



forum⁹⁵

Mitteilungsblatt des Lehrstuhls für Siedlungswasserwirtschaft

JAHRESBERICHT DES
LEHRSTUHL FÜR
SIEDLUNGSWASSERWIRTSCHAFT
2024

Lehrstuhl für Siedlungswasserwirtschaft

Am Coloumbwall 3
85748 Garching

Tel. +49.89.289.13701
Fax +49.89.289.13718

<https://www.cee.ed.tum.de/sww/>
sww@tum.de

Inhalt

| | |
|---|-----------|
| VORWORT | 1 |
| VERSUCHSANSTALT DES LEHRSTUHL | 3 |
| ANALYTISCHES UND MIKROBIOLOGISCHES LABOR | 4 |
| ARBEITSGRUPPE | |
| URBANE REGENWASSERBEWIRTSCHAFTUNG | 5 |
| BLÜHENDE VERSICKERUNGSMULDE IM URBANEN RAUM | 6 |
| BEGLEITFORSCHUNG "KLIMAGERECHTES BAUEN - MODELLVORHABEN" | 7 |
| EINSATZ VON BIOKOHLE IN BEGRÜNTE N VERSICKERUNGSMULDEN | 8 |
| 0°- DÄCHER - EINFLUSS VON KONTAKTZEIT UND WASSERMATRIX AUF DIE FREISETZUNG VON MECOPROP AUS BITUMENDACHBAHNEN | 9 |
| PILOTPROJEKT EHEM. BAYERNKASERNE MÜNCHEN: EVALUIERUNG VON BÖDEN UND SUBSTRATEN AUS SEKUNDÄRROHSTOFFEN HINSICHTLICH WASSERSPEICHERVERMÖGEN, SCHADSTOFFRÜCK- HALT UND VEGETATIONSVERTRÄGLICHKEIT | 10 |
| SCHADSTOFFE IN NIEDERSCHLAGSABFLÜSSEN VON NICHTMETALL-DÄCHERN | 11 |
| ARBEITSGRUPPE | |
| ENERGIENEUTRALE ABWASSERBEHANDLUNG | 12 |
| ENCOVER: ENERGETISCHE NUTZUNG VON CO ₂ ZUR VERRINGERUNG DES RESTMETHANPOTENTIALS | 13 |
| BIOGASGEWINNUNG IM LÄNDLICHEN RAUM | 14 |
| TECHNISCHES BIOGASPOTENZIAL BAYERN | 15 |
| DIE BIOMETHANISIERUNG ALS BAUSTEIN DER ENERGIEWENDE AUF KLÄRANLAGEN .. | 16 |
| OPTIMIERUNGSANSÄTZE FÜR DEN BETRIEB EINES RIESELBETTREAKTORS ZUR BIOLOGISCHEN METHANISIERUNG VON CO ₂ AND H ₂ | 17 |
| ARBEITSGRUPPE WEITERGEHENDE WASSERBEHANDLUNG | 18 |
| ELIMINATION VON SPURENSTOFFEN AUF KLEINEN KLÄRANLAGEN AM FALLBEISPIEL DER KLÄRANLAGE IRSCHENBERG (<10.000 EW) | 19 |
| OXIDATION MIT SULFAT-RADIKALEN IN EINEM NANO-AKTIVIERTEN KATALYTISCHEN FILTRATIONSPROZESS ZUR WASSER- WIEDERVERWENDUNG | 20 |
| DEMONSTRATION EINES NUTZWASSERWASSEREINSATZES FÜR EINE ALTERNATIVE BEWÄSSERUNG STÄDTISCHEN GRÜNS | 21 |
| GRUNDLAGENFORSCHUNG ZU REINIGUNGSMECHANISMEN VON ZEMENTSTEINFILTERN BEI DER BEHANDLUNG VON ABWÄSSERN DER TEXTILINDUSTRIE | 22 |

| | |
|---|-----------|
| ARBEITSGRUPPE | |
| WASSERWIEDERVERWENDUNG | 23 |
| NUTZWASSER ALS ALTERNATIVE WASSERRESOURCE FÜR DIE URBANE UND LANDWIRTSCHAFTLICHE BEWÄSSERUNG | 24 |
| TECHNOLOGIEN DER WASSERWIEDERVERWENDUNG ZUR STÜTZUNG DER TRINKWASSERVERSORGUNG IN URBANEN WASSERKREISLÄUFEN | 25 |
| FREE SPACE: GRUNDLAGENFORSCHUNG ZUR AUSNUTZUNG HYDRO- DYNAMISCHER EFFEKTE ZUR VERRINGERUNG DES MEMBRAN- FOULINGS DURCH DIE EINFÜHRUNG SPEZIELLER ANORDNUNGEN NEUARTIGER FEED-SPACER-GEOMETRIEN IN KOMBINATION MIT UNREGELMÄSSIGEN MEMBRANOBERFLÄCHENMUSTERN | 26 |
| MARSURE - HYBRIDE KÜNSTLICHE GRUNDWASSER- ANREICHERUNG ALS ADAPTIERUNGSSTRATEGIE FÜR EIN RESILIENTES UND NACHHALTIGES GRUNDWASSERMANAGEMENT | 27 |
| SEQUENTIAL MANAGED AQUIFER RECHARGE TECHNIQUE (SMART) FÜR DIE WASSERWIEDERVERWENDUNG | 28 |
| ARBEITSGRUPPE | |
| WATER-ENERGY-FOOD-ECOSYSTEM (WEFE) NEXUS | 29 |
| TRANS-SAHARA: NEUE WEFE-NEXUS-BASIERTE ANSÄTZE FÜR DIE AGROFORSTLICHE BEWIRTSCHAFTUNG IN DER NORD- AFRIKANISCHEN GROSSREGION | 30 |
| WATER-ENERGY-FOOD (WEF) NEXUS PILOTPROJEKT IN DER RETO DOSSO REGION, NIGER | 31 |
| SEED-HIMALAYA: SUSTAINABLE ENERGIES, ENTREPRENEURSHIP AND DEVELOPMENT IN RURAL KASHMIR | 32 |
| WATER-HUB PROJEKT MIT WEST-KAP, SÜDAFRIKA. | 33 |
| INTEGRIERTES WALD-, WASSER-, WOHLSTANDS-PROJEKT TUNESIEN. CONVERGENCE | 34 |
| ARBEITSGRUPPE | |
| URBANE MIKROBIOLOGIE | 35 |
| METHODISCHE WEITERENTWICKLUNG DER ABWASSERBASIERTEN EPIDEMIOLOGIE: VON DER PANDEMIEÜBERWACHUNG HIN ZU ONE HEALTH. | 36 |
| BIODIVERSITÄT UND ÖKOLOGIE AQUATISCHER PILZE IN UNBERÜHRTEN UND BELASTETEN OBERFLÄCHENGEWÄSSERN | 37 |
| WASSERPILZE IN BIOFILMEN DER ABWASSERBEHANDLUNG: ABUNDANZ, ABHÄNGIGKEITEN UND FUNKTION DER <i>Cryptomycota</i> | 38 |
| EINBLICK IN DIE DUNKLE MATERIE DER PILZE: ÖKOLOGIE UND GENETISCHES POTENTIAL VON <i>Rozella</i> SP. IN DER GROSSEN FUCHSKUHLE | 39 |
| DER BEITRAG VON PILZEN ZUM KOHLENSTOFFKREISLAUF DES SUBARKTISCHEN UND ARKTISCHEN PERMAFROSTS | 40 |
| GASTWISSENSCHAFTLER | 41 |

| | |
|--|-----------|
| DIE AUFNAHMEPOTENZIALE ANORGANISCHER FUNKTIONALER NANOMATERIALIEN FÜR UMWELTMIKROPLASTIK. | 41 |
| PHÄNOTYPISCHE UND GENETISCHE BEWERTUNG DER EMPFINDLICHKEIT GEGENÜBER ANTIBIOTIKA UND SCHWERMETALLEN VON ISOLATEN GRAMNEGATIVER BAKTERIEN AUS DER LAGUNA DE TRAMANDAI. | 42 |
| INNOVATIVE ANAEROBE LÖSUNGEN ZUR ENTFOSSILISIERUNG | 43 |
| VERWENDUNG VON MACHINE-LEARNING-ALGORITHMEN ZUR MODELLIERUNG VON UMWELTDATEN UND ZUR VERBESSERUNG DES VERSTÄNDNISSES VON PROZESSEN. . | 44 |
| INTERNATIONALE KOOPERATIONEN | 45 |
| NATIONALE UND INTERNATIONALE GREMIENARBEIT | 49 |
| INTERNATIONAL WATER ASSOCIATION (IWA) | 49 |
| WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT DER BUNDESREGIERUNG GLOBALE UMWELTVERÄNDERUNGEN (WBGU) | 49 |
| TRINKWASSERKOMMISSION (TWK) | 49 |
| DWA-ARBEITSGRUPPEN | 49 |
| WASSERCHEMISCHE GESELLSCHAFT | 50 |
| ZEITSCHRIFTEN - REDAKTEURE | 50 |
| 33. WASSERTECHNISCHES SEMINAR UND 51. ABWASSERTECHNISCHES SEMINAR | 51 |
| IFAT 2024 | 52 |
| WEFE NEXUS AUF DER IFAT 2024 | 54 |
| CONVERGENCE-SYMPOSIUM AM 13. MAI 2024 - TUM, GARCHING | 57 |
| EXKURSION ZUR MÜNCHNER TRINKWASSERGEWINNUNG IM MANGFALLTAL . . | 59 |
| BETRIEBSAUSFLUG 2024 | 61 |
| SCIENCLISTEN | 62 |
| VERÖFFENTLICHUNGEN | 63 |
| PEER-REVIEWED ZEITSCHRIFTENBEITRÄGE | 63 |
| ANDERE ZEITSCHRIFTENARTIKEL UND BUCHBEITRÄGE | 65 |
| KONFERENZEN (VORTRÄGE) | 65 |
| ABSCHLUSSARBEITEN | 70 |
| DISSERTATIONEN UND AUSZEICHNUNGEN | 74 |
| LEHRE | 77 |
| MITARBEITER:INNEN | 79 |
| KONTAKT | 87 |



**JÖRG E.
DREWES**

(PROF.
DR.-ING.)

