

forum 94

Mitteilungsblatt des Lehrstuhls für Siedlungswasserwirtschaft

JAHRESBERICHT DES LEHRSTUHLS FÜR SIEDLUNGSWASSERWIRTSCHAFT 2023

Lehrstuhl für Siedlungswasserwirtschaft

Inhaltsverzeichnis

Inhalt

VORWORT1
VERSUCHSANSTALT DES LEHRSTUHLS3
CHEMISCH-PHYSIKALISCHES, ANALYTISCHES UND MIKROBIOLOGISCHES LABOR4
ARBEITSGRUPPE ENTWÄSSERUNGSSYSTEME6
MULTIFUNKTIONALE VERSICKERUNGSMULDEN IM SIEDLUNGSRAUM
PILOTPROJEKT EHEM. BAYERNKASERNE MÜNCHEN: EVALUIERUNG VON BÖDEN UND SUBSTRATEN AUS SEKUNDÄRROHSTOFFEN HINSICHTLICH WASSERSPEICHERVERMÖGEN, SCHADSTOFFRÜCKHALT UND VEGETATIONSVERTRÄGLICHKEIT
ARBEITSGRUPPE ENERGIEEFFIZIENTE ABWASSERBEHANDLUNG13
ENCOVER: ENERGETISCHE NUTZUNG VON CO₂ ZUR VERRINGERUNG DES RESTMETHANPOTENTIALS
ARBEITSGRUPPE WEITERGEHENDE WASSERBEHANDLUNG19
EINTRAG VON OZON IN GRUNDWASSER ÜBER GASPERMEABLE MEMBRANEN ZUR IN-SITU SANIERUNG VON BTEX SCHADENSFÄLLEN
ARBEITSGRUPPE WASSERWIEDERVERWENDUNG26
Nutzwasser als alternative Wasserressource für die urbane und landwirtschaftliche Bewässerung
ARBEITSGRUPPE URBAN WATER-ENERGY-FOOD (WEF) NEXUS29
WEF NEXUS PILOTPROJEKT IN RETO DOSSO, NIGER: NACHHALTIGE WASSERVERSORGUNG MIT ANALYSE VON WASSERRÜCKGEWINNUNGS- UND INTEGRIERTEN RESSOURCENRÜCKGEWINNUNGSPOTENZIALEN IM RAHMEN EINER KLIMAANPASSUNGSSTRATEGIE

Inhaltsverzeichnis

Convergence - Tunesien	33
ARBEITSGRUPPE MEMBRANFILTRATION	34
Grundlagenforschung zur Ausnutzung hydro-dynamischer Effekte zur Verringerung des Membranfoul durch die Einführung spezieller Anordnungen neuartiger Feed-Spacer-Geometrien in Kombination mit unregelmäßigen Membranoberflächenmustern	
ARBEITSGRUPPE MIKROBIELLE SYSTEME	36
ABWASSER BIOMARKER COV2: ABWASSEREPIDEMIOLOGIE AM BEISPIEL EINES SARS-COV-2 BIOMARKERS FÜR DIE ABSCHÄTZUNG VON COVID-19-INFEKTIONEN AUF DER POPULATIONSSKALA	37 I ZU 38 39
Durchführbarkeitsstudie: Einführung eines Abwasser- überwachungssystems (WSS) für COVID-19 in Taschkent Der Beitrag von Pilzen zum Kohlenstoffkreislauf in subarktischen und arktischen Permafrostgebieten Einblick in die Dunkle Materie der Pilze: Ökologie und genetisches Potential von Rozella sp. in der Gross Fuchskuhle	42 SEN 43
ARBEITSGRUPPE SPURENSTOFFE IN DER UMWELT	
EXTERNE DOKTORANDEN	45
Untersuchung der PFAS-Belastung im Ablauf kommunaler Kläranlagen mit Hilfe des TOP-Assays	
GASTWISSENSCHAFTLER	46
REDUZIERUNG VON MIKROPLASTIK IN DER UMWELT IN KONTAMINIERTEM WASSER DURCH FUNKTIONELLE MATERIALIEN EFFEKTE DES NIEDERFREQUENZ-ULTRASCHALLVERFAHRENS AUF MIT ORGANISCHEN SPURENSTOFFEN VERUNREINIGTEN FAULSCHLAMM LAB TO WATER ENTWICKLUNG EINES PHOTOKATALYTISCHEN MEMBRANSYSTEMS ZUR ENTFERNUNG ORGANISCHER SPURENCHEMIKALIEN	47 48
INTERNATIONALE KOOPERATIONSPARTNER	50
NATIONALE & INTERNATIONALE GREMIENARBEIT	54
DWA-ArbeitsgruppenWasserchemische Gesellschaft	54
NACHWUCHSFÖRDERUNG / WORKSHOPS / SONSTIGE AKTIVITÄTEN	56
50. ABWASSERTECHNISCHES SEMINAR – JUBILÄUMSVERANSTALTUNG ZU 50 JAHREN ABWASSERFORSCHUNG – IMPULSE DIE ZUKUNFT	56 57 57
GEPLANTE VERANSTALTUNGEN IN 2024	59
33. WASSERTECHNISCHES SEMINAR 2024	
PUBLIKATIONEN	60
DISSERTATIONEN UND AUSZEICHNUNGEN	71

Inhaltsverzeichnis

LEHRE	75
FÖRDERGESELLSCHAFT DES LEHRSTUHLS FÜR SIEDLUNGSWASSERWIRTSCHAFT E.V	77
MITARBEITER:INNEN	78
KONTAKT	82



JÖRG E. DREWES (PROF. DR.-ING.) 089/289 13713 JDREWES @TUM.DE

Vorwort

Liebe Freundinnen und Freunde des Lehrstuhls.

Ein bewegtes Jahr 2023 ist zu Ende gegangen: ein Jahr mit vielen Veränderungen und ein Jahr, in dem der weltweite, kontinuierliche Wandel offenbar wurde: Dürren, Waldbrände, Starkregen und Hochwasser – prägen unser Bild vom Wasserkreislauf im Wandel. Geopolitsche Veränderungen erschweren ein international abgestimmtes Vorgehen für diese Herausforderungen. Mit dem aufs Schärfste zu verurteilenden Angriff auf Israel und der folgenden Militäroperation in Gaza kam ein neuer, aufflammender Krisenherd im Nahen Osten hinzu, der die politische Weltlage weiter destabilisiert.

Gleichwohl sind wir sehr dankbar für das produktive Jahr am Lehrstuhl und dass wir unsere wichtigen Aktivitäten zur Klimafolgenanpassung eines Wasserkreislaufs im Wandel fortsetzen durften. Dieses Jahr waren unsere Mitarbeitenden sehr aktiv ihre wissenschaftlichen Erkenntnisse zu publizieren und diese mit der nationalen und internationalen Forschungsgemeinschaft auf Konferenzen und Vorträgen zu teilen.

Wir freuen uns für Dr.-Ing. Carolina Feickert Fenske, Dr. rer. nat. Julia Reichel, Dr.-Ing. Michele Ponzelli und Dr.-Ing. Philipp Sperle, die in diesem Jahr erfolgreich ihre Doktorarbeiten verteidigt haben. Besondere Gratulationen gehen an Dr. Thomas Lippert, der für seine Doktorarbeit den Willy-Hager-Preis 2022 erhalten hat, an Dr. Christoph Schwaller, der für seine Doktorarbeit den Departmentpreis Civil and Environmental Engineering der TUM erhalten hat, und an Dr. Pablo Vega Garcia, der den Mall-Umweltpreis Wasser für herausragende Dissertationen erhalten hat. Herzlichen Glückwunsch! Ausgezeichnet wurde auch PD Dr.-Ing. Konrad Koch, der zum außerplanmäßigen Professor an der TU München ernannt wurde, was mich besonders freut. Außerdem freue ich mich, dass mir 2023 die Bayerische Staatsmedaille für herausragenden Verdienste um die Umwelt vom Bayerischen Staatsminister Torsten Glauber verliehen wurde. Letzteres sehe ich als Auszeichnung für alle Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Lehrstuhls für ihren unermüdlichen Einsatz.

Im Jahr 2023 haben wir ein wichtiges Jubiläum gefeiert. Wir haben das 50. Abwassertechnische Seminar (ATS) als zweitägige Konferenz im Juli im Science Congress Center am TUM Campus Garching veranstaltet. Das 50. ATS-Jubiläum war Anlass, die Entwicklungen in den Feldern Entwässerungssystemen, Regenwassermanagement, der biologischen Abwasserbehandlung und weitergehenden Abwasserreinigung, Automatisierung, Ressourcenrückgewinnung oder Wasserwiederverwendung über fünf Jahrzehnte mit ausgewählten führenden Expert:innen und der interessieren Fachöffentlichkeit Revue passieren zu lassen und einzuschätzen, welche Trends und Empfehlungen sich für den gesamten Abwassersektor in der Zukunft ableiten lassen.

Auch in unserem 'Kerngeschäft' leistete der Lehrstuhl im vergangenen Jahr wieder wesentliche Beiträge in der Ausbildung der Studierenden in den Bachelorstudiengängen Umweltingenieurwesen und Bauingenieurwesen sowie in den Masterstudiengängen Environmental Engineering, Civil Engineering sowie Sustainable Resource Management. Neben einer Vielzahl von Vorlesungen, Übungen und Praktika betreuten die Mitarbeiter*innen des Lehrstuhls zahlreiche Masterarbeiten, Studien- und Bachelorarbeiten.

Neben meinen Lehrstuhlaufgaben kümmere ich mich weiterhin als Academic Program Director um den Studiengang Umweltingenieurwesen und deren Weiterentwicklung an der TUM und engagiere mich bei der International Water Association (IWA) sowie als Mitglied im Wissenschaftlichen Beirat der Bundesregierung für Globale Umweltveränderungen (WBGU). Beim WBGU bereiten wir momentan das nächste Hauptgutachten zum Thema Wasser vor, das der Bundesregierung im Herbst 2024 übergeben werden wird.

Im Namen meiner Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter möchte ich mich ganz herzlich für Ihre Unterstützung und Ihr Interesse an unseren Studierenden und unserer Arbeit bedanken. Wir danken insbesondere auch für die Unterstützung unseres Fördervereins, der bei der Finanzierung von Reisen zur Teilnahme an Konferenzen sowie durch Beihilfen für Forschungsarbeiten einen ganz wichtigen Beitrag in der Ausbildung unserer Doktorand:innen und Studierenden leistet.

Ich freue mich sehr, Ihnen mit dieser Ausgabe unseren Jahresbericht 2023 überreichen zu können, um Ihnen einen kleinen Einblick in unsere Aktivitäten zu geben. Auch in 2023 wurden wir durch neue Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter verstärkt, die sich Ihnen in diesem Jahresbericht mit ihren anderen Kolleginnen und Kollegen vorstellen.

Wir würden uns sehr freuen, wenn wir auch dieses Jahr durch Ihre Spende diese Unterstützungen für unsere Doktoranden und Studierenden bereitstellen können.

Wir wünschen Ihnen viel Zuversicht, ein erfolgreiches Jahr und viel Freude beim Lesen

lhr,

Jörg E. Drewes



BRIGITTE HELMREICH

(PROF. DR. RER. NAT. HABIL.) 089/289 13719 B.HELMREICH

@TUM.DE



CLAUS
LINDENBLATT
(DIPL.-ING.)
BIS 11/2023
C.LINDENBLATT
@TUM.DE

Versuchsanstalt des Lehrstuhls

Die Versuchsanstalt des Lehrstuhls führt Prozessvalidierungen für Trinkwasserund Abwasseraufbereitungen im Labor- und Pilotmaßstab durch und übernimmt Material-, Anlagen- und Verfahrensuntersuchungen sowie Auftragsarbeiten für Industrie, mittelständische Betriebe und Behörden in Forschung und Entwicklung. Sie verfügt über ein Technikum (400 m²) und Versuchsfeld mit direktem Anschluss an die kommunale Kläranlage Garching. Dieser Anschluss ermöglicht es neben der Untersuchung von Trinkwasser kommunales Abwasser in verschiedenen Qualitäten für unterschiedliche Fragestellungen einzusetzen. Die Versuchsanstalt wird von Frau Prof. Dr. Helmreich geleitet.

Für Versuche stehen diverse Labor- und halbtechnische Versuchsanlagen mit Behältergrößen von 30 bis 800 l zur Verfügung. So können z.B. Verfahrensprozesse oder Trinkwasser- und Abwasserbehandlungsanlagen bis in den Anwendungsmaßstab entwickelt und validiert werden. Für die weitergehende Abwasserbehandlung stehen Anlagen zur Oxidation (Ozon, UV/H₂O₂) sowie zur Membranfiltration (Ultrafiltration, Nanofiltration, Umkehrosmose) zur Verfügung (Abbildung 1).

Ebenso hat die Versuchsanstalt schiedenste Möglichkeiten, Behandlungsanlagen für Dach- und Verkehrsflächenabflüsse zu entwickeln, weiter zu optimieren oder zu überprüfen. Hier stehen im Labormaßstab sowohl klassische Schüttelversuche wie auch Säulen in unterschiedlichster Dimension zur Verfügung, um Sorptionskapazitäten für Schwermetalle und auch organische Stoffe zu ermitteln. Im halbtechnischen Maßstab können an einem Testfeld bestehend aus einem Kupferdach und notwendigen Probenehmern, Regenschreibern und Durchflussmessern dezentrale Behandlungsanlagen für Kupferdachabflüsse bezüglich ihrer Leistung und Standzeit untersucht werden. Zusätzlich ermöglicht ein halbtechnischer Versuchsaufbau in der Versuchsanstalt die Überprüfung von Standzeiten für Filtersubstrate zur Behandlung von Verkehrsflächen-



Abbildung 1: Nanofiltrationspilotanlage (80 L/min).

abflüssen. Im Zuge dessen werden auch klassische Siebanalysen, Kationenaustauschkapazitäten, Schüttdichten, etc. der eingesetzten Materialien nach genormten Verfahren analysiert.



CAROLIN HEIM (DR. RER. NAT.) 089/289 13702 C.HEIM @TUM.DE



SOTTORFF NECULHUEQUE (DR. RER. NAT.) 089/289 13702 I.SOTTORFF @TUM.DE

IGNACIO



WURZBACHER
(DR. RER. NAT.)
089/ 289 13797
C.WURZBACHER
@TUM.DE

Chemisch-physikalisches, analytisches und mikrobiologisches Labor

Das Labor ist eine zentrale Einrichtung der Versuchsanstalt und des Lehrstuhls für Siedlungswasserwirtschaft. Es wird in die Bereiche chemisch-physikalisches Labor, Spurenstoffanalytik und mikrobiologisches Labor eingeteilt, die jeweils von Dr. Carolin Heim, Dr. Ignacio Sottorff und Dr. Christian Wurzbacher geleitet werden

Das chemisch-physikalische Labor ist mit modernen analytischen Geräten ausgestattet, die eine Analyse aller relevanter Standard-parameter sowohl für Trink- als auch für Abwasser erlauben. Neben der Charakterisierung von Wasserproben über Summenparameter wie CSB und BSB können organische Verbindungen mittels 3-D Fluoreszenz und UV-Spektroskopie genauer untersucht und über den TOC auch quantitativ erfasst werden. Die Bestimmung von Anionen erfolgt entweder mittels photometrischer Testmetho-



Abbildung 2: Bestimmung von Schwermetallen mittels ICP-OES von Perkin Elmer

den oder über die Ionenchromatographie. Für die Analytik von Metallen steht die Atomabsorptionsspektroskopie mit Flammen- und Graphitofen-AAS und einem hochsensitiven ICP-OES-Gerät zur Verfügung (Abbildung 2).

Das analytische Labor hat sich auf die Charakterisierung und Identifizierung von organischen Molekülen aus wässrigen Proben in der Spurenstoffanalytik (Target Screening) mittels chromatographischer Trenntechniken gekoppelt mit hochsensitiven massenspektrometrischen Detektionsverfahren (LC-MS/MS) spezialisiert (Abbildung 3). Hier können u.a. anderem auch Perfluorierte Alkyl-Substanzen (PFAS) zuverlässig im Wasserkreislauf erfasst werden. Zur Analyse von flüchtigen



Abbildung 3: QTRAP-MS-System von ABSciex für die hochsensitive Detektion von Spurenstoffen

organischen Substanzen, wie Weichmachern oder flüchtigen organischen Säuren, können diese mit Hilfe von Headspace-GC/FID, sowie Mikroplastik-Partikel mittels eines Thermo-desorptions-Pyrolyse-GC/MS erfasst werden.

Das mikrobiologische Labor verfügt über konventionelle Techniken zur Bestimmung der für die hygienische Wasserqualität relevanten fäkalen Indikatorkeime. Für Desinfektionsversuche bieten wir Biodosimetrie sowie einen direkten Nachweis von geschädigten Mikroorganismen an. Bakterielle Zellzahlen und Antibiotikaresistenzgene werden zusätzlich molekular quantifiziert (quantitative PCR oder digitale PCR) (Abbildung 4). Zur Charakterisierung von mikrobiellen Gemeinschaften kommen Hochdurchsatzsequenzierungstechnologien zum Einsatz (Illumina MiniSeq und Oxford Nanopore Technologies MinION).





Abbildung 4: Links: PCR und qPCR-System zum Amplifizieren und Quantifizieren von ausgewählten Genen. Rechts: Mikrobielle Kulturen für Experimente



BRIGITTE
HELMREICH
(PROF. DR.
RER. NAT. HABIL.)
089/289 13719
B.HELMREICH
@TUM.DE

Arbeitsgruppe Entwässerungssysteme

Auch in diesem Jahr hat das Thema "wasserbewusste Siedlung" einen Schwerpunkt in der Arbeitsgruppe Entwässerungssysteme eingenommen. Der Klimawandel stellt durch die zunehmende Häufigkeit von Wetterextremen wie Starkregenereignissen und Dürreperioden die Siedlungsentwässerung vor große Herausforderungen. Daher rücken Anpassungsstrategien als Reaktion auf die Folgen des Klimawandels immer mehr in den Vordergrund. Bereits bei der Neuplanung oder der Verdichtung von Quartieren in Siedlungen ist es wichtig, gleichermaßen alle Akteure der grauen, grünen und blauen Infrastruktur von Beginn an in die Planung zu integrieren. Dabei darf auch nicht vergessen werden, dass Schadstoffe aus den Niederschlagsabflüssen urbaner Flächen entfernt werden müssen, um keinen Eintrag in Grund- und Oberflächengewässer zu verursachen.



Abbildung 5: Pilotversuche zur Multifunktionale Versickerungsmulden im Siedlungsraum in Pfaffenhofen

In 2023 konnten wir unser Forschungsvorhaben "Multifunktionale Versickerungsmulden im Siedlungsraum erfolgreich abschließen. Die Ergebnisse werden demnächst in einem Leitfaden erscheinen. Hier werden viele Hinweise zu biodiverser Bepflanzung gegeben (Abbildung 5). Pflanzen in Versickerungsmulden müssen Staunässe, lange Trockenzeiten aber auch Streusalz aushalten. Eine angepasste Bepflanzung wird auch Thema in 2024 sein, um auf die Folgen des Klimawandels zu agieren. Zusätzlich werden wir uns im nächsten Jahr weiterhin mit Schadstoffen aus Niederschlagsabflüssen beschäftigen, insbesondere zu Schadstoffen in Abflüssen von Nichtmetalldächern. Hierzu wurde uns ein neues Forschungsvorhaben bewilligt.



PHILIPP STINSHOFF (M.Sc.) 089/289 13717 PHILIPP.STINSHOFF @TUM.DE

BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT (LFU),

BAYERISCHES
STAATSMINISTERIUM
FÜR UMWELT UND
VERBRAUCHERSCHUTZ
(STMUV)

KOOPERATION:

HOCHSCHULE
WEIHENSTEPHANTRIESDORF
(HSWT),

BODENINSTITUT
JOHANNES PRÜGL

Multifunktionale Versickerungsmulden im Siedlungsraum

Die rasant fortschreitende Urbanisierung führt in Städten neben starker Nachverdichtung auch zu Neuerschließungen. Die daraus resultierende Versiegelung und Reduzierung von innerstädtischen Grünflächen führt unweigerlich zu Veränderungen des lokalen Wasserhaushaltes, Verstärkung von Effekten wie der urbanen Hitzeinsel und einem Rückgang der Biodiversität in Siedlungsräumen. Durch die global beobachteten Klimaveränderungen, hin zu häufigeren Extremereignissen wie Starkregen und Dürreperioden, intensivieren sich die negativen Effekte von fehlenden Freiflächen in Städten. Ein wichtiger Baustein, um diesen Effekten entgegenzuwirken, können multifunktionale Versickerungsmulden sein (Abbildung 6).



Abbildung 6: Funktionen einer "multifunktionalen Versickerungsmulde"

Ziel war nicht nur die Entwicklung eines verbesserten siedlungswassertechnischen Versickerungssystems, sondern auch ein optimiertes Pflanzen- und Tierhabitat. Die Forschung an angepasster und geeigneter Bepflanzung wird hierbei von Mitarbeitern der HSWT übernommen. Am Lehrstuhl für Siedlungswasserwirtschaft (SWW) wurde auf die Entwicklung einer angepassten bewachsenen Bodenzone mittels Substratbeimengung fokussiert. Neben Laborversuchen zum Schadstoffrückhalt von unterschiedlichen Substraten wurden 2021 am SWW bepflanzte halbtechnische Versuche im Freigelände zur Untersuchung der stofflichen Belastung und Betriebsstabilität aufgebaut. Die Versuche konzentrierten sich auf die Entwässerungssicherheit und den Schadstoffrückhalt von Schwermetallen und Bioziden aus Verkehrsflächen-, Fassaden- und Dachflächenabflüssen. Im April 2022 sind Pilotflächen in München umgesetzt worden mit den bewährten Boden-Substratgemischen und attraktiver Bepflanzung. Zeitgleich wurden in Pfaffenhofen a. d. Ilm zwei Baumrigolen mit den Boden-Substratgemischen gebaut. Das Forschungsprojekt wurde im September 2023 erfolgreich beendet. Der Projektbericht und ein Leitfaden sollen 2024 veröffentlicht werden. Mit dem erarbeiteten Leitfaden "Multifunktionale Versickerungsmulden - Handlungsempfehlungen zum Bau und Betrieb" für PlanerInnen und Kommunen werden die Ergebnisse des Vorhabens direkt in die Praxis überführt.



LEA ROSENBERGER (M.Sc.) 089/289 13716 LEA.ROSENBERGER @TUM.DE

BAYERISCHES
STAATSMINISTERIUM
FÜR UMWELT UND
VERBRAUCHERSCHUTZ
(STMUV)

KOOPFRATION:

TUM:
LEHRSTUHL FÜR
ENERGIEEFFIZIENTES
UND NACHHALTIGES
PLANEN UND BAUEN,

INSTITUT FÜR
IMMOBILIENÖKONOMIE GMBH
(IIÖ)

Begleitforschung "Klimagerechtes Bauen – Modellvorhaben"

Die Schaffung von bezahlbarem Wohnraum stellt eine Herausforderung für Bauherr:innen, wie öffentliche oder private Investor:innen, dar. Die Anpassung von Gebäuden an sich ändernde Klimabedingungen wird als zusätzliche Belastung gesehen, die die Wirtschaftlichkeit von Bauprojekten weiter mindert.

Das Forschungsprojekt, das Teilprojekt des Zentrums Stadtnatur und Klimaanpassung (ZSK) der Technische Universität München ist, diente der wissenschaftlichen Begleitung zur Umsetzung von zehn Modellprojekten in Bayern im Hinblick auf urbane Klimaanpassung (Adaption) und dem Klimaschutz (Mitigation) im Wohnungsbau. Im Rahmen des Projektes wurden Maßnahmen zu Klimaschutz und Klimaanpassung anhand einer Kosten-Nutzen-Analyse bewertet. Nebeneffekte, wie z. B. Gesundheits- und Umweltkosten, wurden in die Bewertung einbezogen (Abbildung 7).

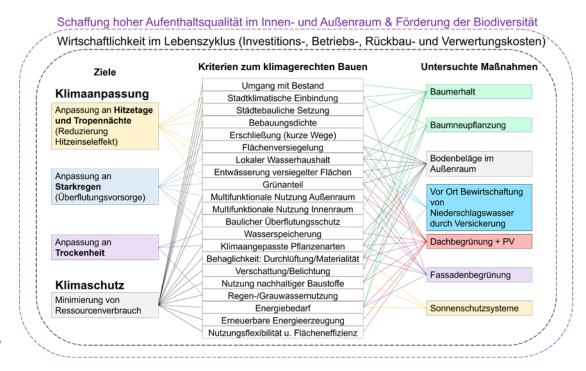


Abbildung 7: Ziele, Kriterien und untersuchte Maßnahmen zum klimagerechten Bauen

Durch die Analyse realer Modellprojekte im geförderten Wohnungsbau konnte gezeigt werden, dass die untersuchten Maßnahmen nicht nur einen wichtigen Beitrag zum Schutz vor den Auswirkungen des Klimawandels leisten, sondern auch wirtschaftlich und gesellschaftlich sinnvoll sind. Dies wurde anhand der Maßnahmen Baumerhalt und –neupflanzung, Bodenbeläge im Außenraum, Versickerungsanlagen, Dach- und Fassadenbegrünung und Sonnenschutz untersucht.

Dafür ist es entscheidend zu erkennen, dass durch erhöhte Investitionskosten langfristige ökonomische und gesellschaftliche Vorteile erzielt werden können. Die frühzeitige Berücksichtigung klimagerechter Maßnahmen im Planungsprozess schafft die Voraussetzung dafür, dass dies gelingen kann.



DANIEL NIEB (M.Sc.) 089/289 13712 DANIEL.NIESS @TUM.DE

BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND KLIMASCHUTZ (BMWK)

KOOPERATION:

FRÄNKISCHE ROHRWERKE GEBR. KIRCHNER GMBH & CO. KG,

OPTIGRÜN INTERNATIONAL AG

Auswaschung von Mecoprop aus 0° Gründächern: Wie beeinflussen verlängerte Einstauzeiten und Gründachmaterialien die Auslaugung von Mecoprop aus Bitumendachbahnen?

Die Verstädterung mit fortschreitendender Verdichtung der Städte und einer zunehmenden Zahl undurchlässiger Oberflächen verstärkt die negativen Auswirkungen des Klimawandels. So wird in manchen Regionen der städtische Heat-Island-Effekt gefördert und das Niederschlagsabflussvolumen erhöht. Gründächer reduzieren die Dachtemperaturen durch Evapotranspiration und erhöhen die Rückhaltekapazitäten des Niederschlagswassers. Des Weiteren führt der verlangsamte Abfluss des Niederschlagswassers zu einem geringeren Spitzenabfluss. Die Forschung der letzten Jahre hat sich auf die Auswahl von Pflanzen, Gründachsubstraten sowie strukturelle Unterschiede konzentriert, um die mildernden Effekte zu verstärken. So erhöhen beispielsweise die 0° Gründächer die Wasserverfügbarkeit für Pflanzen bei langen Trockenperioden. Leider wurde die mögliche Schadstoffauswaschung durch neue Materialien und den Einfluss längerer Verweilzeiten auf 0° Gründächern noch nicht erforscht. Insbesondere der chemische Wurzelschutz, der auf den meisten Gründächern, zum Schutz vor strukturellen Schäden verwendet wird, verwendet Herbizide wie Mecoprop. Selbst geringe Mengen dieser Chemikalie haben schwerwiegende Auswirkungen auf aquatische Ökosysteme.

