des anthropogenen Rohstofflagers. Trotz Fortschritten in deren Erforschung bestehen noch immer erhebliche Wissenslücken im Verständnis dieser Lager. Genaue Informationen wie Daten bezüglich der Menge, der Art, der Verfügbarkeit oder der regionalen Verteilung der wiederverwendbaren Bauteile und Materialien sind noch nicht abschließend bekannt. Auch aktuelle und zukünftige Entwicklungen sowie die Wechselwirkungen der damit verbundenen Stoffströme wurden bisher nur unzureichend untersucht. Die daraus resultierenden ökologischen Konsequenzen der Beeinflussung dieser Parameter sind somit nicht als trivial einzustufen.



Das aktuelle Forschungsvorhaben „WieBauin – Wiederverwendung Baumaterialien innovativ“ strebt die Reduzierung der Inanspruchnahme von Flächen- und Rohstoffressourcen im Bausektor durch die Aktivierung von bisher nicht wiederverwendeten Bauteilen und Baumaterialien an. Als Fallstudie dient der Landkreis

Darmstadt-Dieburg in Hessen, Deutschland. Im Fokus steht hierbei der ländliche Raum, in welchem von politischer Seite eine nachhaltige Innenentwicklung gefordert wird. Zu diesem Zweck werden Wertschöpfungsketten von Eigentümern abbruchreifer Gebäude hin zu Nutzern der beim Abbruch gewonnenen Bauteile und Baumaterialien geschaffen. Durch Schulungsmodule werden Architekten, Bauherren und Handwerker bei der Nutzung wiederverwertbarer Bauteile unterstützt.

Der Hauptbeitrag des Fachgebiets Stoffstrommanagement und Ressourcenwirtschaft der TU Darmstadt wird ein regional differenziertes Stoffstrommodell sein, welches die relevanten Lager und Flüsse in und zwischen den betrachteten Regionen abbildet. Dieses Modell erhält relevante Inputdaten aus einem GIS-basierten Materialkataster. Anhand von Szenarioanalysen werden mögliche Wechselwirkungen der Stoffströme untersucht, um eine Bewertungsgrundlage zu schaffen. Auf Basis der Ergebnisse des Stoffstrommodells werden mithilfe der Methode der Ökobilanz die potenziellen Umweltwirkungen der Implementierung der neu entwickelten Wertschöpfungsketten analysiert und bewertet.



**AnsprechpartnerInnen**  
Prof. Dr. rer. nat. L. Schebek  
Christian Dierks, M.Sc.

## ArePron – Agiles ressourceneffizientes Produktionsnetzwerk

### Fördergeber:

Projektförderung im Rahmen des Operativen Programms für die Förderung von Investitionen in Wachstum und Beschäftigung in Hessen aus Mitteln des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) 2014 bis 2020 (IWB-EFRE-Programm Hessen)

### Förderzeitraum:

17.01.2018 – 31.12.2020

In Industrieländern wird der Hauptteil der stofflichen und energetischen Ressourcen in Industrieprozessen und -dienstleistungen eingesetzt. Die Steigerung der Ressourceneffizienz in der Industrie ist somit ein wichtiger und notwendiger Faktor, um den weltweiten Ressourcenverbrauch zu senken. Dennoch existiert in industriellen Produktionsprozessen in der Regel weder eine Übersicht noch eine Bewertungsgrundlage zum Ressourceneinsatz und zu -verbräuchen. Im Projektvorhaben werden diese Verbräuche messbar gemacht und mit einem geeigneten Kennzahlensystem repräsentiert, um die Vergleichbarkeit der verschiedenen Ressourcen zu ermöglichen. Zur Analyse und Auswertung des Ressourcenverbrauchs wird eine Informations- und Kommunikationsplattform aufgebaut, welche die Zuordnung konkreter Ressourcenverbräuche zu einzelnen Bauteilen ermöglicht. Hierbei liegt der Fokus explizit auf der ganzheitlichen Betrachtung eines Produktionsnetzwerkes.

Das Vorhaben wird theoretisch in Form eines Vorgehensmodells entwickelt sowie zusätzlich praktisch umgesetzt. Hierzu wird ein Produktionsnetzwerk zwischen ETA-Fabrik und Prozesslernfabrik CiP auf dem Campus Lichtwiese aufgebaut und betrieben. Die gewonnenen Erkenntnisse

werden in einem weiteren Schritt der Industrie im projektparallelen Ergebnis- und Methodentransfer zur Verfügung gestellt.

Das interdisziplinäre Projekt wird von drei Instituten der TU Darmstadt durchgeführt. Die Koordination und Leitung des Forschungsvorhabens ArePron liegt beim Institut für Produktionsmanagement, Technologie und Werkzeugmaschinen (PTW) unter der Leitung von Prof. Eberhard Abele und Prof. Joachim Metternich. Das FG für Datenverarbeitung in der Konstruktion (DiK) unter Leitung von Prof. Reiner Anderl forscht an der intelligenten Vernetzung von Bauteilen und Betriebsmitteln zu digitalen Informationsträgern. Aufbauend auf der Expertise in der umweltgerechten Entwicklung von industriellen Prozessen, beschäftigt sich das FG SuR unter Leitung von Prof. Liselotte Schebek im Rahmen des Forschungsprojektes mit der lebenszyklusbasierten Analyse der eingesetzten energetischen und stofflichen Ressourcen. Zudem erfolgt die Entwicklung einer kennzahlenbasierten Methodik zur Bewertung der Ressourcennutzung und der damit verbundenen ökologischen Auswirkungen des agilen Produktionsnetzwerks.



**AnsprechpartnerInnen**  
 Prof. Dr. rer. nat. L. Schebek  
 Julia Zeulner, M.Sc.  
 Alessio Campitelli, M.Sc.

## SWIVT II – Umsetzungsphase zu Siedlungsbausteinen für bestehende Wohnquartiere – Impulse zur Vernetzung energieeffizienter Technologien

### Fördergeber:

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi)

### Förderzeitraum:

01.01.2018 – 31.12.2021

Im Anschlussvorhaben SWIVT II wird die im Vorfeldprojekt entwickelte Strategie für die Verknüpfung von Gebäudekonzepten im vernetzten Betrieb mit steuerungsoptimierten, innovativen Energietechnologien in der Postsiedlung in Darmstadt real umgesetzt. Nach erfolgreicher Verifizierung des SWIVT-Ansatzes durch theoretische und experimentelle Untersuchungen, Prototypenaufbau und gekoppelte Simulationen wollen die Projektpartner die Wirksamkeit der Ansatzlösung auf Systemebene in allen seinen Teilaspekten validieren. Auf der baulichen Ebene wird Low-Exergy im Bestand durch die Verknüpfung unterschiedlicher Gebäudekonzepte in einem thermischen und elektrischen Siedlungsnetz erprobt. Die Versorgung des Quartiers durch hohe Anteile an erneuerbaren Energien wird durch die effiziente Kopplung von Quellen und Senken, wie hybriden Energiespeichern mit unterschiedlichen Zeithorizonten, gewährleistet. Aus den im Rahmen von SWIVT entwickelten vorausschauenden Steuerungsalgorithmen wird ein „SWIVT-Controller“ erstellt und als Demonstrator in die Siedlung eingebaut. Der Controller ermöglicht eine ökonomisch und ökologisch optimierte, systemdienliche und sichere Betriebsstrategie der thermischen und elektrischen Anlagen des Quartiers. Ein belastbares Geschäftsmodell für die Verknüpfung der Interessen neuer und bestehender Akteure wird in der Praxis erprobt. Der systemische Ansatz von SWIVT dient

als Leitbild und Modell für eine nachhaltige, sichere und wirtschaftliche Stadtentwicklung.

Das Fachgebiet SuR übernimmt im Rahmen des Projektes die ökobilanzielle Bewertung und Skalierung der umgesetzten Maßnahmen. Dazu wird neben der Bewertung gemessener Verbrauchsdaten ein eigenes Messkonzept zur Evaluierung der Abgase aus der Wärmeversorgung erarbeitet.



## SWIVT II

Siedlungsbausteine  
für bestehende Wohnquartiere  
– Impulse zur Vernetzung  
energieeffizienter Technologien



**Ansprechpartnerinnen**  
Prof. Dr. rer. nat. L. Schebek  
Niklas Scholliers, M.Sc.

## co(MP)ost – Methodenentwicklung zur Charakterisierung von Mikroplastik in Komposten

### Fördergeber:

Fritz und Margot Faudi-Stiftung

### Förderzeitraum:

01.01.2018 – 31.12.2020

Mikroplastik in der Umwelt ist in den letzten Jahren stark in den Fokus des wissenschaftlichen Diskurses sowie der öffentlichen Wahrnehmung gerückt. Nach zahlreichen Arbeiten über maritimes Mikroplastik sind nun limbische Systeme in einer Vielzahl an Forschungsvorhaben vertreten. Um einen Einblick in das Ausmaß des Mikroplastikeintrages in terrestrische Systeme zu bekommen, muss zunächst eine Methode entwickelt werden, um das Mikroplastik in derart komplexen Matrices zu extrahieren und anzureichern.

Komposte, welche unter anderem aus Haushaltsbioabfällen erzeugt werden, können einen erheblichen Anteil an Kunststoffverunreinigung in Form von beispielsweise Mülltüten oder Lebensmittelverpackungen enthalten. Durch den Aufarbeitungs- und Kompostierungsprozess kann dieses Material unter eine Größe von fünf Millimeter zerkleinert werden und so von Makro- zu Mikroplastik werden.

Daher arbeitet das Fachgebiet Stoffstrommanagement und Ressourcenwirtschaft an der Entwicklung einer analytischen Verbundmethode um Mikroplastik aus Komposten zu extrahieren, charakterisieren und quantifizieren. Unter anderem werden präanalytische saure und basische Probenaufschlüsse sowie physikalische Separationsprozesse auf ihre Anwendbarkeit hin untersucht.

Finanziert durch die Fritz und Margot Faudi-Stiftung plant das Projekt „co(MP)ost“ eine vollständige Verbundmethode von Probenahmestrategie, über

präanalytischen Aufschluss, hin zu instrumentellen-analytischer Bestimmung der Plastikfraktion mittels Pyrolyse-GC-MS zu schaffen. Mittels dieser sollen Kompostströme zuverlässig und repräsentativ untersucht werden können. So kann das Mikroplastikpotential verschiedener Anlagentypen verglichen werden. Dies soll einen Einblick in den Mikroplastikeintrag in agri- und hortikulturell genutzte Böden, die mit Kompost gedüngt werden, ermöglichen.



**AnsprechpartnerInnen**  
Prof. Dr. rer. nat. L. Schebek  
Domink Dörder, M.Sc.

## **Combi4Products – Kombination und Erweiterung von Behandlungsverfahren für biologische Abfälle und Reststoffe um Bioraffinationseinheiten zur Erzeugung hochwertiger biobasierter Produkte**

### **Auftraggeber:**

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)

### **Förderzeitraum:**

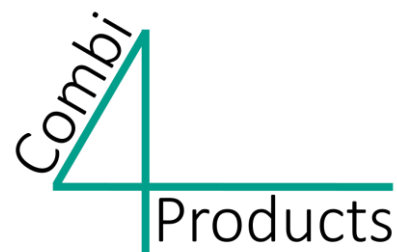
01.10.2018 – 30.09.2021

Am 01. Oktober 2018 startete das neue Forschungsprojekt *Combi4products* unter Leitung von Herrn Dr.-Ing. Jan Kannengießer vom Fachgebiet Stoffstrommanagement und Ressourcenwirtschaft. Das dreijährige Projekt wird zusammen mit Frau Prof. Iris Steinberg der Hochschule Darmstadt (h\_da) sowie der Jager Biotech GmbH und der Jager Ingenieure GmbH bearbeitet. Gefördert wird das Forschungsvorhaben vom Bundesministerium für Bildung und Forschung.

Innerhalb dieses Vorhabens soll ein Verfahrenskonzept erarbeitet und getestet werden, welches die Verfahren der Kompostierung, Vergärung und Ethanolherstellung auf Basis lignocellulose-haltiger Biomasse kombiniert. Durch die Kombination dieser drei Verfahren soll ein flüssiges Substrat erzeugt werden, das reich an unpolaren Carbonsäuren ist, die in einer Bioraffinationseinheit extrahiert und in biobasierte Produkte umgewandelt werden.

Durch Kombination unterschiedlicher (bereits im Realmaßstab und Regelbetrieb existierender) Bioabfallbehandlungsverfahren miteinander und der Integration einer innovativen Biotechnologie zur Erzeugung biobasierter Produkte auf Basis unpolarer Carbonsäuren soll die Wirtschaftlichkeit der Anlagen sowie die ökologische Nutzung der Biomasse verbessert werden.

Im Rahmen des Vorhabens sollen weiterhin zwei Raffinationskonzepte untersucht werden. Zum einen handelt es sich um ein stationär ausgerichtetes Konzept, bei dem in den Behandlungsanlagen für biologische Abfälle bzw. landwirtschaftliche Reststoffe ein mit Carbonsäuren angereichertes Substrat erzeugt wird, das anschließend zur zentralen Bioraffinationseinheit transportiert und weiterbehandelt wird. Dort werden abschließend die entstandenen unpolaren Carbonsäuren abgetrennt und zu biobasierten Produkten umgewandelt. Zum anderen handelt es sich um ein Raffinationskonzept, bestehend aus mobilen Einheiten, die in die existierenden Behandlungsanlagen integriert werden können und somit die Abtrennung der Carbonsäuren aus den Substraten und die Herstellung biobasierter Produkte vor Ort durchführen können. Damit wäre bspw. ein direkter Einsatz der erzeugten Produkte in den Behandlungsanlagen möglich.



**AnsprechpartnerInnen**  
 Prof. Dr. rer. nat. L. Schebek  
 Dr.-Ing. Jan Kannengießer  
 Kasimir Simon, M.Sc.



## **Trans4Biotec – Know-how transfer in waste management for developing new biotechnology applications in developing countries**

### **Auftraggeber:**

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)

Deutscher Akademischer Austauschdienst (DAAD)

### **Förderzeitraum:**

01.01.2017 – 31.12.2020

Die Bewirtschaftung von Siedlungsabfällen stellt nach wie vor in Entwicklungsländern ein erhebliches Problem dar. Derzeit besteht die Behandlung von Siedlungsabfällen in vielen dieser Länder aus einer gemeinsamen Sammlung aller Abfallfraktionen in einem Sammelgefäß und einer anschließenden Deponierung dieser Abfälle.

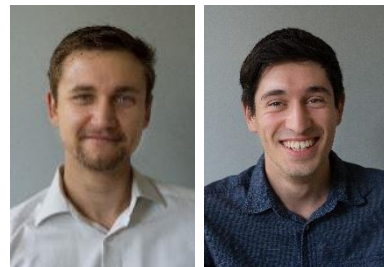
Im Rahmen des Projektes Trans4biotec soll am Beispiel Marokkos und der Elfenbeinküste untersucht werden, wie der existierende Umgang mit den vorhandenen Siedlungsabfällen, im Sinne einer nachhaltigen Abfallbewirtschaftung, verbessert werden kann. Dabei wird zunächst über eine Bestandsaufnahme der Ist-Zustand der Abfallbewirtschaftung aufgenommen und anschließend, im Rahmen von Experteninterviews und Workshops mit Stakeholdern der Abfallbewirtschaftung, über Optimierungspotenziale diskutiert.

Zudem soll untersucht werden, ob sich biologische Siedlungsabfälle der beiden Entwicklungsländer für eine anaerobe Behandlung zur Erzeugung biobasierter Produkte (wie z.B. Schmierstoffe oder Löse-mittel) eignen. Hierbei soll neben den biologischen Abfällen auch Deponiesickerwasser untersucht werden, da dieses in Entwicklungsländern meist nicht nachbehandelt wird und damit eine erhebliche Umweltgefährdung darstellt. Es soll daher

untersucht werden, wie hoch das Säurebildungs- und Produktpotential für dieses Medium ist sowie eine Handlungsempfehlung für die Sickerwasserbehandlung ausgearbeitet werden.