089/289 13713

JDREWES@TUM.DE

Vorwort

Liebe Freundinnen und Freunde des Lehrstuhls,

das Jahr 2024 war das wärmste Jahr seit Beginn der Wetteraufzeichnung und dieser Rekord wird vermutlich in naher Zukunft nochmal gerissen. Hinzu kommen große geopolitische Veränderungen, deren Auswirkungen nur ansatzweise abgeschätzt werden können und die die Suche nach nachhaltigen Lösungen erschweren wird. Aber es gibt auch positive Entwicklungen, wenn wir auf die Beschlüsse der letzten COP 29 Verhandlungen schauen, in denen mehr als 100 Länder sich auf eine grundsätzlich neu ausgerichtete Wasser-Agenda verständigt haben. Im Dezember 2024 wurde die revidierte EU-Kommunalabwasserrichtlinie (EU-KARL) verabschiedet, die den Wassersektor in den kommenden Jahren und Jahrzehnten komplett verändern wird. Damit sind enorme Chancen verbunden und wir freuen uns diesen Wandel mit neuen Konzepten zu begleiten.

Wir sind sehr dankbar für ein produktives Jahr am Lehrstuhl. Auch 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 sehr für Dr.-Ing. Carolina Feickert Fenske, die in diesem Jahr für ihre Dissertation mit dem Johannes B. Ortner Preis der TU München ausgezeichnet wurde. Wir gratulieren auch Dr.-Ing. Philipp Sperle, der für seine Doktorarbeit den Departmentpreis Civil and Environmental Engineering der TUM erhalten hat. Weiterhin gratulieren wir Dr.-Ing. Christian Hiller, Dr. rer. nat. Lijia Cao und Dr.-Ing. Emil Bein für den erfolgreichen Abschluss ihrer Doktorarbeiten. Herzlichen Glückwunsch!

Im Jahr 2024 haben wir das 33. Wassertechnische Seminar veranstaltet mit dem Thema „Die neue Trinkwasserverordnung und ihre Bedeutung für die Trinkwasserversorgung in Bayern“. Das 51. Abwassertechnische Seminar (ATS) fand im Juli in Garching mit Fokus auf die neue EU-Kommunalabwasserrichtlinie statt. Beide Veranstaltungen waren sehr gut besucht mit spannenden Diskussionen und neuen Einblicken.

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.

In diesem Jahr habe ich meine Aufgabe als Academic Program Director für den Studiengang Umweltingenieurwesen an meinen Kollegen Markus Disse abgegeben. Neben meinen Lehrstuhlaufgaben engagiere ich mich bei der International Water Association (IWA) sowie nun als Co-Vorsitzender im Wissenschaftlichen Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU). Der WBGU hat dieses Jahr sein neues Hauptgutachten „Wasser in einer aufgeheizten Welt“ der Bundesregierung übergeben.

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 2024 überreichen zu können, um Ihnen einen kleinen Einblick in unsere Aktivitäten zu geben. Auch in 2024 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

Ihr,

Jörg E. Drewes





**BRIGITTE
HELMREICH**

(PROF. DR.
RER.NAT.HABIL.)

089/289 13719

B.HELMREICH
@TUM.DE

Versuchsanstalt des Lehrstuhls

Die Versuchsanstalt des Lehrstuhls führt Prozessvalidierungen für Trinkwasser- und 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.

Ebenso hat die Versuchsanstalt verschiedenste 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 Verkehrsflächenabflüssen. Im Zuge dessen werden auch klassische Siebanalysen, Kationenaustauschkapazitäten, Schüttdichten, etc. der eingesetzten Materialien nach genormten Verfahren analysiert.



Abbildung 1:
Nanofiltrationspilotanlage (80
L/min)

Analytisches und mikrobiologisches Labor

Das Labor ist eine zentrale Einrichtung des Lehrstuhls für Siedlungswasserwirtschaft. Es ist unterteilt in ein analytisches Labor unter der Leitung von Dr. Carolin Heim und Dr. Tim Schlachta und ein mikrobiologisches Labor unter der Leitung von Dr. Christian Wurzbacher. Das Analytische Labor ist mit modernsten Analysegeräten ausgestattet, die es erlauben, sämtliche genormte trink- und abwasserrelevante Parameter zu bestimmen. Neben der Charakterisierung von Wasserproben über Summenparameter wie CSB und BSB können organische Verbindungen mittels 3-D Fluoreszenz und UV-Spektroskopie genauer untersucht und mit dem TOC-Analyzer auch quantitativ erfasst werden. Wasserrelevante Anionen, Oxohalogenide, wie z.B. Bromat und Chlorat und auch kurzkettige organische Säuren können mittels Ionenchromatographie analysiert werden. Für die Analytik von Metallen steht die klassische Atomabsorptionsspektroskopie mit Flammen- und Graphitofen-AAS zur Verfügung sowie für die Multielementanalytik ein hochsensitives ICP-OES-Gerät.



Abbildung 2:
Multielementanalytik mit
der ICP-OES von Perkin
Elmer



CAROLIN HEIM
(DR. RER. NAT.)

089/28913702
C.HEIM@TUM.DE



TIM SCHLACHTA
(DR. RER. NAT.)

089/28913702
TIM.SCHLACHTA
@TUM.DE



Abbildung 3:
HPLC-MS/MS für die
hochsensitive Detektion
von Spurenstoffen

Die Spurenstoffanalytik charakterisiert und identifiziert organische Moleküle aus wässrigen Proben (Target Screening) mittels chromatographischer Trenntechniken gekoppelt mit hochsensitiven massenspektrometrischen Detektionsverfahren (LC-MS/MS). Hier können u.a. anderem auch Perfluorierte Alkylsubstanzen (PFAS) zuverlässig im Wasserkreislauf erfasst werden. Flüchtige organische Substanzen, wie Weichmacher oder flüchtige organische Säuren, können mit Headspace- GC/FID, sowie Mikroplastik-Partikel mittels Thermo-desorptions- Pyrolyse- GC/MS erfasst werden.

Das Mikrobiologische Labor nutzt konventionelle Techniken zur Bestimmung der mikrobiologischen Wasserqualität, sowie Biosimmetrie Protokolle für Viren und Bakterien zur Evaluierung von Desinfektionsmethoden. Weiterhin zählen wir Mikroorganismen über Flow Cytometrie, oder analysieren diese einzeln per Lasermikrodissektion. Molekularbiologisch arbeiten wir mit der Quantifizierung von Genen in der Umwelt mit digitaler und quantitativer PCR, und der Analyse von mikrobiellen Gemeinschaften und Metagenomen mit Hochdurchsatzsequenzierungen.



**CHRISTIAN
WURZBACHER**
(DR. RER. NAT.)

089/28913797
C.WURZBACHER
@TUM.DE



**BRIGITTE
HELMREICH**

(PROF. DR.
RER.NAT.HABIL.)

089/289 13719

B.HELMREICH
@TUM.DE

Arbeitsgruppe Urbane Regenwasserbewirtschaftung

Auch in diesem Jahr hat das Thema wasserbewusste Siedlung einen Schwerpunkt in der Arbeitsgruppe 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. In



Abbildung 4: Biodiverse Bepflanzung an einer Versickerungsmulde in München. Foto: Patrizia Eben

2024 haben wir mit dem neuen Forschungsvorhaben Schadstoffe in den Niederschlagsabflüssen von Nichtmetalldächern zusammen mit Fraunhofer IBP in Valley begonnen. Außerdem konnten wir erfolgreich einen Auftrag der Landeshauptstadt München zum Thema Blühende Versickerungsmulden in der Stadt bearbeiten. Ein interdisziplinäres Projekt, bei dem wir zudem die Chance hatten, langjährige Versickerungsmulden in München zu beproben, um Aussagen für den Betrieb solcher Versickerungsanlagen zu treffen. Ebenso konnten wir Versickerungsmulden hinsichtlich des Verhaltens von Pflanzen bei Staunässe, langen Trockenzeiten aber auch Streusalz untersuchen. Die Regenwassergruppe konnte dieses Jahr in Berlin ihre Projekte im Rahmen eines wissenschaftlichen Austausches mit den Berliner Wasserbetrieben, der Berliner Regenwasseragentur und dem Kompetenzzentrum Wasser Berlin bei einer Exkursion Anfang Oktober vorstellen. Wir konnten auch ein Stadtquartier in Berlin besuchen, bei dem langjährig bereits die wasserbewusste Siedlungsplanung umgesetzt ist.