Auslaugungsexperimente im halbtechnischen Maßstab dienen zur Charakterisierung des Einflusses verlängerter Einstauzeiten in Kombination mit verschiedenen Dachstrukturen. Der Versuch besteht aus 2 Gruppen von Wurzelsperren und 3 Arten von Dächern (Abbildung 8). Bei jedem Versuchsdurchgang werden die Dächer mit 30 I synthetischem Regenwasser bewässert, das langsam durch die verschiedenen Dachstrukturen sickert, bis es die Wurzelsperrschicht erreicht. Das Wasser wird dann bei jedem Versuchsdurchgang über einen längeren Zeitraum zurückgehalten. Die weitere Probenanalyse umfasst die Quantifizierung verschiedener Herbizide mit einer Kombination aus Hochdruck-Flüssigkeitschromatographie in Verbindung mit Tandem-Massenspektrometrie.

	Wurzelschutzbahn				
	Physikalisch (Bauder Diamant)	Chemisch (Bauder Smaragd) Triplikate			
Kiesdach	1	1	2	3	
Extensives Gründach	1	1	2	3	
Intensives Gründach	1	1	2	3	
Gründach					



Abbildung 8: Versuchsaufbau der halbtechnischen Auslaugungsversuche. Links: Verschiedene Kombinationen von Wurzelbarrieren (physikalisch, chemisch) und Dachtypen (Kies, extensives und intensives Gründach), Rechts: Intensives halbtechnisches Gründach für Versuche



PANFENG ZHU (M.Sc.) Bis 9/2023

PANFENG.ZHU @TUM.DE

FÖRDERUNG:
CHINA
SCHOLARSHIP
COUNCIL
(CSC)

Quantifizierung der Bindung von verschiedenen Bioziden und Schwermetallen an gelösten organischen Stoffen

In Siedlungsgebieten gelangen bei Regenereignissen Schadstoffe von Gebäudeoberflächen wie Schwermetalle (Cu/Zn) und Biozide durch Spül- und Auswaschungsvorgänge in das Niederschlagswasser und verbreiten sich in der Umwelt.
Derzeit gibt es keine hochwirksamen Vor-Ort-Behandlungsanlagen, mit denen die
von ihnen ausgehenden Risiken für das Ökosystem gemindert werden könnten.
Für eine weitere Entwicklung solcher Behandlungsanlagen haben wir einige Studien durchgeführt, um die Wechselwirkungen zwischen Schwermetallen/Bioziden
und gelösten organischen Stoffen (DOM) zu verstehen und Erkenntnisse für die
Gestaltung der Behandlungssysteme zu gewinnen.

In früheren Studien wurde nachgewiesen, dass Schwermetalle und Biozide mit DOM interagieren können. Dabei handelt es sich jedoch um ein qualitatives Ergebnis. Um die Wechselwirkungen genau zu beschreiben, wird in der Studie die Dialysegleichgewichtsmethode verwendet. Vor Beginn des Dialysegleichgewichts wurde das verwendete DOM durch Zentrifugieren in verschiedene Teile nach ihrem Molekulargewicht fraktioniert, da DOM ein kompliziertes Gemisch ist, dessen unterschiedliches Molekulargewicht eine unterschiedliche Struktur und Bindungsfähigkeit für Schadstoffe bedeutet.

Die Quantifizierung der Bindung von Schadstoffen an fraktioniertes DOM wurde einzeln durchgeführt (Abbildung 9). Es wurden Proben innerhalb und außerhalb des Dialysebeutels entnommen. Die Schwermetalle wurden nach der Entfernung des DOM durch Säureaufschluss mittels AAS analysiert. Die Biozide wurden mittels HPLC-MS analysiert. Der Einfluss von Cu auf die Bindung von Bioziden an DOM wurde ebenfalls untersucht.

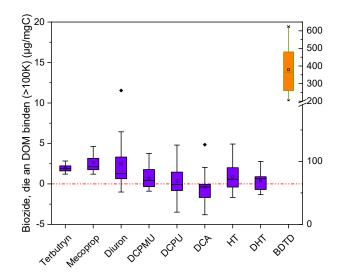


Abbildung 9: Die Menge der Biozide/Transformationsprodukte, die sich an das fraktionierte DOM (>100K) binden, die rechte Y-Achse ist für BDTD



NATALIE
PÁEZ CURTIDOR
(M.Sc.)
089/289 13705
NATALIE.PAEZ
@TUM.DE

FÖRDERUNG:

DEUTSCHE
FORSCHUNGSGEMEINSCHAFT
(DFG)

Einsatz von Biokohle in begrünten Versickerungsmulden

Urbanes Regenwasser ist eine wichtige Schadstoffquelle, die die Qualität von Gewässern beeinträchtigt und sich auf die menschliche Gesundheit und Ökosysteme auswirken kann. Die Einführung grüner Infrastrukturen - wie begrünte Versickerungsmulden oder Bioswales - für die Regenwasserbehandlung in Städten ist eine sinnvolle Strategie zur Bewältigung dieser Herausforderung. Herkömmliche Bioswales können zwar Sedimente und partikelförmige Schadstoffe wirksam entfernen, aber gelöste Schadstoffe nicht zuverlässig beseitigen.

In diesem Projekt wird die Verwendung von Biokohle zur verbesserten Entfernung gelöster Schadstoffe in Bioswales untersucht, mit Fokus auf Biozide und Schwermetalle (Abbildung 10). Die Auswirkungen veränderter Niederschlagsbedingungen (z. B. unterschiedliche Regenintensität und Trockenperioden, Konzentration natürlicher organischer Stoffe, pH-Wert und Gehalt an Streusalzen) werden ebenfalls untersucht werden. Biokohle wird isoliert und in Kombination mit Kompost und Skelettboden untersucht, um ihr Potenzial für die Kreislaufnutzung von Ressourcen zu testen. Die Auswirkungen von Biokohle auf die Entwässerungssicherheit und die Lebensdauer von Bioswales werden ebenfalls untersucht.

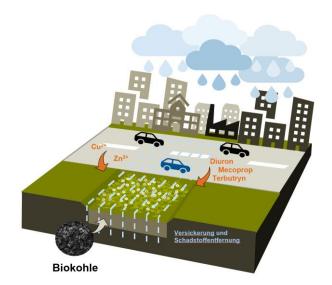


Abbildung 10: Konzeptioneller Rahmen für den Einsatz von Biokohle in begrünten Versickerungsmulden

Vorläufige Ergebnisse von Adsorptionsexperimenten im Labormaßstab mit synthetischem Regenwasser zeigen, dass Hochtemperatur-Biokohle (850°C) aus gemischten Forstabfällen eine mit körniger Aktivkohle (AKG) vergleichbare Entfernung gelöster Stoffe erreicht (~>50% für Kupfer und Zink; > 95% für Diuron und Terbutryn). Zukünftige Experimente bestehen aus Säulenexperimenten und einem Mesokosmos-Experiment zur Bewertung der Auswirkungen von Biokohle auf Pflanzengemeinschaften. Diese Forschung ist Teil des interdisziplinären Graduiertenkollegs *Urbane Grüne Infrastruktur* an der Technischen Universität München.



SEBASTIAN KNOLL (M.Sc.) S.KNOLL @TUM.DE

KOMMUNALREFERAT LANDESHAUPTSTADT MÜNCHEN

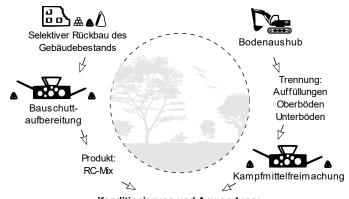
KOOPERATION:

HOCHSCHULE
WEIHENSTEPHANTRIESDORF
(HSWT),

BODENINSTITUT
JOHANNES PRÜGL

Pilotprojekt ehem. Bayernkaserne München: Evaluierung von Böden und Substraten aus Sekundärrohstoffen hinsichtlich Wasserspeichervermögen, Schadstoffrückhalt und Vegetationsverträglichkeit

Im Rahmen der Baufeldfreimachung und der damit verbundenen Rückbaumaßnahmen auf dem Gelände der ehemaligen Bayernkaserne rechnet das zuständige Kommunalreferat damit, ca. 200.000 t Boden- und Abbruchmaterialien in Substraten des Garten- und Landschaftsbaus wieder verwenden zu können. Nicht zuletzt um die unmittelbare wirtschaftliche Belastung als auch die externalisierten Kosten (Verkehrsbelastung, CO2-Emmissionen), die mit einer Verklappung außerhalb der Fläche verbunden wären, möglichst gering zu halten, strebt das Kommunalreferat eine weitestgehende Wiederverwendung/-verwertung auf der Fläche selbst an (Abbildung 11). Bei den in Frage kommenden Abbruchmaterialien handelt es sich um sog. RC-Mix. Dieser liegt in unterschiedlichen Güteklassen vor, die sich im vorliegenden Kontext über ihren Ziegel-Anteil voneinander abgrenzen.



Konditionierung und Anwendung: Substrate für Stadtbäume, Dachbegrünungen, Rasenflächen etc.

Abbildung 11: Ablaufschema der Sekundärrohstoffgewinnung für die Substratherstellung, Bayernkaserne München

Ziel des Pilotversuchs ist die Prüfung, ob im Rahmen des Großprojekts "Bayern-kaserne München", aus dem das neue Stadtquartier Neufreimann entstehen soll, bauseitige Materialien aus Gebäuderückbau und Bodenaushüben in städtischen und privaten Grünflächen als Vegetationstrag- und durchwurzelbare Bodenschichten des Garten- und Landschaftsbaus rezykliert werden können, ohne dabei schädliche Bodenveränderungen erwarten zu lassen. In einem Feldversuch sollen vegetationstechnische sowie umwelt- und wasserwirtschaftliche Gütermerkmale von Baumgrubensubstraten, die bauseits aus unterschiedlichen Anteilen Boden und RC-Mix verschiedener Güten hergestellt wurden, untersucht werden. Das Versuchsdesign wurde an die individuellen planerischen und umweltrechtlichen Belange des BV Bayernkaserne angepasst, das Konzept soll jedoch mittelfristig auf ähnliche Projekte der LH München im Sinne einer nachhaltigen Kreislaufwirtschaft übertragen werden können.



KONRAD KOCH (PROF. DR.-ING. HABIL.) 089/289 13706 K.KOCH @TUM.DE

Arbeitsgruppe Energieeffiziente Abwasserbehandlung

Kläranlagen sind aktuell noch die größten kommunalen Stromverbraucher, obwohl im Abwasser eigentlich mehr als genügend Energie enthalten ist, als für die Reinigung erforderlich ist. Während die Aufbereitung des Abwassers unter Berücksichtigung der vorgegebenen Grenzwerte weiterhin die oberste Priorität hat, sucht die Arbeitsgruppe nach Ansätzen, wie einerseits der Energiebedarf für die Aufbereitung gesenkt und andererseits mehr Energie aus dem Abwasser zurückgewonnen werden kann, beispielsweise über die Erzeugung von Biogas aus dem Klärschlamm.

Im Jahr 2023 haben sowohl Carolina Feickert Fenske als auch Michele Ponzelli erfolgreich ihre Dissertation verteidigt; dazu herzlichen Glückwunsch! Beide stellen sich nun neuen Herausforderungen in der freien Wirtschaft, profitieren dabei aber maßgeblich von den während der Promotion erworbenen wissenschaftlichen und administrativen Kenntnissen und Fertigkeiten. Für ihren weiteren beruflichen Lebensweg wünschen wir beiden alles Gute.

Ich freue mich sehr, dass nun endlich das Nachfolgeprojekt zu dem von Carolina bearbeiteten Projekt DemoMeth vom Bayerischen Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie (StMWi) bewilligt wurde. Im Rahmen des Projektes "Mikrobiologische Methanisierung – Übergang in die kommerzielle Anwendung" (KomMeth), das Anfang 2024 starten und insgesamt 3 Jahre dauern wird, wollen wir gemeinsam mit verschiedenen Firmen aus der Praxis die biologische Methanisierung in die kommerzielle Anwendung bringen. Dazu sind vielfältige Versuche sowohl im Labormaßstab bei uns am Lehrstuhl als auch mittels der auf der Kläranlage Garching installierten Pilotanlage geplant. Eine wichtige Änderung zum Vorgängerprojekt ist die geplante Installation eines Elektrolyseurs auf der Kläranlage. Dadurch wollen wir der praktischen Anwendung noch näherkommen und auch Erfahrungen im Zusammenspiel von Elektrolyseur und Methanisierungssystem sammeln. Auch wollen wir untersuchen, welche möglichen Synergien sich bezüglich der Koppelprodukte Prozesswärme und Sauerstoff auf der Kläranlage ergeben, wodurch die Investitions- und Betriebskosten des Elektrolyseurs ein wenig abgepuffert werden könnten.

Darüber hinaus planen wir u.a. weiterführende Versuche zur membranbasierten Abscheidung des metabolisch produzierten Wassers aus der Rieselflüssigkeit. Erste Vorversuche im Labormaßstab lieferten vielversprechende Ergebnisse, dass dies mit einer Kombination aus Nanofiltration und Umkehrosmose möglich sein sollte. Inwiefern dies auch wirtschaftlich darstellbar ist, muss natürlich noch untersucht werden.

Im Frühjahr 2024 wird uns für mehrere Monate Sergi Vinardell von der Universitat Politècnica de Catalunya in Barcelona besuchen, mit dem wir die technisch-wirtschaftlichen Rahmenbedingungen der biologischen Methanisierung für die beiden Standorte Deutschland und Spanien analysieren wollen.



FELIX MÜLLER (M.Sc.) 089/289 13714 FEL.MUELLER @TUM.DE

FACHAGENTUR
NACHWACHSENDE
ROHSTOFFE E.V.
(FNR)

WOOPERATION:
UNIVERSITÄT
HEIDELBERG,
BAYERISCHE

LANDESANSTALT FÜR
LANDWIRTSCHAFT
(LFL)

ENCOVER: Energetische Nutzung von CO₂ zur Verringerung des Restmethanpotentials

Die bedeutendste Quelle von Treibhausgas-Emissionen ist die Verbrennung von fossilen Brennstoffen. Um das Ziel der der Treibhausgas-Neutralität bis zum Jahr 2050 zu erreichen, muss die Energiebereitstellung in Zukunft vermehrt auf Basis erneuerbarer Energien erfolgen. Der Biogaserzeugung kommt dabei eine Schlüsselrolle zu, da diese im Gegensatz zu den meisten anderen erneuerbaren Energieformen speicherbar ist. Leider verbleibt bisher bei der Vergärung von nachwachsenden Roh- und Reststoffen noch ein nicht unerheblicher Anteil des Methanpotentials im Gärrest. Dabei haben Studien gezeigt, dass eine Anreicherung des anaeroben Abbauprozesses mit CO₂ unter bestimmten Voraussetzungen zu einer Erhöhung der Methanproduktivität beitragen kann, während gleichzeitig die Resilienz des Prozesses erhöht wird.

Das Ziel des Projektes ist die energetische Nutzung von CO₂ zur Verringerung des Restmethanpotentials. Dabei werden im Prozess der Biogasgewinnung nachwachsende Roh- und insbesondere Reststoffe eingesetzt, deren Verhalten mit CO₂-Anreicherung im anaeroben Abbau bisher noch nicht untersucht worden ist. Die Nutzung erscheint aber besonders aussichtsreich, da im Gegensatz zum bisher insbesondere untersuchten Substrat Klärschlamm, eine Stimulation durch einen deutlich besseren Substratumsatz als wahrscheinlich gilt.

Im Rahmen der Untersuchungen soll die Prozessstabilität und die zusätzliche CH₄-Produktion quantifiziert werden. Anhand von pH-Wert, Redoxpotential und nasschemischen Parametern wird die Prozessstabilität bewertet. Isotopenanalysen und mikrobiologische Untersuchungen helfen die ablaufenden Mechanismen und Prozesse aufzuschlüsseln und besser zu verstehen. Die Untersuchungen

werden sowohl mittels Batchversuchen als auch kontinuierlich betriebener Reaktoren im Technikumsmaßstab durchgeführt (Abbildung 12). Als Substrat kommen aktuell sog. Rübenmelasseschnitzel zum Einsatz, ein Nebenprodukt der Zuckerherstellung. Bei der CO₂-Anreicherung wird stets ein Reaktor begast, während der zweite als Referenz unter ansonsten identischen Bedingungen zur Kontrolle dient. Das Begasen der Reaktoren erfolgt semi-kontinuierlich. Aus den gewonnenen Erkenntnissen über die Prozessführung der CO₂-Anreicherung von landwirtschaftlichen Reststoffen gilt es schließlich, Empfehlungen für die Nutzung des Effektes für die Praxis quantitativ in Bezug auf die CO₂-Bilanz und Wirtschaftlichkeit abzuleiten und darzustellen.



Abbildung 12: Kontinuierlich betriebene Reaktoren im Technikumsmaßstab



MOHAMMAD JAVAD BARDI

(M.Sc.) 089/289 13717 M.J.BARDI

@TUM.DE

FÖRDERUNG:

DEUTSCHER AKADEMISCHER AUSTAUSCHDIENST (DAAD)

KOOPERATION:
TUM SEED CENTER

Biogasgewinnung im ländlichen Raum

Bis 2030 wird die Weltbevölkerung auf 8,6 Milliarden Menschen anwachsen, wodurch der Energiebedarf um 30 % steigen wird. Dieses Bevölkerungswachstum wird auch das weltweite Aufkommen an organischen Abfällen in die Höhe treiben. Zur Bewältigung dieser Herausforderungen bietet die anaerobe Vergärung eine innovative und widerstandsfähige Lösung, die organische Abfälle behandelt und gleichzeitig erneuerbare Energie in Form von energiereichem Biogas bereitstellt und Gärreste, einen hochwertigen Biodünger, erzeugt.

In einem unserer Projekte untersuchten wir die Optimierung der physiochemischen Eigenschaften von Biokohle (BC) und deren Auswirkungen auf die Leistung des anaeroben Abbaus (Abbildung 13). Der kritische Punkt dieser Untersuchung ist die Erkenntnis, dass die Pyrolysetemperatur (PyT) allein ein entscheidender Faktor für die Herstellung von Biokohle sein kann, die zu einer Stimulation des anaeroben Abbaus beiträgt. Im Gegensatz dazu spielen andere Faktoren, wie die Herkunft der Biomasse und die Aktivierung der Biokohle, kaum eine Rolle. Die kritische Bewertung dieser Studie umfasst (i) die Unterscheidung und Erörterung der physiochemischen Eigenschaften der BC zur Stimulation des anaeroben Abbaus, (ii) die Herstellung einer Korrelation zwischen PyT und der Entwicklung physiochemischer Merkmale von BC und (iii) eine systematische Auswertung veröffentlichter Studien, um eine potenzielle Korrelation zwischen PyT und der Verbesserung der biochemischen Aspekte im anaeroben Prozess zu ermitteln. Diese Studie wird Forschern, die sich mit der Anwendung von BC zur Verbesserung des Biogasprozesses befassen, vertiefte Kenntnisse und Einsichten vermitteln.

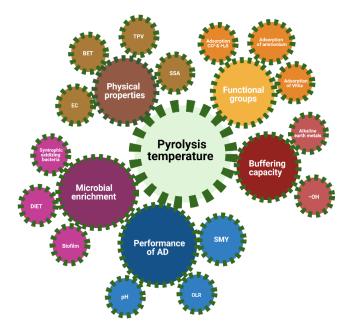


Abbildung 13: Einfluss der Pyrolysetemperatur auf den anaeroben Abbauprozess



CAROLINA FEICKERT FENSKE

(M.Sc.)
BIS 06/2023
C.FEICKERT
@TUM.DE

FÖRDERUNG:

BAYERISCHES
STAATSMINISTERIUM
FÜR WIRTSCHAFT,
LANDESENTWICKLUNG UND
ENERGIE
(STMWI)

KOOPERATION:

BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (LFL)

Optimierung der mikrobiologischen Methanisierung im anaeroben Rieselbettreaktor und Demonstration des Reaktorbetriebs im Pilotmaßstab

Erneuerbare Energien sollen im Rahmen der Energiewende langfristig zum wichtigsten Energieträger in Deutschland werden. Ein Ansatz für eine flexible und bedarfsgerechte Energiespeicherung ist die Erzeugung von Methan (CH₄) aus Wasserstoff (H₂) und Kohlenstoffdioxid (CO₂) (Power-to-Methane). Dabei wird H₂ aus nicht genutztem regenerativem Strom mittels Elektrolyse hergestellt und CO₂ aus Kläranlagen, Biogasanlagen oder der Industrie kann direkt am Ort der Entstehung genutzt werden.

Die mikrobiologische Umwandlung von H₂ und CO₂ zu CH₄ unter anaeroben Bedingungen durch methanogene Mikroorganismen ist als Teilprozess aus Biogasanlagen oder Faulbehältern bekannt. Ein besonders leistungsfähiges Reaktorkonzept ist der gasgefüllte Rieselbettreaktor, in dem die Mikroorgansimen auf Aufwuchskörpern immobilisiert sind.

In thermophilen anaeroben Rieselbettreaktoren im Technikumsmaßstab konnte bereits eine hohe Methanproduktion von 15,4 m³_{CH4}/(m³_{Reaktionsvolumen}·d) mit Methankonzentration im Produktgas von über 95 % erfolgreich realisiert werden. Damit wäre eine Einspeisung ins vorhandene Erdgasnetz ohne Aufreinigung möglich.

Mit einem aktiven Reaktionsvolumen von 0.8 m³ wurde nun die Einsatzfähigkeit des Reaktorkonzeptes im halbtechnischen Maßstab unter Beweis gestellt. Damit ist der Pilotreaktor auf der Kläranlage Garching einer der derzeit größten anaeroben Rieselbettreaktoren weltweit. Die Aufwertung von Biogas am Entstehungsort Kläranlage hat ein ganzheitliches Potential, da alle für den Betrieb des Reaktors erforderlichen Ressourcen lokal genutzt werden können.

Nach dem Inokulieren des Reaktors mit Faulschlamm wurde die Reaktorleistung mit Biogas aus dem Faulturm über insgesamt 450 Tage untersucht (Abbildung 14). Damit konnte langfristig eine stabile Methanproduktion von 6 m³/(m³_{Reaktionsvo-lumen}·d) unter Gasnetz-Einspeisequalität erreicht werden, was unter Berücksichtigung des inerten Methananteils im Biogas einem Produktgas-Volumenstrom von 17 m³_{CH4}/(m³_{Reaktionsvolumen}·d) entspricht.

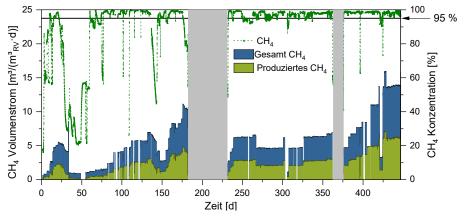


Abbildung 14: Methanproduktivität des Pilotreaktors auf der Kläranlage Garching



MATTHIAS STEINDL (M.Sc.) 08161/8640 3462 MATTHIAS.STEINDL @LFL.BAYERN.DE

FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE E.V. (FNR)

KOOPERATION:

LUFA NORD-WEST: INSTITUT FÜR BODEN UND UMWELT,

KURATORIUM FÜR
TECHNIK UND
BAUWESEN IN DER
LANDWIRTSCHAFT
E.V.
(KTBL)

Landwirtschaftliche Koppelprodukte und Reststoffe für die Biogasproduktion

Im Jahr 2022 betrug in Deutschland der Anteil von Energiepflanzen (z.B. Maissilage) an der in landwirtschaftlichen Biogasanlagen (Abbildung 15) eingesetzten Biomasse ca. 45%. Landwirtschaftliche Koppelprodukte (z.B. Stroh) wie auch

Reststoffe (z.B. Gülle und Mist) wurden im Umfang von etwa 49% bzw. 3% eingesetzt. Beide Substrat-gruppen stehen nicht in Konflikt zur Nahrungsmittelproduktion und zeichnen sich durch eine hohes Massepotenzial aus, welches aktuell nur unvollständig genutzt wird. Aufgrund ihrer Zusammensetzung können diese Substrate in den üblichen einphasigen Rührkesselreaktoren nur vergleichsweise langsam in Biogas umgesetzt werden.

Um die Nutzung dieser Substrate in Biogasanlagen zu verstärken, ist es erforderlich, die Vergärbarkeit zu verbessern und die Biogasproduktion zuverlässig abzuschätzen. Dazu soll im Rahmen des Projekts i) die Vorbehand-

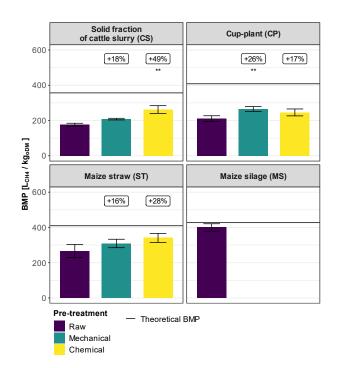


Abbildung 15: Effekt der Substrat-Vorbehandlung auf BMP

lung von Substraten untersucht werden ii) die Biogasproduktion mithilfe eines Modells erster Ordnung und einer Substratfraktion simuliert werden und iii) die Substitution von Maissilage durch Koppelprodukte und Reststoffe analysiert werden. Aufbereitungsverfahren führen zu einer deutlichen, teilweise signifikanten Verbesserung des Methanpotenzials (BMP) von Reststoffen oder Koppelprodukten gegen-über dem Ausgangsmaterial (Abbildung 15). Darüber hinaus kann auch die Abbaugeschwindigkeit erhöht werden (Ergebnisse nicht dargestellt). Trotz dieser vielversprechenden Ergebnisse ist die Wettbewerbsfähigkeit von alternativen Substraten gegenüber Maissilage im Wesentlichen von den erzielbaren Erlösen für den aus dem Biogas generierten Strom abhängig. Bei den im Jahr 2022 beobachteten Börsenstrompreisen stellte unter Berücksichtigung der rechtlichen Rahmenbedingungen (Mindestverweilzeit 150 Tage) nur Maisstroh eine wirtschaftlich interessante Alternative zu Maissilage dar: während 25% der Zeitstunden konnte unter Berücksichtigung von Kosten für Bergung und Lagerung Maissilage ersetzt werden. Trotz deutlich geringerer Kosten in der Beschaffung führten alle anderen untersuchten Substrate zu einer schlechteren Wirtschaftlichkeit aufgrund geringerer Biogasproduktion und geringerer Erlöse.



SHENBIN CAO (PH.D.) BIS 06/2023 SHENBIN.CAO @TUM.DE

ALEXANDER-VON-HUMBOLDT-STIFTUNG

KOOPERATION: UNIVERSITY OF QUEENSLAND (AUSTRALIEN),

NORTHWESTERN UNIVERSITY (USA)

Hocheffiziente Deammonifikation (PN/A) im Hauptstrom: Ein- oder zweistufig?

Die Deammonifikation (PN/A) ist als energieeffiziente Technologie für die Stickstoffentfernung aus Abwässern bekannt, die über ein großes Potenzial verfügt, um Kläranlagen in die Nähe der Energieneutralität zu bringen und die CO₂-Bilanz zu verbessern. Um dieses Ziel zu erreichen, wurden in den letzten Jahrzehnten verschiedene PN/A-Prozesse erforscht, die entweder auf ein ein- oder zweistufiges System setzen. Die großtechnische Umsetzung dieser PN/A-Verfahren für die Behandlung von kommunalem Abwasser im Hauptstrom ist jedoch aufgrund der geringen Effizienz und Wirksamkeit bei der Stickstoffentfernung bisher nicht realisiert worden.