Auf Grundlage der durchgeführten Untersuchungen zur Abfallbewirtschaftung und zur Eignung der biologischen Abfälle sollen Handlungsempfehlungen zur Optimierung der existierenden Abfallwirtschaftssysteme der teilnehmenden afrikanischen Städte (Marrakech, Tétouan, Abidjan) erstellt werden.

Neben den genannten Forschungstätigkeiten ist auch die Ausbildung marokkanischer und ivorianischer Masterstudenten und Doktoranden im Bereich der Abfallbewirtschaftung Bestandteil dieses Vorhabens. Dadurch soll eine Verstetigung der erzielten Projektergebnisse erreicht werden.



**AnsprechpartnerInnen**  
 Prof. Dr. rer. nat. L. Schebek  
 Dr.-Ing. Jan Kannengießner  
 Alessio Campitelli, M.Sc.

## **Biotec2Future – Entwicklung eines Masterstudienprogramms „Environmental Biotechnology Engineering“ für Cote d’Ivoire und Marokko**

### **Auftraggeber:**

Deutscher Akademischer Austauschdienst (DAAD)

### **Förderzeitraum:**

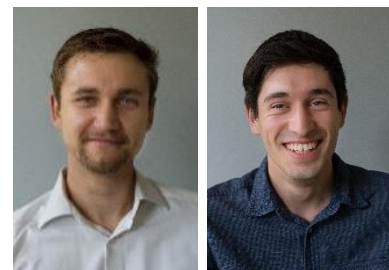
01.06.2020 – 31.12.2023

Gerade in Bezug auf die Endlichkeit fossiler Rohstoffe ist die Etablierung und Nutzung neuer Technologien und nachhaltiger Ressourcen immer mehr von Bedeutung. Eine Möglichkeit fossile Ressourcen zu schonen und dennoch den aktuellen Lebensstandard aufrecht zu erhalten bzw. zu verbessern sind bioökonomische Ansätze. In vielen Entwicklungsländern, wie beispielsweise der Elfenbeinküste oder Marokko, ist die Bioökonomie noch kein fester Bestandteil der aktuellen politischen und gesellschaftlichen Diskussion. Die Nutzung von Abfallbiomasse als Ausgangssubstrat für die Herstellung von biobasierten Produkten könnte eine Chance darstellen, durch den bioökonomischen Ansatz zur Verbesserung der Wirtschaft, Umwelt und der Lebensqualität der Bevölkerung beizutragen. Dies kann durch den Einsatz von Umweltbiotechnologien, wie bspw. Vergärungsanlagen, erreicht werden. Damit eine Biotechnologie eingesetzt werden kann und darauf aufbauend evtl. eine Bioökonomiestrategie entsteht, bedarf es eines gesellschaftlichen Wandels. Genau hier greift das vorgestellte Vorhaben ein und bildet Studierende mit entsprechender Fachkenntnis aus, stellt Kontakte zwischen Hochschulen und Wirtschaft her, fördert den aktiven Austausch von Wissenschaftler\_innen innerhalb Afrikas und stellt den Kontakt zu etablierten Unterneh-

men in Deutschland in den Branchen Abfallwirtschaft und Bioökonomie / Biotechnologie her.

Für die wissenschaftliche Ausbildung von Masterstudierenden werden daher Lehrveranstaltungen zu den Themen Bioökonomie, Ressourcenmanagement und Biotechnologien sowie praktische Arbeiten im Labor- bzw. Technikumsmaßstab angeboten. Des Weiteren wird den afrikanischen Studierenden die Möglichkeit gegeben, ihre Abschlussarbeit in Deutschland zu verfassen sowie auch Praktika bei den am Projekt teilnehmenden Praxispartnern zu absolvieren. Für den Aufbau eines Bioökonomie-Clusters in den Ländern sind Workshops in Marrakesch (Marokko) und Abidjan (Elfenbeinküste) geplant. Hierbei soll die Vernetzung von Wissenschaft, Politik und Wirtschaft aufgebaut bzw. verstärkt werden.

Das Forschungsprojekt startete am 01. Juni 2020 und geht bis 31. Dezember 2023. Die Koordination und Projektleitung übernimmt Herr Dr.-Ing. Jan Kannengießer. Des Weiteren kümmert sich Herr Alessio Campitelli, M.Sc. um die inhaltliche Bearbeitung des Vorhabens.



**AnsprechpartnerInnen**  
 Prof. Dr. rer. nat. L. Schebek  
 Dr.-Ing. Jan Kannengießer  
 Alessio Campitelli, M.Sc.

## GNOSIS – Holistische Bewertung des elektrischen Fliegens

### Fördergeber:

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi)

### Förderzeitraum:

01.07.2020 – 30.06.2023

Die Dekarbonisierung des Flugsektors stellt eine wichtige Maßnahme zur Erreichung der Klimaziele dar. Das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) fördert daher innerhalb des sechsten zivilen Luftfahrtforschungsprogramms LuFo VI-1 Forschungsvorhaben zur Entwicklung eines nachhaltigen, wirtschaftlichen und effizienten Lufttransportsystems der Zukunft.

Das Forschungsprojekt GNOSIS - Holistische Bewertung des elektrischen Fliegens verfolgt das übergeordnete Ziel, mithilfe der Entwicklung und Bewertung von (teil-)elektrischen Antriebskonfigurationen in Passagierflugzeugen für die Zukunft ein umweltverträgliches Luftverkehrssystem sicherzustellen. Auf Basis einer holistisch durchgeführten Analyse des Potenzials des elektrischen Fliegens soll die Bewertung von ausgewählten Technologiekombinationen auf Flugzeugvehikel- und Lufttransportsystem-Ebene ermöglicht werden. Die ganzheitliche Bewertung umfasst neben Ergebnissen in der räumlichen Dimension (Vehikel, Flughafen, Luftraum, Material- und Energiebereitstellung, etc.) und zeitlichen Dimension (Lebenszyklusanalyse) auch rechtliche Aspekte (Zertifizierbarkeit, Luftrecht).

Das seit 01. Mai 2020 begonnene Projekt erfolgt unter der Leitung der RWTH Aachen innerhalb eines deutschlandweiten Verbundvorhabens von acht Universitäten über einen Zeitraum von drei Jahren. Die Projektbearbeitung am Fachgebiet

Stoffstrommanagement und Ressourcenwirtschaft wird von Frau Susanne Hanesch, M.Sc., übernommen. Hierbei sollen die technische Modellierung und Simulation der (teil-)elektrifizierten Flugzeugkonfigurationen in eine Lebenszyklusanalyse eingebunden werden, sodass eine ganzheitliche Untersuchung der ökologischen Auswirkungen der innovativen Flugkonzepte ermöglicht wird. Das Vorhaben unterteilt sich in Phase A, bei der ein 19-sitziges Passagierflugzeug modelliert werden soll, sowie in Phase B, in der eine Skalierung auf ein Flugzeug mit neun bzw. 50 Sitzplätzen und unterschiedlicher Reichweite erfolgt. Die abschließende Flugzeugbewertung wird jeweils für die beiden Bewertungshorizonte in den Jahren 2025 und 2050 durchgeführt. Dadurch können sowohl die in naher Zukunft als auch die längerfristig erreichbaren Effekte untersucht werden, um daraus Empfehlungen für künftige Forschungs- und Entwicklungsschwerpunkte abzuleiten.



**Ansprechpartnerinnen**  
Prof. Dr. rer. nat. L. Schebek  
Susanne Hanesch, M.Sc.

## **GlyChem – Innovationsraum: BioBall – Glykane und Koppelprodukte als biogene Wertstoffe (Teilprojekt B) – Umsetzungsphase**

### **Fördergeber:**

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)

### **Förderzeitraum:**

01.05.2020 – 30.04.2023

National, wie auch international gehen die aktuellen Bestrebungen weg von einer auf fossilen Rohstoffen basierenden Wirtschaft, hin zu einer Bioökonomie. In diesem Zusammenhang sollen durch den Innovationsraum BioBall, in dicht besiedelten und industrialisierten Ballungsräumen, Forschungsaktivitäten hin zu einer nachhaltigen biobasierten Wirtschaft verfolgt und gefördert werden. Die Förderung erfolgt dabei durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF).

Das Forschungsprojekt Glychem ist dabei eines der Leitprojekte, die im Zuge von BioBall gefördert werden. Das Ziel von GlyChem besteht in der Entwicklung kosteneffizienter und ressourcenschonender Technologien zur stofflichen Nutzung von Glykanen aus kohlenhydratreichen bzw. lignocellulosischen Stoffströmen in der Metropolregion Frankfurt / Rhein-Main. Als Koppelprodukte der Glykane mit vergleichbarem Wertschöpfungspotential werden unpolare Carbonsäuren und Polyphenole gewonnen und im Hinblick auf ihr ökonomisches Potenzial evaluiert. Die Erschließung neuer stofflicher Nutzungswege für biogene Abfallströme soll zu einer Reduktion von Treibhausgasen beitragen.

Das Vorhaben wird von der Fraunhofer-Einrichtung für „Wertstoffkreisläufe und Ressourcenstrategie“ (IWKS) koordiniert. Als Projektpartner sind die Julius-Maximi-

lians-Universität Würzburg, mit der Professur für Polymere Funktionswerkstoffe, die Technische Universität Clausthal mit den Instituten für Polymerwerkstoffe und Kunststofftechnik sowie Thermische Verfahrens- und Prozesstechnik, wie auch die Technische Universität Darmstadt mit den Fachgebieten Technische Chemie II und Stoffstrommanagement und Ressourcenwirtschaft beteiligt. Das Vorhaben startete am 01. Mai 2020 und hat eine Projektlaufzeit von drei Jahren.

Das Fachgebiet Stoffstrommanagement und Ressourcenwirtschaft, unter Leitung von Frau Prof. Dr. Liselotte Schebek, untersucht in diesem Vorhaben die Vergärbarkeit und das Bildungspotential an Carbonsäuren der Extraktionsrückstände der untersuchten kohlenhydratreichen bzw. lignocellulosischen Stoffströme (bspw. Apfeltrester und Kakaoschalen). Das Vorhaben wird hierbei von Herrn Michael Gottschling, M.Sc., unter der Leitung von Herrn Dr. Jan Kannengießer, bearbeitet.



**AnsprechpartnerInnen**  
 Prof. Dr. rer. nat. L. Schebek  
 Dr.-Ing. Jan Kannengießer  
 Michael Gottschling, M.Sc.

## **ReCircE – Verbund-KI: Digital Lifecycle Record for the Circular Economy – Transparente Gestaltung von Stoffkreisläufen und Optimierung von Abfallsortierung mithilfe von Künstlicher Intelligenz**

### **Fördergeber:**

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU)

### **Förderzeitraum:**

01.10.2020 – 30.09.2023

Die Hälfte der deutschlandweit anfallenden Kunststoffabfälle wird derzeit energetisch verwertet, d.h. verbrannt. Damit stehen die wertvollen Kunststoffmaterialien einer ressourceneffizienten stofflichen Verwertung im Sinne der Kreislaufwirtschaft nicht mehr zur Verfügung. Die geringe Recyclingquote lässt sich in erster Linie mit der fehlenden Weitergabe von Informationen zwischen den unterschiedlichen Produktlebensphasen begründen. Unter Beteiligung des Fachgebiets Stoffstrommanagement und Ressourcenwirtschaft (SuR) sollen im neuen Forschungsprojekt ReCircE (Digital Lifecycle Record for the Circular Economy) deshalb sowohl eine cloudbasierte Lebenszyklusakte als auch ein Ressourceneffizienz-Tool entwickelt werden.

Die Weitergabe von Informationen entlang des Lebenszyklus ist für die Implementierung einer Kreislaufwirtschaft entscheidend. So benötigt ein recyclingfähiges Produktdesign Informationen zu den verfügbaren Recyclingverfahren, während die Weiterentwicklung von Recyclingverfahren eine Kenntnis der anfallenden Stoffströme voraussetzt. Im Projekt ReCircE soll deshalb eine digitale und cloudbasierte „Lebenszyklusakte“ zu Kunststoffprodukten entwickelt werden, die Produktinformationen über den gesamten Le-

benszyklus darstellt und zwischen Produzenten und Entsorgern teilt. Zudem kombiniert ein KI-System die Daten der Lebenszyklusakte mit den Sensordaten einer hocheffizienten Sortieranlage und verbessert so die Präzision und Effizienz des Sortiervorgangs. Dadurch sind geringere Ausschussmengen und höhere Produktqualitäten zu erwarten. Darüber hinaus wird ein Ressourceneffizienz-Tool entwickelt, das Varianten von Produktgestaltung, Wertschöpfungsketten und Recyclingverfahren miteinander vergleicht und unter ökologischen und ökonomischen Gesichtspunkten optimiert.

Das dreijährige Verbundprojekt ist am 01. Oktober 2020 gestartet und wird vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) gefördert. Die Koordination übernimmt die Firma GreenDelta. Die wissenschaftlichen Partner sind das Deutsche Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI), die Fraunhofer-Einrichtung für Wertstoffkreisläufe und Ressourcenstrategie (IWKS), sowie das Fachgebiet SuR. Darüber hinaus ist der Verpackungshersteller Papier-Mettler als assoziierter Partner beteiligt. Das Fachgebiet SuR übernimmt die Leitung des Arbeitspakets „Bewertung von Stoffkreisläufen“, in welchem unter anderem das Ressourceneffizienz-Tool entwickelt wird.



**Ansprechpartnerinnen**  
Prof. Dr. rer. nat. L. Schebek  
Carina Geyer, M.Sc.



## LIFE-3E – Environment-Energy-Economy

### Fördergeber:

European Union - LIFE programme

### Förderzeitraum:

01.10.2020 – 30.09.2024

Das Projekt zielt darauf ab, ein innovatives Verfahren zu entwickeln und zu demonstrieren, das die Nachhaltigkeit von Kläranlagen in Küstengebieten fördert, indem es zur Sanierung und Wiederverwendung von Wasser beiträgt, das Kreislaufwirtschaftsparadigma begünstigt, erneuerbare Energiegewinnung vor Ort erzeugt und den Druck auf aquatische Ökosysteme minimiert. Dieser Ansatz wird die mit der Überbeanspruchung der natürlichen Süßwasserressourcen und dem externen Energiebedarf in den Kläranlagen verbundenen Umweltauswirkungen (und damit die negativen Auswirkungen der Energieerzeugung und des Energietransports auf Brennstoffbasis) verringern. Das Hauptziel von LIFE-3E ist es, zur Verbesserung der Nachhaltigkeit der Wasserressourcen beizutragen, indem mit einem innovativen konzeptbasierten Prototyp die effiziente Sanierung von Abwässer in küstennahen Kläranlagen, für städtische Bewässerungs- oder industrielle Zwecke gezeigt wird. Um das globale Ziel zu erreichen, wird die Integration fortschrittlicher Sanierungstechnologien auf der Grundlage von SGE umgesetzt. Die effiziente Wasserwiederverwendung im Rahmen des LIFE-3E-Prozesses wird durch ein Ökobilanz-Tool bewertet, um den Beitrag des Projekts zur Minimierung der Erschöpfung von Wasserquellen (Wassersanierung) und die Auswirkungen auf die Ökosysteme bei gleichzeitiger Reduzierung der Treibhausgasemissionen (Rückgewinnung erneuerbarer Energien) zu bewerten.



### **AnsprechpartnerInnen**

Prof. Dr. rer. nat. L. Schebek

Dipl. Wirtsch.-Ing. Laura Göllner-Völker

Diego Mauricio Olaya Pinto, M.Sc.