Blühende Versickerungsmulde im urbanen Raum

Durch Nachverdichtungen und neue Bauvorhaben werden stetig neue Flächen versiegelt. Die daraus resultierende Reduzierung von innerstädtischen Grünflächen führt unweigerlich zu Veränderungen des lokalen Wasserhaushaltes, der Verstärkung urbaner Hitzeinseln und einem Rückgang der Biodiversität im urbanen Raum. Durch den Klimawandel werden Extremereignissen wie Starkregen, lang anhaltende Regen oder Dürreperioden häufiger und intensivieren die Effekte von fehlenden Grünflächen in Städten. Als besonders vielversprechende Möglichkeiten, diesen Herausforderungen entgegenzuwirken, werden blühende Versickerungsmulden erachtet.



Abbildung 5: Halbtechnische Versuche am Freigelände des Lehrstuhls für Siedlungswasserwirtschaft

Ziel des interdisziplinären Forschungsprojektes war, zu untersuchen, welche Vorteile in einer urbanen Versickerungsmulde durch eine artenreiche, heimische Bepflanzung und eine angepasste Substratzusammensetzung erreicht werden können. Neben der Stresstoleranz der Bepflanzung wurden Infiltration, Schadstoffrückhalt und Insektenvielfalt untersucht. Am Lehrstuhl für Siedlungswasserwirtschaft wurde im Freigelände durch die Beschickung mit realem Verkehrsflächenabfluss die Untersuchung der stofflichen Belastung und Betriebsstabilität der Versickerungsmulden im halbtechnischen Maßstab durchgeführt. Zusätzlich wurden Pilotflächen an einer stark befahrenen Straße in München überwacht und der Rückhalt von Schwermetallen untersucht. Darüber hinaus wurden an langjährig betriebenen Mulden in Freiland die Kolonisation der bewachsenen Bodenzone in Versickerungsmulden begutachtet und die Schadstoffanreicherungen auf den Wirkungspfad Boden-Mensch (BBodSchV) untersucht. Das einjährige Forschungsprojekt wurde im Dezember 2024 erfolgreich abgeschlossen. In dem vorangegangenen Projekt zu multifunktionalen Versickerungsmulden wurde im September 2024 die Publikation Multifunktionale Versickerungsmulden Handlungsempfehlung zu Planung, Bau und Betrieb vom bayrischen Landesamt für Umwelt veröffentlicht.



**PHILIPP
STINSHOFF**

(M.Sc.)

089/28913717

PHILIPP.
STINSHOFF
@TUM.DE



PATRIZIA EBEN

(M.Sc.)

089/28913720

PATRIZIA.EBEN
@TUM.DE

FÖRDERUNG:

LH MÜNCHEN -
BAUREFERAT
GARTENBAU

KOOPERATION:

HS WT,
BODENINSTITUT
PRÜGL



**LEA
ROSENBERGER**

(M.Sc.)

089/28913716

LEA.
ROSENBERGER
@TUM.DE

FÖRDERUNG:

BAYERISCHES
STAATSMINISTERIUM
FÜR UMWELT UND
VERBRAUCHERSCHUTZ
(StMUV)

KOOPERATION:

LEHRSTUHL FÜR
ENERGIEEFFIZIENTES
UND NACHHALTIGES
PLANEN UND BAUEN
(TUM), INSITUT FÜR
IMMOBILIENÖKONOMIE
(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 mindert.

Das Forschungsprojekt, das Teilprojekt des Zentrums Stadtnatur und Klimaanpassung (ZSK) der TUM 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 einschließlich Nebeneffekten wie Gesundheits- und Umweltkosten bewertet.



Abbildung 6: Broschüre "Bezahlbar klimagerecht 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. Zum Abschluss des Projektes wurden die Ergebnisse in der Broschüre "Bezahlbar klimagerecht bauen" veröffentlicht.

Einsatz von Biokohle in begrünten Versickerungsmulden

Urbanes Niederschlagswasser ist eine wichtige Schadstoffquelle, das die Qualität von Gewässern beeinträchtigt und sich auf die menschliche Gesundheit und Ökosysteme auswirken kann. Die Einführung blau-grüner Infrastrukturen - wie begrünte Versickerungsmulden oder Bioswales - für die Niederschlagswasserbehandlung ist eine sinnvolle Strategie zur Bewältigung dieser Herausforderung. Herkömmliche Bioswales können zwar Sedimente und partikelgebundene Schadstoffe wirksam entfernen, aber gelöste organische Schadstoffe wie Biozide aus Gebäudefassadenabflüssen nicht zuverlässig beseitigen. In diesem Projekt wird die Verwendung von Biokohle zur verbesserten Entfernung gelöster Schadstoffe in Bioswales untersucht, mit Fokus auf Bioziden und Schwermetallen. Für die Untersuchungen wird Biokohle alleine eingesetzt oder in Kombination mit zwei unterschiedlichen Bodenmatrizen hergestellt aus lokalen Materialien in München.

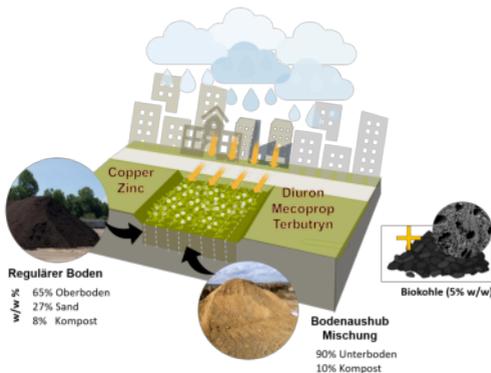


Abbildung 7: Konzept für den Einsatz von Biokohle in begrünten Versickerungsmulden

Vorläufige Ergebnisse der Adsorptionsexperimente im Labormaßstab mit synthetischem Niederschlagswasser zeigen, dass Hochtemperatur-Biokohle (850 °C) aus gemischten Forstabfällen eine mit körniger Aktivkohle (AKG) vergleichbare Entfernung gelöster Stoffe erreicht. Mit dieser Biokohle kann die Entfernung von gelösten Schwermetallen (>80%) und Bioziden (>90%) in den beiden Böden erheblich verbessert werden. Der Wirkungsgrad ist von der Bodenart abhängig. Labormaßstab-Tests haben gezeigt, dass Biokohle die hydraulische Leitfähigkeit der getesteten Böden verringern kann, aber die Werte entsprechen noch den deutschen Regelwerken bei den vorgeschlagenen Beimischungsraten. Derzeit werden Säulenexperimente bei unterschiedlichen Regenintensitäten und Trockenperioden durchgeführt.



NATALIE PÁEZ-CURTIDOR

(M.Sc.)

089/28913705

NATALIE.PAEZ
@TUM.DE

FÖRDERUNG:

DFG

**DANIEL NIESS**

(M.Sc.)

089 289 13780

DANIEL.NIESS
@TUM.DE

FÖRDERUNG:

BUNDESMINISTERIUM
FÜR WIRTSCHAFT
UND KLIMASCHUTZ
(BMWK)

KOOPERATION:

FRÄNKISCHE
ROHRWERKE GEBR.
KIRCHNER GMBH &
CO. KG, OPTIGRÜN
INTERNATIONAL AG

0°-Dächer - Einfluss von Kontaktzeit und Wassermatrix auf die Freisetzung von Mecoprop aus Bitumendachbahnen

0°-Dächer stauen das Wasser, im Gegensatz zu normalen Flach- oder Gründächern, ein und bieten somit viele Lösungsansätze für die Minimierung der Folgen des Klimawandels. Allerdings werden die Gründachsubstrate oftmals auf Bitumendachbahnen mit Herbiziden (Mecoprop) zum Schutz der Gebäude vor Wurzelschäden aufgebaut. Mecoprop (MCP) ist ein gewässerrelevanter Schadstoff, der in hohen Konzentrationen von diesen Bitumendachbahnen freigesetzt wird. Ziel unserer Forschung ist es, den Einfluss von Kontaktzeit und Wassermatrix auf die Freisetzung zu untersuchen und zu evaluieren, da diese nach dem jetzigen Wissensstand für die MCP-Freisetzung sehr relevant sind. Insbesondere unterschiedlichen Dachaufbauten tragen, durch die verwendeten Materialien, zur Veränderung der Wassermatrix bei. Daher wurden in den Experimenten jeweils drei Kies-, Extensiv- und Intensiv-Dachaufbauten im Pilotmaßstab errichtet und auf ihre MCP-Freisetzung geprüft. Dafür wurden die Dächer mit 30 l synthetischen Regenwasser bewässert. Die Dächer wurden für ein bis 12 Tage eingestaut, danach entleert und die Wassermatrix bezüglich MCP analysiert.