Wir haben eine umfassende Analyse von ein- und zweistufigen PN/A-Prozessen durchgeführt, wobei der Schwerpunkt auf der Bewertung ihres technischen Anwendungspotenzials im Hinblick auf eine Hauptstrom-Implementierung lag. Die Herausforderung, nitritoxidierende Bakterien (NOB) zu inhibieren, erwies sich als die entscheidende betriebliche Herausforderung, um die gewünschte Abwasserqualität zu erreichen. Darüber hinaus führen die in einstufigen Systemen üblicherweise angewandten Betriebsstrategien mit niedrigem Sauerstoffgehalt zur Unterdrückung der NOB und zur Förderung des Wachstums von Anammox-Bakterien zu einer niedrigen Stickstoffentfernungsrate. Es wurde festgestellt, dass die Einführung der Denitrifikation in das Anammox-System notwendig ist, um die Stickstoffentfernungseffizienz zu verbessern, indem das produzierte Nitrat mit Hilfe der organischen Stoffe aus dem Abwasser selbst in-situ reduziert wird. Dies kann jedoch dazu führen, dass ein Teil der organischen Stoffe mit zusätzlichem Sauerstoffverbrauch in einem einstufigen System oxidiert wird, was die Stickstoffentfernung negativ beeinträchtigt. Durch eine relativ hohe Konzentration an gelöstem Sauerstoff in der ersten Stufe und einem granulierten Schlammbett in der zweiten Stufe, die mit einem kleinen Teil des Rohabwassers beschickt wird, konnten mit einem zweistufigen System gute Ablaufwerte mit befriedigender Stickstoffentfernung erreicht werden.

Im Gegensatz zu dem weithin untersuchten einstufigen System zeigt sich eine neue Perspektive, dass mehr Anstrengungen auf die Entwicklung eines zweistufigen Deammonifikationsverfahrens verwendet werden sollten, um dessen Anwendungspotenzial mit hoher Effizienz und wirtschaftlichen Vorteilen im Hinblick auf eine allgemeine Umsetzung zu bewerten.



BENEDIKT AUMEIER (DR.-ING.) 089/289 13706 B.AUMEIER @TUM.DE



UWE HÜBNER (PD DR. ING. HABIL.) BIS 05/2023 U.HUEBNER @TUM.DE

Arbeitsgruppe Weitergehende Wasserbehandlung

Die Arbeitsgruppe befasst sich mit der Frage, wie der anthropogene Wasserkreislauf und die Stoffkreisläufe gemanagt werden können, um Wasser in ausreichender Qualität und Quantität für eine wachsende Weltbevölkerung angesichts eines sich beschleunigenden Klimawandels und der damit verbundenen Herausforderungen bereitzustellen. In den Forschungsprojekten entwickeln wir Ansätze, die geschlossene Wasserkreisläufe widerspiegeln, im Gegensatz zum traditionell linearen "take-make-waste"-Paradigma der zentralisierten Wasserversorgung und Abwasserentsorgung. Daher kann eine weitergehende Wasseraufbereitung auf beiden Seiten eingesetzt werden, d.h. sowohl bei der Abwasserbehandlung als auch bei der Trinkwasseraufbereitung. Dieser Paradigmenwechsel wird auch durch aktuelle Regulierungsinitiativen angetrieben, z.B. durch die Überarbeitung der EU-Kommunalabwasserrichtlinie und die EU-Verordnung über die Wasserwiederverwendung in der Landwirtschaft. Für eine weitergehende Wasseraufbereitung sind kombinierte oder hybride Aufbereitungsverfahren von größter Bedeutung, um folgende organische Spurenstoffe im Bereich von ng/L bis µg/L zu entfernen:

- Arzneimittel, Körperpflegeprodukte, Industriechemikalien
- Krankheitserreger (Bakterien, Viren, Protozoen)
- Antibiotika-resistente Bakterien und Resistenzgene
- Nährstoffe in niedrigen Konzentrationen (P, N).

Hybride Aufbereitungsverfahren, die auf verschiedenen physikalischen, chemischen und biologischen Entfernungsmechanismen beruhen, bieten multiple Barrieren auch gegen neu auftretende Schadstoffe (contaminants of emerging concern, CEC), z. B. persistente, mobile und toxische (PMT) Stoffe oder PFAS, und sogar unbekannte Schadstoffe. Insbesondere untersuchen wir hybride Aufbereitungsverfahren, die Trennung und Transformation kombinieren, z. B. Adsorption - Biotransformation oder Membranfiltration - weitergehende Oxidation oder Adsorption - weitergehende Oxidation, oder die verschiedene Trennprinzipien kombinieren, z. B. Aktivkohleadsorption – Ultrafiltration. Ein wichtiger Aspekt der Arbeitsgruppe ist dabei auch die Übertragung von Forschungsergebnissen aus dem Labormaßstab in eine großtechnische Umsetzung. In Bezug auf die Adsorption werden folgende zwei Ziele verfolgt:

- Verbesserung der Entfernungsleistung und der Prozesseffizienz durch die Auswahl von Adsorptionsmitteln, die Auslegung und den Betrieb von Adsorbern sowie die Regeneration/Reaktivierung von Adsorptionsmitteln, einschließlich *In-situ-* und Vor-Ort-Regeneration
- Verständnis und Modellierung der Transport- und Entfernungsmechanismen von Schadstoffen in komplexen Wassermatrizes, die zu einer kompetitiven Adsorption führen



EMIL BEIN (M.Sc.) BIS 06/2023 EMIL.BEIN @TUM.DE

BUNDESMINISTERIUM FÜR BILDUNG UND FORSCHUNG (BMBF)

KOOPERATION:

TEL AVIV UNIVERSITY (ISRAEL)

Eintrag von Ozon in Grundwasser über gaspermeable Membranen zur *in-situ* Sanierung von BTEX Schadensfällen

In diesem deutsch-israelischen Kooperationsprojekt soll in Zusammenarbeit mit der Universität Tel Aviv ein membranbasiertes Ozon-Eintragsverfahren zur *in-situ* Sanierung von Grundwasser entwickelt und getestet werden. Der diffusionsgetriebene, blasenfreie Gasaustausch über Membrankontaktoren verspricht eine gleichmäßige Verteilung von Gas und dadurch auch eine höhere Energieeffizienz im Vergleich zu konventionellen Methoden. Durch die Installation der Membran als permeable reaktive Barriere wird eine effektive Entfernung von monozyklischen, aromatischen Schadstoffen (BTEX) angestrebt (Abbildung 16).

Für eine erfolgreiche Anwendung wird zunächst grundlegende Forschung über den passiven, blasenfreien Gaseintrag bei niedrigen Fließgeschwindigkeiten im

Labormaßstab betrieben (Abbildung 17). Die Tests mit verschiedenen Membranmaterialien sollen die optimalen Einsatzmöglichkeiten, ebenso die Limitierungen der Technologie aufzeigen. Mit der Modellsubstanz Benzoesäure werden Entfernungsversuche mit verschiedenen nachgeschalteten porösen Schichten unternommen, um die Ausbreitung des Ozons und den Einfluss reaktiver Elemente vom Boden zu untersuchen.

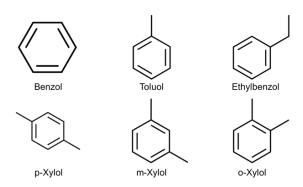


Abbildung 16: Die verschiedenen Verbindungen der "BTEX"

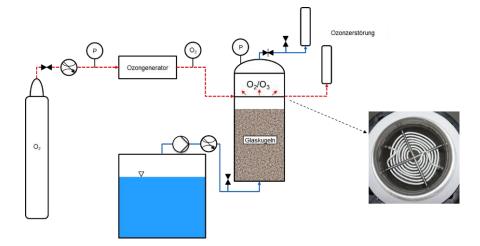


Abbildung 17: Experimenteller Aufbau für die Tests des in situ Ozoneintrages

In weiteren Experimenten werden anschließend die Transformationsprodukte der BTEX nach Ozonung sowie deren biologische Abbaubarkeit untersucht, dies mit einem besonderen Fokus auf die synergistischen Effekte von Ozon im Zusammenspiel mit gebildeten Hydroxylradikalen.



MILLARAY SIERRA OLEA

(M.Sc.)
BIS 09/2023
MIA.SIERRA

@TUM.DE

FÖRDERUNG:

DEUTSCHE FORSCHUNGS-GEMEINSCHAFT (DFG)

KOOPERATION:

HELMHOLTZ-ZENTRUM FÜR UMWELTFORSCHUNG

Reaktivität und Transformation funktioneller Gruppen von Spurenstoffen und organischer Hintergrundmatrix bei der Ozonierung von Abwasser

Die chemische Oxidation mit Ozon ist eine etablierte Technologie zur effizienten Oxidation von bedenklichen Schadstoffen (CEC) bei der Wasseraufbereitung. Ihr größter Nachteil ist die Bildung von Ozonierungsprodukten (OPs), die unbekannten und potenziell schädlichen Auswirkungen auf die Umwelt und die menschliche Gesundheit haben können. Derzeit ist es nicht möglich, jeden einzelnen CEC, seine Reaktivität gegenüber Ozon, seine OPs und deren biologische Stabilität und Toxizität zu untersuchen. Daher ist die Gewinnung von Erkenntnissen auf der Grundlage einer systematischen Untersuchung der funktionellen Gruppen in den MKW ein Schlüsselfaktor für das Verständnis des Reaktionsmechanismus mit Ozon und dessen Verwendung. Diese Informationen werden die Vorhersage der Wechselwirkung zwischen Ozon und CECs ermöglichen, was unser Verständnis der Bildung und des Verhaltens von OPs verbessern wird.

Das Projekt zielt darauf ab, i) übertragbare Kenntnisse über die Reaktionswege von Chemikalien mit spezifischen funktionellen Gruppen bei der Behandlung mit Ozon zu gewinnen, ii) die Bildung von OPs entsprechend der chemischen Struktur der untersuchten CECs vorherzusagen und iii) das Umweltverhalten von OPs (d. h. Persistenz und biologische Aktivität) in Abhängigkeit von ihrer chemischen Funktionalität zu charakterisieren.

Um unsere Ziele zu erreichen, schlagen wir die Verwendung des schweren Sauerstoffisotops (¹⁸O) vor, um ein schweres Ozonmolekül zu erzeugen, das mit den CECs reagieren und ihre OPs markieren kann. Diese Markierungsmethode wird den Nachweis, die Identifizierung und die Klärung der erzeugten OPs durch Massenspektrometrie erleichtern.

Bislang wurde die Markierungsmethode mit einem modifizierten Ozonierungssystem etabliert, das für den Betrieb mit schwerem Sauerstoff (18O₂) optimiert wurde. Darüber hinaus wurde die Gültigkeit der Markierungsmethode mit einer Indikatorverbindung (Venlafaxin-N-oxid) zur Bestimmung des 18O/16O-Verhältnisses bestätigt und zur Markierung von OPs aus sieben verschiedenen Verbindungen mit N-und S-haltigen funktionellen Gruppen angewandt. Auf diese Weise ist es möglich, OPs zu identifizieren, die durch eine Sauerstofftransferreaktion gebildet werden, wobei die Reaktionsstelle und die Verfügbarkeit der funktionellen Gruppe der Ausgangsverbindung hervorgehoben werden. Schließlich wird das Konzept nun angewandt, um die Stabilität der markierten OPs in biologischen Behandlungssystemen zu verfolgen und zu bewerten.



NEBOJŠA ILIĆ (M.Sc.) BIS 05/2023 NEBOJSA.ILIC @TUM.DE

FÖRDERUNG:

EUROPÄISCHE KOMMISSION

KOOPERATION:

ZENTRALINSTITUT FÜR KATALYSE-FORSCHUNG,

> FRIEDRICH-SCHILLER-UNIVERSITÄT JENA,

UNIVERSITY OF SANTIAGO DE COMPOSTELA (SPANIEN)

Entwicklung adaptiver fortschrittlicher Methoden und Systeme zur Entfernung widerspenstiger Per- und Polyfluoralkyl-Substanzen aus Wasser

Das im Rahmen des Marie Curie International Training Network NOWELTIES initiierte Projekt zielt darauf ab, Methoden und Prozessoptimierungen zur Entfernung von Per- und Polyfluoralkylsubstanzen (PFAS) aus kommunalen und industriellen Abwässern zu entwickeln. Auf der Grundlage einer kritischen Literaturauswertung wurden zwei vielversprechende Behandlungskonzepte identifiziert, die in dieser Studie untersucht werden sollen.

Gemeinsam mit der Friedrich-Schiller-Universität Jena haben wir bewährte Konzepte des Abbaus durch Ultraschallkavitation untersucht und ermitteln das Optimierungspotenzial dieser Prozesse durch eine Reihe sorgfältig konzipierter Experimente. Die Vorteile eines solchen Prozesses liegen in der Einfachheit, Robustheit und dem Verzicht auf chemischen Input. Ziel ist es, die hohen Betriebskosten aufgrund des Energiebedarfs durch Kopplung mit einem Vorkonzentrationsschritt unter Verwendung von Nanofiltrations- oder Umkehrosmose-Membranen zu senken (Abbildung 18). Ziel dieses Projekts ist es, ein System zu entwickeln, das in der Lage ist, industrielle Abwässer effizient und effektiv zu behandeln, bevor sie in die aufnehmenden Wassersysteme eingeleitet werden.

In Zusammenarbeit mit dem Lehrstuhl für Anorganische und Metallorganische Chemie der TU München entwickeln und testen wir außerdem die Leistungsfähigkeit von metallorganischen Gerüstmaterialien (MOF), die eine außergewöhnliche Adsorptionsfähigkeit gegenüber PFAS aufweisen, die in Spuren in Wasserquellen vorhanden sind. Dies wird erreicht durch:

- Strukturelle Modifikationen der Materialien sowohl durch Veränderung der strukturellen Eigenschaften der Materialoberfläche (unterschiedliche funktionelle Gruppen, unterschiedliche Eigenschaften und Leistungserwartungen) als auch durch die Einführung struktureller Defekte
- 2. Modifizierung nach der Synthese und Herstellung von Verbundwerkstoffen, um das Potenzial der verwendeten Materialien zu maximieren

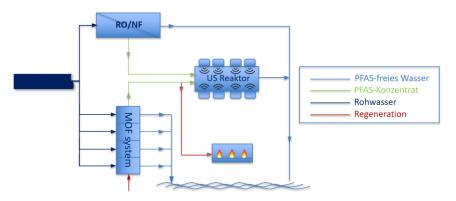


Abbildung 18: Schematische Darstellung des Behandlungskonzepts für PFAS-kontaminiertes Wasser



EDWIN CHINGATE BARBOSA

(M.Sc.)
BIS 05/2023
EDWIN.CHINGATE
@TUM.DE

FÖRDERUNG: EUROPÄISCHE KOMMISSION

KOOPERATION:

KATALANISCHES
INSTITUT FÜR
WASSERFORSCHUNG
(SPANIEN)

Aufklärung von Stoffwechselstrategien für den Abbau von organischen Spurenstoffen unter oligotrophen und oxischen Bedingungen

NOWELTIES ist ein Horizon 2020 Marie Sklodowska-Curie Innovative Training Network, das aus 14 einzelnen Forschungsprojekten besteht. Im Rahmen dieses Projekts wollen wir die Stoffwechselwege von TOrCs aufklären.

Wir haben ein Retentostat-System (Abbildung 19) entwickelt, um den bakteriellen Metabolismus von TOrCs unter stabilen oxischen und oligotrophen Bedingungen zu untersuchen. Anilin. Histidin und Di-Natriumsuccinat wurden als einzige Kohlenstoffquelle ausgewählt, um Bakterien aus lebtschlamm anzupassen.

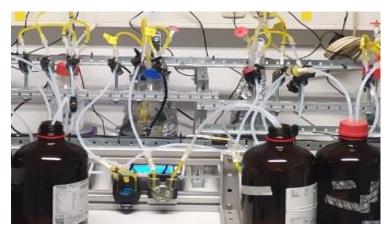


Abbildung 19: Derzeitiger Versuchsaufbau, der 10 parallele Experimente zulässt

In 7-tägigen Expositionsversuchen zeigten die meisten Substanzen ein ähnliches Verhalten bei allen mikrobiellen Gemeinschaften (Abbildung 20). Für widerspenstige Verbindungen, wie Carbamazepin. Sulfamethoxazol und Atenolol wurden von allen mikrobiellen Gemeinschaften umgewandelt.

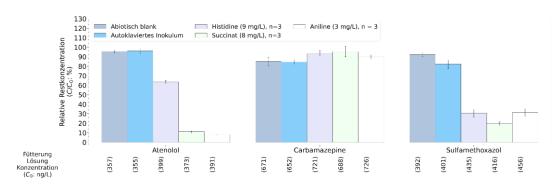


Abbildung 20: Relative Restkonzentration (C/C₀) ausgewählter TOrCs nach Behandlung mit verschiedenen mikrobiellen Gemeinschaften und abiotischen Leerwerten



ANNA SONIA KAU (M.Sc.) 089/289 13716 SONIA.KAU @TUM.DE

FÖRDERUNG:
BAYERISCHES
LANDESAMT FÜR
UMWELT
(LFU)

Elimination von Spurenstoffen auf kleinen Kläranlagen am Fallbeispiel der Kläranlage Irschenberg (<10.000 EW)

Anthropogene organische Spurenstoffe (TOrCs) gelangen über konventionelle Kläranlagen in die aquatische Umwelt und stellen dort ein erhebliches Umweltproblem dar. In Deutschland wird die Elimination von TOrCs nach der Änderung der EU-Richtlinie über die Behandlung von kommunalem Abwasser für große Kläranlagen und für Kläranlagen mit kleinen, empfindlichen Vorflutern verpflichtend sein. Speziell auf kleine Kläranlagen zugeschnittene Lösungen für die TOrC-Entfernung fehlen noch, da der Stand der Technik bei Aktivkohle (Pulver oder Granulat) und Ozonung unter diesen Bedingungen nicht geeignet (Wartungs- und Betriebseinschränkungen) oder wirtschaftlich (Größenvorteile) ist. Kleine Kläranlagen machen jedoch den größten Anteil an der Gesamtzahl der Kläranlagen in Deutschland und Europa aus. In diesem Forschungsprojekt wurde die Kläranlage Irschenberg (5.000 EW) als Fallstudie ausgewählt. Ein Vertikalfilter (VFCW) mit integrierter Aktivkohle wurde für die Eliminierung von TOrCs und die Teil-Hygienisierung als vierte Reinigungsstufe konzipiert und als effektive, kostengünstige und wartungsarme Behandlungsstrategie implementiert (Abbildung 21). Unsere beiden Ziele sind 1.) Das Verständnis des Zusammenspiels von Hydraulik, Ad-/Desorption, biologischem Abbau einschließlich Co-Metabolismus und Prozessbedingungen (Redox, O2, pH, Nährstoffe, BDOC/BOD) und 2.) die Identifizierung von Auslegungs- und Betriebskriterien für den großen Vertikalfilter in Irschenberg. Die Ergebnisse dieser Studie werden zur Entwicklung nachhaltiger und kosteneffizienter Lösungen für die vielen kleinen Kläranlagen beitragen, um empfindliche Vorfluter zu schützen und die allgemeine Gesundheit der aquatischen Ökosysteme zu gewährleisten.

Die erste Phase des Forschungsprojekts läuft von Oktober 2022 bis Oktober 2024.



Abbildung 21: Versuchsaufbau



MARTIN
BEHRINGER
(M.Sc.)
089/289 27198
MARTIN.BEHRINGER
@TUM.DE

DEUTSCHE FORSCHUNGS-GEMEINSCHAFT (DFG)

KOOPERATION:
TUM CENTRUM
BAUSTOFFE UND
MATERIALPRÜFUNG
(CBM)

Grundlagenforschung zu Reinigungsmechanismen von Zementsteinfiltern bei der Behandlung von Abwässern der Textilindustrie

Textilabwässer, komplex durch Farbstoffe, Elektrolyte, Weichmacher und Dispergiermittel, stellen eine Herausforderung für die Abwasserbehandlung dar. Besonders problematisch sind Azofarbstoffe in Kombination mit Färbesalzen, die sich schwer durch herkömmliche Methoden entfernen lassen. Diese sind oft zu energieintensiv und kostspielig, besonders für ärmere Regionen wie in Südasien und Indien, in denen Textilfabriken überwiegend angesiedelt sind. Daher sind kostengünstige Behandlungsmethoden, wie Adsorptionsverfahren, für den Gewässerschutz essentiell.

Es wurden Adsorbenten aus hüttensandhaltigem Zementstein mit unterschiedlichen Korngrößen entwickelt, die verschiedene Farbstoffe adsorbieren können. Die Studie fokussierte sowohl auf den Zementstein als auch auf seine einzelnen Phasen, insbesondere solche mit Schichtstruktur. Die Oberflächenladung, die sich mit dem pH-Wert des Abwassers ändert, beeinflusst maßgeblich die Affinität des negativ geladenen Farbstoffs zur Adsorption. Dieser Zusammenhang lässt sich über das Zeta-Potential in Abbildung 22 am Beispiel von Monocarbonat verdeutlichen. Die abgebildete Phase adsorbiert bei pH 5 siebenmal mehr Farbstoff nach 3 Stunden als bei pH 11. Zusätzlich wurde die Entfärbungsfähigkeit des Zementsteins unter Berücksichtigung des pH-Wertes und der Präsenz verschiedener Salze wie MgSO₄, NaCl oder NaSO₄ analysiert.

Des Weiteren wurde die Wiederverwendbarkeit der Granulate im Kontext der Kreislaufwirtschaft untersucht. Eine thermische Behandlung bei ca. 300 °C ermöglichte die Wiederverwendung des hydratisierten Zementsteins mit 99% seiner ursprünglichen Entfärbekapazität.

Das Forschungsvorhaben wird gemeinsam mit dem Centrum für Baustoffe und Materialprüfung (cbm) der TU München durchgeführt.

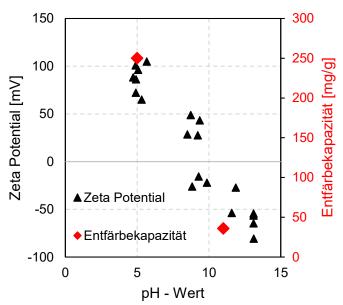


Abbildung 22 - Zeta Potential und Entfärbekapazität von Monocarboaluminat



JÖRG E. DREWES (PROF. DR.-ING.) 089/289 13713 JDREWES @TUM.DE

Arbeitsgruppe Wasserwiederverwendung

Entsprechend einer Einschätzung des World Resources Institute lebt ein Viertel der Weltbevölkerung in Regionen mit akuter und extremer Wasserknappheit. Die Situation dürfte sich in den nächsten Jahrzehnten weltweit verschlechtern. Vor allem das rasante Bevölkerungswachstum, die zunehmende Urbanisierung, die fortschreitende Industrialisierung und die landwirtschaftlichen Aktivitäten, verschärft durch die Auswirkungen des Klimawandels, belasten unsere globalen Wasserressourcen enorm.

Wasserrecycling und -wiederverwendung können Wasserressourcenprobleme effizient und nachhaltig überwinden, indem sie neue Quellen für eine hochwertige schaffen und damit lokale Wasserversorgung bereits knappe Süßwasserressourcen teilweise ersetzen. Insbesondere die Wiederverwendung von Niederschlagswasser oder weitergehend aufbereiteten (kommunalem) Klarwasser und deren Wiederverwendung kann die Herausforderungen, die mit zunehmenden Wassernutzungskonflikten verbunden sind, wirksam entschärfen. Im Mai 2020 hat die EU erstmalig eine neue Verordnung zu minimalen Anforderungen an die Wasserwiederverwendung zur landwirtschaftlichen Bewässerung veröffentlicht. Diese muss bis Juni 2023 in nationales Recht umgesetzt werden. Durch diese Entwicklung, aber insbesondere durch die Klimawandels spürbaren Folgen des gibt es nun auch für eine Wasserwiederverwendung in Deutschland großen Handlungsbedarf. Aufbauend auf einer Machbarkeitsstudie in Unterfranken, konnten wir 2021 das neue BMBF-Verbundvorhaben ,Nutzwasser' beginnen, das im Demonstrationsmaßstab Konzepte einer sicheren Wasserwiederverwendung für eine urbane und landwirtschaftliche Bewässerung entwickelt.



JAVAD AHMADI (M.Sc.) 089/289 13733 J.AHMADI @TUM.DE

KOOPERATION:
ALB BAYERN E.V.,
BGS GMBH,
COPLAN AG,
DVGW E.V.,
HOLINGER AG,
IWW GGMBH,
LRZ,
LWG.

WÄSSERUNG SCHWEINFURT, WASSERWIRTSCHAFT

DER REGIERUNG VON

STADTENT-

UNTERFRANKEN, XYLEM GMBH

Nutzwasser als alternative Wasserressource für die urbane und landwirtschaftliche Bewässerung

Die Schweinfurter Trockenplatte ist eine Region mit traditionell ausgeprägter Wasserknappheit, in welcher durch die Auswirkungen des Klimawandels Nutzungskonflikte vermehrt zu Tage treten. Deshalb wurde in dieser Region das sogenannte Nutzwasserprojekt initiiert (Abbildung 23). Ziel des Nutzwasserprojektes ist es, Managementstrategien für eine Wasserwiederverwendung zur urbanen und landwirtschaftlichen Bewässerung praxisnah zu entwickeln und im Rahmen relevanter Demonstrationen mit Praxispartnern so zu optimieren, dass eine Implementierung in anderen Zielregionen beschleunigt wird.

Das 3-jährige Forschungsvorhaben ist in verschiedene Arbeitspakete gegliedert:

- Ausarbeitung der Voraussetzungen für eine genehmigungsrechtliche Implementierung einer Nutzwasseranwendung
- Festlegung von Wasserqualitätsanforderungen für unterschiedliche Bewässerungspraktiken
- Entwicklung von digitalen Ansätzen zur automatisierten Erfassung und Archivierung des Bewässerungsbedarfs
- Implementierung innovativer Multibarrieren-Behandlungsverfahren zur effizienten Reduktion von mikrobiologischen und chemischen Kontaminanten
- Erarbeitung einer automatisierten, bedarfsgerechten Bereitstellung von Nutzwasser
- Konzeption von angepassten Betreibermodellen
- Einbettung des Vorhabens in einen interaktiven Stakeholderprozess sowie
- Einrichtung einer innovativen Öffentlichkeitsarbeitsplattform

Link zur Webseite des Projektes: https://www.nutzwasser.org/public/index.html



Abbildung 23: Luftbild der Demonstrationsanlagen auf dem Betriebsgelände der Stadtentwässerung Schweinfurt



JONAS ANIOL (M.Sc.) 089/289 13707 JONAS.ANIOL @TUM.DE

BUNDESMINISTERIUM FÜR BILDUNG UND FORSCHUNG (BMBF)

KOOPERATION:

BERLINER
WASSERBETRIEBE,
BRANDT GERDES

SITZMANN UMWELTPLANUNG GMBH,

CARL VON OSSIETZKY
UNIVERSITÄT
OLDENBURG

Technologien der Wasserwiederverwendung zur Stützung der Trinkwasserversorgung in urbanen Wasserkreisläufen

In dem 2020 abgeschlossenen BMBF-Verbundvorhaben TrinkWave wurden neue Multibarrieren-Aufbereitungsprozesse zur Wasserwiederverwendung auf Basis einer sequentiellen Grundwasseranreicherung (Sequential Managed Aquifer Recharge Technology, SMART) entwickelt sowie neue multidisziplinäre Bewertungsansätze für innovative Verfahrenskombinationen der Wasserwiederverwendung zur Stützung der Trinkwasserversorgung erarbeitet.

Das anschließende BMBF-Verbundvorhaben TrinkWave Transfer erprobt nun die großtechnische Umsetzung des SMART Verfahrens in Zusammenarbeit mit den Berliner Wasserbetrieben und weiteren Kooperationspartner. Dies erfolgt auf dem ehemaligen Wasserwerkstandort Berlin-Johannisthal, wo das Verfahren in seiner optimierten Form mit integrierter Sickerschlitzgrabentechnologie und aktiver hydrologischer Steuerung im Untergrund demonstriert werden soll. Dabei fließen die bisher gewonnen Erkenntnisse aus dem Vorgängerprojekt sowie aus dem technischen Pilotsystem SMARTplus in die Planung und Umsetzung mit ein.