## TransRegBio – Transformationsanalyse und Gestaltungskonzepte für eine regionale Bioökonomie

### Fördergeber:

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)

### Förderzeitraum:

01.12.2019 – 30.11.2022

Das Konzept der Bioökonomie steht für die Umstellung der industriellen Produktion von fossilen auf nachwachsende Rohstoffe. Diese Transformation ist ein wichtiger Beitrag zum Klimaschutz, muss aber im Einklang stehen mit der Ernährungssicherheit einer wachsenden Weltbevölkerung. Der Innovationsraum BioBall hat sich zum Ziel gesetzt, den Technologie- und Strukturwandel hin zu einer bioökonomischen Wirtschaftsweise in der Metropolregion Frankfurt/ Rhein-Main voranzutreiben und somit ein anschlussfähiges, nachhaltiges und in andere Regionen übertragbares Modell einer bioökonomischen Wertschöpfung zu entwickeln. Dafür stellt das Bundesministerium für Bildung und Forschung im Rahmen der Fördermaßnahme „Innovationsräume Bioökonomie“ bis zu 20 Mio. € zur Verfügung. Innerhalb von fünf Jahren sollen in unterschiedlichen FuEuI-Projekten (Forschung, Entwicklung und Innovation) Technologien für die Bioökonomie erforscht und zu innovativen Wertschöpfungsketten weiterentwickelt werden.

Das Verbundprojekt „Transformationsanalyse und Gestaltungskonzepte für eine regionale Bioökonomie“ (TransRegBio) dient als Querschnittsprojekt, in dem zum einen die wissenschaftliche Begleitung der FuEuI-Projekte stattfindet und zum anderen Modelle, Werkzeuge und Konzepte für die Bewertung und Gestaltung einer regionalen Bioökonomie entwickelt werden.

TransRegBio setzt sich dabei mit den folgenden Fragestellungen im Detail auseinander: Was sind Hemmnisse und Treiber für die Markteinführung von bioökonomischen Technologien? Welche Umweltwirkungen haben die bioökonomischen Technologien im Lebenszyklus? Und: Welchen Einfluss hat die durch bioökonomische Technologien verursachte Biomassenachfrage auf der makroökonomischen Ebene auf Phänomene wie die Landnutzung, biologische CO<sub>2</sub>-Speicherung und Biodiversität?

Die von den sieben Projektpartnern entwickelten Methoden und Erkenntnisse fließen in Instrumente und Handlungsleitfäden für Akteure der Bioökonomie ein.



**Ansprechpartnerinnen**  
Prof. Dr. rer. nat. L. Schebek  
Almut Güldemund, M.Sc.

## **SOKRATES – Systemische Optimierung komplexer Recycling-Abläufe zur Trennung von Elektroaltgeräten und Sortierung**

### **Fördergeber:**

Fraunhofer-Einrichtung IWKS

### **Förderzeitraum:**

01.04.2019 – 31.03.2022

Moderne Elektronikgeräte wie Smartphones beinhalten eine Vielzahl unterschiedlicher Materialien, während gleichzeitig Komplexität und Miniaturisierung der Komponenten zunehmen. Großer Aufwand bei der Gewinnung der Rohstoffe sowie kürzer werdende Lebenszyklen erfordern die Rückgewinnung der eingesetzten Ressourcen. Landen beispielsweise die Platinen in der Eisenschmelze, sind die wertvollen Edel- und Seltenerdmetalle für den Wiedereinsatz verloren, weshalb eine bestmögliche Trennung der Komponenten für einen gezielten Einsatz der nachfolgenden Recyclingtechnologien notwendig ist.

Seit April 2020 läuft das Kooperationsprojekt zwischen der TU Darmstadt und der Fraunhofer-Einrichtung IWKS. Im Zuge dieses Projekts soll eine ganzheitliche Betrachtung der Prozesskette zur Verwertung von Elektro(nik)-Altgeräten erfolgen. Der Fokus liegt dabei vor allem auf der Verwendung von maschinellem Lernen in der sensorbasierten Sortierung. Ein Ziel soll die Verwendung von Hintergrundinformationen über andere Prozesse und das Eingangsmaterial sein, wodurch der Prozess besser auf den jeweiligen Input abgestimmt werden kann. Bearbeitet wird dieses, zunächst vom IWKS über 3 Jahre finanzierte Projekt, von Malte Vogelgesang, M.Sc., der für seine Forschung die am Standort Alzenau befindliche Sortieranlage verwendet. Dieses Projekt soll darüber hinaus auch den Grundstein für eine

engere Zusammenarbeit der beiden Einrichtungen legen.



**Modulare Sortieranlage bei Fraunhofer IWKS in Alzenau (Quelle: Fraunhofer IWKS)**

Aufbauend auf einer Analyse der Zusammensetzung von Elektronikaltgeräten werden etablierte Verfahren der Sortierung evaluiert. Systematische Versuche an der modularen Sortieranlage des Fraunhofer IWKS sollen die Fähigkeiten der sensorbasierten Sortierung identifizieren. Im Anschluss soll durch den Einsatz von maschinellem Lernen das Trainieren der Sensorik auf neue Inputströme schneller und genauer werden, als dies bislang von Hand möglich ist. Abschließend werden auch vor- und nachgelagerte Prozesse mit in die Betrachtung einbezogen und der Prozess vor ökologischen und ökonomischen Gesichtspunkten evaluiert.



**AnsprechpartnerInnen**  
Prof. Dr. rer. nat. L. Schebek  
Malte Vogelgesang, M.Sc.

## RessStadtQuartier – Urbanes Stoffstrommanagement: Instrumente für die ressourceneffiziente Entwicklung von Stadtquartieren

### Fördergeber:

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)

### Förderzeitraum:

01.03.2019 – 28.02.2022

Stadtplanung stellt sich immer stärker als Planung auf der Quartiersebene dar: Hier lassen sich planerische und technologische Gesamtkonzepte und ökonomische Skaleneffekte realisieren. Zusätzlich stellt der Bestand der „gebauten Umwelt“ von Quartieren (Gebäuden und Infrastrukturen) ein Lager an Materialien dar, die bei Sanierung, Umbau oder Abbruch frei werden und als Sekundärrohstoffe in hochwertige Verwertungskreisläufe zurückgeführt werden sollten.

Die steigende Dynamik der Quartiersplanung ist daher eine Chance für die Etablierung eines urbanen Stoffstrommanagements, das bislang nur sektoral (z.B. im Energiebereich) und eher reaktiv (z.B. Verwertungskonzept bei Abriss) stattfindet. Die gegenwärtigen Hemmnisse für ein quartiersbezogenes Stoffstrommanagement liegen z.T. im fehlenden Bewusstsein für die Möglichkeiten von Planungsprozessen zur Beeinflussung der Ressourceneffizienz, z.T. aber auch in fehlenden Informationsgrundlagen und Instrumenten zur umfassenden Bewertung der Aspekte von Ressourceneffizienz auf Quartiersebene. Vor diesem Hintergrund verfolgt das Projekt die Ziele, Wissens- und Informationsgrundlagen sowie praxisbezogene Instrumente für ein quartiersbezogenes Stoffstrommanagement zu entwickeln und diese im Rahmen realer Planungsprozesse zu erproben.



Das Projekt entwickelt Methoden und Instrumente als „Werkzeugkasten für Ressourceneffizienz“ für die wissenschaftliche Steuerung in kommunalen Planungsprozessen. Die realen Quartiersplanungen der kommunalen Partner Darmstadt und Wiesbaden geben die Anforderungsprofile für die wissenschaftlichen Arbeiten und das Umfeld der Erprobung des „Werkzeugkastens“ vor.



**Ansprechpartnerinnen**  
 Prof. Dr. rer. nat. L. Schebek  
 Dipl. Wirtsch.-Ing. Laura Göllner-Völker  
 Bianca Koch, M.Sc.

## **ELISA II – Elektrifizierter, Innovativer Schwerverkehr auf Autobahnen**

### **Fördergeber:**

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU)

### **Förderzeitraum:**

01.01.2019 – 31.12.2022

Die Dekarbonisierung des Straßengüterverkehrs stellt eine wichtige Maßnahme zur Erreichung der Klimaziele dar. Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) fördert daher Forschungsvorhaben zur Elektrifizierung von Autobahnteilabschnitten für die Nutzung von Oberleitungs-Hybrid-Lkw (OH-Lkw).

Die erste Phase des Forschungsprojektes „ELISA - Elektrifizierter, innovativer Schwerverkehr auf Autobahnen“ wurde mit der Fertigstellung der ersten (von bundesweit drei) öffentlichen eHighway-Teststrecken auf der Autobahn A5 mit einer fünf Kilometer langen Oberleitung zwischen Frankfurt und Darmstadt im Dezember 2018 erfolgreich abgeschlossen. Im Januar 2020 schloss die zweite Projektphase daran an, bei der in einem umfassenden Feldversuch die neue Technologie in seiner Systemumwelt bis Ende 2022 untersucht wird.

Das Projekt wird von Hessen Mobil geleitet, Partner aus der Industrie sind die Siemens Mobility GmbH und die ENTEGA AG. Die Federführung der wissenschaftlichen Begleitforschung wird unter der Leitung von Herrn Prof. Dr.-Ing. Manfred Boltze durch das Team des Instituts für Verkehrsplanung und Verkehrstechnik der Technischen Universität Darmstadt übernommen, dessen Forschungsvorhaben durch die Kompetenzen des Fachgebiets Stoffstrommanagement und Ressourcenwirtschaft (FG SuR) bei ökologischen Fragestellungen unterstützt werden. ELISA II

unterteilt sich in den Betrieb der Teststrecke, bei dem mit Hilfe von Transport- und Logistikpartnern die Anwendbarkeit von Elektrifizierungskonzepten für den regionalen Gütertransport durch die Nutzung von OH-Lkw erprobt werden soll sowie in die Begleitforschung des Testbetriebs. Der Beitrag des FG SuR beinhaltet eine ökobilanzielle Betrachtung der Technologie „OH-Lkw“ in seiner Systemumwelt. Mit dieser ganzheitlichen ökologischen Auswertung des Feldversuchs können Aussagen über die Umweltwirkungen des Projekts getroffen werden, welche der Bundesregierung bei der Umgestaltung des Verkehrssektors zur Reduktion von Treibhausgasen in den nächsten Jahren dienlich sein werden.



### **Ansprechpartnerinnen**

Prof. Dr. rer. nat. L. Schebek  
Dipl. Wirtsch.-Ing. Laura Göllner-Völker  
Susanne Hanesch, M.Sc.



### 2.5.3 Abgeschlossene Bachelor- und Masterarbeiten

#### Bachelorarbeiten

- Rohstoffuntersuchung und Recyclingstrategien für elektrische Antriebstechnologien von Pkw
- Untersuchung der Umweltwirkungen verschiedener Herstellungsverfahren für Biokraftstoffe mittels Ökobilanzen
- Entwicklung einer Methodik für die Bewertung der Schadstoffbelastung von bestehenden Gebäuden auf Bauteilebene
- Verfahren zur Extraktion von mittellangkettigen Carbonsäuren aus unpolaren Lösungsmitteln
- Entwicklung eines Verwertungskonzepts für Schlacke aus der Verbrennung von Siedlungsabfällen anhand eines regionalen Beispiels
- Ökobilanzielle Bewertung von Cloud-Computing
- Ökobilanzielle Betrachtung verschiedener Maßnahmen zur Sanierung von Wohngebäuden
- Ökobilanzierung eines Recyclingprozesses für Smartphones
- Mikroplastik in Komposten – Test und Optimierung eines triboelektrischen Separators zur Trennung von Kunststoff von Kompost
- Analyse des Aufkommens biogener gewerblicher und industrieller Rest- und Abfallströme und ihres potentiellen Beitrags zur Bioökonomie in Deutschland

#### Masterarbeiten

- Lichtgetriebene Biokraftstoffproduktion in *Yarrowia lipolytica*: Genetische und Bioprozessoptimierung in Bench-top Bioreaktoren sowie Lebenszyklusanalyse
- Entwicklung eines Vorgehens zur ökologischen Bewertung von Stromerzeugungsszenarien bis 2050 im Kontext der deutschen Energiewende
- Mikroplastik - Berechnung der Polymer-Wasser-Verteilungskoeffizienten ( $K_{pw}$ ) einer hydrophobischen Substanz für unterschiedliche Kunststoffarten bezogen auf die mittels co-solvent Methode bestimmte  $K_{pw}$ -Werte
- Ende des Exports von Kunststoffabfällen aus Europa: Bestimmung der Umweltwirkung von verschiedenen Szenarien
- Entwicklung eines Ökobilanzmodells zur Bewertung von Verwertungswegen für Bauschutt unter besonderer Berücksichtigung der Substitutionseffekte

#### 2.5.4 Workshops, Seminare und Forschungsaufenthalte

- Dierks, C., Konferenz, digital, 25.11.2020, Statuskonferenz 2020 der BMBF-Fördermaßnahme „Stadt-Land-Plus“
- Dierks, C., Göllner-Völker, L., Güldemund, A., Scholliers, N., Weyand, S., Zeulner, J., Konferenz, digital, 26.-28.08.2020, 2. Life Cycle Innovation Conference
- Göllner-Völker, L.; Koch, B., Workshop, digital, 30.06.2020, RES:Z Querschnittsthema Indikatoren/Bewertung
- Göllner-Völker, L.; Koch, B., Workshop, digital, 01.10. 2020, RES:Z Querschnittsthema Indikatoren/Bewertung
- Göllner-Völker, L.; Koch, B., Workshop, DECHEMA Frankfurt, 10.03.2020, RES:Z Querschnittsthema Transfer/Institutionalisierung
- Göllner-Völker, L., Workshop, digital, 13.10.2020, RES:Z Querschnittsthema Transfer/Institutionalisierung
- Güldemund, A., Seminar, digital, 28.09.2020, Jahrestreffen des Innovationsraumes BioBall
- Güldemund, A. Konferenz, digital, 21.-22.09.2020, 3rd International Bioeconomy Congress Baden-Württemberg
- Güldemund, A., Miao, C., Z., Zeller, V., Konferenz, digital, 30.11.-03.12.2020, ICEC Interdisciplinary Circular Economy Conference 2020
- Hanesch, S., Stakeholderkonferenz, Berlin, 22.01.2020, Digitale Daten als Gegenstand eines transdisziplinären Prozesses (DiDaT)
- Hanesch, S., Konferenz, digital, 12.05.2020, Electric Road Systems Webinar 2020 (ERSW2020)
- Koch, B., Konferenz, digital, 05.-06.10.2020, 12. Dresdner Flächennutzungssymposium
- Miao, C., Z., Forum, digital, 24.09.2020, DPP Forum 2020
- Sakaguchi-Söder, K., Seminar, Darmstadt, 23.01.2020, 91. Darmstädter IWAR Seminar „Mikroplastik - Herausforderungen und Perspektiven in der Abwasser- und Abfallbehandlung“
- Schebek, L., Konferenz, Berlin, 02.-03.03.2020, Berliner Recycling- und Sekundärrohstoffkonferenz
- Schebek, L., Stakeholderkonferenz, Berlin, 22.01.2020, 2. Stakeholderkonferenz DiDaT
- Scholliers, N., Akademie, Lutherstadt Wittenberg, 8.-13.03.2020, 8. Akademie für Energie & Akzeptanz

#### 2.5.5 Veröffentlichungen und Konferenzbeiträge

- Boysen, B.; Cristóbal, J.; Hilbig, J.; Güldemund, A.; Schebek, L.; Rudolph, K.-U. (2020): Economic and environmental assessment of water reuse in industrial parks: case study based on a Model Industrial Park. In: Journal of Water Reuse and Desalination, 10 (4), 475-489. <https://doi.org/10.2166/wrd.2020.034>
- Wowra, K.; Zeller, V.; Schebek, L. (2020): Nitrogen in Life Cycle Assessment (LCA) of agricultural crop production systems: comparative analysis of regionalization ap-