Abbildung 8: Versuchsaufbau der MCP-Freisetzung von 0°-Dächern

Ziel des Forschungsvorhabens ist die hypothetisierte Korrelation zwischen Kontaktzeit, Wassermatrix und MCP-Freisetzung darzulegen und somit das MCP-Freisetzungspotential besser zu charakterisieren. Diese Informationen werden wiederum dazu genutzt, dezentrale Niederschlagswasser-Behandlungsanlagen auf das MCP-Freisetzungsverhalten der Gründächer zu entwickeln, um somit den Rückhalt von MCP zu maximieren. Des Weiteren ist angedacht, eine Handlungsempfehlung für die Gründachnutzungen auszugeben.

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-Emissionen), 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. 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.

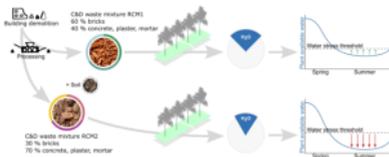


Abbildung 9: Ein erhöhter Anteil von Ziegel im aufbereiteten Bauschutt senkt den edaphischen Trockenstress in niederschlagsarmen Sommermonaten

Ziel des Pilotversuchs ist die Prüfung, ob im Rahmen des Großprojekts Bayernkaserne 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.



**SEBASTIAN
KNOLL**
(M.Sc.)

S.KNOLL@TUM.DE

FÖRDERUNG:

LANDESHAUPTSTADT
MÜNCHEN
KOMMUNALREFERAT

KOOPERATION:

HOCHSCHULE
WEIHENSTEPHAN-
TRIEDORF UND
BODENINSTITUT
JOHANNES PRÜGL

**JULIA UDVARY**

(M.Sc.)

089/28913709

JULIA.UDVARY
@TUM.DE**FÖRDERUNG:**

BUNDESINSTITUT
FÜR BAU-, STADT-
UND
RAUMFORSCHUNG
IM AUFTRAG DES
BUNDESMINISTERIUMS
FÜR WOHNEN,
STADTENTWICKLUNG
UND BAUWESEN AUS
MITTELN DER
ZUKUNFT BAU
FORSCHUNG-
FÖRDERUNG

KOOPERATION:

FRAUNHOFER
INSTITUT FÜR
BAUPHYSIK

Schadstoffe in Niederschlagsabflüssen von Nichtmetall-Dächern

In wachsenden Städten werden immer mehr Flächen versiegelt. Dadurch steigt der Kontakt von Regenwasser mit Materialien, z. B. auf Dächern, die das Niederschlagswasser mit gewässerschädlichen Substanzen belasten können. Für die meisten Dachmaterialien können aber bisher keine eindeutigen oder statistisch relevanten Aussagen zu Schadstoffemissionen gemacht werden, da es kaum Untersuchungen gibt, die zudem meist auf einmaligen Stichproben basieren und die Rahmenbedingungen wie Dachrinnenmaterial nicht ausreichend beschrieben werden. Es besteht erheblicher Forschungsbedarf, um wissenschaftlich fundierte Aussagen über Schadstoffe in Niederschlagsabflüssen von Nichtmetall-Dächern zu treffen.

Das Projekt, dient der Schaffung einer umfassenden und belastbaren Datenbasis zur Freisetzung von Stoffen aus Nichtmetall-Dächern. Basierend auf einer Recherche relevanter Produkte werden Labor- und Freilandversuche durchgeführt. Mit einem standardisierten Laborverfahren werden Bauprodukt-Eluate zur Abschätzung der Emissionen gewonnen. Durch Freilandversuche werden die Materialemissionen unter realen Witterungsbedingungen kontinuierlich untersucht.



Abbildung 10: Aufbau der Versuchs-dächer im Freiland

Die gewonnene Datenbasis ermöglicht eine belastbare Bewertung der stofflichen Emissionen und dient zur Ableitung von Empfehlungen für Regelwerke. Sie dient als Grundlage für die Entwicklung dezentraler Niederschlagswasser-Behandlungsanlagen, um das anfallende Niederschlagswasser unter den Herausforderungen des Klimawandels im urbanen Raum nachhaltig nutzbar machen zu können.

Arbeitsgruppe Energie neutrale 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.

Die neue kommunale Abwasserrahmenrichtlinie (KARL) der Europäischen Kommission setzt mit den darin formulierten ambitionierten Zielen neue Maßstäbe für die Weiterentwicklung der Abwasserbehandlung in den nächsten Dekaden. Herausfordernd wird insbesondere das Spannungsfeld zwischen der geforderten Energieneutralität und den zusätzlichen Anforderungen bezüglich weitergehender Nährstoffeliminierung und der (energieaufwendigen) Spurenstoffentfernung. Wir sind aber optimistisch, dass wir mit unserer Arbeit einen kleinen Beitrag dazu leisten können.

Einen vielversprechender Ansatz wollen wir im Rahmen des vom Bayerischen Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie (StMWi) bewilligten Forschungsvorhabens „Mikrobiologische Methanisierung - Übergang in die kommerzielle Anwendung“ (KomMeth) weiter verfolgen. Mit der Biomethanisierung steht uns eine interessante Möglichkeit zu Verfügung, Energie in Zeiten des Überschusses als Biomethan zu speichern und es bei Bedarf („Dunkelflaute“) für die Abwasserbehandlung bereitzustellen. Christian Wenzel und Xaver Niebauer werden im Rahmen des Projektes ihre Doktorarbeiten anfertigen.

Im neuen Jahr wird ein BMBF-Verbundprojekt mit dem Titel „Urban Heat Cycle Nachhaltiges, biogenes Heizöl aus municipaler Restbiomasse“(UHC) starten, in dem wir uns – mal wieder – mit dem anaeroben Abbau von Klärschlamm beschäftigen. Neu ist diesmal, dass es nicht um die Erzeugung von Methan, sondern um die Vorgängersubstanzen organischen Säuren und Wasserstoff gehen soll, wozu die Methanogenese komplett unterdrückt werden muss. Während der Wasserstoff als Energiespeicher dienen wird, sollen die organischen Säuren als Substrat für Ölhafen dienen, um daraus final dann Heizöl zu gewinnen.

Im Frühjahr startet ein von der Europäischen Kommission finanziertes Doktorandennetzwerk mit dem Titel „Leveraging Anaerobic Digestion through environmental stresses“ (LeAD), in dem Christian Wurzbacher und ich jeweils einen Doktoranden betreuen werden. Gemeinsam mit europäischen Partnern wollen wir Strategien entwickeln, um den anaeroben Abbauprozess resilienter gegenüber externen Stressfaktoren zu machen.



KONRAD KOCH

(PROF.
DR.-ING.
HABIL.)

089/289 13706

K.KOCH@TUM.DE



FELIX MÜLLER
(M.Sc.)

089/28913717

FEL.MUELLER
@TUM.DE

FÖRDERUNG:

FACHAGENTUR
NACHWACHSENDE
ROHSTOFFE

KOOPERATION:

UNIVERSITÄT
HEIDELBERG;
BAYRISCHE
LANDESANSTALT
FÜR
LANDWIRTSCHAFT

ENCOVER: Energetische Nutzung von CO₂ zur Verringerung des Restmethanpotentials

Die Verbrennung fossiler Brennstoffe ist die Hauptquelle von Treibhausgasen. Um bis 2050 klimaneutral zu werden, muss die Energieerzeugung verstärkt auf erneuerbare Quellen umgestellt werden. Biogas spielt dabei eine Schlüsselrolle, da es im Gegensatz zu anderen erneuerbaren Energien speicherbar ist. Allerdings verbleibt bei der Vergärung von Roh- und Reststoffen bisher ein erheblicher Anteil des Methanpotentials im Gärrest. Studien zeigen, dass CO₂-Anreicherung die Methanproduktion steigern und die Prozessstabilität verbessern kann. Ziel des Projekts ist die energetische Nutzung von CO₂ zur Reduzierung des Restmethanpotentials, insbesondere mit bislang wenig untersuchten Reststoffen. Anders als bei Klärschlamm wird bei diesen Substraten eine höhere Effizienz erwartet. Neben der Quantifizierung von Methanproduktion und Stabilität werden Mechanismen durch pH- und Redoxmessungen, isotopische Analysen sowie mikrobiologische Untersuchungen aufgeklärt. Dies erfolgt sowohl in Batch- als auch in kontinuierlichen Technikumsversuchen. In den kontinuierlichen Versuchen mit Speiseresten wurde eine gesteigerte Methanproduktion im mit CO₂ angereicherten Reaktor (R_{CO2}) festgestellt (Abbildung 1A). Bis Tag 53 konnte eine Methansteigerung von 96 L (+7 %) im Vergleich zum Kontrollreaktor (R₀) erreicht werden (schwarz durchgezogene Linie). Der Effekt der CO₂-Anreicherung zeigte sich jedoch erst bei einer erhöhten Raumbelastung, während zuvor beide Reaktoren eine vergleichbare Methanproduktion zeigten. Die vertikalen Linien markieren den Zeitpunkt des Fütterungsstopps in den jeweiligen Reaktoren. Im R_{CO2} wurde eine verbesserte Prozessstabilität beobachtet, da der Reaktor trotz fortgesetzter Substratzufuhr weiterhin stabil lief, während die Substratzugabe in R₀ wegen des stark gefallen pH-Wertes gestoppt werden musste. Ähnliche Ergebnisse zeigten sich bei der Wasserstoffproduktion (Abbildung 1B): Im R_{CO2} wurden etwa 0,2 Liter mehr H₂ erzeugt als im R₀. Dies deutet darauf hin, dass nicht nur das vorhandene H₂ effizient umgewandelt, sondern auch zusätzlich produziert wurde. Insgesamt sorgte die CO₂-Anreicherung also für mehr Methan, mehr Wasserstoff und eine verbesserte Prozessresilienz.