Neben der wissenschaftlichen Begleitung der Feldstudie in Berlin erfolgt an der TU München in Garching die Untersuchung und Weiterentwicklung des SMART-plus Systems (Abbildung 24). Mit Hilfe der innovativen, halbtechnischen Anlage zur Simulation von SMARTplus soll die Leistungsfähigkeit zur Reduzierung (Biotransformation) von anthropogenen Spurenstoffen betrachtet werden. Aktuelle Schwerpunkte liegen dabei auf einer genaueren Charakterisierung des Konzepts der sequentiellen Redoxbedingungen sowie der weiteren Optimierung hinsichtlich der hydraulischen Bedingungen. Im Fokus stehen zudem die Integration weiterer Barrieren für die Etablierung eines Multi-Barrierensystems und die Weiterentwicklung einer adäquaten Prozessüberwachung an der halbtechnischen Anlage an der TUM.

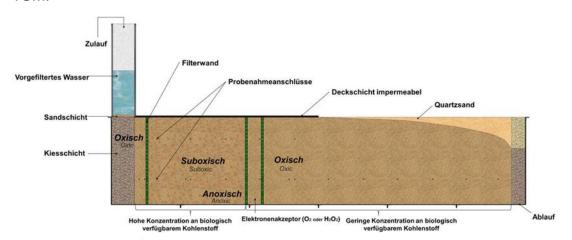


Abbildung 24: Planungsmodell der halbtechnischen Versuchsanlage SMARTplus an der TUM (verändert nach Karakurt-Fischer et al., 2020)



DAPHNE
KEILMANNGONDHALEKAR
(PH.D.)
089/289 22377
D.GONDHALEKAR
@TUM.DE

Arbeitsgruppe Urban Water-Energy-Food (WEF) Nexus

Mit anhaltendem Wirtschaftswachstum, Verstädterung und Industrialisierung steigt die Nachfrage für Ressourcen weltweit, bspw. für Wasser, Energie und Nahrung, vor allem in Städten. Es resultieren starke Umweltbelastungen und Klimawandel. Ein integrierter Städteplanerischer Ansatz der Synergien von Klimaschutz- und Klimaanpassungs-Ansätzen ausschöpfen kann muss dringend bis 2030 entwickelt und umgesetzt sein, um katastrophische klimatische Veränderungen zu verhindern.

Der Water-Energy-Food (WEF) Nexus Ansatz bietet eine Möglichkeit, wie Städte sich nachhaltiger entwickeln können. Der Ansatz besagt, dass viel Energie gebraucht wird um Wasser in Städten bereitzustellen, und dass viel Wasser gebraucht wird um Energie und Nahrung zu erzeugen. Die integrierte Planung dieser drei Sektoren kann die Verbesserung von Wasser-, Energie- und Nahrungssicherheit unterstützen sowie die Umsetzung der United Nations Sustainable Development Goals (SDGs). Wasser-Wiederverwendung mit integrierter Ressourcen Rückgewinnung ist ein Schlüsselpotential in der Operationalisierung des WEF Nexus Ansatzes. Bisher gibt es jedoch wenige Beispiele in denen dies in urbanen Maßstäben umgesetzt wurde. Weitere Fallstudien und Pilot Projekte sind dringend nötig um die Machbarkeit dieses Ansatzes zu testen. Des Weiteren muss deren Entwicklung von Anfang an in einen partizipativen Ansatz mit den relevanten Interessensträgern eingebettet sein.

Innerhalb der 2021 von Dr. Gondhalekar gegründeten TUM Nexus Lab Initiative (Nexus@TUM) analysiert die Urban WEF Nexus Forschungsgruppe die Interaktionen der Sektoren Wasser, Energie, und Nahrung, sowie anderer relevanter Sektoren wie Mobilität, Abfall, Gesundheit und Ökosystem Dienstleistungen, und leitet alternative Szenarien für die zukünftige urbane Entwicklung daraus ab, die der Entwicklung von Pilot Projekten in urbanen Maßstäben dienen. Nexus@TUM will aufbauend auf einer umwelttechnischen Perspektive alle drei Säulen der Nachhaltigkeit integrieren und diese gleichermaßen mit gesellschaftlichen, institutionellen, rechtlichen, politischen und wirtschaftlichen Aspekten verbinden. Nexus@TUM erkennt ferner an, dass das vorliegende Thema gleichermaßen Kontexte in Entwicklungsländern wie entwickelte Länder betrifft. Die Forschungsgruppe arbeitet zu verschiedenen Fallstudien in Deutschland, Ghana, Indien, Niger, Südafrika und Tunesien.

Mehr Informationen finden sich hier: www.nexus.wasser.tum.de



DAPHNE
KEILMANNGONDHALEKAR
(PH.D.)
089/289 22377
D.GONDHALEKAR
@TUM.DE

WEF Nexus Pilotprojekt in Reto Dosso, Niger: Nachhaltige Wasserversorgung mit Analyse von Wasserrückgewinnungsund integrierten Ressourcenrückgewinnungspotenzialen im Rahmen einer Klimaanpassungsstrategie

Das Projekt entwickelt in dem Dorf Dar es Salam in der Reto Dosso Region in Niger (Abbildung 25) alternative Entwicklungsszenarien mit geeigneten Technologieoptionen als Grundlage für eine partizipative Multi-Stakeholder-Diskussion, um den Co-Creation-Prozess eines Nexus Pilotprojekts mit der lokalen Gemeinschaft zu sichern. Parallel zielt das Projekt darauf ab, vor Ort Kapazitäten aufzubauen, um eine nachhaltige Wassernutzung als Teil einer Klimaanpassungsstrategie in der Region zu verankern.

Insbesondere untersucht das Projekt, wie durch die Anreicherung des Grundwassers durch Regenwasser (Managed Aquifer Recharge) der Grundwasserspiegel nachhaltig angehoben werden kann. Dies würde ermöglichen, dass die durch das Pilotprojekt eingebrachte Solarenergie die zum pumpen des Grundwassers benötigt wird zum Teil für andere produktive Zwecke eingesetzt werden könnte, um die sozio-ökonomische Entwicklung zu fördern. Außerdem wird untersucht, wie die Böden durch einen Managed Grazing und Grassland Restoration Ansatz regeneriert werden können, um mehr Feuchtigkeit speichern zu können. Dies wiederum würde die Nahrungssicherheit verbessern. Als solches integriert das Projekt Wasser-, Energie- und Nahrungssicherheiten mit der Regeneration von Ökosystemdienstleistungen und stützt somit die soziale Sicherheit. Darüber hinaus integriert das Projekt Klimaschutz und -Anpassung in einem gesamtheitlichen Ansatz.



Abbildung 25: Dar Es Salam, Reto Dosso Region, Niger



JOHANNES
WINKLMAIER
(DIPL.-ING.)
089/289 13711
JOHANNES.
WINKLMAIER
@TUM.DE

BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND KLIMASCHUTZ (BMWK)

KOOPERATION:

ASEEM FOUNDATION (INDIEN),

INDIAN INSTITUTE OF TECHNOLOGY
BOMBAY (IITB, INDIEN)

SEED-Himalaya: Sustainable Energies, Entrepreneurship and Development in rural Kashmir

Dieses Projekt wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK, 2022-2025) im Rahmen der Internationalen Klimaschutzinitiative (IKI) gefördert.

Die Lebensgrundlage der ländlichen Bevölkerung in Jammu und Kaschmir ist durch den Klimawandel besonders bedroht, da sich unterschiedliche Niederschlagsmuster und häufigere Extremwetterereignisse in Kombination mit einer unzuverlässigen Energieversorgung negativ auf die lokale Landwirtschaft auswirken. Dies führt zu wirtschaftlichem Stress, Armut und eingeschränkten Beschäftigungsmöglichkeiten, insbesondere für die Jugend.

SEED Himalaya zielt darauf ab, die abgelegene Himalaya-Gemeinde Jabri (Abbildung 26) bei ihrer Umwandlung in eine klimaresistente und wirtschaftlich fähige Gemeinde zu unterstützen. Dies soll durch eine gemeindebasierte, dezentrale Energieversorgung sowie lokale Wertschöpfung in der Landwirtschaft erreicht werden. Der integrative Bottom-up-Entwicklungsplan, der sowohl grüne Infrastruktur als auch sozioökonomische Strukturen umfasst, ist auf die lokalen Ressourcen, Kapazitäten und Bedürfnisse zugeschnitten. Dies sichert die Nachhaltigkeit des Projekts und ermöglicht die Nachahmung seines Ansatzes in anderen Himalaya-Gemeinden.

Nachdem inzwischen alle 140 Haushalte mit Photovoltaik-Modulen und Batteriespeicher für basic power supply ausgestattet wurden, wird nun in Zusammenarbeit mit unseren indischen Projektpartnern und den Gemeindemitgliedern die lokale Wertschöpfungskette für Agrar-Produkte sowie das hierfür benötigte advanced mini-grid inklusive eines Do-It-Yourself-Wasserrades geplant.



Abbildung 26: Der Projektstandort Jabri im indischen Bundesstaat Jammu und Kaschmir



PASCAL FINKBEINER (PH.D.) 089/289 13714 PASCAL.FINKBEINER @TUM.DE

BAYRISCHES
STAATSMINISTERIUM
FÜR UMWELT UND
VERBRAUCHERSCHUTZ
(STMUV)

KOOPERATION:

WESTERN CAPE
GOVERNMENT:
DEPARTMENT OF
ENVIRONMENTAL
AFFAIRS AND
DEVELOPMENT
PLANNING
(WCG DEA & DP,
SÜDAFRIKA),

UNIVERSITY OF CAPE TOWN (UCT, SÜDAFRIKA)

Water-Hub Projekt mit West-Kap, Südafrika

In dieser Machbarkeitsstudie wird ein integrierter Water-Energy-Food (WEF) Nexus-Ansatz verwendet, um geeignete naturbasierte Technologien zu untersuchen, welche die aktuelle Forschung am "Water-Hub" in Franschhoek, Westkap bezüglich Wasserwiederverwendung und Ressourcenrückgewinnung aus informellen Siedlungen ergänzen (Abbildung 27).





Abbildung 27: Verschmutzung lokaler Gewässer durch unzureichendes Abwassermanagement in lokalen informellen Siedlungen

Um die Möglichkeiten der Ressourcenrückgewinnung am Water-Hub zu bewerten, untersucht das Projekt die Wasserqualität sowie die Effizienz derzeit implementierter naturbasierter Methoden und begleitet die Umsetzung eines innovativen Wasserbehandlungssystems: Sequential Managed Aquifer Recharge Technology (SMART). Weitere Optionen zur Wasserrückgewinnung und -wiederverwendung sowie zur Energierückgewinnung durch anaerobe Vergärung verschiedener Rohstoffe werden geprüft. Vor diesem Hintergrund soll die Entwicklung von innovativen Geschäftsmodellen Möglichkeiten für Entrepreneure schaffen, um mit den generierten Energieströmen und der Nährstoffrückgewinnung (organischer Dünger) aus der Umwandlung organischer (Lebensmittel-)Abfälle, lokale Märkte zu bedienen. Darüber hinaus werden die Vorteile für die Regeneration von Ökosystemdienstleistungen durch den Einsatz des Nexus-Ansatzes bewertet und die Wissensvermittlung und Capacity Building zwischen den Projektpartnern und anderen Interessensträgern durch das Living Lab-Konzept des Water-Hubs gefördert.

Dieses Projekt trägt somit dazu bei die Wasser-, Energie- und Nahrungssicherheit in der Provinz Westkap zu verbessern und gleichzeitig die Umwelt zu schützen, um so zur Erreichung der UN Sustainable Development Goals (SDGs) beizutragen. Durch den Nexus Ansatz des Projekts werden relevante Sektoren wie Abfall und Ökosystemdienstleistungen mit einbezogen als Grundlage für eine gerechte Transformation zu einer Kreislaufwirtschaft.



KWADWO YEBOAH ASAMOAH

089/289 13707 K.Y.ASAMOAH

@TUM.DE

(M.Sc.)

Förderung:

BAYRISCHES
STAATSMINISTERIUM
FÜR UMWELT UND
VERBRAUCHERSCHUTZ
(STMUV)

KOOPFRATION:

INTERNATIONAL EX-PERT GROUP ON EARTH SYSTEM PRESERVATION E.V. (IESP),

NATIONAL RESEARCH
INSTITUTE OF RURAL
ENGINEERING,
WATER AND
FORESTRY
(INGREF, TUNESIEN)

Convergence - Tunesien

In Regionen der Welt mit zunehmendem Waldverlust und Wasserknappheit wie Tunesien können alternative Wasserquellen wie die Wiederverwendung von aufbereitetem kommunalem Abwasser eine Schlüsselrolle bei der Unterstützung von Wiederaufforstungsprojekten spielen, welche positive Auswirkungen auf den regionalen Wasserhaushalt haben, Ökosystemdienstleistungen unterstützen, und die Klimaresilienz verbessern können (Abbildung 28). Ziel dieses Projekts ist es, die wissenschaftlichen, geografisch-klimatischen (Klimawandel), technischen sowie sozioökonomischen Grundlagen in Tunesien zu charakterisieren, um eine partizipative Aufforstung vorzubereiten, um den Wasserhaushalt der Region nachhaltig zu beeinflussen. Die aufgeforsteten Flächen sollen langfristig zu folgenden Zielen beitragen:

- Als Kohlenstoffsenke zu dienen, um CO₂ zu speichern und lokales Klima zu regulieren.
- Erzeugung zusätzlicher Niederschläge umso ausreichend Wasser für den Wald und die Umgebung bereitzustellen.
- Die sozioökonomische Entwicklung der lokalen Bevölkerung zu unterstützen.
- Begrenzt als Gemeinschafts-Raum für die lokale Bevölkerung dienen.
- Bodeneigenschaften positiv beeinflussen (z. B. Feuchtigkeitsgehalt).

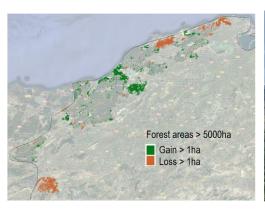




Abbildung 28: Analyse mittels Satellitenbilder zeigt Aufforstung und Abholzung im Nord-Westen Tunesiens; und sichtbarer Verlust von Bewaldung im Jendouba Gouvernement im Nord-Westen Tunesiens

Für eine nachhaltige Projektumsetzung muss der Erhalt des Waldes einen klaren wirtschaftlichen Nutzen für die Bevölkerung haben. Das Projekt zielt daher darauf ab, die Akzeptanz für die langfristige Nachhaltigkeit des Projekts durch die Einbindung aller Beteiligten von Projektbeginn an zu fördern. Die aus diesem Projekt gewonnenen Erkenntnisse werden das vorhandene Wissen über den Zusammenhang zwischen dem Verlust der Baumbestände im Wald (Abholzung) und zunehmender Wasserknappheit ergänzen. Diese Erkenntnisse können auch für die Durchführung von Aufforstungs-Projekten in Bayern wertvoll sein.



JÖRG E. DREWES (PROF. DR.-ING.) 089/289 13713 JDREWES @TUM.DE

Arbeitsgruppe Membranfiltration

Membranverfahren spielen bei der Schließung innerbetrieblicher Wasserkreisläufe, der Wiederverwendung von kommunalen Abwässern wie auch bei der Meerwasserentsalzung eine zentrale Rolle. Im Vordergrund der Forschung der Arbeitsgruppe Membranfiltration am Lehrstuhl liegen momentan die Unterdrückung von Biofouling durch die Integration von UV-LEDs in Membranmodule, der Kombination von Pulveraktivkohle und Ozon mit keramischen Ultrafiltrationsmembranen sowie der Rückhalt von mikrobiellen und chemischen Kontaminanten bei Hochdruckmembranen.

In einem BMBF-Projekt widmen wir uns seit Ende 2018 der Frage, in wie weit ungewolltes Biofouling auf der Membran, welches die energetische Effizienz des Membranverfahrens beeinträchtigt, vermindert werden kann. Durch den Einsatz von UV-C-LEDs entwickeln wir UV-Membran Hybridverfahren, in welchen durch eine gezielte UV-Vorbehandlung die Ausbildung von Biofouling verzögert und gleichzeitig durch UV-induzierte Effekte in Mikroorganismen, die Eigenschaften des gebildeten Biofilms positiv hinsichtlich seiner Permeabilität und Abreinigbarkeit zu beeinflussen.

Die Kopplung von Pulveraktivkohle mit Ultrafiltrationsmembranen resultiert in hohen Wirksamkeiten für den Rückhalt von mikrobiellen Kontaminanten aber auch organischen Spurenstoffen. Dabei gilt es die Mechanismen des Rückhaltes von Antibiotikaresistenzträgern näher aufzuklären, um eine hohe Ablaufqualität zu gewährleisten. Weiterhin muss die Bildung von Deckschichten so optimiert werden, dass sich betriebliche Vorteile ergeben. Diese Wasserqualitäten ließen eine Wiederverwendung für urbane und landwirtschaftliche Bewässerungen sowie die künstliche Grundwasseranreicherung zu.



ALEXANDER MITRANESCU (M.Sc.) 089/289 13709 ALEXANDER. MITRANESCU @TUM.DE

DEUTSCHE FORSCHUNGS-GEMEINSCHAFT (DFG)

KOOPERATION:

UNIVERSITÄT

DUISBURG:

LEHRSTUHL FÜR

MECHANISCHE

VERFAHRENSTECHNIK

/ WASSERTECHNIK

Grundlagenforschung zur Ausnutzung hydro-dynamischer Effekte zur Verringerung des Membranfoulings durch die Einführung spezieller Anordnungen neuartiger Feed-Spacer-Geometrien in Kombination mit unregelmäßigen Membranoberflächenmustern

In diesem DFG-geförderten Forschungsprojekt untersuchen wir synergistische Einflüsse der Membranoberflächenmuster und der Feed-Spacer-Geometrie auf die Fluiddynamik und die Partikelabsetzmechanismen im Feed-Konzentrat-Kanal. Diese Forschung wird unser Verständnis der fundamentalen Designkriterien, die die Gesamtleistung des Moduls bestimmen, fördern. Mit diesem Verständnis werden wir spezielle Anordnungen von Feed-Spacern und Membranoberflächenmustern entwickeln. Wir nehmen an, dass dieses neuartige Entwicklungskonzept höhere Verfahrenseffizienz, längere Lebensdauer der Module und geringeren Energieverbrauch ermöglicht.

Biofouling (Akkumulation von Mikroorganismen und anschließendes Biofilmwachstum auf der Membran) ist insbesondere in Nanofiltration- und Umkehrosmose-Membranfiltrationsanlagen relevant. Daher führen wir beschleunigte Biofouling-Experimente mit semi-synthetischem Feed durch, um die räumliche und zeitliche Entwicklung von Biofouling auf Membranen mit Oberflächenmustern zu verstehen. Ein vordefiniertes Biofouling-Protokoll ermöglicht uns die wohldefinierte und reproduzierbare Durchführung der Biofouling-Experimente.

Parallel zu diesem experimentellen Ansatz untersuchen wir verschiedene Geometrien von Feed-Spacern und Membranmustern durch CFD-Modellierung mit COMSOL Multiphysics 6.1. Dabei untersuchen wir z.B. Wandschubspannungen (Abbildung 29), um die jeweilige Hydrodynamik zu verstehen. Unsere Hypothese ist, dass die Flüssigkeitsdurchmischung (die zu weniger Fouling führt) in Anordnungen von oberflächengemusterten Membranen (im Mikrometermaßstab) und Feed-Spacern (im Millimetermaßstab) im Vergleich zu einer Geometrie mit nur einem dieser Merkmale deutlich verbessert wird.

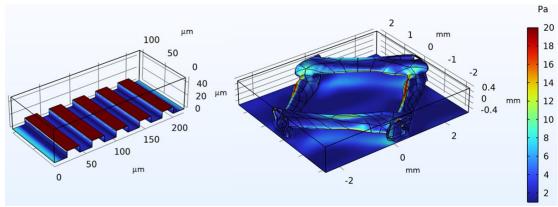


Abbildung 29: Wandschubspannungen an oberflächengemusterten Membranen im Mikrometermaßstab (Links) und Feed-Spacern im Millimetermaßstab (Rechts)



CHRISTIAN
WURZBACHER
(ASSOC. PROF.
DR. RER. NAT.)
089/289 13797
C.WURZBACHER
@TUM.DE

Arbeitsgruppe Mikrobielle Systeme

Die Emmy-Noether-Nachwuchsgruppe Mikrobielle Systeme befasst sich mit der Untersuchung mikrobieller Prozesse in aquatischen und technischen Systemen, von der biologischen Abwasserreinigung bis hin zu Ökosystemen in Oberflächengewässern. Mikroorganismen sind winzige, aber lebenswichtige Organismen, die die Ressourcen unseres Planeten recyceln, unsere Biosphäre im Gleichgewicht halten und damit wichtige Ökosystemleistungen erbringen. Wir interessieren uns für die Mikrobiome der technischen und natürlichen Wassersysteme. Unser übergeordnetes Ziel ist es daher, Instrumente zu entwickeln, mit denen Mikroben und ihre Funktionen in Wassersystemen gezielt gemessen und qualitativ bewertet werden können. Wir führen hypothesengeleitete und deskriptive Forschung durch, die es ermöglicht, Mikroben mit Ökosystemdienstleistungen zu verknüpfen.

Unsere Forschung konzentriert sich dabei auf die Interaktion und Diversität von Organismen in mikrobiellen Biofilmen mit einem Schwerpunkt auf Pilzen und deren Funktion. Pilze produzieren sehr effiziente Exoenzyme, welche schwer abbaubare organische Substanzen umwandeln können. Von besonderem Interesse sind die weitgehend unerforschten aquatischen Pilze und ihre vielfältigen Funktionen in der Umwelt. Weitere Forschungsarbeiten befassen sich mit der Charakterisierung der taxonomischen und funktionellen Vielfalt mikrobieller Gemeinschaften mit spezifischen Funktionen, z. B. im Hinblick auf mikrobiellen Abbau oder Antibiotikaresistenzgene im Wasserkreislauf. Hier konzentrieren wir uns auf verschiedene Biomarker, zuletzt haben wir das Potenzial von Biomarkern im Abwasser durch die Quantifizierung von Biomarkern aus dem SARS-CoV-2-Virus untersucht. Damit lassen sich gesundheitliche Veränderungen in der Bevölkerung überwachen.



ANNA
UCHAIKINA

(M.Sc.)

089/289 13780

ANNA.UCHAIKINA

@TUM.DE

BUNDESMINISTERIUM FÜR BILDUNG UND FORSCHUNG (BMBF)

KOOPERATION:

TZW DVGWTECHNOLOGIEZENTRUM WASSER PRÜFSTELLE WASSER

Abwasser Biomarker CoV2: Abwasserepidemiologie am Beispiel eines SARS-CoV-2 Biomarkers für die Abschätzung von COVID-19-Infektionen auf der Populationsskala

Die Abwasserepidemiologie (engl., wastewater-based epidemiology, WBE) bekommt zunehmend Zuspruch als eine diagnostische Methode, um den Konsum von Drogen und Medikamenten für gesamte Siedlungsgebiete abzuschätzen. Auch SARS-CoV-2 kann als ein Biomarker im Rahmen einer Abwasserdiagnostik genutzt werden, um einerseits eine Änderung im Infektionsgeschehen frühzeitig zu erkennen und andererseits die Dunkelziffer von COVID-19-Fällen auf der Populationsskala besser aufzuklären. Dafür muss die Virusmenge im Abwasser zuverlässig analysiert und nachgewiesen werden. Der Nachweis von SARS-CoV-2 basiert auf verschiedenen PCR-Tests mit zuvor aufbereiteten Abwasserproben (siehe Arbeitsschema in Abbildung 30). Hierzu besteht Forschungsbedarf zu standardisierten Methoden für behüllte Viren wie SARS-CoV-2, zur Optimierung der Aufbereitungsverfahren für die Erfassung der Virenmenge im Rohabwasser und zur aktiven Einbindung ins Krisenmanagement der Behörden.

Für die Einordnung der ermittelten Viruskonzentration im Abwasser ist es darüber hinaus sehr wichtig weitere Faktoren zu beachten, wie die Bevölkerungsdichte, das Abwassernetz und dessen Abdeckung, das anfallende Abwasservolumen, Fremdwasseranteile und stoffspezifische Größen wie Ausscheidungsraten und das Verhalten von SARS-CoV-2 im Kanalnetz. Um die Unsicherheit dieser Einschätzung zu verringern, müssen diese Faktoren bei der Abschätzung des Infektionsgeschehens berücksichtigt werden. Mit den Ergebnissen aus diesem Projekt kann ein neuartiges SARS-CoV-2 Biomarker-Konzept entwickelt werden, das zum einen als ein Frühwarnsystem dienen soll und zum anderen auch zur Abschätzung der Ausbreitung von Infektionen direkt von den Behörden genutzt werden kann. Ein solches Konzept ließe sich voraussichtlich auch auf eine Abschätzung des Infektionsgeschehens durch andere Viren oder dessen Früherkennung bzw. Nachverfolgung ausdehnen.

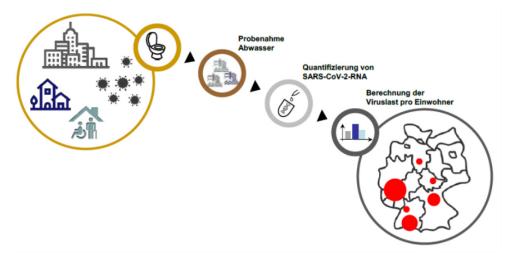


Abbildung 30: Konzept des Abwassermonitorings von SARS-CoV-2 (Bild: Johannes Ho, Claudia Stange)



LIJIA CAO (M.Sc.) BIS 09/2023 LIJIA.CAO @TUM.DE

CHINA SCHOLARSHIP COUNCIL (CSC)

KOOPERATION:

STOCKHOLM UNIVERSITY (SCHWEDEN)

Etablierung von mikrobiellen Modellgemeinschaften, die in der Lage sind, organische Spurenchemikalien zu entfernen, für die Erforschung von Biotransformationsmechanismen

Die Beseitigung von organischen Spurenstoffen (TOrCs) in der aquatischen Umwelt ist intensiv untersucht worden. Einige Mitglieder natürlicher mikrobieller Gemeinschaften spielen eine wichtige Rolle bei der Umwandlung chemischer Verunreinigungen, doch verhindern komplexe mikrobielle Interaktionen ein angemessenes Verständnis der Biotransformationsmechanismen von TOrC. Zur Vereinfachung schlagen wir in dieser Studie eine Strategie zur Etablierung von Modellgemeinschaften mit geringerem Reichtum vor, die in der Lage sind, verschiedene TOrCs durch Voradaptation und Verdünnung bis zur Auslöschung zu entfernen.

Die mikrobiellen Gemeinschaften wurden aus Leitungswasser, Boden, Sand, tiefem Sediment und der Sedimentoberfläche an wechselnde Konzentrationen von 27 TOrCs-Gemischen angepasst (Abbildung 31). Nach der Anpassung wurden die Gemeinschaften weiter verdünnt, um die Diversität in 96 Deep-Well-Platten für die Hochdurchsatz-Kultivierung zu reduzieren. Nach der Charakterisierung der mikrobiellen Struktur und der TOrC-Entfernungsleistung wurden dreißig taxonomisch nicht redundante Modellgemeinschaften mit unterschiedlichen Entfernungsfähigkeiten erhalten. Es zeigte sich, dass der Voranpassungsprozess den mikrobiellen Reichtum reduziert, aber die Gleichmäßigkeit und phylogenetische Vielfalt der resultierenden Modellgemeinschaften erhöht. Außerdem wirkte sich die phylogenetische Vielfalt positiv auf die Anzahl der TOrCs aus, die gleichzeitig transformiert werden können. Die Voranpassung verbesserte auch die Gesamtrate der TOrC-Entfernung, die positiv mit den Wachstumsraten der Modellgemeinschaften korreliert war.