- proaches. In: Science of the Total Environment, Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143009>
- Cristobal, J.; Jubayed, M.; Wulff, N.; Schebek, L. (2020): Life cycle losses of critical raw materials from solar and wind energy technologies and their role in the future material availability. In: Resources, Conservation & Recycling, 161. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104916>
- Campitelli, A.; Schebek, L. (2020): How is the performance of waste management systems assessed globally? A systematic review. In: Journal of Cleaner Production, 272. <https://doi.org/10.1016/j.clepro.2020.122986>
- Blat Belmonte, B.; Eßer, A.; Weyand, S.; Franke, G.; Rinderknecht, S.; Schebek, L. (2020): Identification of the Optimal Passenger Car Vehicle Fleet Transition for Mitigating the Cumulative Life-cycle Greenhouse Gas Emissions until 2050. In: Vehicles, 2. <https://doi.org/10.3390/vehicles2010005>
- Merschroth, S.; Miatto, A.; Weyand S.; Tanikawa, H.; Schebek, L. (2020): Lost Material Stock in Buildings due to Sea Level Rise from Global Warming: The Case of Fiji Islands. In: Sustainability, Special Issue, The Metabolism of Islands, 12. <https://doi.org/10.3390/su12030834>
- Blat Belmonte, B.; Esser, A.; Weyand, S.; Franke, G.; Schebek, L.; Rinderknecht, S. (2020): Identification of the Optimal Passenger Car Vehicle Fleet Transition for Mitigating the Cumulative Life-Cycle Greenhouse Gas Emissions until 2050. Reprinted from: Vehicles 2020, 2, 75-99, <https://doi.org/10.3390/vehicles2010005>. S. 3-28. In: Future Powertrain Technologies. Hrsg. Rinderknecht, S.; Jardin, P.; Esser, A. 2020. ISBN 978-3-03943-753-5 (Hbk), ISBN 978-3-03943-754-2 (PDF).
- Güldemund, A.; Zeller, V.; Schebek, L. (2020): Supporting the Analysis of Material Flows in Circular Bio-Economy System – Coupling the global equilibrium model MAGNET with a material flow model for bio-based residues and wastes. In: Interdisciplinary Circular Economy Conference ICEC, virtual conference, 30.11.-03.12.2020.
- Vogelgesang, M.; Schebek, L.; Bokelmann, K.; Benner, W. (2020): Modulare Sortierprozesse und künstliche Intelligenz als Mittel zum Recycling von Elektro(nik)-Altgeräten. In: Konferenzband zur 15. Recy & DepoTech-Konferenz, S. 195-200, Montanuniversität Leoben, Österreich sowie virtuelle Konferenzwelt auf meetyoo, 18. - 20.11.2020. Hrsg: Pomberger, R.; Adam, J.; Aldrian, A.; Altendorfer, M.; Curtis, A.; Dobra, T.; Friedrich, K.; Kandlbauer, L.; Lorber, K. E.; Möllnitz, S.; Nigl, T.; Sarc, R.; Sattler, T.; Viczek, S.; Vollprecht, D.; Weißenbach, T.; Wellacher, M. ISBN 978-3-200-07190-2
- Güldemund, A.; Zeller, V.; Schebek, L. (2020): Transformation analysis & development concepts of a regional bio-economy. In: Life Cycle Innovation Conference LCIC, virtual conference, 26.-28.08.2020.
- Weyand, S., Schebek, L. (2020): LCA and emerging technologies: what LCA tells us about the status quo and future prospects. In: SETAC Europe 30th Annual Meeting, virtual conference, 03.-07.05.2020.

## 2.6 Fachgebiet Umweltanalytik und Schadstoffe

### 2.6.1 Vorstellung des Fachgebiets

#### Fachgebietsleitung Umweltanalytik und Schadstoffe

Das **Fachgebiet Umweltanalytik und Schadstoffe** unter der Leitung von Prof. Dr. rer. nat. Holger V. Lutze beschäftigt sich mit den chemischen und physikalisch-chemischen Prozessen und dem Verhalten von Schadstoffen in der aquatischen Umwelt. Die Themenfelder unterteilen sich in die Bestimmung von Schadstoffen in der aquatischen Umwelt, die Untersuchung von Transformations- und Desinfektionsprozessen sowie Machbarkeitsstudien in Zusammenarbeit mit dem IWW Zentrum Wasser und der Universität Duisburg-Essen.

Schadstoffe gelangen über Abwasser, Agrarwirtschaft und durch bauchliche Strukturen städtischer Räume (z.B. Gebäude- und Verkehrsstrukturen) in die aquatische Umwelt. So sind bereits schätzungsweise 100.000 anthropogene Stoffe in die aquatische Umwelt gelangt, was die analytische Chemie vor enorme Herausforderungen stellt. Das Fachgebiet Umweltanalytik und Schadstoffe befasst sich mit dem Vorkommen von Schadstoffen und deren Transformation. Dabei werden verschiedene chromatographische Methoden wie LC, IC und GC in Verbindung mit online Anreicherung und verschiedenen Detektoren wie MS-MS sowie Nachsäulenreaktion verwendet.

Der Abbau von Schadstoffen führt weder in natürlichen noch in technischen Systemen zu einer Mineralisierung, sondern es entstehen sogenannte Transformationsprodukte. In vielen Fällen führt die chemische Veränderung von Schadstoffen zu einer Entfernung der unerwünschten Eigenschaften, wie Toxizität, Geruch, Geschmack oder Farbe. In Einzelfällen kann es aber auch zu einer Verstärkung von unerwünschten Moleküleigenschaften führen. Ein Beispiel ist die bromidkatalysierte Transformation des harmlosen Dimethylsulfamids zu dem kanzerogenen *N*-Nitrosodimethylamin in der Ozonung. Die Untersuchung dieser Prozesse sind ebenfalls Bestandteil der Forschung des Fachgebiets Umweltanalytik und Schadstoffe.

Zusätzlich werden in Zusammenarbeit mit dem IWW Zentrum Wasser und der Universität Duisburg-Essen verschiedene Praxisprojekte der oxidativen Trink- und Abwasseraufbereitung durchgeführt. Diese Projekte beinhalten die Bewertung des Schadstoffabbaus, der Desinfektion, der Bildung unerwünschter Nebenprodukte sowie des Energieverbrauchs.

**Fachgebietsleitung**  
Umweltanalytik und Schadstoffe  
Prof. Dr. Holger Lutze



### 2.6.2 Vorstellung Professor Holger V. Lutze

Professor Dr. rer. nat. Holger Lutze leitet das Fachgebiet Umweltanalytik und Schadstoffe und beschäftigt sich mit dem Verhalten von Schadstoffen im Wasserkreislauf. Dabei werden in seinem Fachgebiet natürliche und technische Systeme betrachtet und beispielsweise der Abbau von Schadstoffen und die Bildung von Produkten untersucht. Hier haben auch praxisnahe Untersuchungen etwa zur Bewertung von etablierten und innovativen Wasseraufbereitungsverfahren einen hohen Stellenwert. Vor allem in diesem Bereich besteht eine langjährige sehr gute Zusammenarbeit mit dem IWW-Zentrum Wasser einem An-Institut der Universität Duisburg-Essen. Die Themen aus Wissenschaft und Praxis sind auch wichtige Bestandteile der Lehre, die Prof. Lutze mit großem Interesse vertritt.

Durch die aktive Mitgliedschaft in der Wasserchemischen Gesellschaft und im Hauptausschuss „Wissenschaftliche Grundlagen“ sowie die Leitung des Fachausschusses „Oxidative Verfahren“ besteht eine sehr gute Vernetzung in einem der wichtigsten Wasserchemienetzwerke. Der starke wissenschaftliche Austausch in diesem Netzwerk stellt eine sehr gute Basis sowohl für Kooperationen z.B. in Forschungsprojekten aber auch im Bereich der Lehre, etwa bei der Vermittlung von interessanten Stellen zur Durchführung von Abschlussarbeiten dar.

#### **Holger V. Lutze**

Prof. Dr. rer. nat., geboren am 14.12.1979 in Geldern, ledig

Professor für Umwelt Analytik und Schadstoffe

IWAR – TU Darmstadt

Franziska-Braun-Str. 7, 64287 Darmstadt

Tel. +49-6751-16-20459

Fax +49-6751-16-20305

E-Mail: h.lutze@iwar.tu-datmstadt.de

#### **Wissenschaftlicher Mitarbeiter und Berater am IWW Zentrum Wasser**

Moritzstrasse 26, 45476 Mülheim an der Ruhr

Homepage: <https://iww-online.de/>

#### **Berufliche Tätigkeiten**

2013-2020 Leiter der Gruppe “Advanced Oxidation Processes” am Institut Instrumentelle Analytische Chemie der Universität Duisburg-Essen

2008-2020 Wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Universität Duisburg-Essen

Seit 2008 Wissenschaftlicher Mitarbeiter und Ko-Projektleiter am IWW Zentrum Wasser in Mülheim a. d. Ruhr



## Gremien

- Seit 2015     Leiter des Fachausschusses Oxidative Verfahren des Hauptausschusses Wissenschaftliche Grundlagen und Anwendungen der Wasserchemischen Gesellschaft
- Seit 2013     Leiter der Gruppe Oxidative Prozesse am Institut Instrumentelle Analytische Chemie (IAC), der Universität Duisburg-Essen
- 2013-2019    Organisation der Jahrestagung der Wasserchemischen Gesellschaft

## Geplante Lehre

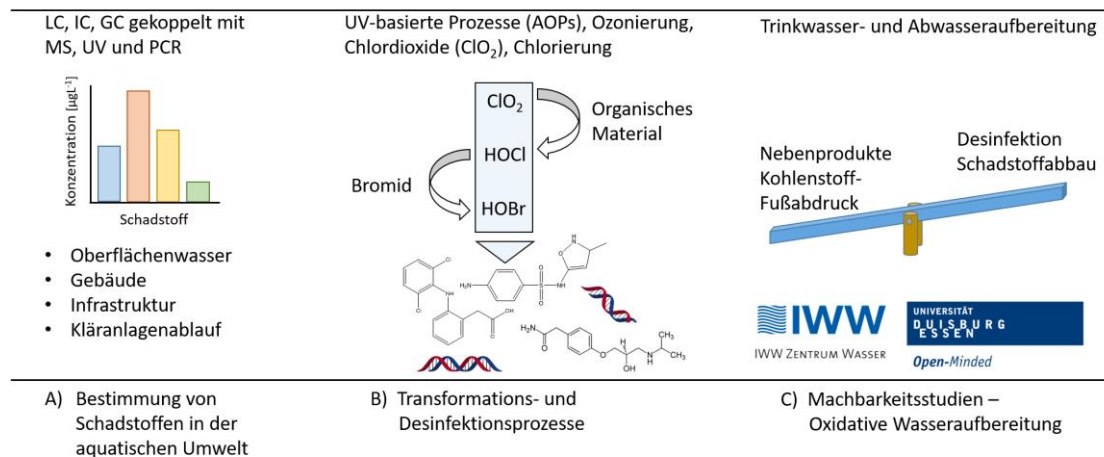
**Pollutants in the Water Cycle:** Im Rahmen der Vorlesung werden Quellen und Verhalten von Schadstoffen in technischen und natürlichen Systemen behandelt. Ein weiterer Schwerpunkt betrifft technische Möglichkeiten zur Schadstoffminimierung (Wasseraufbereitung, reaktive Oberflächen (z.B. an TiO<sub>2</sub> beschichtete Fassaden)).

**Oxidation processes in water treatment:** In dieser Veranstaltung werden grundlegende Prozesse der oxidativen Wasseraufbereitung diskutiert. Schwerpunkte betreffen dabei den Abbau von Schadstoffen, den Einfluss von Matrixkomponenten, die Bildung von Nebenprodukten und die Energieeffizienz.

### 2.6.3 Inhaltliche Ausrichtung des neuen Fachgebiets Umweltanalytik und Schadstoffe

Das Fachgebiet "Umweltanalytik und Schadstoffe (UaS)" befasst sich im Rahmen der Forschung und Lehre mit den chemischen und physikalisch-chemischen Prozessen und dem Verhalten von Schadstoffen in der aquatischen Umwelt. Dieses Thema gliedert sich in drei Teilbereiche:

1. Bestimmung von Schadstoffen in der aquatischen Umwelt
2. Transformations- und Desinfektionsprozesse
3. Machbarkeitsstudien



Schematische Darstellung der Themengebiete des Fachgebiets Umweltanalytik und Schadstoffe.

#### Bestimmung von Schadstoffen in der aquatischen Umwelt

Von den über 150 Mio. bekannten anthropogenen Stoffen können ca. 100.000 in die aquatische Umwelt gelangen. Das stellt Praxis und Forschung der Analytischen Chemie vor enorme Herausforderungen, die durch eine stetig wachsende Zahl von anthropogenen Stoffen weiter verschärft wird. Schadstoffe gelangen über Abwasser, Agrarwirtschaft und durch bauliche Strukturen städtischer Räume (z. B. Gebäude- und Verkehrsstrukturen) in die aquatische Umwelt. Das Fachgebiet Umweltanalytik und Schadstoffe befasst sich mit dem Vorkommen von Schadstoffen und deren Transformation, die zur Bildung ungewünschter Produkte führen kann. Dabei werden verschiedene chromatographische Methoden wie LC, IC und GC in Verbindung mit online Anreicherung und verschiedenen Detektoren wie MS-MS und Nachsäulenreaktion verwendet.

## Transformations- und Desinfektionsprozesse

Beim „Abbau von Schadstoffen“ kommt es weder in natürlichen noch in technischen Systemen zu einer Mineralisierung, sondern zu der Bildung von Produkten. In vielen Fällen führt die Transformation von Schadstoffen zu einer „Entfernung“ der unerwünschten Eigenschaften, wie Toxizität, Geruch, Geschmack oder Farbe. In Einzelfällen kann es aber auch zu einer Verstärkung von unerwünschten Moleküleigenschaften kommen. Ein Beispiel ist die bromidkatalysierte Transformation des harmlosen Dimethylsulfamids zu dem kanzerogenen N Nitrosodimethylamin in der Ozonung. Aufgrund der großen Zahl der zu untersuchenden Stoffe ist es wichtig durch grundlegende Untersuchungen das Verständnis über die Reaktionsmechanismen zu erweitern um Vorhersagen zum Verhalten „neuer“ Schadstoffe machen zu können. Transformationsprozesse finden sowohl in der aquatischen Umwelt (z.B. Photo-oxidation) als auch in technischen Prozessen, z.B. in der oxidativen Wasseraufbereitung mittels Ozon, Chlor oder Chlordioxid statt. Bei diesen Transformationen initiiert der primäre Angriff eines Oxidationsmittels (z.B. Ozon) eine Kaskade von Nachfolgereaktionen, die schließlich zur Bildung „messbarer“ Produkte führt. Der dabei zugrundeliegende Mechanismus hängt sowohl von den Edukten als auch von anderen Faktoren wie Sauerstoff, pH, organisches Material und Halogeniden (vor allem Bromid) ab. Ein Beispiel ist die Anwendung von Chlordioxid, welches mit natürlichem organischem Material unter Bildung von freiem Chlor reagiert. Freies Chlor wiederum kann, in Anwesenheit von Bromid, freies Brom bilden und alle drei Oxidationsmittel (Chlordioxid, freies Chlor und freies Brom) können an dem Abbau von Schadstoffen beteiligt sein. Fundierte Kenntnisse zu diesen Prozessen, unter Einbezug der Wassermatrix als Reaktionspartner, sind wichtig um Informationen aus definierten Reinstwasser-Versuchen in die Praxis der Wasseraufbereitung zu übertragen.