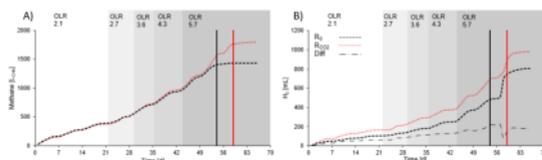


Abbildung 11: Kumuliertes Methan- (A) - und Wasserstoffvolumen (B).

Biogasgewinnung im ländlichen Raum

Bis zum Jahr 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 (AD) eine innovative und widerstandsfähige Lösung, die organische Abfälle behandelt und gleichzeitig erneuerbare Energie in Form von energiereichem Biogas und Gärresten, einem hochwertigen Biodünger, erzeugt.

In einer kürzlich durchgeführten Studie haben wir den AD-Prozess mit Kohlendioxid angereichert, um die Biomethanproduktion zu steigern und die Abbaukinetik und die Entwicklung der methanogenen Pfade zu untersuchen. Die Anreicherung mit Kohlendioxid verbesserte die Verdauung des Inokulums und lieferte zusätzliche Energie für die methanogenen Archaeen. Die Methanausbeute von Leerimpfungen stieg nach der Kohlendioxidanreicherung um 53% auf 77%. Obwohl die weitere Verdauung der Inokulumreste länger dauerte, erhöhte sich durch die schnelle Anpassung die Methanproduktionsrate und überwand die Verzögerungsphase. Bei der Kohlendioxidanreicherung nach dem Einsatz der Ausgangsstoffe wurden keine antagonistischen Effekte beobachtet. Eine gesteigerte Methanproduktion und eine deutliche Verringerung des chemischen Sauerstoffbedarfs bestätigen die Auswirkungen der Kohlendioxidanreicherung auf die Verdauung des Inokulums. Die Isotopenanalyse ergab einen Anstieg der $\delta^2\text{H-CH}_4$ -Werte um etwa 36 mU im Vergleich zum nicht angereicherten Inokulum, was auf eine verstärkte hydrogenotrophe Methanogenese schließen lässt. Die Anreicherung mit Kohlendioxid steigert die Biomethanproduktion und die Effizienz der anaeroben Vergärung erheblich und bietet eine nachhaltige Lösung für den Betrieb von Großanlagen. Wichtig ist, dass Biogasanlagen bereits CO_2 produzieren, was diese Methode sowohl kosteneffizient als auch weithin anwendbar macht, mit erfolgreichen Versuchen mit Gärresten aus der kommunalen Abwasserbehandlung und landwirtschaftlichen Rohstoffen.



**MOHAMMAD
JAVAD BARDI**

(M.Sc.)

089/289 13717

M.J.BARDI
@TUM.DE

FÖRDERUNG:

THE GERMAN
ACADEMIC
EXCHANGE
SERVICE (DAAD)

KOOPERATION:

TUM SEED
CENTER

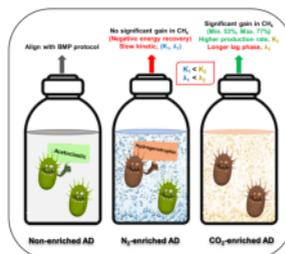


Abbildung 12: The intriguing effect of CO_2 enrichment in anaerobic digestion



**MATTHIAS
STEINDL**

(M.Sc.)

+49 8161
8640-3462

MATTHIAS.
STEINDL
@TUM.DE

FÖRDERUNG:

BAYERISCHES
LANDESAMT FÜR
UMWELT (LFU),
BAYERISCHES
STAATSMINISTERIUM
FÜR WIRTSCHAFT,
LANDESENTWICKLUNG
UND ENERGIE
(STMWi)

KOOPERATION:

BAYERISCHE
LANDESANSTALT FÜR
LANDWIRTSCHAFT
(LFL)

Technisches Biogaspotenzial Bayern

Biogaserzeugung aus landwirtschaftlicher Biomasse ist ein wichtiger Bestandteil der Energiewende in Deutschland und Bayern. Biogas ist ein speicherbarer Energieträger, der sich in Form von aufbereitetem Biomethan nahtlos in die bestehende Energie-Infrastruktur integrieren lässt. Biomasse ist aber eine begrenzte Ressource und die Energieerzeugung kann in Konkurrenz zur Produktion von Lebens- oder Futtermitteln stehen. Zum Ausbau der Biogaserzeugung fokussiert sich die EU-Kommission daher in ihrem REPowerEU-Plan auf Biomasse, welche keiner Nutzungskonkurrenz unterliegt.

Das Ziel des Projekts war es, das technische Potenzial von landwirtschaftlicher Biomasse zur Biogaserzeugung in Bayern zu quantifizieren. Dabei wurde eine hohe räumliche Auflösung auf Ebene der Gemeinden gewählt, um der geringen Transportwürdigkeit von bestimmten Reststoffen (z.B. flüssige Wirtschaftsdünger) Rechnung zu tragen. Darüber hinaus wurde die Nutzungskonkurrenz für Biomasse berücksichtigt, wie dies z.B. bei Getreidestroh der Fall ist, welches auch als Einstreu für Tiere genutzt werden kann. Durch eine Monte-Carlo-Simulation wurde die Unsicherheit in den zugrundeliegenden statistischen Daten adressiert und eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt.

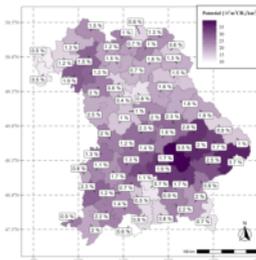


Abbildung 13: Konzentration des ungenutzten technischen Methanpotenzials von Biomasse ohne konkurrierende Nutzung nach Landkreisen. Die Beschriftungen zeigen den Anteil des gesamten ungenutzten technischen Methanpotenzials nach Landkreisen. Die Berechnungen auf der Ebene der Gemeinden wurden auf Landkreisebene (NUTS-3) aggregiert.

Die Ergebnisse zeigen, dass das ungenutzte Potenzial aus landwirtschaftlicher Biomasse ohne Nutzungskonkurrenz noch vergleichsweise hoch ist und damit etwa 12 Prozent des in Bayern verbrauchten Erdgases ersetzt werden könnte. Die Ergebnisse werden im Energieatlas Bayern des LfU veröffentlicht (<https://www.energieatlas.bayern.de/>).

Die Biomethanisierung als Baustein der Energiewende auf Kläranlagen

Im Zuge der Energiewende sollen erneuerbare Energien langfristig die zentrale Rolle im deutschen Energiesystem übernehmen. Eine vielversprechende Lösung für die flexible und bedarfsgerechte Energiespeicherung ist die Umwandlung von Wasserstoff (H_2) und Kohlendioxid (CO_2) zu Methan (CH_4) durch das sogenannte Power-to-Methane-Verfahren. Dabei wird H_2 aus nicht genutztem regenerativem Strom mittels Elektrolyse hergestellt und CO_2 aus Kläranlagen, Biogasanlagen oder der Industrie kann direkt am Ort der Entstehung genutzt werden.

Die mikrobiologische Umwandlung von H_2 und CO_2 zu CH_4 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 Mikroorganismen auf Aufwuchskörpern immobilisiert sind.

Im abgeschlossenen Projekt DemoMeth konnte ein Pilotreaktor mit einem aktiven Reaktionsvolumen von $0,8 \text{ m}^3$ auf der Kläranlage Garching installiert werden. Als CO_2 -Quelle wurde Rohbiogas aus dem Gasspeicher des Faulbehälters eingesetzt, wodurch eine Aufwertung des Biogases am Entstehungsort bis auf Einspeisequalität ($> 96 \% CH_4$) ermöglicht werden konnte. Dabei wurde im Pilotreaktor eine stabile Methanproduktionsrate von $6 \text{ m}^3/(\text{m}^3 \text{ Reaktionsvolumen} \cdot \text{d})$ erreicht.

Nach einer 1,5-jährigen Stillstandszeit konnte der Pilotreaktor, im Rahmen des neuen Projekt KomMeth, vollständig instandgesetzt und wieder in Betrieb genommen werden. Die ersten Anfahrversuche im Kaltstart belegen, dass der Reaktor auch nach längerem Stillstand innerhalb kurzer Zeit wieder eine stabile Methanproduktion erreichen kann.

Nun wird das Konzept unter realen Bedingungen getestet und die H_2 -Versorgung aus Gasbündeln durch die Integration eines Elektrolyseurs ersetzt. Die Kopplung von Elektrolyse und Methanisierung soll die Funktionalität des Gesamtprozesses demonstrieren und dabei auftretende Herausforderungen, beispielsweise bezüglich der notwendigen Zwischenspeicherung von H_2 , identifizieren und adressieren. Zusätzlich werden Untersuchungen zur Optimierung der Methanproduktivität, der Prozessstabilität und dem dynamischen Betrieb der Anlage durchgeführt.



**CHRISTIAN
WENZEL**

(M.Sc.)