Dies ist die erste Studie, die ein breites Spektrum der TOrC-Biotransformation anhand verschiedener Modellgemeinschaften untersucht, die aus unterschiedlichen natürlichen mikrobiellen Systemen stammen. Diese Studie bietet einen standardisierten Arbeitsablauf zur Etablierung von Modellgemeinschaften für verschiedene Stoffwechselzwecke mit veränderbarem Inokulum und Substraten. Die erhaltenen Modellgemeinschaften können weiterverwendet werden, um die treibenden Kräfte der TOrC-Biotransformation auf der Enzym/Genebene zu finden.

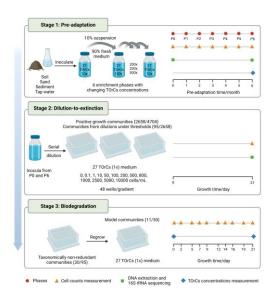


Abbildung 31: Ablauf der Einrichtung von Modellgemeinschaften



JOANA MARIZ (M.Sc.) 089/289 13716 JOANA.MARIZ @TUM.DE

DEUTSCHE FORSCHUNGS-GEMEINSCHAFT (DFG)

KOOPERATION:

EPFL VALAIS WALLIS (SCHWEIZ),

ALPINE AND POLAR ENVIRONMENTAL RESEARCH CENTER (ALPOLE, SCHWEIZ)

Biodiversität von Wasserpilzen in natürlichen und belasteten Oberflächengewässern

Süßwasserökosysteme gehören zu den am stärksten beeinträchtigten Ökosystemen der Erde und weisen hohe Verlustraten der biologischen Vielfalt auf, die unter anderem auf den Klimawandel und die anthropogene Verschmutzung durch Industrieabwässer sowie städtische und landwirtschaftliche Abwässer zurückzuführen sind. Der derzeitige Artenschwund bei vielen Organismengruppen gefährdet die Aufrechterhaltung der von ihnen erbrachten Ökosystemleistungen, darunter Nährstoffrecycling, Kohlenstoffbindung und Wasserreinigung. Es ist bekannt, dass mikrobielle Zersetzer, insbesondere Wasserpilze, eine wichtige Rolle bei der Okosystemdynamik in bewaldeten Süßwasserläufen spielen, da sie auf den Energieeintrag aus allochthonen Quellen wie Laubstreu angewiesen sind. Diese Gruppe leistet den größten Beitrag zum Kohlenstoff- und Nährstoffkreislauf, indem sie extrazelluläre Enzyme produziert und absondert, die: Polymere und organische Stoffe aufspalten und Nährstoffe rückführen. Trotz dieser zentralen Rolle für das Funktionieren von Süßwasserökosystemen ist die arten- und funktionelle Vielfalt dieser Pilze derzeit nur unzureichend charakterisiert. Insbesondere ihr Potenzial, schwer abbaubare Verbindungen, wie z. B. organische Spurenstoffe zu entfernen, ist noch weitgehend unerforscht.

Dieses Projekt versucht Einblicke in die Vielfalt und Funktionsweise aquatischer Pilze in unberührten und beeinträchtigten aquatischen Umgebungen in verschiedenen alpinen Zonen zu gewinnen, wobei sowohl klassische als auch molekulare Identifizierungsmethoden eingesetzt werden. Dies umfasst die Kultivierung und Charakterisierung aquatischer Pilzgemeinschaften in verschiedenen aquatischen Umgebungen (Abbildung 32), die Bewertung der Biodiversität und der Abbaupfade sowie der mikrobiellen Interaktionen während der Abbauprozesse in einem landschaftlichen Gesamtkontext. Um diese Analysen zu ermöglichen, werden die Entwicklung und Optimierung von standardisierten Arbeitsabläufen für die schnelle Isolierung von Pilzisolaten (Reinkulturen), (Meta-)Barcoding und Metatranskriptomik von aquatischen Pilzen angestrebt.



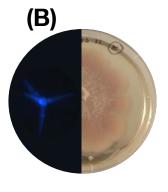


Abbildung 32: (A) Von Gletschern gespeister Alpenbach in der Region Sion, Schweiz. (B) Isolierung von Wasserpilzen: Von der Spore zur Reinkultur



KATRIN STÜER-PATOWSKY(M.Sc.)
089/289 13720

KATRIN.STUEER

@TUM.DE

FÖRDERUNG:

DEUTSCHE FORSCHUNGS-GEMEINSCHAFT (DFG)

KOOPERATION:

BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (LFL)

Wasserpilze in Biofilmen der Abwasserbehandlung: Abundanz, Abhängigkeiten und Funktion der Cryptomycota

Pilze sind als dominante Organismen im Abbau organischer Kohlenstoffverbindungen in terrestrischen Ökosystemen bekannt. Ihre Rolle im aquatischen Lebensraum ist jedoch weitestgehend unerforscht. Verschiedene Umwelt- und Diversitätsstudien zeigen ihr Vorhandensein in einer Großzahl aquatischer Habitate und heben den Mangel an Informationen über das Reich der Pilze hervor. In vergangenen Jahren wurde ein vollständig neuer Stamm, die Cryptomycota, in nahezu allen genommenen Wasserproben entdeckt.

Insbesondere technische biologische Systeme erfordern eine Betrachtung der gesamten mikrobiologischen Gemeinschaft, um die Prozesse zu verstehen und im Folgenden eine Optimierung zu ermöglichen. Das übergeordnete Ziel der Arbeit ist es, einen Einblick und besseres Verständnis der Pilze in Kläranlagen mit einem Fokus auf Cryptomycota zu erlangen. Down-flow hanging sponge (DHS) Reaktoren (Abbildung 33) dienen als Modellsystem um einen Einblick in die mikrobielle Community und das Interaktionsnetzwerk zwischen Pilzen und anderen Mikroorganismen zu erlangen. DNS und cDNS Illumina Sequenzierung und Metatranskriptomanalysen werden des Weiteren verwendet, um die Funktion der Cryptomycota zu untersuchen.

Zum jetzigen Zeitpunkt wurde eine zuverlässige qPCR Methode zur Quantifikation der Cryptomycota entwickelt. Auch die Analyse der Reaktorleistung und umfassende quantitative und qualitative c/DNS Studien über Reaktorhöhe und Betriebszeit wurden bereits durchgeführt. Dies schafft Einsicht in die Diversität und Abundanz existierender Mikroorganismen.

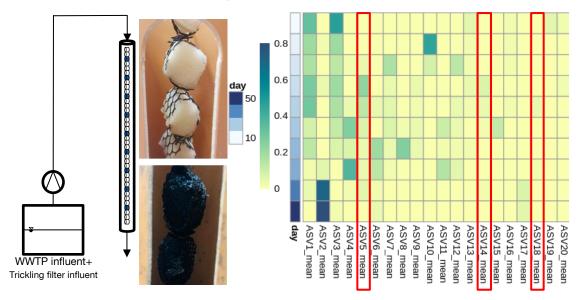


Abbildung 33: DHS Reaktor Skizze, saubere und bewachsene Polyurethan-Schwamm-Füllung und Ergebnisse der 18S cDNS Abundanzanalyse über Betriebszeit (rot markierte amplicon sequence variants (ASVs) wurden als Cryptomycota klassifiziert)



MOHAMMAD SHEHRYAAR KHAN (M.Sc.) 089/289 13705 SHEHRYAAR.KHAN @TUM.DE

DEUTSCHE
GESELLSCHAFT FÜR
INTERNATIONALE
ZUSAMMENARBEIT
(GIZ)

KOOPERATION:

ROBERT KOCHINSTITUT
(RKI),

SANITÄREPIDEMIOLOGISCHE

DIENST UND
ÖFFENTLICHES
GESUNDHEITSWESEN
DER REPUBLIK
USBEKISTAN
(SANEPIDCOM,
USBEKISTAN)

Durchführbarkeitsstudie: Einführung eines Abwasserüberwachungssystems (WSS) für COVID-19 in Taschkent

Die abwasserbasierte Epidemiologie hat insbesondere seit der Pandemie als Überwachungsinstrument zum Schutz der öffentlichen Gesundheit an Interesse gewonnen. Es wurde eine Machbarkeitsstudie initiiert, um die Prävalenz von CO-VID-19 in Taschkent, Usbekistan, durch die Einrichtung eines Abwasserüberwachungssystems (WSS) zu ermitteln und zu überwachen. Fünf programmierbare, stationäre, gekühlte Autosampler wurden an insgesamt fünf Zulaufpunkten in drei Kläranlagen aufgestellt.

Strategie: Zweimal wöchentlich wurden 24-Stunden-Kompositproben entnommen. Die virale RNA wurde extrahiert, und die SARS-CoV-2-Zielgene N2 und E sowie das Surrogatvirus Pepper Mild Mottle Virus (PMMoV) wurden mittels quantitativer PCRs quantifiziert. Statistische Analysen wurden durchgeführt, um die Unterschiede zwischen den technischen Wiederholungen zu bestimmen und den Trend von SARS-CoV-2 in Taschkent zu analysieren.

Vorläufige Ergebnisse: Der Vergleich der Wiederholungen in Bezug auf N2 und PMMOV (Abbildung 34) ergab keinen signifikanten Unterschied (p-Werte von 0,1 bzw. 0,29) zwischen den Duplikaten, so dass die Wiederholungen nicht mehr beprobt und extrahiert wurden. Es wurde eine lineare Regressionsanalyse zwischen den Abwasserdaten der einzelnen Probenahmestellen und den 7-Tage-Inzidenzdaten aus Taschkent durchgeführt. Es gab keine nennenswerte Korrelation zwischen den Datensätzen was auf das Ende der Pandemie zurückgeführt werden kann.

Durchführbarkeit: Technisch gesehen war die Ausrüstung mit der lokalen Infrastruktur kompatibel, und die vorhandenen Fähigkeiten waren für die Aufgaben ausreichend. Das System erfordert einen hohen Kapitalaufwand für die Einrichtung und verursacht laufende Kosten für Laborverbrauchsmaterialien. Die Material- und Verbrauchskosten für die Verarbeitung einer einzigen Probencharge (Extraktion und qPCR von 5 Kompositen) belaufen sich auf 11,13 Cent pro 1.000 Einwohner von Taschkent. Das Verfahren ist relativ einfach zu warten. Die Umgestaltung oder Änderung der Pipeline (z. B. für einen anderen Biomarker) erfordert technisches Fachwissen in der Planungsphase.

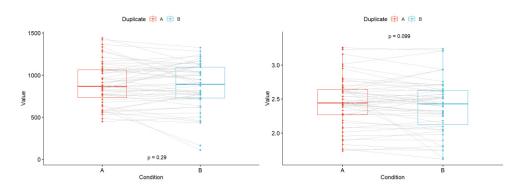


Abbildung 34: Boxplots der transformierten Daten aus den technischen Wiederholungen, mit analysierten SARS-CoV-2-Gen N2 (links) und PMMoV (rechts) Datensätzen



MARIANA KLUGE (PH.D.) 089/289 13712 MARIANA.KLUGE @TUM.DE

SWEDISH RESEARCH
COUNCIL
(SCHWEDEN)

KOOPERATION:

SWEDISH UNIVERSITY
OF AGRICULTURAL
SCIENCES
(SCHWEDEN)

Der Beitrag von Pilzen zum Kohlenstoffkreislauf in subarktischen und arktischen Permafrostgebieten

Der Klimawandel verursacht das Auftauen des Permafrostbodens in der Arktis, der doppelt so viel Kohlenstoff speichert wie die Atmosphäre. Der Tauvorgang führt zum Zusammenbruch der Landschaft und zur Bildung von Tautümpeln, die dieses organische Material aufnehmen und somit als Hotspots für den Kohlenstoffkreislauf gelten. Mikroorganismen sind für den Abbau organischer Verbindungen verantwortlich, was zur Emission von Treibhausgasen (THG) führt. Eine massive Freisetzung von zuvor gefrorenem OM könnte nicht nur die Ökosysteme der Arktis bedrohen, sondern auch den Klimawandel weltweit beschleunigen. Daher ist es wichtig zu verstehen, wie dieses organische Material von mikrobiellen Gemeinschaften in Tautümpeln verarbeitet wird, um die Auswirkungen einer auftauenden Arktis besser einschätzen zu können. Während zu diesem Thema viel geforscht wird, ist eine Gruppe von Mikroorganismen weitgehend unzureichend erforscht: die aquatischen Pilze. Trotz ihrer Rolle als Zersetzer von organischem Material im Boden wissen wir kaum, was Pilze im Wasser tun können. Hier stelle ich mein Postdoc-Projekt vor, das darauf abzielt, das funktionelle Potenzial und die Kohlenstoffkreislaufaktivität aquatischer Pilzgemeinschaften in arktischen Tauweihern zu untersuchen. Wasser und Sediment aus den Teichen werden analysiert und mit Metagenomen, vollständig seguenzierten Pilzisolaten, Daten zur Qualität des gelösten OM, Einzelzellsequenzierung, Kohlenstoffassimilationsassays (DNA/RNA-Stabilisotopen-Sondierung) und Metatranskriptomik kombiniert, um: a) das funktionelle Potenzial aquatischer Pilze in Bezug auf den Kohlenstoffabbau über einen Tau-Gradienten hinweg zu analysieren (von unberührten bis zu degradierten Standorten - Abbildung 35); und b) eine eingehende funktionelle Analyse der Pilzgemeinschaft eines schwedischen Permafrostgebiets, das durch das Auftauen erheblich beeinträchtigt wurde, durchzuführen.

Es wird erwartet, dass degradierte Standorte mit mehr terrestrischem (allochthonem) OM ein höheres Potenzial für den Abbau organischer Verbindungen haben. Andererseits könnte das Teichwasser von unberührten Standorten, das einen höheren Anteil an autochthonem gelöstem OM enthält als degradierte Standorte, ein höheres Potenzial für das Zellwachstum aufweisen. Ich stelle außerdem die Hypothese auf, dass das Sediment im Vergleich zum Wasser die höchste Pilzaktivität für den Abbau von Kohlenstoffverbindungen aufweisen könnte. Dieses Projekt wird das Verständnis für die Rolle aquatischer Pilzgemeinschaften im Kohlenstoffkreislauf in Tautümpeln verbessern, ein wichtiger Schritt zur besseren Einschätzung der Auswirkungen des Klimawandels in Permafrostgebieten.







Abbildung 35: Untersuchte Feldstandorte der arktischen Permafrostregionen



YVONNE BÖSCH (PH.D.) 089/289 13712 YVONNE.BOESCH @TUM.DE

EMMI NOETHER-PROGRAMM DEUTSCHE FORSCHUNGS-GEMEINSCHAFT (DFG)

KOOPERATION:

LEIBNIZ-İNSTITUT FÜR GEWÄSSER-ÖKOLOGIE UND BINNENFISCHEREI (IGB)

Einblick in die Dunkle Materie der Pilze: Ökologie und genetisches Potential von Rozella sp. in der Grossen Fuchskuhle

Pilze sind entscheidend für das Gleichgewicht und die Dynamik vieler Ökosysteme, als Teil von Nährstoffkreisläufen und durch symbiotische Beziehungen mit Pflanzen und Tieren. Trotz ihrer Bedeutung ist ein erheblicher Anteil der Pilz-Taxa, insbesondere in aquatischen Ökosystemen, unerforscht und wird als "Dunkle-Materie" bezeichnet. Die Pilzgruppe Cryptomycota, abundant in aquatischen Lebensräumen, einschließlich Abwasser, bildet einen großen Teil dieser Dunklen Pilz-Materie. Dieses Projekt nutzt moderne molekulare Methoden, um Einblicke in die Ökologie dieser wenig erforschten Organismen zu gewinnen.

Diese Studie fokussiert auf Cryptomycota (auch bekannt als Rozellomycota oder Rozellida) aus der Grossen Fuchskuhle, einem flachen, sauren Hochmoorsee Norddeutschlands. In Zusammenarbeit mit dem Leibniz-Institut für Gewässerökologie haben wir die Anwesenheit von Rozellomycota in der Fuchskuhle durch metagenomische Studien nachgewiesen. Mittels sequenzieller Wasserfiltration und quantitativer PCR lokalisierten wir die höchste Konzentration von Rozellomycota bei 3 Metern Tiefe im lebenden Anteil von Partikeln mit einer Größe von 0,65 µm (Abbildung 36 A). Anschließend isolierten wir mit Laserdissektionsmikroskopie einzelne Rozellomycota-Zellen für die Ganzgenomsequenzierung (Abbildung 36 B). Die erhaltenen DNA-Sequenzen, zusammen mit metagenomischen Daten, werden derzeit bioinformatischen analysiert. Diese Informationen dienen der genetischen und funktionalen Charakterisierung der sequenzierten Rozella-Arten. Die nächsten Schritte beinhalten die Erfassung der saisonalen Häufigkeit von Rozellomycota in Abhängigkeit von chemischen und biologischen Parametern des Seewassers. Hierfür nutzen wir eine 8,5-jährige Zeitreihe von Seeproben, bereitgestellt von unseren Kooperationspartnern am IGB. Diese umfassende Analyse soll Umweltparameter identifizieren, die die Häufigkeit von Rozellomycota beeinflussen, sowie die Rolle dieser Organismen in diesem einzigartigen Ökosystem verstehen helfen.

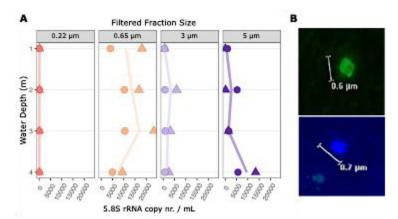


Abbildung 36: A) Abundanz von Cryptomycota ermittelt durch quantitative PCR der 5.8S-rRNA-Sequenz in unterschiedlichen Größenfraktionen (Panele) von Seewasser zunehmender Tiefe. Kreise und Dreiecke repräsentieren normalisierte Wasserproben von jeweils 200 ml, respektive 400 ml. B) Cryptomycota-Zelle, mit WGA (grün) und Calcofluor white (blau) Färbung der Zellwand



IGNACIO
SOTTORFF
NECULHUEQUE
(DR. RER. NAT.)
089/289 13702
I.SOTTORFF
@TUM.DE

Arbeitsgruppe Spurenstoffe in der Umwelt

Bedingt durch das moderne menschliche Leben gelangt eine große Bandbreite von Substanzen mit teilweise starker biologischer Aktivität in die Umwelt. Zu diesen Substanzen zählen neben Erdölbestandteilen, Pestiziden und Industriechemikalien auch Haushaltschemikalien und Arzneimittelwirkstoffe (Schmerzmittel, Antibiotika, Röntgenkontrastmittel, etc.). Zwar finden sich oft nur Spuren (< µg/L) der Substanzen in der Umwelt, jedoch können einige Substanzen auch in diesen Konzentrationen Effekte auf den Menschen und andere Organismen verursachen.

Im Fokus dieser Arbeitsgruppe steht daher die Entwicklung neuer Methoden zum Nachweis von Spurenstoffen in der Umwelt und die Untersuchung der Veränderung von Spurenstoffen durch natürliche und oxidative Prozesse. Ein besonderes Interesse liegt hier in der Wasseranalytik zur Bewertung von Wasseraufbereitungsprozessen und zur Bestimmung des Zustands der aquatischen Umwelt (Abbildung 37).

Einige Schwerpunkte der Arbeitsgruppe im Überblick:

- Erweiterung der Target-Analytik für das Monitoring von Spurenstoffen in der (Ab-)Wasseraufbereitung
- Aufklärung von natürlichen und oxidativen Abbauprozessen und Bestimmung von daraus resultierenden Abbauprodukten
- Entwicklung neuer Methoden zur Bestimmung des Sorptionsverhaltens von Spurenstoffen auf Mikroplastik-Partikel
- Entwicklung einer validierten Probenvorbereitungsmethode zur Untersuchung von Mikroplastik in der Umwelt.
- Etablierung der Analytik zur Bestimmung von perfluorierten Alkylsubstanzen in Wasseraufbereitungsprozessen (PFAS).



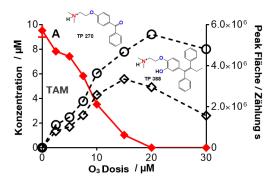


Abbildung 37: Links: AB Sciex QTRAP 5500 Massenspektrometer zur Identifikation von Transformations-produkten. Rechts: Beispiel für die Bildung von Transformationsprodukten bei der Ozonung



HANNA ULRICH (DIPL.-GEOÖK.) HANNA.E.ULRICH @TUM.DE

FÖRDERUNG:
BAYERISCHES
LANDESAMT FÜR
UMWELT
(LFU)

Externe Doktoranden

Untersuchung der PFAS-Belastung im Ablauf kommunaler Kläranlagen mit Hilfe des TOP-Assays

Der Gesamtgehalt an per- und polyfluorierten Alkylsubstanzen (PFAS) in aquatischen Umweltproben kann mit Hilfe des TOP-Assays (Total Oxidizable Precursor Assay) bestimmt werden. Bei dieser Methode werden polyfluorierte Vorläuferverbindungen mittels Oxidation zu den analytisch erfassbaren perfluorierten Carbonsäuren (PFCA) abgebaut. Die mit dem TOP-Assay bestimmten Werte können mit den direkt bestimmten PFCA-Konzentrationen der Zielanalytik verglichen werden, um so den Anteil der unbekannten PFAS an der gesamten PFAS-Konzentration zu ermitteln.

Im Rahmen des Projektes wurden 61 Abwasserproben 31 kommunaler Kläranlagen mittels TOP-Assay untersucht Abbildung 38). In allen Abwasserproben waren PFAS nachweisbar. 21 der 40 untersuchten PFAS-Einzelverbindungen wurden mindestens Konzentrationen Bestimmungsgrenze nachgewiesen. oberhalb der Ergebnisse der PFAS-Zielanalytik zeigen, dass statt der langkettigen PFOA und PFOS vermehrt die kürzerkettigen C4-C6 PFCA, 6:2 FTS und 6:2 FTAB eingesetzt werden. PFPeA, PFHxA, 6:2 FTS und 6:2 FTAB wurden in den höchsten Konzentrationen mit Werten zwischen 1,0 und 3,6 µg/L nachgewiesen.

Für alle untersuchten Kläranlagen konnte eine Zunahme der PFCA-Konzentration nach dem TOP-Assay beobachtet werden. Im Mittel nahm die PFCA-Konzentration um den Faktor 4 zu. Der TOP-Assay liefert damit Hinweise, dass die tatsächliche PFAS-Belastung im Abwasser aufgrund des Vorhandenseins unbekannter Vorläuferverbindungen höher ist als mit der PFAS-Zielanalytik erfasst wird.

Hanna Ulrich ist externe Doktorandin und beim Bayerischen Landesamt für Umwelt angestellt. Betreut wird Hannas Doktorarbeit an der TUM von Jörg Drewes und Thomas Letzel (Gast des Lehrstuhls).

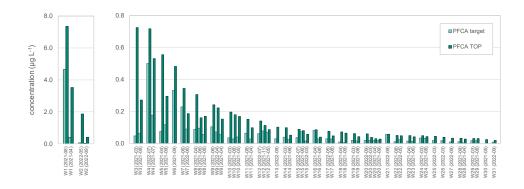


Abbildung 38: PFCA-Konzentration im Abwasser der untersuchten Kläranlagen vor (PFAS-Ziel) und nach der oxidativen Behandlung (PFCA TOP)



MARTINS O.
OMOROGIE
(PH.D.)
MO.OMOROGIE
@TUM.DE

089/28913714

FÖRDERUNG:

ALEXANDER-VON-HUMBOLDT-STIFTUNG

Gastwissenschaftler

Reduzierung von Mikroplastik in der Umwelt in kontaminiertem Wasser durch funktionelle Materialien

Die Bedrohung durch Mikroplastik (MPs) in der Umwelt hat in den letzten Jahren weltweit Anlass zu ernsthafter Besorgnis gegeben. Aufgrund der aufkommenden Gefahren, MP in die Gewässer einzuleiten, besteht ein dringender Handlungsbedarf, um das Ökosystem für Menschen, Flora, Fauna und Wasserlebewesen zu schützen. In dem von der Alexander-von Humboldt-Stiftung geförderten Projekt sollen in einem Versuch dieses Problem zu lösen mit Biokohle immobilisierten Zeolithe (ZIB) entwickelt, synthetisiert und angewendet werden zur wirksamen Entfernung monodisperser Polystyrol-Mikrokügelchen aus kontaminiertem Wasser.

Experimentelle Daten aus dieser Studie zeigten, dass ZIB max. 4,90 mg.g⁻¹ (98 %) monodisperse Polystyrol-Mikrokügelchen aus kontaminiertem Wasser für bei einer Rührzeit von bis zu 180 Minuten adsorbierte (Abbildung 39). Weitere Untersuchungen ergaben außerdem, dass ZIB 0,44 bis 4,97 mg.g⁻¹ (8,8 bis 99,4 %), 0,38 bis 4,94 mg.g⁻¹ (7,60 bis 98,8 %) und 0,38 bis 4,91 mg.g⁻¹ (7,60 bis 98,2 %) bei verschiedenen Temperaturen von 20 °C, 35 °C bzw. 50 °C adsorbierte. Dieser Trend ist auf die Mobilität der monodispergierten Polystyrol-Mikrokügelchen in den aktiven Stellen und Poren von ZIB zurückzuführen, die auf den Temperaturanstieg und die Zunahme der kinetischen Energie der monodispergierten Polystyrol-Mikrokügelchen bei ihrer Wanderung zur Oberfläche von ZIB zurückzuführen ist.

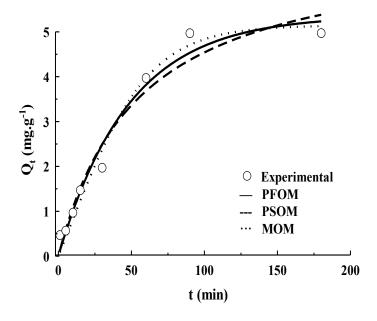


Abbildung 39: Plot von Q_t (mg.g-1) gegen t (min) (Adsorbent Dosis: 0.05 g, Schüttelzeit: 1-180 min, Temperatur: 20 °C, Anfangskonzentration: 10 mg.L-1, pH: 7.0)



ENRICA CIOTOLA (M.SC.) ENRICA.CIOTOLA @TUM.DE

FÖRDERUNG: PON-REACTEU

KOLLABORATION:

UNIVERSITÄT

NEAPEL

FEDERICO II

(ITALIEN)

Effekte des Niederfrequenz-Ultraschallverfahrens auf mit organischen Spurenstoffen verunreinigten Faulschlamm

Anaerob ausgefaulter Schlamm (ADS) ist das Ergebnis der anaeroben Faulung, einer der wichtigsten Strategien, die sowohl zur Stabilisierung als auch zur Verringerung der Klärschlammmengen eingesetzt werden. Trotz der Düngeeigenschaften von ADS stellt das Vorhandensein von persistenten organischen Schadstoffen eine Grenze für seine sichere Verwendung als Bodenverbesserungsmittel dar. Es ist bekannt, dass die Niederfrequenz-Ultraschallbehandlung von Klärschlamm (US) die Hydrolyse der organischen Substanz fördert und die Methanproduktionskinetik bei der Vergärung von Klärschlamm verbessert. Der hohe Energieaufwand für den Betrieb von US-Geräten wird jedoch nicht durch den Energiegewinn aus dem zusätzlichen Methan ausgeglichen, das durch US-behandelten Klärschlamm entsteht.