Diese komplexen Vorgänge finden auch bei der Reaktion von Oxidationsmitteln mit biologischen Systemen etwa bei der Desinfektion statt. Dabei ist es denkbar, dass die Reaktion von Oxidationsmitteln mit Strukturen von Pathogenen zur Bildung von sekundären Oxidationsmitteln und anderen zelltoxischen Produkten führt, die zu der Inaktivierung von Pathogenen beitragen können. Über die Reaktion von Oxidationsmitteln mit Biomolekülen in Pathogenen (z.B. Membraneinheiten, Proteine und Erbgut) ist sehr wenig bekannt und wird deshalb im Fachgebiet Umweltanalytik und Schadstoffe untersucht.

## Machbarkeitsstudien

Durch die Zusammenarbeit mit dem IWW Zentrum Wasser und der Universität Duisburg-Essen werden verschiedene Praxisprojekte der oxidativen Trink- und Abwasseraufbereitung durchgeführt. Diese Projekte beinhalten die Bewertung des Schadstoffabbaus, der Desinfektion, der Bildung ungewünschter Nebenprodukte und des Energieverbrauchs.

## 2.6.4 Laufende Forschungsprojekte

### Untersuchung von Oxidationsverfahren – Grundlegende Reaktionen mit Biomolekülen und Inaktivierungsmechanismen

**Fördergeber:** Landesmittel

**Förderzeitraum:**

01.04.2020 – 31.03.2023

Trinkwasser wird als sicher bezeichnet, wenn es frei von Schadstoffen und Pathogenen ist. Desinfektionsverfahren gehören zu den wichtigsten Maßnahmen zur Sicherstellung sicheren Trinkwassers. Dazu werden verschiedene Oxidationsmittel wie Chlor, Chlordioxid ( $\text{ClO}_2$ ) oder Ozon ( $\text{O}_3$ ) verwendet. In der Wasseraufbereitung wird Chlor seit Beginn des 20ten Jahrhunderts eingesetzt und hat sich seitdem zum weltweit am häufigsten eingesetzten Mittel zur Vordesinfektion entwickelt. Allerdings hat in der zweiten Hälfte des 20ten Jahrhunderts ein Umdenken stattgefunden. Untersuchungen haben gezeigt, dass die Verwendung von Chlor zur Bildung halogener Nebenprodukte führt, die eine Gefahr für die menschliche Gesundheit darstellen können. Deshalb wurde Chlor zunehmend durch andere Oxidationsmittel, wie zum Beispiel  $\text{O}_3$  und  $\text{ClO}_2$  ersetzt. Allerdings kann es hierbei auch zur Bildung von gesundheitsschädlichen Nebenprodukten kommen. Die Verwendung von  $\text{O}_3$  in bromidhaltigen Gewässern führt zur Bildung von karzinogenem Bromat ( $\text{BrO}_3^-$ ) und durch die Anwendung von  $\text{ClO}_2$  kann es zur Bildung von Chlorit ( $\text{ClO}_2^-$ ) und Chlorat ( $\text{ClO}_3^-$ ) kommen. Aufgrund ihrer Toxizität sind die Grenzwerte dieser Nebenprodukte in der Trinkwasserverordnung geregelt.

Kenntnisse zur Bildung von (unerwünschten) Transformations- und Nebenprodukten sowie die Bildung sog. sekundären

Oxidationsmittel sind von großer Bedeutung. Sekundäre Oxidationsmittel werden aus der Reaktion der eingesetzten (primären) Oxidationsmittel mit Hauptbestandteilen der Wassermatrix gebildet. Beispielsweise reagiert  $\text{O}_3$  mit dem organischen Material zu hochreaktiven Hydroxylradikalen, die beim Abbau von persistenten Schadstoffen beteiligt sein können. Neue Studien haben ergeben, dass die Reaktion von  $\text{ClO}_2$  mit organischem Material zur Bildung von hypochloriger Säure ( $\text{HOCl}$ ) führen kann, die zum einen die Desinfektion und den Schadstoffabbau unterstützen, zum anderen jedoch auch zur Bildung unerwünschter Produkte führen kann. Während bei der Ozonung bereits ein fundiertes Grundverständnis der chemischen Vorgänge vorhanden ist, sind beim Einsatz von Chlordioxid noch sehr viele Fragestellungen unbeantwortet.

Im Rahmen dieses Forschungsthemas soll zunächst die Inaktivierung von Mikroorganismen durch  $\text{ClO}_2$  untersucht werden. Dabei soll die Hypothese untersucht werden, dass  $\text{ClO}_2$  in der Reaktion mit den Aminosäuren der Membranproteine  $\text{HOCl}$  bildet, welches dann in der Zelle weitere Schäden anrichtet, beispielsweise durch Reaktion mit DNS/RNS. Ebenfalls soll untersucht werden, ob die innere Zellmatrix (hohe Konzentration an Halogenen, organische Säuren etc.) einen Einfluss auf die Inaktivierungsmechanismen hat. Anschließend soll die Inaktivierung durch  $\text{ClO}_2$  verglichen werden mit einer kombinierten Anwendung von  $\text{O}_3$  und UV-Desinfektion.



**Ansprechpartner**  
Prof. Dr. rer. nat. H. Lutze  
Mischa Jütte, M.Sc.

## Einfluss des organischen Materials auf Transformationsprozesse

### Fördergeber:

DFG

### Förderzeitraum:

2019 – 2022

Oxidative Prozesse werden in der Trinkwasseraufbereitung seit vielen Jahrzehnten eingesetzt. Während ursprünglich die Desinfektion im Vordergrund stand, sind bis heute eine Vielzahl anderer Anwendungsfelder wie die Entfernung von Geruch, Geschmack, Färbung, Eisen und Mangan und der Abbau von Schadstoffen hinzugekommen. Eine der neueren Zielstellungen der Ozonung ist die Entfernung von Schadstoffen in der weitergehenden Abwasserreinigung. Hierbei kommt es nicht zu einer Mineralisierung der Schadstoffe. Deshalb ist es unvermeidlich, dass Transformationsprodukte (TP) entstehen, deren öko- und humatotoxikologische Relevanz häufig nicht bekannt ist.

Ein Beispiel für ein TP mit humantoxikologischer Relevanz ist N-Nitrosodimethylamin (NDMA), ein Mutagen, welches bei der Ozonung von Dimethylsulfamid (DMS) in Gegenwart von Bromid entsteht. Dieses Beispiel zeigt eindrücklich, dass die Wassermatrix als aktiver Reaktionspartner an der Bildung von Produkten Einfluss nehmen kann. Über diese möglichen Einflüsse der Wassermatrix auf die Bildung unerwünschter TPs ist bisher wenig bekannt.

Dieses Projekt soll zur Aufklärung von Einflüssen der Wassermatrix und der komplexen Reaktionen während der Ozonung beitragen. Dadurch sollen zum einen das Verständnis der Bildung unerwünschter Produkte verbessert werden und zum anderen praktische Ansätze zur Vermeidung toxischer Produkte entwickelt werden.

Ozon reagiert mit N-haltigen Verbindungen unter anderem unter Bildung von Aminylradikalen (N-zentrierte Radikale). Diese Radikale können Reaktionen mit dem organischen Material eingehen, wodurch die Reaktionsmechanismen beeinflusst werden. Diese Reaktionen werden in dem DFG Projekt „Einfluss des organischen Materials auf Transformationsprozesse“ untersucht. Dabei werden Aminylradikale photochemisch hergestellt und deren Verhalten in Gegenwart verschiedener Reaktionspartner bezüglich Reaktionskinetik und Produktbildung untersucht.

Zum Abschluss des Projektes soll überprüft werden, ob die gewonnene Information aus den Modellversuchen auf reale Abwasserproben angewendet werden können.

Für die Untersuchung und Charakterisierung der Reaktionen, sowie die Bildung unerwünschter TPs werden in diesem Projekt etablierte analytische Methoden (u.a. LC-MS, UV-Vis, Stopped-flow) verwendet, welche im Verlauf des Projektes stetig angepasst und optimiert werden. Die erarbeiteten Informationen sollen dabei helfen den Einfluss von organischem Material auf die Bildung die Produktbildung abzuschätzen und damit eine Übertragung von Ergebnissen aus Reinstwasserversuchen auf die Praxis zu ermöglichen.

Die praktischen Arbeiten finden in der Instrumentellen Analytischen Chemie (AK Prof. Schmidt) an der Universität Duisburg-Essen statt.



### **Ansprechpartner**

Prof. Dr. rer. nat. H. Lutze  
Katharina Hupperich, M.Sc. (Uni DUE)



## Membranprozesse in der Trinkwasseraufbereitung (KonTriSol)

### Fördergeber:

BMBF

### Förderzeitraum:

2019 - 2022

Das Projekt KonTriSol behandelt die technischen, rechtlichen und wirtschaftlichen Aspekte bei der Benutzung von Nanofiltration (NF) und Umkehrosmose (RO) in der Trinkwasseraufbereitung. Im Rahmen dieses Projektes arbeiten zehn Projektpartner an der Eliminierung von technischen sowie rechtlichen Fragestellungen bezüglich des Einsatzes von NF und RO.

NF und RO können dafür eingesetzt werden die Wasserhärte bzw. den Anteil an anorganischen Bestandteilen, anthropogenen Substanzen und natürlichen organischen Verbindungen zu reduzieren. Allerdings bilden sich dabei zurückbleibende Konzentrate, die eine sehr hohe Konzentration der gefilterten Verbindungen aufweisen. Zusätzlich beinhalten diese Konzentrate große Mengen der Antiscalantchemikalien, die während des Aufbereitungsprozesses hinzugegeben werden. Eine direkte Entsorgung dieses Konzentrats in die Umwelt wäre schädlich für Wasserorganismen und würde zu einer Kontamination der Wasserkörper durch Mikroschadstoffe führen.

Das Ziel dieses Projektpartners ist es die Anwendung von oxidativen Prozessen auf die Konzentrate der Membranprozesse zu untersuchen. Das Hauptaugenmerk liegt dabei auf der Reaktivität von Antiscalant mit verschiedenen Oxidationsmitteln wie Ozon, Hydroxylradikale und Sulfatradikale. Zusätzlich werden noch Matrixeffekte untersucht. Dabei wird beispielsweise die Abbaueffizienz von Antiscalants, Pharmazeutica und perfluorierten Verbindungen in Anwesenheit hoher Konzentrationen an Chlorid, Nitrat oder Carbonat untersucht.



### Ansprechpartner

Prof. Dr. rer. nat. H. Lutze  
Xenia Mutke, M.Sc. (Uni DUE)

## 2.6.5 Abgeschlossene Bachelor- und Masterarbeiten

### Bachelorarbeiten

Untersuchung der Reaktion von Aminosäuren mit Chlordioxid

### Masterarbeiten

-

## 2.6.6 Workshops, Seminare und Forschungsaufenthalte

Abdighahroudi, M.S., Jütte, M., Mülheim a. d. Ruhr, 4. Mülheimer Wasseranalytisches Seminar

## 2.6.7 Veröffentlichungen und Konferenzbeiträge

Abdighahroudi, M. S., Lutze, H. V., & Schmidt, T. C. (2020). Development of an LC-MS method for determination of nitrogen-containing heterocycles using mixed-mode liquid chromatography. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 412(20), 4921–4930. <https://doi.org/10.1007/s00216-020-02665-x>

Abdighahroudi, M. S., Schmidt, T. C., & Lutze, H. V. (2020). Determination of free chlorine based on ion chromatography—application of glycine as a selective scavenger. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 412(28), 7713–7722. <https://doi.org/10.1007/s00216-020-02885-1>

Dobaradaran, S., Schmidt, T. C., Lorenzo-Parodi, N., Kaziur-Cegla, W., Jochmann, M. A., Nabipour, I., Lutze, H. V., & Telgheder, U. (2020). Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) leachates from cigarette butts into water. *Environmental Pollution*, 259, 113916. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.113916>

Hermes, N., Jewell, K. S., Falås, P., Lutze, H. V., Wick, A., & Ternes, T. A. (2020). Ozonation of Sitagliptin: Removal Kinetics and Elucidation of Oxidative Transformation Products. *Environmental Science and Technology*, 54(17), 10588–10598. <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c01454>

Hupperich, K., Mutke, X., Abdighahroudi, M. S., Jütte, M., Schmidt, T. C., & Lutze, H. V. (2020). Reaction of chlorine dioxide with organic matter - Formation of inorganic products -. *Environmental Science: Water Research & Technology*. <https://doi.org/10.1039/d0ew00408a>

Li, J., Rumancev, C., Lutze, H. V., Schmidt, T. C., Rosenhahn, A., & Schmitz, O. J. (2020). Effect of ozone stress on the intracellular metabolites from *Cobetia marina*. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 412(23), 5853–5861. <https://doi.org/10.1007/s00216-020-02810-6>

Tekle-Röttering, A., Lim, S., Reisz, E., Lutze, H. V., Abdighahroudi, M. S., Willach, S., Schmidt, W., Tentscher, P. R., Rentsch, D., McArdell, C. S., Schmidt, T. C., & von Gunten, U. (2020). Reactions of pyrrole, imidazole, and pyrazole with ozone: kinetics and mechanisms. *Environmental Science: Water Research & Technology*, 6(4), 976–992. <https://doi.org/10.1039/C9EW01078E>

Willach, S., Lutze, H. V., Somnitz, H., Terhalle, J., Stojanovic, N., Lüling, M., Jochmann, M. A., Hofstetter, T. B., & Schmidt, T. C. (2020). Carbon isotope fractionation of

substituted benzene analogs during oxidation with ozone and hydroxyl radicals: How should experimental data be interpreted? *Environmental Science & Technology*. <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c00620>

Wirzberger, V., Klein, M., Woermann, M., Lutze, H. V., Sures, B., & Schmidt, T. C. (2020). Matrix composition during ozonation of N-containing substances may influence the acute toxicity towards *Daphnia magna*. *Science of The Total Environment*, 142727. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142727>

## 2.7 Fachgebiet Wasserversorgung und Grundwasserschutz

### 2.7.1 Vorstellung des Fachgebiets

#### Fachgebietsleitung Wasserversorgung und Grundwasserschutz

Seit 1996 wird das Fachgebiet Wasserversorgung und Grundwasserschutz des Instituts IWAR von Prof. Dipl.-Ing. Dr. nat. techn. Wilhelm Urban geleitet. Prof. Urban studierte Kulturtechnik und Wasserwirtschaft an der Universität für Bodenkultur in Wien und promovierte dort am Institut für Wasserversorgung, Gewässerökologie und Abfallwirtschaft, Abteilung Siedlungswasserbau und Gewässerschutz. Als Leiter eines interdisziplinären Projektteams zur Entwicklung eines „Neuen Verfahrens zur selektiven Aktivkohleadsorption von niedrig konzentrierten organischen Mikroverunreinigungen (KSVA)“ wurden Wilhelm Urban und sein Team 1993 mit dem internationalen „Chemviron Carbon Award“ ausgezeichnet.