089/289 13711

CHRISTIAN.
WENZEL
@TUM.DE

FÖRDERUNG:

BAYERISCHES
STAATSMINISTERIUM
FÜR WIRTSCHAFT,
LANDESENTWICKLUNG
UND ENERGIE
(StMWI)

KOOPERATION:

BAYRISCHE
LANDESANSTALT FÜR
LANDWIRTSCHAFT
(LFL)



*Abbildung 14:
Pilotreaktor auf der
Kläranlage Garching.*



**XAVER
NIEBAUER**

(M.Sc.)

089/289 13711

XAVER.NIEBAUER
@TUM.DE

FÖRDERUNG:

BAYERISCHES
STAATSMINISTERIUM
FÜR WIRTSCHAFT,
LANDESENTWICKLUNG
UND ENERGIE
(STMWi)

KOOPERATION:

BAYRISCHE
LANDESANSTALT FÜR
LANDWIRTSCHAFT
(LFL)

Optimierungsansätze für den Betrieb eines Rieselbettreaktors zur biologischen Methanisierung von CO₂ and H₂

Um eine nachhaltige und sichere Stromversorgung auf der Grundlage eines hohen Anteils an volatilen erneuerbaren Energien zu gewährleisten, sind langfristige und bedarfsorientierte Energiespeichertechnologien erforderlich. Dadurch kann eine Stabilisierung des Stromnetzes in Zeiten des Ungleichgewichts zwischen Energieerzeugung und -nachfrage erreicht werden. Beim Power-to-Methane (PtM) -Konzept wird Strom aus erneuerbaren Energiequellen (in Form von grünem Wasserstoff) in Methan umgewandelt, das als Kurz-, Mittel- und Langzeitspeicher in der bestehenden Erdgasinfrastruktur zur Verfügung gestellt werden kann. Ein wichtiger Aspekt für einen effizienten Einsatz der PtM-Technologie ist dabei die Fähigkeit, bedarfsorientiert (dynamisch) betrieben zu werden.

Das Hauptziel des Projekts KomMeth ist es, eine zukünftige kommerzielle Anwendung von Rieselbettreaktoren (TBR) für die biologische Methanisierung voranzutreiben. Neben Untersuchungen im Pilotmaßstab werden zwei bestehende TBRs im technischen Maßstab wieder in Betrieb genommen und zur Evaluierung verschiedener Parameter und Betriebsweisen eingesetzt. Zunächst werden beide Reaktoren wieder angefahren und betrieben, bis ein stabiler Zustand erreicht ist. Um den aktuellen Zustand der Mikrobiologie im Reaktorinneren zu beurteilen, wurden Proben für die Mikro- und Molekularbiologie genommen. Das Anfahrverhalten wird überwacht und kann Aufschluss über das Verhalten des Reaktors nach langen Stillstandszeiten (mehr als 2 Jahre) geben. Anschließend wird der Schwerpunkt der Untersuchungen in den Technikumsreaktoren auf verschiedenen Standby- & Wiederanlaufversuchen sowie auf der detaillierten Untersuchung der für einen effizienten Betrieb erforderlichen Mindestkonzentrationen an Nährstoffen liegen. Außerdem ist der Aufbau eines (Fed-)Batch-Setups geplant, um einen besseren Vergleich verschiedener Trägermaterialien zu ermöglichen.



Abbildung 15: Geplante Forschungsthemen und verwendete Versuchsaufbauten

Arbeitsgruppe Weitergehende Wasserbehandlung

Die Forschungsgruppe 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. Für eine weitergehende Wasseraufbereitung sind kombinierte oder hybride Aufbereitungsverfahren von größter Bedeutung, um relevante Schadstoffe zu entfernen:



**BENEDIKT
AUMEIER**

(DR.-ING.)

089/289 13706

B.AUMEIER
@TUM.DE

- organische Spurenstoffe in Konzentrationen von ng/L bis $\mu\text{g/L}$ (z.B. Arzneimittel, Körperpflegeprodukte, Industriechemikalien) und im Besonderen persistente, mobile und toxische (PMT) Substanzen (z.B. PFAS),
- pathogene Mikroorganismen (Bakterien, Viren, Protozoen) und
- Antibiotika-resistente Bakterien und Resistenzgene.

Hybride Aufbereitungsverfahren beruhen auf verschiedenen physikalischen, chemischen und biologischen Entfernungsmechanismen und bieten daher multiple Barrieren gegen diese Schadstoffe. Insbesondere untersuchen wir hybride Aufbereitungsverfahren, die Trenn- und Transformationsverfahren kombinieren.



Abbildung 16: Highlights aus der AWT-Forschung



**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)

Nach dem Beschluss der novellierten EU-Kommunalabwasserrichtlinie im November 2024 müssen die nationalen Rechtsvorschriften auch in Deutschland angepasst werden. Im Fokus steht die zusätzliche Reinigungsstufe zur weitergehenden Abwasserbehandlung, um Gewässerbelastungen mit Spurenstoffen zu reduzieren. Verfahren zur Entfernung von Spurenstoffen haben sich bisher vor allem auf mittleren bis großen Kläranlagen (KA) bewährt. Auch für kleinere KA im Bereich von 2.000-10.000 EW kann eine Spurenstoffentfernung in Frage kommen, da diese oftmals in sehr kleine, empfindliche Gewässer einleiten.

In diesem Projekt erfolgt eine Entwicklung und Erprobung kostengünstiger und wartungsarmer Lösungen zur Entfernung von Spurenstoffen auf kleinen KA. Für die Umsetzung des Projekts wurde die KA Irschenberg (IB) (7.000 EW) als Fallbeispiel ausgewählt. Im Rahmen eines Neubaus wird die KA in der Nachbehandlung mit einem von uns designten Verfahren ausgestattet: Der Biofilter $plus$ ist ein Vertikalfilter (VFCW), der zur Elimination der Spurenstoffe eine Mischung aus Sand und granulierter Aktivkohle (GAK) enthält.

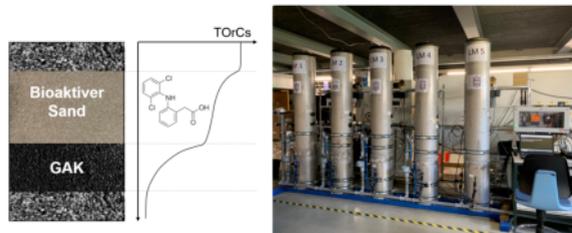


Abbildung 17: Prinzip Biofilterplus (links) und experimenteller Aufbau (rechts)

Vor der großtechnischen Inbetriebnahme werden am Technikum der TUM Lysimeter zur Simulation des Biofilter $plus$ eingesetzt. Basierend auf den Experimenten können Empfehlungen für den Bau und Betrieb der Filter in IB abgeleitet werden. Variablen wie das Beschickungsregime (Schwall vs. kontinuierlich), der Sättigungszustand (gesättigt vs. ungesättigt) oder die hydraulische Aufenthaltszeit und deren Auswirkungen auf die Eliminationsleistung des Filters werden getestet. Ziel ist, durch die Kombination aus Biofiltration und Adsorption, selektiven Druck für die Spurenstoffentfernung herzustellen und eine lange Standzeit der Aktivkohle zu generieren.

Die erste Phase des Projekts startete im Juni 2022 und schließt zur Phase 2, die zur Inbetriebnahme der KA beginnt, und eine wissenschaftliche Begleitung des großtechnischen Biofilter $plus$ vorsieht.

Oxidation mit Sulfat-Radikalen in einem nano-aktivierten katalytischen Filtrationsprozess zur Wasserwiederverwendung

Ziel des Projekts ist die Entwicklung eines alternativen Verfahrens zur Spurenstoffelimination, das auf der in-situ Bildung von Sulfat-Radikalen in einem einfach betreibbaren Tiefenfilter basiert. Konventionell behandeltes Abwasser kann nicht wiederverwendet werden, bevor nicht Spurenstoffe und Krankheitserreger entfernt wurden, die die Gesundheit von Menschen, Tieren und Pflanzen beeinträchtigen können. Es konnte gezeigt werden, dass Sulfatradikale selektiver für elektronenreiche Substanzen sind als Hydroxylradikale und gleichzeitig ein hohes Oxidationspotenzial bei der Entfernung organischer Spurenstoffe besitzen. Verschiedene Metall- und Nichtmetallkatalysatoren sind in der Lage durch Elektronenwechselwirkung mit Peroxymonosulfat Radikale zu erzeugen. In diesem Projekt wird eine neuartige katalytische Filtrationsmethode entwickelt, bei der in-situ Peroxymonosulfat (PMS) mittels eines Mangan(II)-Oxid-Katalysators, der auf granulärer Aktivkohle (GAK) immobilisiert ist, aktiviert wird. Dieser katalytische Filtrationsprozess kann effektiv Spurenstoffe eliminieren. Die Desinfektionswirkung wird ebenfalls überprüft werden. Das Projekt umfasst den Entwurf, die Validierung, die Optimierung und die Hochskalierung eines Tiefenfilters zur Spurenstoff-Elimination.