In den letzten Jahren hat die US-Behandlung wegen der Verringerung der Konzentrationen von organischen Spurenstoffen (TrOC) im Schlamm an Aufmerksamkeit gewonnen, aber nur wenige Arbeiten versuchen, eine Gesamtmassenbilanz der TrOCs nach der US-Behandlung des Schlamms zu erstellen. Ziel dieser Arbeit ist daher die Bewertung der Auswirkungen der niederfrequenten US-Behandlung auf kontaminierte ADS. Auf diese Weise konzentrieren sich die nicht-selektiven US-Effekte nur auf die schwer abbaubaren organischen Stoffe, was wahrscheinlich eine Reduzierung des Energieeinsatzes ermöglicht. Für diese Studie wurden ADS-Proben aus zwei verschiedenen Kläranlagen in Süd-Extrak Phase



Abbildung 40: Soxhlet-Extraktion aus der festen Phase

traktionsverfahren auf der Grundlage von Soxhlet für die qualitative und quantitative Analyse von 33 verschiedenen neu auftretenden Schadstoffen in der festen Phase des ADS entwickelt (Abbildung 40), bei denen es sich hauptsächlich um pharmazeutische Wirkstoffe handelt. Die Konzentrationen sowohl in der festen als auch in der flüssigen Phase des Klärschlamms wurden durch LC-MS/MS-Messungen quantifiziert, was Aufschluss über das Vorhandensein von TrOCs und auch über deren Verteilung vor und nach der Behandlung gibt.

Die US-Behandlung erhöhte den gelösten CSB je nach Energieeinsatz um bis zu 330 % und beeinflusste das Verteilungsverhalten der TrOCs, wobei sich die Verteilung der Schadstoffe sowohl in der festen als auch in der flüssigen Phase veränderte. Die Verringerung der TrOCs-Konzentration in der festen Phase hing von den Anfangskonzentrationen der Schadstoffe und ihren physikalisch-chemischen Eigenschaften, aber auch von den Eigenschaften des Schlamms ab und war hauptsächlich mit der Desaggregation der Flocken und der daraus resultierenden Zunahme der Löslichkeit der organischen Stoffe in der flüssigen Phase verbunden.



DANDAN ZHAO
(PH.D.)

DANDAN.ZHAO
@AALTO.FI

KOLLABORATION:

AALTO
UNIVERSITY
(FINLAND)

Lab to Water

Trotz zunehmender Anstrengungen und Zusagen in den letzten Jahren sind wir nicht auf dem richtigen Weg, die Ziele für nachhaltige Entwicklung bis 2030 zu erreichen, insbesondere einige Entwicklungsländer in Asien und Afrika sind bei fast allen Sustainable Development Goals (SDGs) im Rückstand. Regionale Ungleichheit ist ein unvermeidliches Problem bei der Förderung der SDGs. Einige Studien haben herausgefunden, dass gleichstellungsbezogene Ziele wie gerechte und hochwertige Bildung (SDG4), Gleichstellung der Geschlechter (SDG5) und Verringerung der Ungleichheit (SDG10) eng mit der übergreifenden 2030-Agenda verbunden sind (Pham-Truffert et al., 2020; Carl et al., 2022), da diese drei SDGs für das menschliche Wohlergehen und die soziale Stabilität, die die wichtigsten Grundlagen für alle SDGs sind, von großer Bedeutung sind.

Die derzeitige Literatur über die Verknüpfungen zwischen den SDGs lässt sich in erster Linie in qualitative Bewertungen wie Expertenwissen oder Scoring-Bewertungen zur Quantifizierung von Kompromissen oder Synergien zwischen den SDGs und in quantitative Korrelationsanalysen wie die Pearson-Korrelationsanalyse, die Spearman-Korrelationsanalyse oder die multiple Faktorenanalyse usw. zur Einschätzung der Wechselwirkungen zwischen den SDGs einteilen. Keine der Studien hat ein statistisches Kausalitätsmodell erstellt, da dieser Ansatz bei der Interpretation einiger Wechselwirkungen zu verzerrten Ergebnissen führen könnte.

Die übergreifende Forschungsfrage, auf die sich Dr. Zhao während ihres Forschungsaufenthalts an der TU München konzentrierte, lautete: "Die Rolle der Gleichheit (regional, soziales Geschlecht) bei der Förderung der SDGs durch die Nutzung von Synergien und die Bewältigung von Zielkonflikten".



HARUKA TAKEUCHI (PH.D.) HARUKA.TAKEUCHI @TUM.DE

Entwicklung eines photokatalytischen Membransystems zur Entfernung organischer Spurenchemikalien

Die Wiederverwendung von Wasser hat in den letzten Jahren als Reaktion auf die steigende Wassernachfrage erheblich zugenommen. In Japan wird Brauchwasser seit den 1980er Jahren in mehreren Städten wiederverwendet, hauptsächlich für städtische Anwendungen wie Toilettenspülung, Anreicherung von Wasser aus städtischen Flüssen und Landschaftsbewässerung. Um die Kosten und den Energieverbrauch zu senken, haben japanische Forschungsgruppen vielversprechende Technologien für die Wiederverwendung von Wasser entwickelt, auch wenn sich einige von ihnen noch im Labormaßstab befinden. Photokatalytische Membranen können eine vielversprechende Technologie zur Entfernung von organischen Spurenchemikalien (TrOCs) und Antibiotikaresistenzgenen im Abwasser bei geringerem Chemikalien- und Energieverbrauch sein.

Ziel dieser Studie ist die Entwicklung eines photokatalytischen Membransystems zur Entfernung von organischen Spurenstoffen in Abwässern. Das in dieser Studie verwendete photokatalytische Membransystem besteht aus einem UV-Bestrahlungsgerät und einer flachen Keramikmikrofiltration mit einer TiO2-Kuchenschicht auf der Oberfläche. Die Betriebsleistung und die Entfernungsleistung des photokatalytischen Membransystems wurden unter verschiedenen Betriebsbedingungen bewertet.

Die photokatalytische Membran zeigte eine hohe Entfernungswirkung für 11 TrOCs in reinem Wasser, aber die Fänger (DOC, Nitrit und Bikarbonat) in Leitungswasser und sekundärem Abwasser verursachten eine signifikante Abnahme der TrOC-Entfernung. Um den Fängereffekt zu überwinden und die Entfernungsleistung zu verbessern, war eine Verringerung des Permeatflusses bei Leitungswasser wirksam, und eine Erhöhung der UV-Intensität war bei sekundärem Abwasser aufgrund der erhöhten Radikalbelastung wirksamer. Die Auswirkung der UV-Bestrahlung auf die Kontrolle der Membranverschmutzung wurde auch während des Kurzzeitbetriebs untersucht. Die Foulingbildung wurde durch eine Erhöhung der UV-Intensität mit 365 nm aufgrund des verbesserten Photodegrades und des radikalischen Abbaus möglicher Foulants abgeschwächt. Die UV-LED-Lampe mit einer Wellenlänge von 365 nm, die eine hohe UV-Intensität bei geringem Stromverbrauch bieten kann, hat das Potenzial, die TrOCs im sekundären Abwasser abzubauen und die Membranverschmutzung zu kontrollieren.

Internationale Kooperationspartner

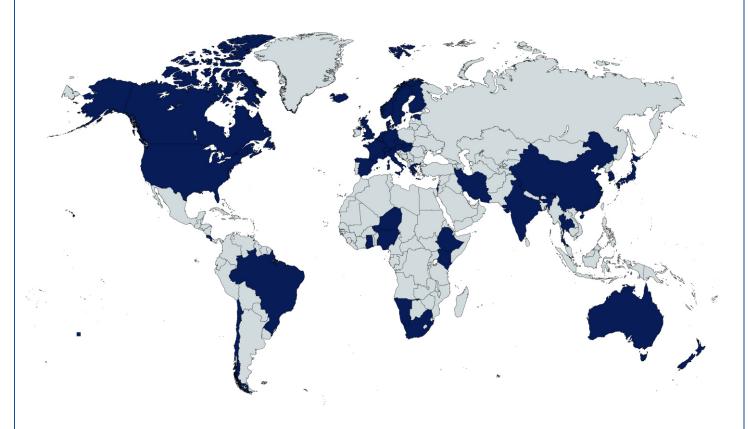


Abbildung 41: Internationale Kooperationspartner des Lehrstuhls

Land	Institutionen
Äthiopien	Addis Ababa Institute of Technology
	Addis Ababa Science and Technology University
Australien	Murdoch University
	University of New South Wales University of Newcastle
	University of Queensland
	University of Southern Queensland
Brasilien	Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais Federal Center of Technological Education of Minas Gerais
	Instituto de Botânica Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais
	Universidade Federal da Bahia
	Universidade Federal de Minas Gerais
	Universidade Federal de Pernambuco
	Universidade Federal de Viçosa
Belgien	Flemish Institute for Technological Research
Chile	Universidad Andrés Bello
China	Beijing University of Technology
	City University of Hong Kong
	Nankai University Southwest Petroleum University China
	The University of Hong Kong
	Tsinghua University
	University of Chinese Academy of Sciences
Costa Rica	University of Costa Rica
Dänemark	Aarhus University
	European Environment Agency, Denmark
	Technical University of Denmark
Estland	University of Tartu
Finnland	Aalto University Oulu University
	University of Jyväskylä
Frankreich	INRAE
Ghana	Kwame Nkrumah University of Science and Technology
Griechenland	Democritus University of Thrace
	National and Kapodistrian University of Athens
India	Agharkar Research Institute
	Indian Institute of Science Bangalore
Iran	Indian Institute of Technology Bombay Isfahan University of Technology
Island	University of Iceland
Israel	Hebrew University of Jerusalem
	Tel Aviv University
Italien	University of Ferrara University of Brescia
Japan	Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology
	National Institute for Environmental Studies of Japan
	The University of Tokyo
	Toho University
	University of Wakayama Yokohama National University
	Tokonama National Oniversity

weiter auf der nächsten Seite

Land	Institutionen
Kanada	Université du Québec à Chicoutimi Université du Québec à Montréal
Kenia	University of Montreal Jomo Kenyatta University of Agriculture and Technology
Luxembourg	Luxembourg Institute of Science and Technology
Namibia	Namibia University of Science and Technology
Neuseeland	AgResearch
	Centraalbureau voor Schimmelcultures
Niederlande	Delft University of Technology KWR Watercycle Research Institute Radboud University Nijmegen University of Amsterdam Wageningen University & Research
Niger	Abdou Monmouni University Niamey
Nigeria	Adekunle Ajasin University, Akungba Alex Ekwueme Federal University Ndufu-Alike Ikwo Bayero University Federal University Dutse Obafemi Awolowo University Redeemer's University University of Ibadan
Norwegen	Norwegian Geotechnical Institute University of Bergen University of Oslo University of Tromsø – The Arctic University of Norway
Österreich	University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna University of Vienna Vienna University of Technology
Schweden	Chalmers University of Technology Lund University Stockholm University Swedish University of Agricultural Sciences University of Gothenburg Uppsala University
Schweiz	Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tanikon Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology Swiss Federal Institute of Technology Lausanne Swiss Federal Institute of Technology Zurich University of Applied Sciences Northwestern Switzerland University of Zurich
Singapur	Nanyang Technological University National University of Singapore
Slowakei	Environmental Institute, Slovakia
Spanien	Catalan Institute for Water Research CSIC Polytechnic University of Catalonia University of Barcelona
Südafrika	University of Cape Town Vaal University of Technology
Südkorea	Chonnam National University Kangwon National University Seoul National University

weiter auf der nächsten Seite

Land	Institutionen
Thailand	Mae Fah Luang University
Tschechien	University of Chemistry and Technology, Prague
Ungarn	University of Pannonia
Vereinigte Staaten	Arizona State University Colorado School of Mines Connecticut Agricultural Experiment Station Cornell University Drexel University Georgia Institute of Technology Institute of Ecosystem Studies Johns Hopkins University Massachusetts Institute of Technology Michigan State University Northwestern University Oklahoma State University San Diego State University Santa Ana Watershed Project Authority Southern Nevada Water Authority University of Arizona University of California at Berkeley University of Colorado Boulder University of Michigan, Ann Arbor University of North Carolina at Chapel Hill University of Oxford University of York
Vereinigtes Königreich	Aberystwyth University Cranfield University University of Glasgow

Nationale & Internationale Gremienarbeit

DWA-Arbeitsgruppen

Brigitte Helmreich ist aktiv tätig in verschiedenen Arbeitsgruppen der DWA. Sie ist stellvertretende Obfrau des DWA-Fachausschusses ES-3 "Anlagenbezogene Planung", Sprecherin der Arbeitsgruppe DWA-ES-3.1 "Versickerung von Niederschlagswasser", Mitglied der Arbeitsgruppen DWA-ES-3.11 "Multifunktionale Flächen", DWA-ES-3.7 "Dezentrale Anlagen zur Niederschlagswasserbehandlung" und DWA-ES-1.2 "Stoffeinträge in Entwässerungssysteme". Zudem ist sie aktives Mitglied im DWA-Fachausschuss IG-2 "Branchenspezifische Industrieabwässer und Abfälle".

Jörg E. Drewes engagiert sich im DWA-Fachausschuss KA-8 "Weitergehende Abwasserbehandlung", in den DWA-Arbeitsgruppen Biz 11.4 "Wasserwiederverwendung", KA-8.1 "Anthropogene Stoffe im Wasserkreislauf" und KA-8.4 "Wasserwiederverwendung".

Benedikt Aumeier ist aktiv in der **DWA-Arbeitsgruppe KA-8.4**, die aktuell das DWA-M 1200 "*Wasserwiederverwendung für landwirtschaftliche und urbane Zwecke in Deutschland*" in drei Teilen erarbeitet. Die Veröffentlichung des Gelbdrucks ist für 2024 geplant.

Wasserchemische Gesellschaft

Christian Wurzbacher arbeitet aktiv im Fachausschuss "Pathogene und Antibiotikaresistente Bakterien im Wasserkreislauf", einem Unterausschuss der Deutschen Wasserchemischen Gesellschaft mit. Die Gruppe erarbeitet den aktuellen Wissensstand und Perspektiven im Umgang mit Pathogenen im Wasserkreislauf.

Benedikt Aumeier bringt sich aktiv ein zwei Fachausschüssen der **Deutschen Wasserchemischen Gesellschaft** ein: "*Persistente, mobile und toxische (PMT) Stoffe*" und "*Physikalische Prozesse – Membranverfahren*".

Trinkwasserkommission

Jörg E. Drewes wurde 2023 in eine neue Periode der Trinkwasserkommission beim Bundesministerium für Gesundheit/Umweltbundesamt berufen und fungiert dort als stellvertretender Sprecher. Die Trinkwasserkommission berät das BMG und UBA bei allen Belangen der Trinkwasserverordnung (TrinkwV).

Zeitschriften - Redakteur

Christian Wurzbacher ist seit 2016 Fachredakteur der Zeitschriften *Fungal Biology, MycoKeys* und *Biodiversity Data Journal*.

Konrad Koch ist Mitglied des Redaktionsbeirates (Editorial Board Member) bei den Zeitschriften *Bioresource Technology* und *Environmental Technology & Innovation*. Außerdem war bzw. ist er Gast-Editor der Special Issue der Zeitschrift *Bioresource Technology* zum Thema "Anaerobic Digestion for Energy Security and Climate Change Mitigation" sowie der Zeitschrift *Environmental Technology & Innovation* zum Thema "Organic carbon recycling for net zero emissions and sustainable organic carbon flow between urban and rural areas".

Nachwuchsförderung / Workshops / Sonstige Aktivitäten

Wir freuen uns, dass die **Roland-Mall-Stiftung** in 2023 drei begabten Studierenden aus dem Bereich Wasser und Umwelt ein Stipendium von monatlich 500 € über die gesamte Regelstudienzeit des Masterstudiums überreichen konnte. Die ausgewählten Studierenden **Mattia Digiusto** (Master Umweltingenieurwesen) und **Lucas Bruckbeck** (Master Bauingenieurwesen) wurden aufgrund ihres bisherigen Engagements und Werdegangs ausgesucht.

50. Abwassertechnisches Seminar – Jubiläumsveranstaltung zu 50 Jahren Abwasserforschung – Impulse für die Zukunft

Im Jahr 2023 haben wir ein wichtiges Jubiläum gefeiert. Das Abwassertechnische Seminar (ATS) am Lehrstuhl jährte sich zum 50. Mal. Dies nahmen wir zum Anlass, dass 50. ATS als zweitägige Konferenz am 5./6. Juli 2023 im Science Congress Center am TUM Campus Garching durchzuführen. Das 50. ATS-Jubiläum war Anlass, die Entwicklungen in den Feldern Entwässerungssystemen, Regenwassermanagement, der biologischen Abwasserbehandlung und weitergehenden Abwasserreinigung, Automatisierung, Ressourcenrückgewinnung und Wasserwie-

derverwendung über fünf mit ausge-Jahrzehnte wählten führenden pert:innen und der interessieren Fachöffentlichkeit Revue passieren zu lassen und einzuschätzen, welche Trends und Empfehlungen sich für den gesamten Abwassersektor in der Zukunft ableiten lassen. Folgende externe Expert:innen haben unser Programm bereichert: Prof. Jurg Keller, Prof. Theo Schmitt, Stefan Brückmann. Prof. Karl-Heinz Rosenwinkel, Prof. Harald Horn, Prof. Susanne Lackner, Prof. Jörg Krampe, Prof. Eberhard Morgen-



Abbildung 42: Podiumsdiskussion des 50. ATS

roth, Prof. Heidrun Steinmetz, Prof. Martin Jekel, Prof. Thomas Wintgens, Prof. Dr. Lilian Buse, Dr. Nadine Scheyer und Prof. Martin Grambow.

Dies war ein echtes Highlight des Jahres! Wir bedanken uns bei allen, die zum Gelingen dieses Jubiläums-ATS beigetragen haben.

12. Aqua Urbanica 2023

Wir freuen uns, dass wir dieses Jahr erstmalig die Aqua Urbanica am Standort der TU München veranstalten konnten. Die Aqua Urbanica ist eine wissenschaftliche- und praxisbezogene Veranstaltungsserie, die seit 2011 die Niederschlagswasser- und Mischwasserbewirtschaftung im urbanen Bereich in den Mittelpunkt stellt. Sie wird einmal jährlich von einem der sechs universitären D-A-CH-Kooperationspartner (TU München, RPTU Kaiserslautern-Landau, TU Graz, Universität Innsbruck OST Rapperswil und Eawag-ETH Zürich,) gemeinsam mit dem jeweiligen nationalen Verband (DWA, ÖWAV und VSA) rotierend organisiert.

Schwerpunkt der diesjährigen Aqua Urbanica 2023 zum Thema "Die wasserund schadstoffbewusste Stadt - Klimangepasstes Regenwassermanagement trifft Schadstoffproblematik" lag



Abbildung 43: Übergabe des "Staffelstabs" der Aqua Urbanica an den nächstjährigen Organisator, die TU Graz (Brigitte Helmreich und Günter Gruber)

auf den wasserwirtschaftlichen Chancen und Risiken bei der Anpassung an den Klimawandel im urbanen Raum in Zusammenhang mit der Schadstoffthematik. Wir konnten durch die vielfältigen und spannenden Beiträge ein abwechslungsreiches Programm mit Vorträgen und Postern zusammenstellen und hatten einen weitreichenden Erfahrungsaustausch und spannende Diskussionen über die einzelnen Ländergrenzen hinaus. Verstärkt wurde die Tagung durch zahlreiche Hersteller, die aktuelle Produkte zur Thematik präsentierten. Insgesamt waren aus der gesamten D-A-CH-Region Teilnehmer:innen aus Kommunen, Planungsbüros, universitären Einrichtungen und wasserwirtschaftlichen Behörden vertreten sowie unterschiedliche Hersteller aus dem Bereich der Siedlungsentwässerung.

Scienclisten

Im Jahr 2023 wurden auf dem Arbeitsweg insgesamt über 7.339 km durch die MitarbeiterInnen des Lehrstuhls für Siedlungswasserwirtschaft zusammen geradelt. Dies entspricht einer CO₂-Einsparung von rd. 1,1 Tonnen im Vergleich zum Auto bzw. 2,8 Tonnen im Vergleich zum Flugzeug (economy class).



Betriebsausflug im November 2023





Abbildung 44: Betriebsausflug auf der Bowlingbahn Bergkirchen.

Unser Betriebsausflug führte uns dieses Jahr am 25. Juli auf die Bowlingbahn Bergkirchen nahe Dachau. Eigentlich war eine Kanu-Tour auf der Altmühl geplant, diese musste jedoch wegen schlechten Wetters kurzfristig abgesagt werden. Nichtsdestotrotz war die Stimmung bestens, es kamen unerwartete Bowling-Talente zum Vorschein und man ließ den Tag gemeinsam im "Alter Wirt" ausklingen. Besonderer Dank geht an Daniel Nieß für die tolle Organisation angesichts der kurzfristig nötigen Planänderung.

Geplante Veranstaltungen in 2024

33. Wassertechnisches Seminar 2024

Am 20. Juni 2023 trat die neue Trinkwasserverordnung in Deutschland in Kraft, die wesentliche Elemente der neuen EU Trinkwasserrichtlinie umsetzt. Weitere Anforderungen betreffen die Trinkwassereinzugsgebieteverordnung, die am 5. Dezember 2023 in Kraft trat und in der das Konzept des Risikomanagements weiter konkretisiert wird. Die Anforderungen an Betreiber von Wasserversorgungsanlagen und Gesundheitsämter, die in diesen Verordnungen geregelt sind, sind erheblich.

Neue Anforderungen betreffen eine umfangreiche risikobasierte Einschätzung des Einzugsgebietes, der Wasseraufbereitungsanlage sowie der Verteilungsnetze bis hin zu den Verbraucherinnen und Verbrauchern. Darüber hinaus gibt es Anpassungen bei Betriebsparametern und Neuerungen bei chemischen Wasserqualitätsparametern bzw. Grenzwertverschärfungen sowie bei einigen mikrobiologischen Parametern, z. B. somatische Coliphagen, PFAS, Bisphenol A, Blei, Chrom oder Arsen.

Im 33. Wassertechnischen Seminar diskutierten wir daher mit ausgewiesenen Expertinnen und Experten die Umsetzung dieser Anforderungen in die Praxis, insbesondere unter den Randbedingungen der eher kleinteiligen Struktur der bayerischen Trinkwasserversorgung. Das Seminar richtete sich vornehmlich an Kommunen, Trinkwasserversorger, Gesundheitsämter, Landeseinrichtungen, Planungsbüros sowie Gutachter und Sachverständige. Die Veranstaltung fand am 28. Februar 2024 als virtuelles Seminar statt.

51. Abwassertechnisches Seminar 2024

Das 51. Abwassertechnische Seminar (ATS) wird ganz im Zeichen der neuen EU-Kommunalabwasserrichtlinie (EU-KARL) stehen, die mit ihren ambitionierten Zielsetzungen wegweisende und weitreichende Impulse für die kommunale Abwasserbehandlung und Schutz der Gewässer setzen wird. Sie stellt damit einen Eckstein des European Green Deal Policy dar. Im 51. ATS werden wir uns schwerpunktmäßig dem neuen rechtlichen Rahmen, dem Umgang mit Mischwasser, den Anforderungen zur weitergehenden Abwasserreinigung zur Spurenstoffelimination), dem Ziel der Energieneutralität und weiteren neuen Anforderungen und Implikationen widmen. Dazu laden wir namhafte Expert:innen ein, die uns die Novelle vorstellen und mit denen wir die Implikationen insbesondere für Bayern lebhaft diskutieren werden. Das 51. ATS wird am 3. Juli 2024 im Bürgerhaus der Stadt Garching in Präsenz stattfinden. Informationen zur Anmeldung und für Firmen/Aussteller finden Sie online: http://sww.bgu.tum.de/ats

Wir freuen uns auf Ihr Kommen!

Publikationen

Wissenschaftliche Zeitschriften (Peer-reviewed)

- 1) Adeleye, A.T.; John, K.I.; Helmreich, B. (2023): Recent strategies for the remediation of Ivermectin from the environment: A critical review. Journal of Water Process Engineering 56, 104334.
- 2) Al-Azzawi, M.S.M.; Kunaschk, M.; Mraz, K.; Freier, K.P.; Knoop, O.; Drewes, J.E. (2023): Digest, stain and bleach: Three steps to achieving rapid microplastic fluorescence analysis in wastewater samples. Science of The Total Environment 863, 160947.
- 3) Bardi, M.J.; Mutunga, J.M.; Ndiritu, H.; Koch, K. (2023): Effect of pyrolysis temperature on the physiochemical properties of biochar and its potential use in anaerobic digestion: A critical review. Environmental Technology & Innovation 32, 103349.
- 4) Bardi, M.J.; Vinardell, S.; Astals, S.; Koch, K. (2023): Opportunities and challenges of adding trace elements in anaerobic digestion - A critical review. Renewable and Sustainable Energy Reviews 186, 113689.
- 5) Bayode, A.; Anthony, E.T.; Ore, O.T.; Moses O.A.; Koko, D.T.; Unuabonah, E.I.; Helmreich, B.; Omorgie, M.O. (2023): A review on the versatility of Carica papaya seed-an agrogenic waste for the removal of organic, inorganic and microbial contaminants in water. Journal of Chemical Technology & Biotechnology, 98 (9), 2095-2109.
- 6) Bayode, A.; Folorunso, M.; Helmreich, B.; Omorogie, M.O. (2023): Biomass-tuned reduced graphene oxide@Zn/Cu: Benign materials for the cleanup of selected non-steroidal anti-inflammatory drugs in water. ACS Omega 8 (8), 7956-7967.
- 7) Behringer, M.; Hilbig, H.; Helmreich, B.; Machner A. (2023): Effect of the pH on the interaction of hydrotalcite with dyes from textile wastewater. Ce/Papers 6, 194-200.
- 8) Bein, E.; Seiwert, B.; Reemtsma, T.; Drewes, J.E.; Hübner, U. (2023): Advanced oxidation processes for removal of monocyclic aromatic hydrocarbon from water: Effects of O3/H2O2 and UV/H2O2 treatment on product formation and biological post-treatment. Journal Hazardous Material 450, 131066.
- 9) Bein, E.; Sierra Olea, M.; Petersen, S.; Drewes, J.E.; Hübner, U. (2023): Ozonation of gabapentin in water Investigating reaction kinetics and transformation mechanisms of a primary amine using isotopically labeled ozone. Environmental Science & Technology 57, 18825–18833.
- 10) Cao, L.; Garcia, S.L.; Wurzbacher, C. (2023): Establishment of microbial model communities capable of removing trace organic chemicals for biotransformation mechanisms research. Microbial Cell Factories 22(1), 245.
- 11) Cao, S.; Cheng, Z.; Koch, K.; Fang, J.; Du, R. Peng, Y. (2024): Municipal wastewater driven partial-denitrification (PD) aggravated nitrous oxide (N2O) production. Journal of Cleaner Production 434, 139916.
- 12) Cao, S.; Koch, K.; Drewes, J.E.; Du, R. (2023): Re-evaluating the Necessity of High-Rate Activated Sludge Processes for Mainstream Anammox. Environmental Science & Technology 57 (5), 1851-1854.
- 13) Cao, S.; Koch, K.; Duan, H.; Wells, G.F.; Ye, L.; Zhao, Y.; Du, R. (2023): In a quest for high-efficiency mainstream partial nitritation-anammox (PN/A) implementation: One-stage or two-stage? Science of The Total Environment 883, 163540.
- 14) Casabella-Font, O.; Ponzelli, M.; Papapanou, M.; Balcazar, J.L.; Pijuan, M.; Radjenovic, J. (2023): Impact of graphene oxide addition on pharmaceuticals removal in anaerobic membrane bioreactor. Bioresource Technology 383, 129252.
- 15) Chingate, E.; Drewes, J.E.; Farré, M.J.; Hübner, U. (2023): OrbiFragsNets. A tool for automatic annotation of orbitrap MS2 spectra using networks grade as selection criteria. MethodsX 11, 102257.