Die Arbeitsfelder und Forschungsschwerpunkte von Wilhelm Urban sind in Darmstadt grundsätzlich der interdisziplinären, angewandten Forschung zuzurechnen, wobei er auf Innovation und Implementierung der Ergebnisse in der Praxis großen Wert legt. Die Arbeitsfelder liegen auf allen Ebenen der Wasserversorgungstechnik und sind geprägt durch experimentelle und rechnerische Modellbildung sowie numerische Simulationen und Optimierungen unter Einsatz und Weiterentwicklung von EFD, CFD, statistischen und neuronalen Methoden mit der Zielsetzung der Effizienzsteigerung z.B. von Brunnen und Quellen, in Wasserverteilnetzen, bei der Pumpwerkssteuerung, der Energie- und Kostenminimierung. In großen internationalen Verbundforschungsbereichen fokussiert er auf die transdisziplinäre Anpassung und Umsetzung von konkreten technischen Anlagen und ein umfassendes Capacity- und Partizipations-Management der Stakeholder auf Basis eines integrierten Wasserressourcenmanagementkonzepts (IWRM) ebenso wie auf der soziotechnischen Systemanalyse zur Transformationsforschung in der Wasserversorgung. Oftmals bewegt er sich in Nischenfeldern wie z.B. bei der Entwicklung und Anwendung eines Managementwerkzeuges zum Nachhaltigkeitscontrolling und Risikomanagement für Unternehmen der Siedlungswasserwirtschaft.

**Fachgebietsleitung**  
Wasserversorgung und Grundwasserschutz  
Prof. Dipl.-Ing. Dr. nat. techn. Wilhelm Urban



## 2.7.2 Laufende Forschungsprojekte

**Wasserversorgungskonzept für Amasiko Greenschool und das Dorf Hamukaka (Uganda)**

**Kooperationspartner:**

Amasiko e.V.

**Laufzeit:**

offen

Das Fachgebiet Wasserversorgung und Grundwasserschutz unterstützt in Zusammenarbeit mit dem deutschen Förderverein ‚Amasiko e.V.‘ ([www.amasiko-ev.de](http://www.amasiko-ev.de)) das soziale Non-Profit-Unternehmen Amasiko Greenschool & Resource Center ([www.amasiko.org](http://www.amasiko.org)) in Uganda bei der Erarbeitung eines Konzeptes zum Aufbau einer hygienisch einwandfreien Wasserversorgung. Das Projektgebiet befindet sich im äußersten Südwesten des Landes im Distrikt Kabale nahe der Grenze zu Ruanda auf einer Halbinsel am Lake Bunyonyi. Herz des Projektes ist ein Schulkomplex, bestehend aus mehreren Gebäuden einschließlich Küche und Sanitäranlage.

Basierend auf einer Analyse der örtlichen Randbedingungen soll geprüft werden, welche der verfügbaren Wasserressourcen (See-, Grund-, Quellwasser und Uferfiltrat) in Verbindung mit welchen technischen Lösungen geeignet sind, um die Situation der Wasserversorgung zu verbessern. Hierbei werden Konzeptvarianten erstellt, in welchen auch die sozioökonomischen Aspekte Berücksichtigung finden. Auf Grundlage eines Aufenthaltes vor Ort sollen anschließend die verschiedenen Varianten geprüft und die Planung konkretisiert werden.



Schüler\_innen des Schulkomplexes auf der Halbinsel am Lake Bunyonyi



**Ansprechpartner**  
Prof. Dipl.-Ing. Dr. nat. techn. W. Urban  
Julian Mosbach, M.Sc.



## Beprobung des modularen Leitwandsandfangs zur Abscheidung von Sanden und Fetten aus kommunalen Abwasserreinigungsanlagen

### Kooperationspartner:

Werkstoff + Funktion Grimmel Wassertechnik GmbH, Ober-Mörlen  
Stadt Heusenstamm

### Berater:

Dr. Sonnenburg IWW-Zentrum Wasser

### Fördergeber:

Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU)

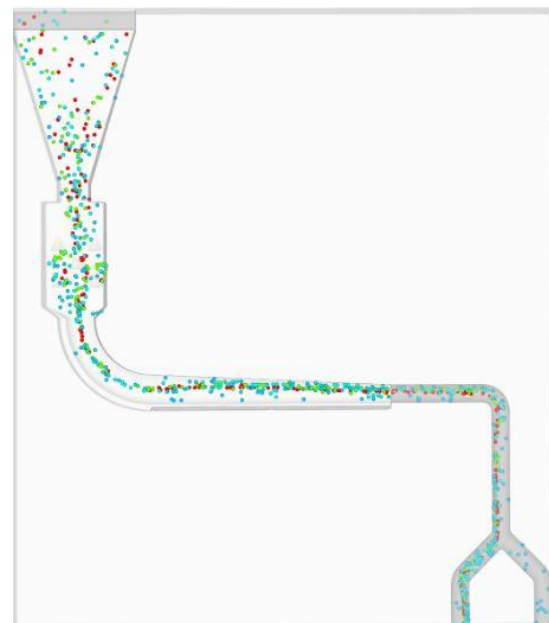
### Förderzeitraum:

04.07.2018 – 31.03.2021

Im Rahmen des mit Mitteln der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) geförderten Projektes wird die Funktionsfähigkeit eines innovativen Sand- und Fettfang-Verfahrens, dem sogenannten Leitwandsandfang, im volltechnischen Maßstab demonstriert. Ziel ist die Erreichung hoher Abscheidegrade für Fein- und Mittelsande sowie Fette, die von derzeit am Markt üblichen belüfteten Sandfängen nicht erreicht werden können. Gleichzeitig soll die Organik weitestgehend im Rohabwasser weitertransportiert werden.

Nach Projektstart im Juli 2018 und dem Bau der Anlage im Winter 18/19 wurde im Sommer 2019 in einer Testphase die Leistungsfähigkeit des Trockenwettersandfangs (TW-SF) durch künstliche Sandzugabe ermittelt. Die hohen Abscheidewerte der Anlage bei künstlicher Sandzugabe aus dem Sommer 2019 können auch im Regelbetrieb (seit Spätsommer 2019) mit realem Abwasser bestätigt werden. Die Untersuchungen zeigen zudem, dass sich der Einsatz der Leitwände im Sandfang insbesondere auf die Abscheideleistung kleiner Kornfraktionen positiv auswirkt.

Während die Abscheideleistung des neuen Verfahrens sehr positiv zu bewerten ist, stellen die Zuflussbedingungen sowie die Form des Pumpensumpfes, aus welchem der abgeschiedene Sand hinausgefördert werden soll, derzeit noch einige Herausforderungen bereit. CFD-Untersuchungen (durchgeführt von A. Sonnenburg, IWW Zentrum Wasser) zeigen, dass der anströmende Sand nicht gleichmäßig auf die beiden Straßen des TW-SF aufgeteilt wird.



**Aufteilung der Partikel (Fraktionen) im Zulaufgerinne (Quelle: A. Sonnenburg, IWW)**

gefördert durch



Deutsche  
Bundesstiftung Umwelt

[www.dbu.de](http://www.dbu.de)



**Ansprechpartner**  
Prof. Dipl.-Ing. Dr. nat. techn. W. Urban  
Julian Mosbach, M.Sc.

## Forschungskooperation zur Optimierung der Sandfangstufe der Kläranlage Chemnitz-Heinersdorf

### Kooperationspartner:

Entsorgungsbetrieb der Stadt Chemnitz

**Berater:** Dr. Sonnenburg, IWW-Zentrum Wasser

### Laufzeit:

01.02.2018 – 30.10.2020

Das Ziel der Forschungskooperation bestand darin, den belüfteten Sandfang der zentralen Kläranlage Chemnitz zu untersuchen und bezüglich des Sandabscheidegrads zu verbessern. Die Kooperationspartner wurden über den gesamten Projektverlauf von Dr. Sonnenburg vom IWW Zentrum Wasser beratend unterstützt.

Es wurden insgesamt drei Messkampagnen durchgeführt:

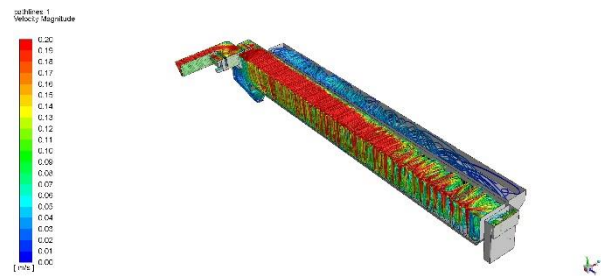
Kurz- und Langzeitströmungsmessungen mit punktuell dreidimensional messenden Sonden, die mit Unterstützung vom Fachgebiet Wasserbau und Hydraulik (WB) mit zwei verschiedenen dreidimensional messenden Sensoren durchgeführt wurden.

In einer weiteren Messkampagne wurden Messungen mit einem Sandprobenahmesystem, das gemeinsam vom IWW Zentrum Wasser und dem FG Wasserversorgung und Grundwasserschutz entwickelt wurde, durchgeführt.

Aus den Ergebnissen der Messungen der drei Kampagnen sowie der Ergebnisse aus CFD-Simulationen des Sandfangs (Abbildung) wurde das Sandabscheideverhalten des vorhandenen Sandfangs bilanziert. Basierend auf den Ergebnissen dieses hybriden Modellierungsansatzes konnten Vorschläge für Umbaumaßnahmen an der Sandfangstufe abgeleitet werden.

Hierbei konnte auf Grundlage der sehr positiven Ergebnisse der Sandabscheidung des „Leitwandsandfangs“ (gefördert mit

Mitteln der Deutschen Bundesstiftung Umwelt, DBU) als Vorschlag dieser unbelüftete Sandfangtyp als Alternative einer Sandfangstraße in die Planung der Umbaumaßnahmen eingehen.



Darstellung von Stromlinien (Legende: Fließgeschwindigkeit in einer CFD-Simulation der Strömungsverhältnisse einer Sandfang-Straße (Quelle: A. Sonnenburg, IWW))



**Ansprechpartner**  
Prof. Dipl.-Ing. Dr. nat. techn. W. Urban

## **Verbesserung der Wasserversorgung durch die Einrichtung einer Entsalzungsanlage in der ländlichen Mahneshan Region/Iran**

**Fördergeber:** Gerda Henkel Stiftung

### **Laufzeit:**

01.03.2019 – 30.03.2022

In Iran ist Wasser eine knappe Ressource, weswegen mit dieser sorgsam, nachhaltig und sparsam umzugehen ist. Im Zuge des Projekts „Wasser, Bildung und Tourismus in der ländlichen Mahneshan-Region/Iran“ gefördert durch die der Gerda Henkel Stiftung wurde das Fachgebiet vom Deutschen Bergbau-Museum Bochum und dem Archäologischen Museum Frankfurt beauftragt für das in der ländlichen Region Zanjan gelegene Dorf Hamzehloo und einem noch zu errichtenden Informations-/Besucherzentrum am nahe gelegenen Salzstock die Versorgung mit Trink- und Brauchwasser zu konzipieren und die einzelnen Anlagen zu bemessen.

Im Rahmen des Projekts soll in der Nähe des Salzbergwerks ein Besucher- und Bildungszentrum errichtet werden, in dem die Geschichte des Salzstocks präsentiert wird und Schulungen zum Thema Archäologie, Wasser oder Landwirtschaft stattfinden können. Das Projekt umfasst auch die Planung und den Bau einer Wasserversorgungsinfrastruktur, für das das Fachgebiet beauftragt wurde. Insgesamt soll die zu planende Wasserversorgung in der Lage sein bis zu 150 Menschen zu versorgen; dazu gehören bis zu 100 Dorfbewohner sowie bis zu 50 Arbeiter, die bei archäologischen Ausgrabungen im Besucherzentrum untergebracht werden können.

Neben einem Brunnen, einer Aufbereitungsanlage und Versorgungsinfrastruktur

soll in Zusammenarbeit mit den örtlichen Behörden und Firmen eine Kleinkläranlage geplant, gebaut und in Betrieb genommen werden. Die Konzeption und Dimensionierung der geplanten Wasserversorgungsinfrastruktur stellt eine besondere Herausforderung dar, da Wasserressourcen aufgrund der klimatischen Verhältnisse in der Umgebung des Salzstockes und des Dorfes eine knappe Ressource darstellen. Zudem besitzen alle vorhandenen Wasservorkommen eine hohe Salzkonzentration, was die Aufbereitung erschwert und bei der Konzepterstellung besonders beachtet werden muss.



Ein Teil des Dorfes Hamzehloo



**Ansprechpartner**  
Prof. Dipl.-Ing. Dr. nat. techn. W. Urban  
Christian Eichhorn, M.Sc.

### 2.7.3 Abgeschlossene Bachelor- und Masterarbeiten

#### Bachelorarbeiten

The impact of climate change and anthropogenic factors on Greece´s groundwater

Kartierung von Hydraulischen Widdern im Deutschsprachigen Raum vom 19. Jahrhundert bis heute

Untersuchung von Methoden und Strategien zur Einführung von Infrastrukturen in informellen Siedlungen

#### Masterarbeiten

Neubau einer Rohwasserleitung als Zuleitung für das Wasserwerk Hohemark

Entwicklung eines Konzepts zur Wasserversorgung des Dorfes Hamzehlu sowie eines Besucherzentrums am Salzbergwerk Chehrabad (Iran) mit Brauch- und Trinkwasser

Experimentelle Untersuchung des modularen Leitwandsandfangs zur Abscheidung von Fein- und Mittelsandpartikeln auf der Kläranlage Heusenstamm

Dreidimensionale Simulation der Strömung in einer spiralförmigen Treibleitung eines hydraulischen Widders

Entwicklung eines FME-basierten Arbeitsprozessmodells zur Ermittlung von Bereichen erhöhter Trinkwassertemperatur

### 2.7.4 Workshops, Seminare und Forschungsaufenthalte

Urban, W.; Al-Towaie, H.: „Trinkwasserversorgung im Hessischen Ried – Quo Vadis?“; Rüsselsheim, Deutschland, Februar 2020

Al-Towaie, H.: „Vorbereitung einer erfolgreichen Rückkehr“ (STUBE-BW-Seminar: „Zwischen zwei Kulturen – erfolgreich zurückkehren und in Ihrem Heimatland arbeiten“); Stuttgart, Deutschland; Mai 2020

Urban, W.: „Strategie der Wasserverteilung in Deutschland“ (Pressegespräch des Science Media Center); Deutschland, August 2020

Al-Towaie, H.: “Succeeding as a researcher in Germany: How to successfully integrate into German research landscape” (CARE Online Talk); Deutschland, September 2020

Urban, W.: “Dozenten und Hochschullehrer für Wasserversorgung” (Webkonferenz); Deutschland, Oktober 2020

### 2.7.5 Veröffentlichungen und Konferenzbeiträge

Treskatis, C. (2020): (Un-)Wirksamkeit von Teilverfüllungen von Bohrbrunnen gegenüber Fremdwasserzutritten aus dem Liegenden. In: bbr: Leitungsbau, Brunnenbau, Geothermie, 71 (10), S. 38-45. WVGW, Wirtschafts- u. Verl.Ges. Gas und Wasser

Naumann, J.P.; Mosbach, J.; Strutz, O.; Urban, W. (2020): Kurzzeitprognosen des Wasserbedarfs bei begrenzter Datenlage - Nutzung eines künstlichen neuronalen Netzes zur täglichen Bedarfsprognose. In: gwf: Wasser, Abwasser, 161 (07-08), S. 55-63. Vulkan-Verlag