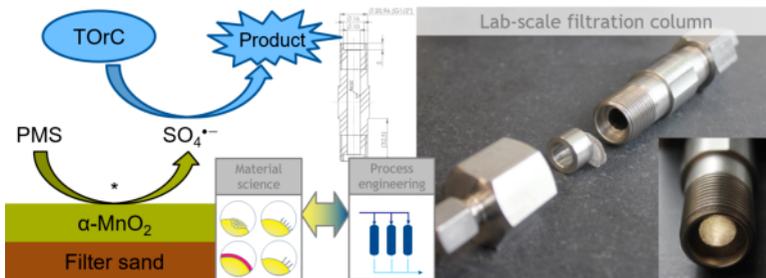


Abbildung 18: Katalytische Filtration zur Spurenstoff-Elimination

Die optimalen Bedingungen werden zunächst im Labormaßstab mit synthetischen Lösungen und mit Kläranlagenablauf erforscht. Anschließend erfolgt ein Scale-up und die Installation in der Kläranlage Schweinfurt, um unter Realbedingungen einen Vergleich zu den etablierten Verfahren zur Spurenstoffelimination (insb. Ozonung) zu ziehen. Der letzte Meilenstein besteht in der Durchführung einer techno-ökonomischen Analyse dieser Anlage, um ihre Machbarkeit als praktische Lösung für die Produktion von Nutzwasser und potenziell Trinkwasser zu bestimmen.



MOHAMMAD SHEHRYAAR KHAN

(M.Sc.)

089/28913705

SHEHRYAAR.

KHAN@TUM.DE

FÖRDERUNG:

BMBF

KOOPERATION:

UNIVERSITÄT TEL

AVIV, XYLEM

SERVICES GMBH

**MARIA THIEL**

(M.Sc.)

089/289 13733

MARIA.THIEL
@TUM.DE

FÖRDERUNG:

STUMV,
LFU,
ZWN

KOOPERATION:

STADTENTWÄSSERUNG

SCHWEINFURT,
TZW,
LRZ,
LWG,XYLEM WATER
SOLUTIONS

HERFORD GMBH

Demonstration eines Nutzwasserwassereinsatzes für eine alternative Bewässerung städtischen Grüns

Im dem 2024 abgeschlossenen vom BMBF geförderten Nutzwasserprojekt wurden neue hochflexible und bedarfsgerechte Managementstrategien für eine Wasserwiederverwendung zur urbanen und landwirtschaftlichen Bewässerung praxisnah entwickelt und im Rahmen relevanter Demonstrationen, den sogenannten Reallaboren, optimiert.

Das anschließende StMUV-geförderte Projekt „Nutzwasser für städtisches Grün“ erprobt nun die großtechnische Umsetzung der Nutzwasseranwendung für die urbane Bewässerung in der Stadt Schweinfurt. Das Vorhaben wird damit erstmalig im Freistaat Bayern und in Deutschland die Nutzung einer alternativen, trockenheitsunabhängigen Wasserressource für die Bewässerung städtischen Grüns im Maßstab einer Stadt demonstrieren. Die existierende Aufbereitungsstruktur am Standort wird dafür um eine Transportleitung (Pipe-in-Pipe Technologie) und ein Speicherbauwerk im Norden der Stadt erweitert.

Im Fokus der Untersuchungen steht die Etablierung eines dynamischen und bedarfsgerechten Managements der Bewässerungsinfrastruktur sowie die Sicherung der Wasserqualität für die Bereitstellung von Nutzwasser. Ebenfalls soll die Boden- und Grundwasserqualität sowie Pflanzengesundheit durch die Erstellung eines Risikomanagementplans und einem Langzeitmonitoring nachhaltig gewährleistet werden. Abschließend wird eine Kosten-Nutzen-Analyse des Wasserwiederverwendungskonzeptes durchgeführt, um die Übertragbarkeit dieser Praxis in andere Kommunen zu unterstützen.



Abbildung 19: Infrastruktur des Wasserwiederverwendungskonzeptes in Schweinfurt

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

Textilabwässer stellen durch ihre Belastung mit Farbstoffen, Elektrolyten, Weichmachern und Dispergiermitteln eine große Herausforderung für die Abwasserreinigung dar. Besonders problematisch sind anionische Farbstoffe wie Azofarbstoffe, die sich schwer und teuer entfernen lassen. Diese hohen Kosten erschweren den Einsatz solcher Verfahren in Ländern mit starker Textilindustrie wie Südasien und Indien, weshalb bezahlbare Alternativen entscheidend für den Gewässerschutz sind.

In diesem Projekt entwickeln wir Adsorbentien auf hüttensandhaltigem Zement, um ihre Effizienz bei der Farbstoffentfernung zu bewerten. Der Fokus lag dabei auf Phasen im Zementstein, besonders solchen mit Schichtstrukturen, die Farbmoleküle effizient binden.

Die Affinität dieser Materialien zur Adsorption variiert stark in Abhängigkeit vom pH-Wert des Abwassers: Monocarboaluminat zeigte eine außergewöhnlich hohe Adsorptionskapazität von über 250 mg/g bei einem pH-Wert von 5, was mit dem hohen Zeta-Potential und damit einer stark positiven Oberflächenladung zusammenhängt.

Ein zentrales Element unserer Methode ist ein einzigartiges Setup, das typischerweise in der pharmazeutischen Industrie für Tablettenauflösungstests verwendet und für die Untersuchung von Adsorptionsprozessen angepasst wurde (vgl. Abbildung 1). Dieses Setup nutzt UV/VIS-Durchflusszellen und erlaubt die kontinuierliche Überwachung der Entfärbung ohne störende Filterschritte. Der Aufbau besteht aus einem UV-VIS-Spektrometer mit Durchflusszellen, das mit einer peristaltischen Pumpe und dem speziellen Setup verbunden ist. Die Granulate werden im Metallkorb in Kontakt mit der Farbstofflösung gebracht. Die Messungen erfolgen kontinuierlich in einem geschlossenen Kreislauf und ermöglichen detaillierte Analysen von Granulaten und Pulvern unter realitätsnahen Bedingungen.

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



**MARTIN
BEHRINGER**

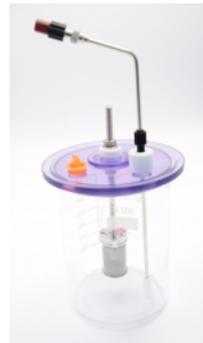
(M.Sc.)

089/289 27198

MARTIN.
BEHRINGER
@TUM.DE

FÖRDERUNG:
DFG

KOOPERATION:
CENTRUM
BAUSTOFFE UND
MATERIALPRÜFUNG
(CBM) DER TUM



*Abbildung 20:
Experimentelles
Setup für die
Entfärbeversuche*



**JÖRG E.
DREWES**

(PROF.
DR.-ING.)

089/289 13713

JDREWES@TUM.DE

Arbeitsgruppe Wasserwiederverwendung

Wasserrecycling und -wiederverwendung können Wasserressourcenprobleme effizient und nachhaltig überwinden, indem sie eine alternative Quelle für eine hochwertige lokale Wasserversorgung schaffen und damit bereits knappe Süßwasserressourcen teilweise ersetzen. Insbesondere die Wiederverwendung von qualitativ beeinträchtigten Oberflächenwässern oder weitergehend aufbereiteten (kommunalem) Klarwasser 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 trat im Juni 2023 auch in Deutschland in Kraft und wird momentan in nationales Recht überführt. Darüber hinaus hat die DWA erstmalig ein technisches Regelwerk für die Wasserwiederverwendung erstellt (DWA-M 1200), das im Gelbdruck in 2025 erscheinen wird.

Durch diese Entwicklung, aber insbesondere durch die spürbaren Folgen des Klimawandels gibt es nun auch für eine Wasserwiederverwendung in Deutschland großen Handlungsbedarf. Aufbauend auf einer Machbarkeitsstudie in Unterfranken, konnten wir 2021 das neue BMBF-Vorhaben „Nutzwasser“ beginnen, das im Demonstrationsmaßstab Konzepte einer sicheren Wasserwiederverwendung für eine urbane und landwirtschaftliche Bewässerung entwickelt. Dieses Vorhaben werden wir Ende 2024 abschließen. Aufbauend auf den Erkenntnissen dieser Studie wird die Stadt Schweinfurt als erste Stadt in Deutschland die Nutzwasseranwendung für urbanes Grün in der Stadt implementieren. Dafür sind wir sehr dankbar für eine Förderung durch das Bayerische Umweltministerium.

Daneben ist die Wasserwiederverwendung eine interessante Stützungsmöglichkeit für eine künstliche Grundwasseranreicherung. Ebenfalls gefördert durch das BMBF erproben wir seit 2022 gemeinsam mit den Berliner Wasserbetrieben im Rahmen des Vorhabens „TrinkWave Transfer“ auf einem ehemaligen Wasserwerksstandort das Konzept der sequentiellen Managed Aquifer Recharge Technology (SMART). Auch dieses Vorhaben können wir durch eine Anschlussförderung aus einem Programm der EU im Projekt „MARSURE“ mit europäischen Partnern im Verbund fortsetzen. Weiterhin untersuchen wir in einem internationalen Vorhaben in Südafrika das SMART Konzept für eine dezentrale Wasserwiederverwendung im Rahmen einer Förderung durch das Bayerische Umweltministerium.