- 16) Elad, T.; Philipsen Hally, M.; Domingo-Félez, C.; Knoop; O.; Drewes, J.E.; Valverde-Pérez, B.; Smets, B.F. (2023): Exploring the effects of intermittent aeration on the performance of nitrifying membrane-aerated biofilm reactors. Science of the Total Environment 891, 164329.
- 17) Feickert Fenske, C.; Kirzeder, F.; Strübing, D.; Koch, K. (2023): Biogas upgrading in a pilot-scale trickle bed reactor Long-term biological methanation under real application conditions. Bioresource Technology 376, 128868.
- 18) Feickert Fenske, C.; Md, Y.; Strübing, D.; Koch, K. (2023): Preliminary gas flow experiments identify improved gas flow conditions in a pilot-scale trickle bed reactor for H2 and CO2 biological methanation. Bioresource Technology 371, 128648.
- 19) Feickert Fenske, C.; Strübing, D.; Koch, K. (2023): Biological methanation in trickle bed reactors a critical review. Bioresource Technology 385, 129383.
- 20) Grabowski, Z.; Fairbairn, A.J.; ·Teixeira, L.H.; Micklewright, J, Fakirova, E.; ·Adeleke, E.; Meyer, S.T.; Traidl-Hoffmann, C.; Schloter, M. · Helmreich, B. (2023): Cosmopolitan conservation: the multi-scalar contributions of urban green infrastructure to biodiversity protection. Biodiversity and Conservation 32, 3595–3606.
- 21) Hübner, U.; Müller, J.; Zech, T.; Knoop, O.; Daub, B.; Keysers, C.; Metzger, S. Drewes, J.E. (2023): Herausforderungen bei der Bewertung der Spurenstoffelimination am Beispiel der Kläranlage Weißenburg. Korrespondenz Abwasser 70(9), 675-686.
- 22) Illic, N.; Andalib, A.; Lippert, L.; Knoop, O.; Franke, M.; Bräutigam, P.; Drewes, J.E.; Hübner, U. (2023): Ultrasonic degradation of GenX Performance comparison to PFOA and PFOS at high frequencies. Chemical Engineering Journal 472, 144630.
- 23) John, K.I.; Omorogie, M.O.; Adeleye, A.T.; Bayode, A.A.; Helmreich, B. (2023): Environmental microplastics distribution: Impact and determination methods. Journal of Analytical Chemistry 78 (9), 1199-1212.
- 24) John, K.I.; Omorogie, M.O.; Bayode, A.A.; Adeleye, A.T.; Helmreich, B. (2023): Environmental microplastics and their additives a critical review on advanced oxidative techniques for their removal. Chemical Papers 77, 657–676.
- 25) Nilsson, R. H.; Ryberg, M.; Wurzbacher, C.; Tedersoo, L.; Anslan, S.; Põlme, S.; et.al.; Abarenkov, K. (2023): How, not if, is the question mycologists should be asking about DNA-based typification. MycoKeys, 96, 143.
- 26) Nong, Y.-J.; Zhang, Y.-L.; Hübner, U.; Wang, W.-L.; Wu, Q.-Y.; Huang, N.; Drewes, J.E.; Hu, H.-Y. (2023): Roles of radical species in vacuum-UV/UV/peroxydisulfate advanced oxidation processes and contributions of the species to contaminant degradation at different water depths. Journal of Hazardous Materials 446, 130660.
- 27) Oladoja, N.A.; Ajayi, A.; Lawal, I.A.; Ogunniyi, J. A.; Helmreich, B. (2023): Tuning Charcoal to Functional Reactive Filter Material for Groundwater Defluoridation. Environmental Science: Water Research & Technology 9, 1466 1479.
- 28) Ponzelli, M.; Nguyen, H.; Drewes, J.E.; Koch, K. (2023): Improved Recovery of Overloaded Anaerobic Batch Reactors by Graphene Oxide. Sustainability 15 (3), 2224.
- 29) Reid, E.; Igou, T.; Zhao, Y.; Crittenden, J.; Huang, C.-H.; Westerhoff, P.; Rittmann, B.; Drewes, J.E.; Chen, Y. (2023): The Minus Approach Can Redefine the Standard of Practice of Drinking Water Treatment. Environmental Science & Technology 57 (18), 7150-7161.
- 30) Silva, A.F.R.; Lebron, Y.A.R.; Moreira, V.R.; Ribeiro, L.A.; Koch, K.; Amaral, M.C.S. (2023): High-retention membrane bioreactors for sugarcane vinasse treatment: Opportunities for environmental impact reduction and wastewater valorization. Journal of Environmental Management 329, 117001.
- 31) Sperle, P.; Khan, M.S.; Drewes, J.E.; Wurzbacher, C.; (2023): A practical bacterial biodosimetry procedure to assess performance of lab-scale flow-through ultraviolet water disinfection reactors. ACS ES&T Water 3 (8), 2130-2139.
- 32) Sperle, P.; Khan, M.S.; Skibinski, B.; Wurzbacher, C.; Drewes, J.E. (2023): Optimizing UVC-disinfection using LEDs as an energy efficient pre-treatment for biofouling control in spiral-wound membrane systems. Desalination 557, 116589.

- 33) Sperle, P.; Mirlach, A.; Linden, K.; Hübner, U.; Drewes, J.E. (2023): An actinometric method to characterize performance of reflecting UVC reactors used for water treatment. Water Research 230, 119543.
- 34) Steindl, M.; Dandikas, V.; Lichti, F.; Höcherl, S.; Koch, K. (2023): A comprehensive study on the consequences of substituting energy crops by agricultural waste biomass and by-products for biogas production in Germany. Renewable Energy 219, 119541.
- 35) Steindl, M.; Dandikas, V.; Lichti, F.; Höcherl, S.; Koch, K. (2023): The importance of inspecting the inoculum's methane production for estimating kinetic parameters in biochemical methane potential tests. Bioresource Technology 378, 128963.
- 36) Uchaikina, A.; Mitranescu, A.; Kau, A.-S.; Kluge, M.; Stange, C.; Ho, J.; Tiehm, A.; Wurzbacher, C.; Drewes, J.E. (2023): Abwasserepidemiologie für SARS-CoV-2-Biomarker: tageszeitliche Schwankungen der Biomarker in Abhängigkeit von der Gemeindegröße. Vom Wasser 121 (3), 86-88.
- 37) Wilhelm, A.; Schoth, J.; Meinert-Berning, C.; Bastian, D.; Blum, H.; Elsinga, G.; Graf, A.; Heijnen, L.; Ho, J.; Kluge, M.; Krebs, S.; Stange, C.; Uchaikina, A.; Dolny, R.; Wurzbacher, C.; Drewes, J.E.; Medema, G.; Tiehm, A.; Ciesek, S.; Teichgräber, B.; Wintgens, T.; Weber, F.-A.; Widera, M.K. (2023): Interlaboratory comparison using inactivated SARS-CoV-2 variants as a feasible tool for quality control in COVID-19 wastewater monitoring. Science of The Total Environment 903, 166540.
- 38) Yu-Jia Nong, Y.; Zhang, Y.; Hübner, U.; Wang, W.; Wu, Q.; Huang, N.; Drewes, J.E.; Hu, H. (2023): Roles of radical species in vacuum-UV/UV/peroxydisulfate advanced oxidation processes and contributions of the species to contaminant degradation at different water depths. Journal Hazardous Materials 446, 130660.
- 39) Zhiteneva, V.; Mosher, J.; Gerba, C.P.; Rauch-Williams, T.; Drewes, J.E. (2023): A new workflow for assigning removal credits to assess overall performance of managed aquifer recharge (MAR). Water Research 235, 119836.
- 40) Zhu, P.; Sottorff, I.; Zhang, T.; Helmreich, B. (2023): Adsorption of Heavy Metals and Biocides from Building Runoff onto Granular Activated Carbon—The Influence of Different Fractions of Dissolved Organic Matter. Water 15, 2099.

Andere wissenschaftliche Zeitschriften und Buchbeiträge

- Durán-Díaz, P.; Kreutzer, M.; Gigl, L.M.; Gondhalekar, D.; et al. (2023): A Geospatial Analysis for an Integrated Land Use and Water Strategy for Bagmati River in Kathmandu Valley, Nepal. Geospatial Science for Smart Land Management: An Asian Context, CRC Press, ISBN 9781032393896.
- 2) Gondhalekar, D. (2023): Leveraging on the Water-Energy-Food (WEF) Nexus: synergy opportunities of climate change mitigation and adaptation approaches and measures for urban resilience. Climate Change and Cities: Third Assessment Report of the Urban Climate Change Research Network, Cambridge University Press.
- Helmreich, B. (2023): Einflüsse des urbanen Raums auf Oberflächengewässer. Gefährdung und Schutz von Oberflächengewässern, Rundgespräche Forum Ökologie, Band 49, Bayerische Akademie der Wissenschaften, ISBN 978-3-89937-285-4.
- 4) Helmreich, B. (2023): Versickern von Niederschlagswasser nach dem neuen DWA-A 138-1. Rostocker Abwassertage, Schriftenreihe Umweltingenieurwesen Nr.116, Tränkner, J., ISBN 978-3-86009-549-2.
- 5) Helmreich, B.; Fuchs, S. (2023): Dezentrale technische Regenwasserbehandlungsanlagen. Rostocker Abwassertage, Schriftenreihe Umweltingenieurwesen Nr.116, Tränkner, J., ISBN 978-3-86009-549-2.
- 6) Oladoja, N.A.; Helmreich, B. (2023): Chapter 6: Reactive metal oxides in ceramic membrane formulation as a clue to effective point-of-use drinking water defluoridation. Green Sustainable Process for Chemical and Environmental Engineering and Science. Applications of Advanced Nanostructured Materials in Wastewater Remediation, Elsevier 978-0-443-18746-9.

Konferenzen (Präsentationen)

- Ahmadi, J.; Ho, J.; Schwaller, S.; Hübner, U.; Tiehm, A.; Drewes, J.E. (2023): Provision of Reclaimed Water as an Alternative Water Resource for non-potable Applications using a Hybrid Membrane-Ozonation System. 13th IWA International Conference on Water Reuse, 15-19 January 2023, Chennai, India.
- 2) Ahmadi, J.; Schwaller, C.; Drewes, J.E. (2023): Ceramic ultrafiltration membrane operation in water reuse applications using secondary effluent. The 18th IWA Leading Edge Conference on Water and Wastewater Technologies. 29 May 2 June 2023, Daegu, South Korea.
- Amirtahmasebi, R.; Gondhalekar, D. (2023): Towards the Nexus City: maximizing urban resource recovery for systemic socio-technical transition to a circular economy. AMPS Liveable Cities Conference, 15 June 2023, New York, USA.
- 4) Behringer, M.; Hilbig, H.; Helmreich, B.; Machner A. (2023): Effect of the pH on the interaction of hydrotalcite with dyes from textile wastewater, 21. International Conference of Building materials, 13-15 September 2023, Weimar, Germany.
- 5) Drewes, J.E. (2023): Aktueller Stand der Wasserwiederverwendung in Deutschland. 34. Karlsruher Flockungstage, 21-22 November 2023, Karlsruhe, Germany.
- 6) Drewes, J.E. (2023): Auswirkungen des Klimawandels auf die Versorgung mit Wasser. Bundesärztekammer, Ausschuss 'Klimawandel und Gesundheit', 13 November 2023, Berlin, Germany.
- 7) Drewes, J.E. (2023): Latest news on the Urban Wastewater Treatment Directive and its implications for wastewater treatment plants regarding micropollutant removal. Ramboll/Holinger Symposium, 7 October 2023, Zürich, Switzerland.
- 8) Drewes, J.E. (2023): Nutzwasserbereitstellung und Planungsoptionen für die urbane und landwirtschaftliche Bewässerung (Nutzwasser als alternative Wasserressource). Status Seminar der BMBF Fördermaßnahme WavE II, 8 February 2023, Frankfurt, Germany.
- 9) Drewes, J.E. (2023): Nutzwasserbereitstellung und Planungsoptionen für die urbane und landwirtschaftliche Bewässerung. Eawag, 31 January 2023, Dübendorf, Switzerland.
- 10) Drewes, J.E. (2023): Overcoming Barriers to Further Implementing Water Reuse in Europe. European Water Association (EWA). Online Seminar Series, 26 June 2023, online.
- 11) Drewes, J.E. (2023): Perspektiven und Technologien für die Nutzung alternativer Wasserressourcen. 15. Aachener Tagung Wasser Technologie. 25-26 October 2023, Aachen, Germany.
- 12) Drewes, J.E. (2023): Siedlungswasserwirtschaft heute und in Zukunft. Public Planning Lab, TU München, 5 December 2023, Munich, Germany.
- 13) Drewes, J.E. (2023): Siedlungswasserwirtschaft technische Entwicklungen und Optimierung bei der Abwasserbehandlung. Ökoworld Beiratstagung, 25 September 2023, Berlin, Germany.
- 14) Drewes, J.E. (2023): The New EU Regulation on Minimum Requirements for Water Reuse and It's Implementation. 13th IWA International Conference on Water Reuse, 15-19 January 2023, Chennai, India.
- 15) Drewes, J.E. (2023): Trinkwasserversorgung Heute und in Zukunft. 15. Langenauer Wasserforum, 13-14 November 2023, Langenau, Germany.
- 16) Drewes, J.E. (2023): Umsetzung der EU-Wasser-Wiederverwendungsverordnung in Deutschland. Workshop Wiederverwendung von gereinigtem Wasser, TU Wien, 21-22 February 2023, Vienna, Austria.
- 17) Drewes, J.E. (2023): Was tun gegen Wasserknappheit. Bürgerversammung Gemeinde Eichenau. 26 April 2023, Eichenau, Germany.
- 18) Drewes, J.E. (2023): Wasser für alle(s) auch in Zukunft?! BEA x InnovateTheAlps, 8-10 September 2023, Obergurgl, Österreich.
- 19) Drewes, J.E. (2023): Wassereffizienz Nutzwasser als alternative Wasserressource. Sommerkolloquium 2023 Wassergerechtigkeit in Stadt und Land, Hanns-Seidl Stiftung, 10 July 2023, Munich, Germany.

- 20) Drewes, J.E. (2023): Wasserwiederverwendung Nutzwasserbereitstellung und Planungsoptionen für die urbane und landwirtschaftliche Bewässerung. BMBF Transfersession Normen und Standards, 23 March 2023, Germany.
- 21) Drewes, J.E. (2023): Wasserwiederverwendung für die landwirtschaftliche und urbane Bewässerung. Symposium Landschaftswasserhaushalt, 14 November 2023, Germany.
- 22) Drewes, J.E. (2023): Water Reuse in the EU and Germany: New regulatory requirements for non-potable reuse. WateReuse Association Webinar, 10 October 2023, online.
- 23) Drewes, J.E. (2023): WavE Verbundprojekt TrinkWave Transfer: Großtechnische Erprobung neuer Entwicklungen bei der Sequentiellen Grundwasseranreicherung. Status Seminar der BMBF Fördermaßnahme WavE II, 8 February 2023, Frankfurt, Germany.
- 24) Drewes, J.E.; Ahmadi, J.; Schwaller, C.; Aniol, J. (2023): Konzepte und Potenziale einer Wasserwiederverwendung in Deutschland. 50. Abwassertechnisches Seminar, 5-6 July 2023, Garching, Germanv.
- 25) Drewes, J.E.; Aniol, J.; Karakurt-Fischer, S.; Hellauer, K.; Hübner, U. (2023): Enhancing the metabolic capability of the microbiome in novel engineered subsurface systems for improved trace organic chemical removal. 2023 ACS Fall Meeting, San Francisco, CA, USA.
- 26) Drewes, J.E.; Schwaller, C.; Ahmadi, J.; Aniol, J. (2023): Climate Change Impacts on Water Availability in Germany Can Water Reuse be part of the Solution? Seminar talk, School of Architectural, Civil, Environmental, and Energy Engineering (ACE3), Kyungpook National University, Daegu, Korea.
- 27) Drewes, J.E.; Schwaller, C.; Ahmadi, J.; Ho, J. (2023): Nutzwasserbereitstellung und Planungsoptionen für die urbane und landwirtschaftliche Bewässerung (Nutzwasser als alternative Wasserressource). 56. Essener Tagung, 7-9 March 2023, Aachen, Germany.
- 28) Drewes, J.E.; Schwaller, C.; Ahmadi, J.; Ho, J.; Tiehm, A. (2023): Sichere Wasserwiederverwendung zur Grundwasseranreicherung sowie zur urbanen und landwirtschaftlichen Bewässerung. DECHEMA SUK 2023, 27-28 March 2023, Frankfurt/Main, Germany.
- 29) Drewes, J.E.; Uchaikina, A.; Walzik, C.; Wurzbacher, C. Michels, I.; (2023): Genese und Konzept der Dateninfrastruktur für das SARS-Cov-2 Abwassermonitoring. ESI-CorA Abschlussveranstaltung, 22 March 2023, Karlsruhe, Germany.
- 30) Feickert Fenske, C.; Kirzeder, F.; Strübing, D.; Koch, K. (2023): Biogas upgrading in a pilot-scale trickle bed reactor at real application conditions. 6th International Conference on Monitoring & Process Control of Anaerobic Digestion Processes, 22-23 March 2023, Leipzig, Germany.
- 31) Gondhalekar, D. (2023): Bonn till Now: The Triple Crisis and the Evolution of the WEF Nexus. Keynote speech at GIZ Nexus Dialogue: Breaking Silos for a Sustainable Tomorrow, 19 June 2023, Bonn, Germany.
- 32) Gondhalekar, D. (2023): GREEN SAHEL: Augmenting water, energy and food security in the Sahel Region with an integrated ecosystem services Nexus approach. Eighteenth International Conference on Interdisciplinary Social Sciences, Oxford Brookes University, 19 July 2023, Oxford, UK.
- 33) Gondhalekar, D. (2023): Nexus@TUM: TUM as frontrunner university with a targeted research and teaching agenda on Water-Energy-Food (WEF) Nexus as means of forging international sustainability. Transatlantic Symposium on Sustainable Development: North American and European Perspectives on Sustainability in Higher Education, Massachusetts Institute of Technology (MIT), 3 October 2023, Cambridge, MA, USA.
- 34) Gondhalekar, D. (2023): TEDxTUM: Reimagining Cities: Towards the Regenerative Circular Nexus City. 24 June 2023, Munich, Germany.
- 35) Gondhalekar, D.; A. Narayan, M. Lahmouri; J.E. Drewes & C. Schwaller (2023): Estimating Potential of Greenhouse Gas Emissions Reduction Using Water-Energy-Food Nexus Approach In Leh Town, Ladakh, India. 13th IWA International Conference on Water Reuse, 15-19 January 2023, Chennai, India.
- 36) Gondhalekar, D.; Drewes, J.E.; Lahmouri, M.; Schwaller, C. (2023): Nexus City Estimating potential of greenhouse gas emissions reduction using Water-Energy-Food Nexus approach in Leh Town,

- Ladakh, India. 13th IWA International Conference on Water Reuse, 15-19 January 2023, Chennai, India.
- 37) Helmreich, B. (2023): Baumrigolen als Versickerungssysteme? Eignung und Einschränkungen. Aqua Urbanica 2023, 9-10 October 2023, Garching, Germany.
- 38) Helmreich, B. (2023): Baumrigolen als Versickerungssysteme? Eignung und Einschränkungen. Regenwasser Tage der DWA Mannheim, 13-14 June 2023, Mannheim, Germany.
- 39) Helmreich, B. (2023): Blau-grüne Tools zum gezielten Regenwassermanagement in der wasserbewussten Stadtplanung. Seminar Regenwassermanagement und Bauwerksbegrünung, Bayerische Architektenkammer, 1 July 2023, Munich, Germany.
- 40) Helmreich, B. (2023): Dezentrale Behandlung von Niederschlagswasser Multifunktionale Versickerungsmulden im Siedlungsraum. Seminar Biozide in Baumaterialien Von wissenschaftlicher Erkenntnis zu praktischen Handlungsmöglichkeiten, Bayerisches Landesamt für Umwelt, 29-30 June 2023, Augsburg, Germany.
- 41) Helmreich, B. (2023): Entlastung der Kanalisation durch dezentrales Regenwassermanagement in der Stadt. 20. Münchner Runde 2023 Expertenforum zur Kanalsanierung, 12 October 2023, Fürstenfeldbruck, Germany.
- 42) Helmreich, B. (2023): In Zukunftsaufgaben der Regenwasserbehandlung. DWA-Landesverband Baden-Württemberg, 5 December 2023, Stuttgart, Germany and online.
- 43) Helmreich, B. (2023): Regenwassermanagement Wege für eine blau-grüne Siedlungsplanung, 50. Abwassertechnisches Seminar, 5-6 July 2023, Garching, Germany.
- 44) Helmreich, B. (2023): Versickerung von Niederschlagswasser das neue DWA-A 138. Seminar Regenwassermanagement und Bauwerksbegrünung, Bayerische Architektenkammer, 1 July 2023, Munich, Germany.
- 45) Helmreich, B. (2023): Versickerungsmulden im Siedlungsraum Ist Multifunktionalität mit dem neuen DWA-A 138-1 möglich? DWA-Landesverbandstagung Bayern, 28-29 November 2023, Weiden, Germany.
- 46) Helmreich, B. (2023): Wie viel Utopie braucht die Realität? TUM Podiumsdiskussion Public Planning Labs, 26 January 2023, Munich, Germany.
- 47) Helmreich, B.; Dietrich, M. (2023): Wasser in der Stadt: Zwischen Starkregen und Trockenheit. Zentrum Stadtnatur und Klimaanpassung Symposium 2023: Bayerische Städte im Klimawandel: Transformation durch Blau-Grüne Infrastrukturen, 21 May 2023, Munich, Germany.
- 48) Helmreich, B.; Fuchs, S. (2023): Dezentrale technische Behandlungsanlagen.13. Rostocker Abwassertagung, 7 November 2023, Rostock, Germany.
- 49) Knoll, S.; Rank, D.; Uhl, U.; Pruegl, J.; Helmreich, B. (2023): Bodenaushub und Abfallziegeln als Pflanzsubstrat für nachhaltige urbane Grünflächen Eine Fallstudie aus dem neu entstehenden Stadtquartier "Neufreimann", Aqua Urbanica 2023, 9-10 October 2023, Garching, Germany.
- 50) Koch, K.; Astals, S.; Hafner, S.; Weinrich, S. (2023): Better BMP Free resources for improving the quality of biochemical methane potential tests. 6th International Conference on Monitoring & Process Control of Anaerobic Digestion Processes, 22-23 March 2023, Leipzig, Germany.
- 51) Koch, K.; Astals, S.; Hafner, S.; Weinrich, S. (2023): Hints and resources for improving the quality of biochemical methane potential tests. International Conference on New Horizons in Biotechnology (NHBT-2023), 26-29 November 2023, Trivandrum, India.
- 52) Koch, K.; Feickert Fenske, C. (2023): DemoMeth Biological methanation in pilot-scale. ORBIT II Workshop "Advances in biological methanation: Microbes as game changers for a sustainable future", 5-6 October 2023, Regensburg, Germany.
- 53) Koch, K.; Macintosh, C.; Sembera. C.; Astals, S. (2023): Successful strategies for improving energy self-sufficiency at Grüneck wastewater treatment plant in Germany by improved aeration and food waste co-digestion. 6th International Conference on eco-Technologies for Wastewater Treatment, 26-29 June 2023, Girona, Spain.

- 54) Lebuhn, M.; Strübing, D.; Feickert Fenske, C.; Koch, K.; Mößnang, B.; Munk, B. (2023): Mikrobielle Methanisierung von Überschussstrom: MikMeth OptiMeth DemoMeth C.A.R.M.E.N.-Fachgespräch "Statusseminar Wasserstoff und Power-to-X Fokus Biogas und Landwirtschaft", 13 June 2023, Straubing, Germany.
- 55) Schwaller, C.; Ahmadi, J.; Heller, H.; Müller, M.; Gerdes, H.; Scheyer, N.; Drewes, J.E. (2023): Innovative Concept for Water Reclamation and Reuse for Agricultural and Urban Landscape Irrigation Purposes in Northern Franconia, Germany. 13th IWA International Conference on Water Reuse, 15-19 January 2023, Chennai, India.
- 56) Schwaller, C.; Gondhalekar, D.; Narayan, A.; Lahmouri, M.; Drewes, J.E. (2023): Estimating potential of greenhouse gas emissions reduction using Water-Energy-Food Nexus approach in Leh Town, Ladakh, India. 13th IWA International Conference on Water Reuse, 15-19 January 2023, Chennai, India.
- 57) Steindl, M.; Dandikas, V.; Lichti, F.; Höcherl, S.; Koch, K. (2023): Methane production rate from blanks influences parameter estimation during BMP tests. 6th International Conference on Monitoring & Process Control of Anaerobic Digestion Processes, 22-23 March 2023, Leipzig, Germany.
- 58) Stinshoff, P.; Helmreich, B. (2023): Multifunctional infiltration swales Optimized topsoil layer with substrate amendments for enhanced urban stormwater treatment. Novatech, 3-7 July 2023, Lyon, France.
- 59) Stinshoff, P.; Helmreich, B. (2023): Multifunktionale Versickerungsmulden im Siedlungsraum –Behandlung von Verkehrsflächenabflüssen mit angepasster bewachsener Bodenzone. Aqua Urbanica 2023, 9-10 October 2023, Garching, Germany.
- 60) Uchaikina, A.; Mitranescu, A.; Kau, A.; Kluge, M.; Wurzbacher, C. Stange, C.; Ho, J.; Drewes, J.E. (2023): Abwasserepidemiologie für SARS-CoV-2 Biomarker: tageszeitliche Schwankungen der Biomarker in Abhängigkeit von der Gemeindegröße. Wasser 2023, 15-17 March 2023, Augsburg, Germany.
- 61) Uchaikina, A.; Portain, T.; Walzik, C.; Ho, J.; Stange, C.; Tiehm, A.; Wurzbacher, C.; Drewes, J.E. (2023): Erkenntnisse des Abwassermonitorings aus dem BMBF-Forschungsvorhaben "Biomarker" für die Lagebeurteilung der SARS-CoV-2 Pandemie. Jahrestagung Öffentlicher Gesundheitsdienst, 26 September 2023, Würzburg, Germany.
- 62) Wurzbacher, C. (2023): Distribution and identity of freshwater fungi in the environment. AMC2023, 10-13 October 2023, Busan, South Korea.
- 63) Wurzbacher, C. (2023): Passports for dark aquatic taxa. AMC2023, 10-13 October 2023, Busan, South Korea.
- 64) Wurzbacher, C.; Drewes, J.E.; Ho, J.; Agrawal, S.; Lackner, S.; Schoth, J.; Bastian, D.; Weber, F.-A (2023): SARS-CoV-2 Monitoring Gesamtheitliche Datenauswertung von mehrjährigen Messreihen aus drei BMBF-Vorhaben. 56. Essener Tagung, 7-9 March 2023, Aachen, Germany.
- 65) Wurzbacher, C.; Kluge, M.; Uchaikina, A.; Ho, J.; Stange, C.; Tiehm, A.; Drewes, J.E. (2023): Lessons learned and conclusions for the wastewater monitoring off he future. VAAM 2023, 10-13 September 2023, Göttingen, Germany.
- 66) Zhiteneva, V.; Mosher, J. Gerba.; C.; Rauch-Williams, T.; Drewes, J.E. (2023): Improving Implementation of Managed Aquifer Recharge (MAR) Systems by Utilizing Updated Pathogen Removal Knowledge. 13th IWA International Conference on Water Reuse, 15-19 January 2023, Chennai, India.