- Treskatis, C. (2020): Gefährdungsanalyse und Instandhaltung von Grundwassermessstellen. In: Energie-, Wasser-Praxis, 71 (8), S. 14-21. Wirtschafts- u. Verlagsges. Gas und Wasser
- Treskatis, C. (2020): Bestimmung der Interaktion zwischen Grund- und Oberflächenwasser mithilfe von Piezometermessungen. In: gwf: Wasser, Abwasser, 161 (7/8), S. 65-72. DIV Deutscher Industrieverlag GmbH
- Treskatis, C. (2020): Heute schon spürbare Einflüsse des Klimawandels auf die technische Resilienz von Wasserfassungen. In: gwf: Wasser, Abwasser, 161 (4), S. 57-63. DIV Deutscher Industrieverlag GmbH
- Treskatis, C. (2020): Instandhaltung von Grundwassermessstellen. In: Der Wassermeister, 2020, S. 14-15. Vulkan-Verlag
- Sonnenburg, A.; Mosbach, J.; Grimm, O.; Urban, W. (2020): Leistungssteigerung von Sandfängen. In: Wiener Mitteilungen, 252, In: Kapazitätserweiterung von Kläranlagen: ÖWAV-Seminar, S. 91-112, Wien, ÖWAV-Seminar, Wien, 26.-27. Februar 2020
- Treskatis, C. (2020): Bedeutung der technischen Resilienz von Wasserfassungen bei Trockenheit und Starkregen. In: Der Wassermeister, 2020, S. 10-11. Vulkan-Verlag
- Treskatis, C. (2020): Hinweise zum Ausbau von Vertikalfilterbrunnen im nicht verkarsungsfähigen Festgestein. In: bbr: Leitungsbau, Brunnenbau, Geothermie, 71 (2), S. 32-41. WVGW, Wirtschafts- u. Verl.Ges. Gas und Wasser
- Houben, G.; Treskatis, C. (2020): Regenerierung und Sanierung von Brunnen: technische und naturwissenschaftliche Grundlagen der Brunnenalterung und möglicher Gegenmaßnahmen. 3. vollständig überarbeitete und ergänzte Auflage, Essen, Vulkan Verlag
- Urban, W.; Mosbach, J.; Hrsg.: Zilch, K.; Diederichs, C.J.; Urban, W.; Valentin, F.; Beckmann, K.J.; Gertz, C.; Malkwitz, A.; Moormann, C. (2020): Wasserwesen, Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik: Technik – Organisation – Wirtschaftlichkeit. 3. Auflage, Germering/Darmstadt, Springer Verlag
- Urban, W.; Mosbach, J.; Hrsg.: Zilch, K.; Diederichs, C.J.; Urban, W.; Valentin, F.; Beckmann, K.J.; Gertz, C.; Malkwitz, A.; Moormann, C. (2020): Wasserversorgung. In: Handbuch für Bauingenieure, 3. Auflage, S. 1-59, Wiesbaden, Springer Vieweg
- Dao, V.; Urban, W.; Bikash Hazra S. (2020): Introducing the modification of Canadian Water Quality Index. In: Groundwater for Sustainable Development (Volume 11)
- Yingchen, C.; Bowen, G.; Sonnenburg, A.; Urban, W. (2020): CFD simulation of the aeration process and baffle influence in a full-scale commercial flat sheet module In: Water Science & Technology (Volume 81, Issue 9)





### 3 Lehrangebot am Institut IWAR 2020

Das Lehrangebot des Instituts IWAR wird hauptsächlich in die Bachelor- und Masterstudiengänge Umweltingenieurwissenschaften eingebracht. Weiterhin werden Lehrveranstaltungen auch für die Bachelor- und Masterstudiengänge Bauingenieurwesen und dem interdisziplinären Studiengang Energie Science and Engineering angeboten. Darüber hinaus hat das Fachgebiet Stoffstrommanagement und Ressourcenwirtschaft die Koordination des interdisziplinären Studienfelds Umweltwissenschaften inne und bietet in diesem Rahmen Lehrveranstaltungen an.

Für weitere Informationen:

<https://www.tucan.tu-darmstadt.de>

(Vorlesungsverzeichnis – FB13 – K: Institut IWAR)

#### 3.1 Lehrangebot im Bachelorstudium

Lehrangebot im Bachelorstudium:

- Abwassertechnik
- Chemie I – Einführung in die Chemie für Ingenieure
- Chemie II – Stöchiometrisches Rechnen und quantitative Analytik für Ingenieure
- Chemie III – Umweltchemie und Dateninterpretation
- Grundlagen des Planens, Entwerfens und Konstruierens (GPEK)
- Grundlagen der räumlichen Planung
- Grundlagen der Umweltwissenschaften
- Grundlagen der Wasserver- und -entsorgung
- Grundlagen der Verfahrenstechnik für Bau- und Umweltingenieure
- Kreislauf- und Abfallwirtschaft
- Modellierung von Stoffstromsystemen I: Stoffstromanalyse und Life Cycle Assessment (Ökobilanzen)
- Projektseminar Kommunale Planung, Ver- und Entsorgung
- Regenerative Energien
- Wassergüte und Wasserversorgungstechnik

## 3.2 Lehrangebot im Masterstudium

### FACHGEBIET ABWASSERTECHNIK/ ABWASSERWIRTSCHAFT

#### **Abwassertechnik 2**

Prof. Dr. S. Lackner/  
Prof. Dr.-Ing. M. Engelhart  
Dr.-Ing. T. Fundneider  
Tobias Blach, M.Sc.

#### **Alternative Sanitärkonzepte / Innovative Sanitär- und Infrastruktursysteme**

Prof. Dr.-Ing. M. Engelhart  
M. Schwarz, M.Sc.

### FACHGEBIET ABWASSERTECHNIK

#### **Industrieabwasserreinigung**

Prof. Dr.-Ing. M. Engelhart  
J. Rühl, M.Sc.  
S. Kale, M.Sc.

#### **Laborseminar Industrieabwasserreinigung**

Prof. Dr.-Ing. M. Engelhart  
L. Barkmann, M.Eng.  
T. Blach, M.Sc.  
F.-H. Leskow, M.Sc, M.Eng.

#### **Abwassertechnik 3: „Planung, Bau und Betrieb von Abwasserbehandlungsanlagen**

Prof. Dr.-Ing. M. Wagner  
Prof. Dr.-Ing N. Jardin  
T. Blach, M.Sc.  
J. Behnisch, M.Sc.

#### **Biologische Abwasserreinigung**

Prof. Dr.-Ing. M. Wagner  
J. Behnisch, M.Sc.  
M. Schwarz, M.Sc.

#### **Klärschlamm – Anfall und Behandlungsverfahren. Integrative Ansätze zum Reststoffmanagement in der Abwassertechnik**

Prof. Dr.-Ing. M. Engelhart  
T. Blach, M.Sc.

#### **Interdisziplinäres Projekt Bau und Umwelt (IPBU)**

Prof. Dr.-Ing. M. Engelhart  
S. Kale, M.Sc.

### FACHGEBIET ABWASSERWIRTSCHAFT

#### **Wassergütepraktikum**

Prof. Dr. S. Lackner  
Dr.-Ing. T. Fundneider  
V. Acevedo Alonso, M.Sc.  
Dipl.-Ing. H.Bitter  
P. Bunse, M.Sc.  
Mitarbeiter IWAR Labor

#### **Interdisziplinäres Projekt Bau und Umwelt (IPBU)**

Prof. Dr. S. Lackner  
V. Acevedo Alonso, M.Sc.  
Dipl.-Ing. H.Bitter

#### **Mathematische Simulation in der Abwasserreinigung**

Prof. Dr. S. Lackner  
V. Acevedo Alonso, M.Sc.

#### **Weitergehende kommunale Abwasserbehandlung**

Prof. Dr. S. Lackner  
Dr.-Ing. T. Fundneider  
F. Kirchen, M.Sc.

#### **Angewandte (Umwelt)-Mikrobiologie für Ingenieure**

Dr.-Ing. S. Agrawal (Lehrauftrag)

#### **Ingenieurpraktikum Wassertechnologie**

Prof. Dr. S. Lackner  
Mitarbeiter\_innen FG Abwasserwirtschaft

### FACHGEBIET RAUM- UND INFRASTRUKTURPLANUNG

#### **Infrastrukturplanung**

Prof. Dr.-Ing. Hans Joachim Linke  
Anna Dell, M.Sc.  
Audrey Bourgoïn, M.Sc.  
Benjamin D. Kraff, M.Sc.

#### **Umweltplanung**

Dr. Stefan Scheiner;  
Audrey Bourgoïn, M.Sc.  
Benjamin D. Kraff, M.Sc.

### **Raumentwicklung im nationalen und internationalen Kontext**

Prof. Dr.-Ing. Hans Joachim Linke  
Verm.-Ass. Raphael Bretscher, M.Sc.  
Monika Widyadharna, M.Sc.

---

### **Räumliche Entwicklung und Planungspraxis**

Prof. Dr.-Ing. habil Jan Hillgardt

---

### **Infrastructure Planning**

Prof. Dr.-Ing. Hans Joachim Linke  
Audrey Bourgoïn, M.Sc.  
Benjamin D. Kraff, M.Sc.

---

### **Economic Assessment**

Prof. Dr.-Ing. Hans Joachim Linke  
Audrey Bourgoïn, M.Sc.  
Benjamin D. Kraff, M.Sc.

---

### **FACHGEBIET STOFFSTROMMANAGEMENT UND RESSOURCENWIRTSCHAFT**

#### **Abfalltechnik: Aggregate, Verfahrenskonzepte und Anlagen**

Dr.-Ing. J. Kannengießer  
Dipl.-Kfm. J. Leinert

---

#### **Ingenieurpraktikum Stoffstrommanagement und Ressourcenwirtschaft**

Dr.-Ing. J. Kannengießer

---

#### **Umweltmanagement und industrieller Umweltschutz**

Prof. Dr. L. Schebek,  
Prof. Dr. A. Ahsen  
S. Hanesch, M.Sc.  
Dipl.-Wirtsch.-Ing. L. Göllner-Völker  
J. Zeulner, M.Sc.

---

#### **Umweltwissenschaften an der TU Darmstadt**

Prof. Dr. L. Schebek  
und verschiedene Dozenten  
A. Güldemund, M.Sc.  
S. Hanesch, M.Sc.

---

#### **Life Cycle Assessment von Produkten und Systemen**

Prof. Dr. L. Schebek

---

#### **Immissionsschutz**

Prof. Dr. habil U. Lahl  
Dr.-Ing. J. Kannengießer

---

### **Chemie IV –Instrumentelle Analytik**

Dr.-Ing. C. Brockmann  
D. Dörder, M.Sc.  
J. Caspar

---

### **Chemikaliensicherheit und nachhaltige Chemie**

Prof. Dr. M. Führ  
Dr. S. Kleihauer  
Prof. Dr. habil U. Lahl  
Dr. C. Brockmann  
D. Dörder, M.Sc.

---

### **Energieeffizienz**

Dr.-Ing. C. Rohde  
S. Weyand, M.Sc.  
A. Güldemund, M.Sc.

---

### **Renewable Energies, Energy scenarios and Climate protection**

Prof. Dr. L. Schebek  
Dr.-Ing. C. Rohde  
S. Hanesch, M.Sc.  
C. Geyer, M.Sc.

---

### **Modellierung von Stoffstromsystemen II: Methoden für Szenarioanalysen**

Prof. Dr. L. Schebek  
Dr. V. Zeller  
S. Weyand, M.Sc.  
C. Dierks, M.Sc.

---

### **FACHGEBIET WASSERVERSORGUNG UND GRUNDWASSERSCHUTZ**

#### **Trinkwassergüte und Wasseraufbereitungstechnik**

Prof. Dipl.-Ing. Dr. nat. techn. W. Urban  
F. Kip, M. Sc.

---

#### **Grundwasserschutz**

Prof. Dipl.-Ing. Dr. nat. techn. W. Urban  
Prof. Dr.-Ing. H. A. Towaie

---

#### **Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Wassergewinnung**

Prof. Dr. Treskatis  
A. Zettl

---

#### **Wasserversorgung in der Praxis**

H. Löhner, M.Sc.  
A. Zettl

---

**Wasserversorgung: Optimierung, Modellierung und Fallstudien**

Prof. Dipl.-Ing. Dr. nat. techn. W. Urban  
J. Mosbach, M. Sc.

---

**Wassertechnik und Wassermanagement für aride Zonen**

Dr.-Ing. M. Zimmermann  
A. Zettl

---

**Nachhaltige Wasserversorgungswirtschaft**

Dr.-Ing. M. Zimmermann  
A. Zettl

---

**Wasser in der internationalen Entwicklungszusammenarbeit**

Prof. Dipl.-Ing. Dr. nat. techn. W. Urban  
Dr.-Ing. S. Gramel  
Dipl.-Ing. A. Grieb  
A. Zettl

---

**Strömungsmodellierung – Arbeitsschritte in CFD**

Prof. Dipl.-Ing. Dr. nat. techn. W. Urban  
Dr.-Ing. A. Sonnenburg  
F. Kip, M. Sc.

---

**TropHEE – Water Supply Systems**

Prof. Dipl.-Ing. Dr. nat. techn. W. Urban  
Prof. Dr.-Ing. H. Al-Towaie  
Prof. Priv.-Doz. Dr. habil. S. Hazra

---

**3.3 Interdisziplinäre Lehrveranstaltungen**

- Grundlagen des Planens, Entwerfens und Konstruierens I
- Interdisziplinäres Energieprojekt
- Interdisziplinäres Projekt Bau- und Umweltingenieurwissenschaften
- Interdisziplinäres Projekt für Wirtschaftsingenieure
- Umweltwissenschaften an der TU Darmstadt
- Neues aus der Umwelttechnik und Infrastrukturplanung
- Erdsystemforschung
- Ringvorlesung: Global Challenges 20/20 Vision: Past & Present Futures of Technology



### 3.4 VGU Masterstudiengang „Water Tech“

Masterstudiengang „Water Technology, Water Reuse and Water Management“ an der Vietnamese-German University (VGU) in Ho Chi Minh City

#### BASISMODULE

##### **GIS and Water Management**

Dr. Son

---

##### **English Scientific Writing**

Dr. Spittl

---

##### **Legal Aspects of Water Management**

Dr. Hieu

---

##### **Spatial Planning in Flood Area**

Dr. Huong

---

##### **Water Chemistry and Micobiology**

Dr. Luu

---

#### VERTIEFUNGSMODULE

##### **Economics of Infrastrucure**

Prof. Dr.-Ing. H.-J. Linke

---

##### **Fundamentals of Waste Technology**

Prof. Dr. L. Schebek

Dr.-Ing. J. Kannengießler

---

##### **Interdisciplinary Project**

Prof. Dr.-Ing. M. Wagner

---

##### **River Basin Management**

Prof. Dr. B. Schmalz

---

##### **Water Treatment Processes**

Prof. Dr. S. Lackner

Prof. Dr.-Ing. M. Engelhart

---

#### VERTIEFUNGSRICHTUNG WATER AND WASTEWATER

##### **Drinking Water**

Prof. Dr. S. Lackner

---

##### **Industrial Wastewater and Reuse**

Prof. Dr.-Ing. M. Engelhart

---

##### **Municipal Wastewater and Reuse**

Prof. Dr.-Ing. M. Wagner

---

##### **Operation of Wastewater Treatment Plants**

Prof. Dr.-Ing. M. Wagner

---

##### **Planning/Construction of Wastewater Treatment Plants**

Kocks Consult

---

#### VERTIEFUNGSRICHTUNG RIVER MANAGEMENT

##### **Flood Management**

Prof. Dr.-Ing. B. Lehmann

Dr.-Ing. J. Wiesemann

---

##### **Hydraulic Structures and Modelling**

Prof. Dr.-Ing. B. Lehmann

Dr.-Ing. J. Wiesemann

---

##### **Hydomechanics and Distribution Network**

Dr. Song

---

##### **Modelling Details of Hydrosystems**

Dr. Song

---

##### **River Engineering**

Prof. Dr.-Ing. B. Lehmann

Dr.-Ing. J. Wieseman

---



## 4 Abgeschlossene Promotionen am Institut IWAR



**Yingchen Cao**

„Numerical investigation of the aeration process in the MBR system equipped with a flat sheet membrane module“

Referent:

Prof. Dipl.-Ing. Dr. nat. techn. Wilhelm Urban

Korreferent:

Prof. Dr.-Ing. habil. Yongqi Wang

Tag der mündlichen Prüfung: 14.02.2020

Abgeschlossene Promotionen

Frau Yingchen Cao, M.Sc. hat am 14. Februar 2020 erfolgreich ihre Doktorarbeit am Institut IWAR an der TU Darmstadt abgeschlossen. Der Titel ihrer Arbeit lautete „Numerical investigation of the aeration process in the MBR system equipped with a flat sheet membrane module“. Betreut wurde sie von Prof. Dipl.-Ing. Dr. nat. techn. Wilhelm Urban und Prof. Dr.-Ing. habil. Yongqi Wang.

Frau Cao arbeitete von Mai 2016 bis April 2019 am Fachgebiet Wasserversorgung und Grundwasserschutz. Seit März 2020 ist sie bei der KEMPEN KRAUSE INGENIEURE GmbH in Aachen als Projektleiterin tätig.

Nach erfolgreicher Disputation wurde nach IWAR-Tradition der Doktorhut übergeben, aus dem „IWAR-Pisspott“ getrunken und eine Fahrt mit dem Doktorwagen über das Gelände der Lichtwiese unternommen. Im Anschluss wurde im Kreise der Professoren und Kolleg\_innen des FG WV sowie der Familie angestoßen und mit einem Abendessen beim Chinesen gefeiert.



### **Thomas Fundneider**

**„Filtration und Aktivkohleadsorption zur weitergehenden Aufbereitung von kommunalem Abwasser – Phosphor- und Spurenstoffentfernung“**

Referent:

Prof. Dr. Susanne Lackner

Korreferent:

Prof. Dr.-Ing. Peter Cornel

Tag der mündlichen Prüfung: 28.05.2020

Am 28. Mai 2020 verteidigte Herr Thomas Fundneider erfolgreich seine Dissertation zum Thema „Filtration und Aktivkohleadsorption zur weitergehenden Aufbereitung von kommunalem Abwasser – Phosphor- und Spurenstoffentfernung“. Herr Fundneider arbeitet seit September 2015 zunächst am Fachgebiet Abwassertechnik unter der Leitung von Herr Prof. Dr.-Ing. Peter Cornel und nach dessen Ruhestand am Fachgebiet Abwasserwirtschaft des Instituts IWAR unter der Leitung von Frau Prof. Dr. Susanne Lackner.

In seiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter beschäftigte sich Herr Fundneider mit den Forschungsschwerpunkten der weitergehenden Aufbereitung von kommunalem Abwasser zur Minimierung der Gewässeremissionen sowie der Schnittstelle zwischen Siedlungsentwässerung und Gewässer. Hierbei bearbeitete er das BMBF-Verbundprojekt „Entwicklung eines nachhaltigen Wasserressourcen-Managements am Beispiel des Einzugsgebiets der Nidda (NiddaMan)“ sowie das hessische Pilotprojekt „Weitergehende Entfernung von Spurenstoffen, Mikroplastik und antibiotikaresistente Keime auf der Kläranlage des Abwasserverbandes Langen, Egelsbach, Erzhausen unter Berücksichtigung einer weitergehende P-Elimination im Rahmen einer großtechnischen Versuchsanlage“. Nach erfolgreicher digitaler Disputation wurde nach IWAR-Tradition der Doktorhut unter Beachtung der aktuellen Hygienevorschriften übergeben.



**Mara Aline Neef**

**„Carbon Budget Compliance. How to model carbon emissions of automotive Original Equipment Manufacturers over the life cycle of vehicles and mobility services to attain absolute reduction targets.“**

Referent:

Prof. Dr. rer. nat. Liselotte Schebek

Korreferent:

Prof. Dr.-Ing. Hans Joachim Linke

Tag der mündlichen Prüfung: 17.07.2020

Frau Neef verteidigte am 17. Juli 2020 erfolgreich ihre Dissertation zum Thema „Carbon Budget Compliance. How to model carbon emissions of automotive Original Equipment Manufacturers over the life cycle of vehicles and mobility services to attain absolute reduction targets“. Sie promovierte unter der Betreuung von Frau Prof. Dr. rer. nat. Liselotte Schebek. Klimaschutz gehört für Frau Neef zu den wichtigsten Themen unserer Zeit, weshalb die Entwicklung einer Methode zur Ableitung wissenschaftlich fundierter Dekarbonisierungsstrategien für die Automobilindustrie im Rahmen ihrer Dissertation eine Herzensangelegenheit ist.



**Luz Daniela Alejo Alvarez**

**„On a deeper understanding of data-driven approaches in the current framework of wastewater treatment: looking inside the black box“**

Referent:

Prof. Dr. Susanne Lackner

Korreferent:

Prof. John Atkinson (PhD)

Tag der mündlichen Prüfung: 30.07.2020

Am 30. Juli 2020 verteidigte Frau Luz Alejo Alvarez erfolgreich ihre Dissertation zum Thema „On a deeper understanding of data-driven approaches in the current framework of wastewater treatment: looking inside the black box“. Frau Alejo Alvarez arbeitet seit Oktober 2017 am Fachgebiet Abwasserwirtschaft unter der Betreuung von Frau Prof. Dr. Susanne Lackner. Die ersten Erfahrungen und Experimente für ihre Promotion machte Frau Alejo Alvarez in Chile an der Universidad de Concepción, bevor sie anschließend ans Institut IWAR kam. In ihrer Tätigkeit beschäftigte sich Frau Alejo Alvarez mit neuen Konzepten von Machine Learning, sowie der Big Data Thematik. Dabei lag der Fokus vor allem auf der Analyse von experimentellen Daten, beispielsweise relevante Parameter für die Phosphor- und Stickstoffentfernung in Kläranlagen. Mit diesen Daten hat Frau Alvarez die Auswertung der Informationen in Artificial Neural Networks sortiert und mit Hilfe von Big Data Clusteranalysen erstellt, die der ganzheitlichen Betrachtung von der Prozessleistung dienen. Nach erfolgreicher digitaler Disputation wurde nach IWAR-Tradition der Doktorhut übergeben.

**Laura Orschler**

**„Developing a framework for microbial community analysis for wastewater treatment systems“**

Referent:

Prof. Dr. Susanne Lackner

Korreferent:

Prof. Dr. Jörg Simon

Prof. Dr. Akihiko Terada

Tag der mündlichen Prüfung: 12.08.2020

Am 12. August 2020 verteidigte Frau Laura Orschler erfolgreich ihre Dissertation zum Thema „Developing a framework for microbial community analysis for wastewater treatment systems“. Frau Orschler arbeitet seit November 2016 am Fachgebiet Abwasserwirtschaft unter der Betreuung von Frau Prof. Dr. Susanne Lackner. In ihrer Tätigkeit beschäftigte sich Frau Orschler mit der Etablierung und Evaluierung von molekularen Methoden zur Analyse von mikrobiellen Gemeinschaften in Stickstoffentfernungssystemen. Dabei nutzte sie vor allem die neuartigen Next Generation Sequencing Methoden, um deren Vorteile sowie die Schwachstellen herauszuarbeiten und anschließend Rahmenbedingungen zu erarbeiten, die für die Nutzung dieser Methoden notwendig sind. Nach erfolgreicher digitaler Disputation wurde nach IWAR-Tradition der Doktorhut übergeben.

**Othman Mrani**

**„Integration von Ökobilanz und Lebenszykluskostenrechnung in einer deskriptiven multikriteriellen Entscheidungsanalyse“**

Referent:

Prof. Dr. rer. nat. Liselotte Schebek

Korreferent:

Prof. Dr.-Ing. Hans Joachim Linke

Tag der mündlichen Prüfung: 16.09.2020

Am 16. September 2020 verteidigte Herr Othman Mrani erfolgreich seine Dissertation zum Thema „Integration von Ökobilanz und Lebenszykluskostenrechnung in einer deskriptiven multikriteriellen Entscheidungsanalyse“. Herr Mrani arbeitete ab September 2009 als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fachgebiet Stoffstrommanagement und Ressourcenwirtschaft unter Leitung von Frau Prof. Dr. Liselotte Schebek. Seit 2017 forscht er als wissenschaftlicher Mitarbeiter bei der Fraunhofer-Einrichtung für Wertstoffkreisläufe und Ressourcenstrategie IWKS. Hier betreut er mehrere Industrieprojekte, u. a. im Bereich Recycling und entwickelt dort Kreislaufwirtschaftskonzepte sowie Recycling-Strategien.



### Van Dao Thi Bich

**„Modification of the Canadian Water Quality Index – case study assessment of groundwater quality in Mekong Delta, Vietnam“**

Referent:

Prof. Dipl.-Ing. Dr. nat. techn. Wilhelm Urban

Korreferent:

Prof. Dr. habil. Subhendu Bikash Hazra

Tag der mündlichen Prüfung: 19.10.2020

Am 29. Oktober 2020 verteidigte M.Sc. Van Dao erfolgreich Ihre Dissertationsschrift. Der Titel Ihrer Arbeit lautet „Modification of the Canadian Water Quality Index – case study assessment of groundwater quality in Mekong Delta, Vietnam“. Die Verteidigung fand als Online-Meeting statt. Für die Bewertung der Grundwasserqualität gibt es mittlerweile ein gutes dutzend Indizes, bei denen diverse Parameter miteinander verrechnet werden, um eine klare Aussage mit nur einem Zahlenwert zu erreichen. Die Art der Verrechnung ist ebenfalls stark unterschiedlich und mehr oder weniger robust. So können teils einzelne Parameter durch eine unausgewogene Gewichtung oder andere statistische Phänomene das gesamte Ergebnis, also den jeweiligen Index, stark beeinflussen und dominieren. Für Frau Dao war es auch ein persönliches Anliegen, für das Mekong Delta eine robuste Methode zu finden. Sie verwendet die Methodik, die zur Parametersammlung für den Canadian Water Quality Index (CWQI) angewendet wird. Die Berechnungsmethode ihres modifizierten Indizes (MCWQI) ist durch Verwendung eines geometrischen Mittelwerts aber deutlich unempfindlicher gegen starke Schwankungen der einzelnen Parameter als der CWQI.

Frau Dao hat für Ihre Arbeit eine sehr gute Bewertung erhalten. Sie war als Stipendiatin im Fachgebiet Wasserversorgung und Grundwasserschutz tätig und hat über ihre Verpflichtungen hinaus das FG sehr bereichert. Aufgrund der aktuellen Beschränkungen konnte leider keine große Feier stattfinden. Ihr Doktorvater Prof. Dipl.-Ing. Dr. nat. techn. Wilhelm Urban und Zweitprüfer Prof. Dr. habil. Subhendu Bikash Hazra konnten sie im kleinen Rahmen persönlich beglückwünschen, alle Kolleg\*innen zwar nur aus der Ferne, aber dennoch genauso herzlich.



### **Le Quynh Thu Nguyen**

**„Untersuchungen zur Wertstoffrückgewinnung aus Industrieabwässern mit Membranverfahren“**

Referent:

Prof. Dr.-Ing. Markus Engelhart

Korreferent:

Prof. Dr.-Ing. habil. Martin Wagner

Tag der mündlichen Prüfung: 13.11.2020

Am 13. November 2020 verteidigte Frau Dipl. Ing. Le Quynh Thu Nguyen ihre Dissertation mit dem Thema „Untersuchungen zur Wertstoffrückgewinnung aus Industrieabwässern mit Membranverfahren“ erfolgreich. Frau Nguyen arbeitete von August 2010 zunächst am Fachgebiet Abwassertechnik unter der Leitung von Herr Prof. Dr.-Ing. Peter Cornel und nach dessen Ruhestand am Fachgebiet Abwassertechnik unter der Leitung von Herr Prof. Dr. Markus Engelhart bis Juli 2016. Seitdem ist Sie beim Projektträger PTKA des BMBF in Karlsruhe tätig.

Im Rahmen des abgeschlossenen BMBF-Projekts AKIZ untersuchte Frau Nguyen in Vietnam den produktionsintegrierten Einsatz von Membranverfahren in der Herstellung von Chitin aus Garnelenschalen und in der Produktion von tensidhaltigen Körperpflege- und Waschmitteln in der Konsumgüterindustrie. Sie konnte in Ihrer Arbeit erfolgreich Konzepte entwickeln, die eine Rückgewinnung von Proteinen aus Prozessströmen der alkalischen Deproteinierung von Krustaceen erlauben bzw. den Rückhalt von Tensidmischungen aus Spülwasser der Herstellung von Shampoo und Weichspüler ermöglichen. Durch die Anwendung keramischer und polymerer Nanofiltrationsmembranen wurde neben den Wertstoffkonzentraten die organische Belastung der verbleibenden Permeate weitgehend gesenkt, so dass diese entweder unbedenklich indirekt in Abwasserbehandlungsanlagen eingeleitet oder selbst wiederverwendet werden können.

Aufgrund der aktuellen Corona-Einschränkungen musste Frau Nguyen Ihre Verteidigung Online durchführen. Auch die anschließende Doktorhutübergabe erfolgte virtuell. Trotzdem soll die Feier zur erfolgreich bestandenem Prüfung zu einem späteren Zeitpunkt nachgeholt werden.

## Anhang

### Auszug der Schriftenreihe des Instituts IWAR

Schriftenreihe	Veröffentlichung	Autoren	Titel	Preis
IWAR 263	Dissertation	Mrani, Othman:	Integration von Ökobilanz und Lebenszykluskostenrechnung in einer deskriptiven multikriteriellen Entscheidungsanalyse zum Zweck der Bewertung von innovativen Technologiekonzepten.	35,- €
IWAR 262	Dissertation	Cao, Yingchen:	Numerical Investigation of the Aeration Process in the MBR System equipped with a Flat Sheet Membrane Module.	Noch nicht verfügbar
IWAR 261	Dissertation	Orschler, Laura:	Developing a framework for microbial community analysis for wastewater treatment systems.	35,- €
IWAR 260	Dissertation	Neef, Mara Alina:	Carbon Budget Compliance: A life-cycle-based model for carbon emissions of automotive Original Equipment Manufacturers.	35,- €
IWAR 259	Dissertation	Fundneider, Thomas:	Filtration und Aktivkohleadsorption zur weitergehenden Aufbereitung von kommunalem Abwasser – Phosphor- und Spurenstoffentfernung –.	35,- €
IWAR 258	Dissertation	Cienfuegos, Bernardo:	Analysis and optimization of sustainable transport processes of biomass for power plants.	35,- €

Weitere Schriftenreihen können bei Bedarf gerne am Institut IWAR erfragt werden.

Ansprechpartner: Vera Soedradjat (Informationen hierzu sind auf der Webseite des Fördervereins [www.iwar-förderverein.de](http://www.iwar-förderverein.de) enthalten)

### Tagungsunterlagen Infotage

Nr.	Titel	Preis
6	Planung und Betrieb von Belüftungssystemen im In- und Ausland 6. Infotag IWAR Abwassertechnik - 20. September 2018	35,- €
5	Planung und Optimierung von Belüftungssystemen im Spiegel neuer Entwicklungen 5. Infotag IWAR Abwassertechnik - 26. November 2015	35,- €
4	Abwasser- und Klärschlammbehandlung im Fokus der Energiewirtschaft der Zukunft 4. Infotag - IWAR Abwassertechnik - 03. März 2015	35,- €
3	Biologische Abwasserbehandlung im Spannungsfeld zwischen Belüftungseffizienz und Energieverbrauch 3. Infotag - IWAR Abwassertechnik - 24. November 2011	25,- €
2	Belagsbildung auf Membranen von Belüftungselementen - Probleme und neue Lösungsansätze 2. Infotag - WAR Abwassertechnik - 22. April 2004	vergriffen
1	Neue Wege der Schlammbehandlung - Desintegration von Klärschlamm 1. Infotag - WAR Abwassertechnik - 15. Mai 2003	vergriffen

Ansprechpartner: Vera Soedradjat (Informationen hierzu sind auf der Webseite des Fördervereins [www.iwar-förderverein.de](http://www.iwar-förderverein.de) enthalten)