Abschlussarbeiten

Dissertationen

- 1) Feickert Fenske, Carolina: Biological H₂/CO₂ Methanation in Trickle Bed Reactors Toward Industrial Application
- 2) Ponzelli, Michele: Design of hybrid nano-engineered bioprocesses for wastewater treatment
- 3) Reichel, Julia: Identification of polymer types, additives and simultaneous quantification of trace organic chemical sorption behavior on subµ-particles in environmental samples
- 4) Sperle, Philipp: The potential of UVC-irradiation using LEDs as an (in situ) biofouling control strategy in reverse osmosis membrane systems

Masterarbeiten

- 1) Adegbenle, Kowiyu Adeniyi: Entwurf eines Prototyps einer Regenwassersammelanlage für das Dorf Dar es Salaam, Sahel-Region, Niger.
- 2) Ahoor, Danika: Zellen- und Nährstoffrückhalt in der biologischen Methanisierung.
- 3) Bergmann, Felix: Untersuchungen zur Brauchwassernutzung im Bereich des Vilstalsees bei Marklkofen.
- 4) Busse, Lilian: Behandlung von belastetem Verkehrsflächenabfluss in multifunktionalen Versickerungsmulden durch eine technisch angepasste bewachsene Bodenzone Untersuchungen im halbtechnischen- und Pilotmaßstab.
- 5) Contreras Vomend, Fernando Mario: Entwurf eines Membranbioreaktors für Kläranlagen in touristischen alpinen Gebieten unter Verwendung eines stationären Berechnungsmodells durch Anpassung von Schlammmasse und -alter.
- 6) Franz, Benedikt: Risikobewertung wassergefährdender Stoffe im Einzugsgebiet eines Spitzenförderwerks der Münchner Schotterebene und Untersuchung anthropogener Spurenstoffe im Trinkwasser
- 7) Heimann, Amelie: Wirtschaftlichkeitsanalyse einer Power-to-Gas Anlage in Deutschland.
- 8) Henn, Yannik: Schwermetallremobilisierung von Filtermaterialien aus dezentralen Behandlungsanlagen für Verkehrsflächenabflüsse Vergleich von Labor- und Feldproben.
- 9) Ikusemoro, Timilehin: Strategische Planung für die Smart City Entwicklung mit Hilfe des Nexus-Ansatzes; eine Fallstudie des Staates Lagos, Nigeria.
- 10) Kirzeder, Franz: Biogasaufbereitung in einem Rieselbettreaktor mit biologischer Methanisierung Untersuchung und Herausforderungen im Langzeitbetrieb unter realen Anwendungsbedingungen.
- 11) Kunder, Pratik: Automatische Schätzung der freien Gibbs-Energie für Metaboliten in einem metabolischen Netzwerk.
- 12) Lei, Huiyi: Untersuchung der TOrCs-Biotransformation in sekundären Abwässern unter oligotrophen und oxischen Bedingungen.
- 13) Melhem, Mohannad: Ein nachhaltiger Managementansatz zur Optimierung der Wasserressourcen für die bestehende Wasserversorgungsinfrastruktur in Jordanien.
- 14) Meti, Burak: Eine umwelttechnische Analyse zur Minderung des Gefrierprozesses in den Rohren, die für die Ice Stupa Technology in Ladakh, Indien, verwendet werden.
- 15) Mraz, Christina: Biologischer Abbau von markierten Ozonierungsprodukten: Anwendung einer neuen Markierungstechnik zur Untersuchung von Biotransformationsprodukten und deren Entfernung in Abwasserbehandlungsprozessen.
- 16) Noormal, Nasrat Maiwand: Schätzung der Faktoren, die das Potenzial zur Einführung der Biogastechnologie in Entwicklungsländern bestimmen, am Beispiel Afghanistans.

- 17) Ortega Fuerte, Andrea: Cradle-to-Gate-LCA für das Benchmarking der PFAS-Entfernung mit membranbasierter Technologie.
- 18) Ozluer, Meltem: Untersuchung der Rolle der Zusammensetzung des mikrobiellen Kulturmediums bei der Biotransformation von TOrCs durch Anilinabbauer.
- 19) Pollok, Daniel: Verbesserung der Bewertung des thermischen Komforts im Freien in städtischen Gebieten durch Einbeziehung der Wasserverfügbarkeit in Mikroklimamodelle: eine systematische Literaturrecherche.
- 20) Qureshi, Areeba Ilyas: Entwurf eines dezentralen Abwasserbehandlungssystems mithilfe von GIS-Modellierung zur Förderung von WEF-Nexus in der Region: eine Fallstudie in Leh City, Ladakh, Indien.
- 21) Späth, Alina: Gegenüberstellung der Regelwerke DWA-M 153 und DWA-A 102 anhand von Beispielen im Tegernseer Tal.
- 22) Straub, Julian: Einsatz einer Nanofiltrationsmembran zur Abscheidung von metabolisch erzeugtem Wasser aus einem Rieselbettreaktor.
- 23) Strebel, Annika: Charakterisierung von Azofarbstoffen und ihre Entfernung aus Textilabwässern durch Adsorption: Ein Überblick.
- 24) Urgibl, Christina: Modernisierung der Kläranlage der Gemeinde Schwindegg Objektplanung LP 2 und 3.
- 25) Wang, Yifang: Einfluss der CO2-Anreicherung auf die Biogaserzeugung und -zusammensetzung bei hoher Substratzugabe.

Studienarbeiten

- 1) Asefi, Massihullah: Entwurf eines ASTR-Systems als Regenwassernutzungsstrategie zur Grundwasserneubildung unter Verwendung von GIS in Dar, Niger.
- 2) Bertram-Mohammadi, Poojesh: Auswirkungen von Multi-Barrieren-Behandlungstechnologien mittels Pre- und Post-Ozonierung in Kombination mit einer keramischen Ultrafiltrationsmembran auf die Entfernung von MS2-Bakteriophagen.
- 3) Fuchs, Sophia: Analyse des Auslaugverhaltens von Folien- und plattenförmigen Gründachmaterialien mit der dynamischen Oberflächenauslaugprüfung (DSLT).
- 4) Fung, Jonas: Kombinierte aerobe-anaerobe Behandlung von Speiseresten.
- 5) Gangal, Advait: Modellierung der Inaktivierungsleistung eines UVC-LED Durchflussreaktors unter Verwendung von COMSOL Multiphysics.
- 6) Gupta, Saniv: Boden-Wasser-Pflanzen-Nexus und Klimawandel.
- 7) Heimann, Amelie: Ansätze für die Integration eines Membransystems zur Entfernung des metabolischen Wassers in Methanisierungsreaktoren.
- 8) Hilpert, Andre: Open-Access-Analysetools für Urban WEF Nexus im Stadtmaßstab Überprüfung.
- James, Arsha: Analyse des Versickerungsverhaltens von Gründachsubstraten mittels eines Säulentests nach DIN19528.
- 10) Krebs, Mathilda: Anpassung von Städten an den Klimawandel das Schwammstadtprinzip Sanierung von Grundstücksentwässerungsanlagen am Beispiel eines Einfamilienhauses in München.
- 11) Kuz'menko, Andrej: Bewertung des Treibhausgas-Reduktionspotenzials im Lebensmitteleinzelhandel in München.
- 12) Lee, Hans: Einfluss von Natriumbicarbonat auf die Biogasproduktion aus verschiedenen Substraten im Batch-Test.
- 13) Leon Caguenas, Maria: Einsatz von CO2 zur Verbesserung der anaeroben Vergärungsleistung.
- 14) Mani, Jefi Sara: Bewertung des Auslaugungsverhaltens von mineralischen und organischen Substraten für den Einsatz in städtischen Bioinfiltrationsmulden zur Regenwasserbehandlung.

- 15) Ng, Peng Siang: Auswirkung der Nährstoffrückgewinnung auf den Kohlenstoff-Fußabdruck des Abwasseraufbereitungssystems von Singapur.
- 16) Oberem, Caroline: Auswertung halb-technischer Versuche von Versickerungsmulden mit Substratbeimengung - Optimierter Rückhalt von Bioziden und Kupfer aus urbanen Niederschlagsabfluss durch die bewachsene Bodenzone.
- 17) Qureshi, Areeba Ilyas: Der Einfluss von Wasserstoff auf die Methanausbeute bei der anaeroben Co-Vergärung durch Anreicherung von CO2 bei höheren Raumbelastungen.
- 18) Radwan, Mohamed: Entwicklung von Python-Tools für die Analyse und Validierung von PFAS-Adsorptionsdatensätzen.
- 19) Schorer, Elisa: Entwicklung eines Dashboards für abwasserbasierte Epidemiologie für SARS-CoV-2-Biomarker zur internen Verwendung im Gesundheitsamt des Berchtesgadener Landes.
- 20) Stöhr, Fabian: Datenaufbereitung und Zustandsbewertung als Grundlage für eine Sanierungskonzeption des Sammelkanalnetzes eines Abwasserverbandes.
- 21) Vilabrera, Naim: Der Einfluss der Kohlenstoffkonzentration im Abwasser auf das Wachstum von mikrobiellen Modellgemeinschaften und den biologischen Abbau von organischen Spurenstoffen.
- 22) Yıldız, Buse: TUM ist toll jetzt wird's COOL: Auswirkungen einer effizienteren Beleuchtung auf dem TUM-Campus auf die Treibhausgasemissionen.
- 23) Zhang, Xiaojun: Konstruktion von Gründächern im Pilotmaßstab für Auslaugversuche von Wurzelschutzbahnen.
- 24) Zhao, Zhiyuan: Einfluss von Natriumbicarbonat auf die Biogasproduktion aus verschiedenen Substraten im Batch-Test.

Bachelorarbeiten

- Barth, Elisabeth: Möglichkeiten zur alternativen Bewässerung des urbanen Grüns in Städten mit Hitze- und Wasserstress
- 2) John, Julia: Filtermaterialien zur Entfernung von Schadstoffen aus urbanen Regenwetterabflüssen
- 3) Manninger, Felicia: Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserversorgung Deutschlands
- 4) Lirapirom, Akradeth: Literaturrecherche zu Möglichkeiten des Regenwassermanagements bei hohen Grundwasserständen
- Kovacs, Hannah: Konzeptentwicklung für Grauwasserrecycling als alternative Wasserressource in der Jugendfreizeitstätte beim Bauvorhaben Bayernkaserne/Neufreimann der Landeshauptstadt München
- 6) Mäckel, Sophie: Untersuchung alternativer Konzepte für eine weitergehende Spurenstoffelimination auf kleinen Kläranlagen (2.000 10.000 EW)
- 7) Sudjito, Alexander Ando: Eine Literaturrecherche zum Einfluss von verschiedenen Wurzelsystemen auf den Schadstoffrückhalt in naturnahen Behandlungsanlagen von Niederschlagswasser
- 8) Riedler, Philipp: Anpassungsfähigkeit alternativer Konzepte für eine weitergehende Spurenstoffelimination unter wechselnden Randbedingungen bei kleinen Klaranlagen (2.000 10.000 EW)

Dissertationen und Auszeichnungen

Herzlichen Glückwunsch an Frau Dr.-Ing. Carolina Feickert Fenske für die erfolgreiche Verteidigung ihrer Doktorarbeit am 13. Oktober 2023. Ihre Arbeit mit dem Titel "Biological H2/CO2 Methanation in Trickle Bed Reactors – Toward Industrial Application" wurde von Frau Prof. Marika Kokko (Tampere University, Finnland), Herrn Prof. Lars Ditlev Mørck Ottosen (Aarhus University. Dänemark)



Abbildung 45: Promotionskomitee von Dr.-Ing. Carolina Feickert Fenske.

Herrn PD Konrad Koch begutachtet. Vorsitzende der Kommission war Frau Prof. Brigitte Helmreich.



Abbildung 46: Promotionskomitee von Dr. rer. nat. Julia Reichel.

Herzlichen Glückwunsch an Frau **Dr. rer. nat. Julia Reichel** für die erfolgreiche Verteidigung ihrer Doktorarbeit am 1. Dezember 2023. Ihre Arbeit mit dem Titel "Identification of polymer types, additives and simultaneous quantification of trace organic chemical sorption behavior on subµ-particles in environmental samples" wurde von Herrn PD Thomas Letzel (ehemals TUM), Herrn Prof. Martin Jekel (TU Berlin) und Herrn Prof. Jörg E.

Drewes begutachtet. Vorsitzender der Kommission war Prof. Martin Elsner (TUM).

Herzlichen Glückwunsch an Herrn Dr.-Ing. Michele Ponzelli für die erfolgreiche Verteidigung seiner Doktorarbeit am 11. Dezember 2023. Seine Arbeit mit dem Titel "Design of hybrid nanoengineered bioprocesses for wastewater treatment" wurde von Frau Prof. Maite Pijuan (University of Girona, Spanien), Herrn Prof. Sasha D. Hafner (Aarhus University, Dänemark) und Herrn Prof. Jörg E. Drewes begutachtet.



Abbildung 47: Promotionskomitee von Dr.-Ing. Michele Ponzelli.

Vorsitzender der Kommission war Herr Prof. Sebastià Puig Broch (University of Girona, Spanien), da es sich um einen Doppelabschluss von TUM und der University of Girona handelt.



Abbildung 48: Promotionskomitee von Dr.-Ing. Philipp Sperle.

Herzlichen Glückwunsch an Herr **Dr.-Ing. Philipp Sperle** für die erfolgreiche Verteidigung seiner Doktorarbeit am 18. Dezember 2023. Seine Arbeit mit dem Titel "The potential of UVC-irradiation using LEDs as an (in situ) biofouling control strategy in reverse osmosis membrane systems" wurde von Herrn Prof. Karl Linden (University of Colorado Boulder, USA), Herrn Prof. Hans Vrouwenvelder (King Abdullah University of

Science and Technology, Saudi-Arabien) und Herrn Prof. Jörg E. Drewes begutachtet. Vorsitzender war Frau Prof. Brigitte Helmreich.

Wir freuen uns mit und gratulieren Herrn Dr.-Ing. Thomas Lippert, der für seine Doktorarbeit mit dem Titel "Sewage sludge disintegration using innovative ultrasound reactors with surface transducers - Performance assessment and optimization of operating conditions" mit dem Willy-Hager-Preis 2022 ausgezeichnet wurde. Der Preis wird von der Willy-Hager-Stiftung für hervorragende Arbeiten junger Hochschulwissenschaftler auf dem Gebiet der Wasseraufbereitung und Abwasserbehandlung



Abbildung 49: Übergabe der Urkunde durch den Betreuer PD Konrad Koch an den Preisträger Herrn Dr.-Ing. Thomas Lippert (mittlerweile Postdoc an der Northwestern University, USA).

in Deutschland vergeben. Der Preis wird normalerwise im Rahmen der Jahrestagung der Wasserchemischen Gesellschaft innerhalb der GdCh übergeben. Da Herr Lippert an dieser Veranstaltung leider nicht persönlich teilnehmen konnte, wurde die Urkunde bei einem späteren Besuch durch seinen Betreuer PD Konrad Koch übergeben.



Abbildung 50: von links nach rechts: Dr. Pablo Vega Garcia, Herr Michael Mall (Stiftungsvorstandsvorsitzender der Roland Mall-Familienstiftung und Mitglied der Jury) und Frau Kim Lange.

Herr **Dr. Pablo Vega Garcia** hat am 14.06.2023 den Mall-Umweltpreis Wasser für herausragende Dissertationen erhalten Er hatte letztes Jahr zum Thema: "Development of a model to assess the environmental properties of common outdoor plasters and mortars" bei uns promoviert. Frau M.Sc. Kim Lange hat den Mall-Umweltpreis für herausragende Masterarbeiten gewonnen. Thema ihrer Arbeit, mit der sie ihr Masterstudium "Environmental Engineering" abschließen konnte, war "Comparative study

of the annual water balance in the context of climate adaption in a residential area in Ingolstadt.". Die beiden Preise wurden feierlich am 14.06.2023 in Donaueschingen übergeben.

Herr **Dr. Christoph Schwaller**, der im Dezember 2022 am Lehrstuhl promoviert hat, hat für seine herausragende Doktorarbeit: Agricultural irrigation demand modelling and assessment of membrane ultrafiltration alone or hybridized with inline dosed powdered activated carbon for non-potable water reuse applications den

Departmentpreis Civil and Environmental Engineering der TUM bekommen. Der Preis wurde am 14.07.2023 am Department Day übergeben.

Herr Prof. Dr.-Ing. Jörg Drewes hat die Bayerische Staatsmedaille für seine herausragenden Verdienste um die Umwelt erhalten. Der Klimawandel verändert die Verfügbarkeit und Verteilung von Wasser überall auf der Erde. Um auch in Zukunft eine sichere Wasserversorgung zu gewährleisten, müssen wir neue Wege denken. Die Forschung von Prof. Dr.-Ing. Jörg Drewes skizziert diese Wege. Die Medaille wurde durch den Bayerischen Staatsminister Thorsten Glauber übergeben.



Abbildung 51: Staatsminister Thorsten Glauber (links) und Prof. Dr. -Ing. Jörg Drewes.

Lehre

Unser Lehrstuhl bietet Vorlesungen für die Bachelorstudiengänge Umweltingenieurwesen und Bauingenieurwesen sowie für Masterstudiengänge Environmental Engineering, Civil Engineering, Ingenieurökologie sowie Sustainable Resource Management an. In diesen Studiengängen werden neue Akzente im Bereich der weitergehenden Trink- und Energierückgewinnung aus Abwasser, dem Abwasserbehandlung, der Wasserrecycling sowie der Konzeption nachhaltiger Wasserver- und entsorgungssysteme für urbane Räume gesetzt. Folgende Lehrveranstaltungen wurden 2023 angeboten:

Sommersemester

Bachelor

- Kreislaufwirtschaft und Werkstoffe für nachhaltiges Bauen: Koch, Konrad
- Mikrobiologie: Wurzbacher, Christian
- Projektkurs Siedlungswasserwirtschaft: Drewes, Jörg
- Umweltanalytik: Helmreich, Brigitte; Ernle, Lisa
- Umweltrecht: Spieler Martin (TUM-Lehrbeauftragter)

Master/PhD

- Advanced Water Treatment Engineering and Reuse: Drewes, Jörg
- · Anaerobic Treatment and Energy Recovery: Koch, Konrad
- Bewirtschaftung von Kanalnetzen und Regenwassermanagement: Helmreich, Brigitte
- Doktoranden und Masteranden Kolloquium Proaktiv: Drewes, Jörg; Helmreich, Brigitte; Koch, Wurzbacher, Christian; Keilmann-Gondhalekar, Daphne; Sottorff, Ignacio
- Hydrochemistry Laboratory: Helmreich, Brigitte; Sottorff, Ignacio; Ernle, Lisa; Koch, Konrad
- Industrial Wastewater Treatment and Reuse: Helmreich, Brigitte
- PhD Seminar SiWaWi: Sottorff, Ignacio; Drewes, Jörg
- Planning the Urban Water-Energy-Food Nexus, lecture & project: Keilmann-Gondhalekar, Daphne
- · Wastewater Treatment: Koch, Konrad
- Scientific Methods and Presentation Skills: Koch, Konrad

Wintersemester

Bachelor

- Siedlungswasserwirtschaft Grundmodul: Helmreich, Brigitte; Koch, Konrad
- Verfahrenstechnik: Böhm, Bernhard (TUM-Lehrbeauftragter); Koch, Konrad
- Verfahrenstechnik Übung: Böhm, Bernhard (TUM-Lehrbeauftragter); Koch, Konrad

Master/PhD

- Aquatic Microbiology: Wurzbacher, Christian
- Design and Operation of Wastewater Treatment Plants: Athanasiadis, Konstantinos (TUM-Lehrbeauftragter); Böhm, Bernhard (TUM-Lehrbeauftragter)
- Doktoranden und Masteranden Kolloquium Proaktiv: Drewes, Jörg; Helmreich, Brigitte; Koch, Koch, Wurzbacher, Christian; Keilmann-Gondhalekar, Daphne; Sottorff, Ignacio
- Engineered Natural Treatment Systems: Aumeier, Benedikt
- · Gute Wissenschaftliche Praxis: Koch, Konrad
- Hydrochemistry Laboratory: Helmreich, Brigitte; Sottorff, Ignacio; Heim, Carolin; Koch, Konrad
- · Hydrochemistry: Helmreich, Brigitte
- Modeling of Aquatic Systems: Koch, Konrad
- PhD Seminar SiWaWi: Sottorff, Ignacio; Drewes, Jörg
- Planungs- und Genehmigungsverfahren nach deutschem und europäischem Wasserrecht: Spieler, Martin (TUM-Lehrbeauftragter)
- Scientific Methods and Presentation Skills: Möckel, Rolf; Drewes, Jörg
- Water and Wastewater Treatment Engineering: Drewes, Jörg



RAPHAELA HOFMANN 089/289 13727 FOERDERVEREIN @BV.TUM.DE

Fördergesellschaft des Lehrstuhls für Siedlungswasserwirtschaft e.V.

Die Gesellschaft zur Förderung des Lehrstuhls für Siedlungswasserwirtschaft e.V. der Technischen Universität München ist ein gemeinnütziger Verein zur Unterstützung des Lehrstuhls in Forschung und Lehre.

Mitglied kann jede natürliche oder juristische Person werden, die ideell oder materiell die Ziele des Vereins unterstützt. Diese sind:

- · Vergabe von Beihilfen für Forschungsarbeiten
- Beihilfen für die Drucklegung wissenschaftlicher Arbeiten
- Herausgabe der Schriftenreihe "Berichte aus der Siedlungswasserwirtschaft"
- Bereitstellung von Lehrhilfsmitteln
- Finanzierung von Reisen zur Aus- und Fortbildung
- Finanzierungsbeihilfen für den Auf- und Ausbau der Forschungseinrichtungen
- Veranstaltungen des Abwasser- und Wassertechnischen Seminars und anderer Fortbildungsveranstaltungen

Einmal jährlich wird das Informationsblatt **Forum** herausgegeben, in dem die Mitglieder des Vereins über das Geschehen am Lehrstuhl informiert werden.

Zur Erfüllung aller dieser Aufgaben wirbt der Verein um Spenden. Willkommen sind finanzielle oder materielle Spenden. Ein Mitgliedsbeitrag wird nicht erhoben.

Spenden können auf das Konto bei der Postbank München (IBAN: DE04 7001 0080 0034 9498 02, BIC: PBNKDEFF) einbezahlt werden. Alle Spendengeber erhalten eine steuerlich absetzbare Spendenbescheinigung.

Die Geschäftsstelle wird von Frau Raphaela Hofmann geleitet.

Mitarbeiter:innen

Lehrstuhlleitung



Jörg E.
Drewes
(Prof. Dr.-Ing.)
+49.89.289.13713
jdrewes@tum.de

Arbeitsgruppenleiter:innen



Benedikt Aumeier (Dr.-Ing.) +49.89.289.13706 b.aumeier@tum.de



Carolin Heim (Dr. rer. rat.) +49.89.289.13702 c.heim@tum.de



Daphne Keilmann-Gondhalekar (Ph.D.) +49.89.289.13709 d.gondhalekar@tum.de



Ignacio Sottorff Neculhueque (Dr. rer. nat.) +49.89.289.13702 i.sottorff@tum.de



Lisa Ernle(M.Sc.)
+49.89.289.13702
lisa.ernle@tum.de



Brigitte
Helmreich
(Prof. Dr. rer. nat. habil.)
+49.89.289.13719
b.helmreich@tum.de



Konrad Koch (Prof. Dr.-Ing. habil.) +49.89.289.13706 k.koch@tum.de



Christian
Wurzbacher
(Dr. rer. nat.)
+49.89.289.13797
c.wurzbacher@tum.de

Sekretariat



Marianne Lochner +49.89.289.13703 m.lochner@tum.de



Susanne Wießler +49.89.289.13701 s.wiessler@tum.de

Wissenschaftliche Mitarbeiter:innen



Javad Ahmadi (M.Sc.) +49.89.289.13733 j.ahmadi@tum.de



Jonas Aniol (M.Sc.) +49.89.289.13707 jonas.aniol@tum.de



Kwadwo Yeboah Asamoah (M.Sc.) +49.89.289.13707 k.y.asamoah@tum.de



Mohamad Javad Bardi (M.Sc.) +49.89.289.13717 m.j.bardi@tum.de



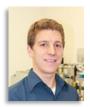
Yvonne Bösch (Ph.D.) +49.89.289.13712 yvonne.boesch@tum.de



Lijia Cao(M.Sc.)
+49.89.289.13712
lijia.cao@tum.de



Shenbin Cao (Ph.D.) +49.89.289.13709 shenbin.cao@tum.de



Pascal Finkbeiner (Ph.D.) +49.89.289.13714 pascal.finkbeiner @tum.de



Anna-Sonia Kau (M.Sc.) +49.89.289.13716 sonia.kau@tum.de



Shehryaar Khan (M.Sc.) +49.89.289.13705 shehryaar.khan@tum.de



Mariana Kluge (Ph.D.) +49.89.289.13712 mariana.kluge@tum.de



Claus Lindenblatt (Dipl.-Ing.) +49.89.289.13704 c.lindenblatt@tum.de



Joana Mariz (M.Sc.) +49.89.289.13716 joana.mariz@tum.de



Alexander Mitranescu (M.Sc.) +49.89.289.13709 alexander.mitranescu @tum.de



Felix Müller (M.Sc.) +49.89.289.13714 fel.mueller@tum.de



Natalie Páez Curtidor (M.Sc.) +49.89.289.13705 natalie.paez@tum.de



Philipp Stinshoff (M.Sc.) +49.89.289.13717 philipp.stinshoff @tum.de



Anna Uchaikina (M.Sc.) +49.89.289.13780 anna.uchaikina@tum.de



Johannes Winklmaier (Dipl.-Ing.) +49.89.289.13711 johannes.winklmaier @tum.de



Daniel Nieß(M.Sc.)
+49.89.289.13712
daniel.niess@tum.de



Lea Rosenberger (M.Sc.) +49.89.289.13716 lea.rosenberger @tum.de



Katrin Stüer-Patowsky (M.Sc.) +49.89.289.13720 katrin.stueer@tum.de



Christine
Walzik
(M.Sc.)
+49.89.289.13705
christine.walzik@tum.de



Panfeng Zhu (M.Sc.) +49.89.289.13712 panfeng.zhu@tum.de

Gastwissenschaftler:innen



Enrica
Ciotola
M. Sc.
enrica.ciotola
@tum.de



Haruka Takeuchi (Ph.D.) haruka.takeuchi @tum.de



Martins O.
Omorogie
(Ph.D.)
+49.89.289.13714
mo.omorogie@tum.de



Dandan Zhao (Ph.D.) dandan.zhao @aalto.fi

Technisches Personal



Tanja Ertl +49.89.289.13732 tanja.ertl @tum.de



Carolin Kerscher +49.89.289.13732 c.kerscher @tum.de



Myriam Reif +49.89.289.13715 m.reif @tum.de



Maximilian Damberger +49.89.289.13730 m.damberger @tum.de



Heidrun Mayrhofer +49.89.289.13732 heidrun.mayrhofer @tum.de



Wolfgang Schröder +49.89.289.13726 wolfgang.schroeder @tum.de

Auszubildende



Judith Neuberth +49.89.289.13715 judith.neubert @tum.de

Kontakt

Lehrstuhl für Siedlungswasserwirtschaft Am Coulombwall 3 85748 Garching

Tel. +49.89.289.13701

Fax +49.89.289.13718

https://www.cee.ed.tum.de/sww/

sww@tum.de

Spendenkonto

Gesellschaft zur Förderung des Lehrstuhls e.V.,

Postbank München

IBAN: DE04 7001 0080 0034 9498 02

BIC: PBNKDEFF

Editor:innen

Lehrstuhl für Siedlungswasserwirtschaft Joana Mariz, M.Sc. Johannes Winklmaier, Dipl.-Ing.