Nutzwasser als alternative Wasserresource für die urbane und landwirtschaftliche Bewässerung

Die Schweinfurter Trockenplatte ist eine Region, die traditionell unter Wasserknappheit leidet und in der die Folgen des Klimawandels zunehmend Nutzungskonflikte verstärken. Um diesem Problem zu begegnen, wurde das sogenannte Nutzwasserprojekt ins Leben gerufen. Ziel dieses Projekts ist es, praxisnahe Managementstrategien zur Wiederverwendung von Wasser für die städtische und landwirtschaftliche Bewässerung zu entwickeln. Diese Strategien sollen in Zusammenarbeit mit Praxispartnern durch Demonstrationsprojekte optimiert werden, um eine raschere Umsetzung in weiteren Zielregionen zu ermöglichen.



JAVAD AHMADI
(M.Sc.)

089/28913733

J.AHMADI
@TUM.DE

FÖRDERUNG:

BMBF

KOOPERATION:

BGS, ALB,
COPLAN, HOLINGER,
IWW, LRZ, LWG,
RUF, TZW, XYLEM,
STADTENTWÄSSERUNG
SCHWEINFURT

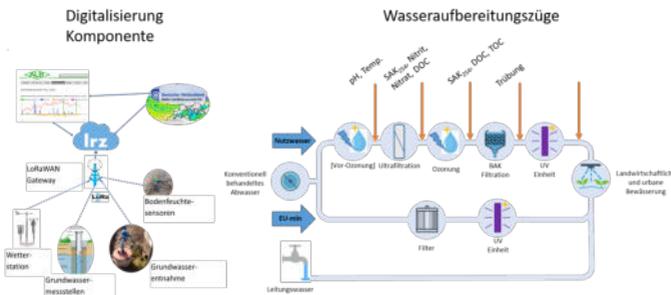


Abbildung 21: Digitalisierungskomponente und Wasseraufbereitungsstrategien im Nutzwasser Projekt

Arbeitspakete (05.2021-12.2024):

- Ausarbeitung der Anforderungen für die genehmigungsrechtliche Umsetzung einer Nutzwasseranwendung
- Definition der Wasserqualitätsstandards für verschiedene Bewässerungsmethoden
- Entwicklung digitaler Lösungen zur automatisierten Erfassung und Dokumentation des Bewässerungsbedarfs
- Einführung innovativer Multibarrieren-Behandlungsverfahren zur effektiven Entfernung mikrobiologischer und chemischer Verunreinigungen
- Konzeption einer automatisierten und bedarfsorientierten Bereitstellung von Nutzwasser
- Entwicklung angepasster Betreibermodelle
- Integration des Projekts in einen interaktiven Stakeholderprozess
- Aufbau einer innovativen Plattform für Öffentlichkeitsarbeit

Webseite: www.nutzwasser.org



JONAS ANIOL
(M.Sc.)

089/28913707

JONAS.ANIOL
@TUM.DE

FÖRDERUNG:

BUNDESMINISTERIUM
FÜR BILDUNG
UND FORSCHUNG

KOOPERATION:

BERLINER
WASSERBETRIEBE,
BRANDT GERDES
SITZMANN (BGS)
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 Kooperationspartnern. 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.

Seit Mitte 2023 wurde in der Demonstrationsanlage in Berlin Trinkwasser infiltriert, wodurch die Etablierung einer lokalen oxidischen Redoxzone im Aquifer vorbereitet wurde. Im Jahr 2024 konnte erstmals aufbereitetes und abwasserbeeinflusstes Uferfiltrat infiltriert werden. Das zuvor mit Luftsauerstoffangereicherte Uferfiltrat durchfließt den Untergrund und wird in mehreren Tiefen und Punkten der Fließstrecke beprobt und analysiert. Die Analyseergebnisse für anthropogene Spurenstoffe während eines rund halbjährigen Betriebes liegen vor und werden derzeit ausgewertet. Die Auswertung des Verhaltens individueller Spurenstoffe sowie die Bewertung der Leistungsfähigkeit des Demonstrationsfeldes erfolgt in den kommenden Monaten. Die Veröffentlichung der Ergebnisse ist für Frühjahr 2025 geplant.

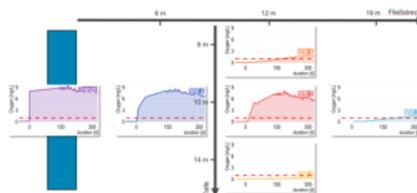


Abbildung 22: Zeitliche Entwicklung und Etablierung einer oxidischen Redoxzone im Untergrund der Demonstrationsanlage; mit dem Sickerschlitzgraben links sowie mehreren Messstellen im zentralen Fließbereich und Tiefen des Versuchsfeldes.

FreeSpace: Grundlagenforschung zur Ausnutzung hydrodynamischer 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 Hydrodynamik im Feed-Konzentrat-Kanal. Durch ein besseres Verständnis der fundamentalen Designkriterien, die die Gesamtleistung des Moduls bestimmen, streben wir eine Optimierung der geometrischen Anordnung von Feed-Spacern und Membranmustern an. Dies soll letztendlich Fouling reduzieren und eine höhere Prozesseffizienz gewährleisten.

Biofouling (die Akkumulation von Mikroorganismen und Biofilmwachstum auf der Membran) ist eine Herausforderung für Membranfiltrationsanlagen. Um die räumliche und zeitliche Entwicklung von Biofouling auf gemusterten Membranen zu verstehen, führen wir beschleunigte Biofouling-Experimente mit semi-synthetischem Feed durch. Ein vordefiniertes Biofouling-Protokoll ermöglicht uns dabei die reproduzierbare Durchführung der Experimente.

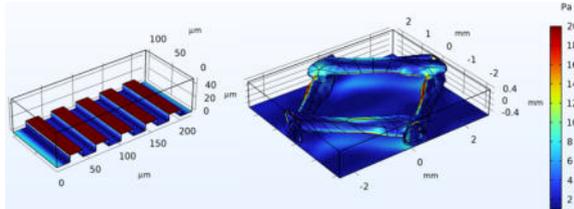


Abbildung 23: Wandschubspannungen an oberflächengemusterten Membranen im Mikrometermaßstab (links) und Feed-Spacern im Millimetermaßstab (rechts)

Außerdem untersuchen wir die Hydrodynamik in Kombinationen aus Feed-Spacern und Membranmustern durch CFD-Modellierung mit COMSOL Multiphysics 6.2. Unsere Hypothese ist, dass diese Kombinationen synergistische Effekte auf die Hydrodynamik im Feed-Konzentrat-Kanal haben und Membranfouling reduzieren. Dafür modellieren wir z.B. die Wandschubspannung (siehe Abb.).

Kürzlich haben wir einen kritischen Überblick des Stands der Technik bei oberflächengemusterten Membranen veröffentlicht. In diesem Artikel haben wir experimentelle und numerische Methoden zur Prüfung der Leistungsfähigkeit von Membranen bewertet sowie zukünftige Forschungsschwerpunkte identifiziert.



**ALEXANDER
MITRANESCU**

(M.Sc.)

089/289 13709

ALEXANDER.
MITRANESCU
@TUM.DE

FÖRDERUNG:

DFG

KOOPERATION:

UNIVERSITÄT
DUISBURG-ESSEN:
LEHRSTUHL FÜR
MECHANISCHE
VERFAHRENSTECHNIK
/ WASSERTECHNIK



**MAGDALENA
KNABL**

(M.Sc.)

089/289 13705

MAGDALENA.
KNABL@TUM.DE

FÖRDERUNG:

WATER4ALL 2024
JOINT
TRANSNATIONAL
CALL

KOOPERATION:

BERLINER
WASSERBETRIEBE
(DE), GEUS (DK),
KATHOLISCHE
UNIVERSITÄT
LEUVEN (BE),
UNIVERSITÄT
BORDEAUX (FR),
UNIVERSITÄT
GRANADA (ESP),
UNIVERSITÄT
POITIERS (FR)

MARSURE - Hybride künstliche Grundwasseranreicherung als Adaptierungsstrategie für ein resilientes und nachhaltiges Grundwassermanagement

Ziel des transnationalen Forschungsprojekts MARSURE ist die Entwicklung hybrider Verfahren für die technische Grundwasseranreicherung. Der hybride Ansatz kombiniert eine Vorbehandlung des zu versickernden Wassers, sowie die anschließende hydraulisch kontrollierte Versickerung in den Grundwasserkörper. Dadurch sollen ideale Voraussetzungen geschaffen werden, um verschiedene chemische Verunreinigungen (z.B. Antibiotikarückstände, Industriechemikalien, Bio- und Pestizide, etc.) zurückzuhalten und während der Verweilzeit im Untergrund biologisch abzubauen. Durch die hybride Verfahrenskombination soll eine resiliente Möglichkeit geschaffen werden, alternative Wasserressourcen wie beispielsweise wiederverwendetes Wasser oder Niederschlagswasserabfluss für die Grundwasseranreicherung heranzuziehen.

Im ersten Schritt wird die Versickerung von Wasser aus verschiedenen Vorbehandlungsprozessen (Ultrafiltration, Ozonung, etc.) in Säulenversuchen getestet und ermittelt, in wie weit sich die mikrobiologische Gemeinschaft und ihre Funktionalität an die verschiedenen Wasserqualitäten anpasst und etabliert. Sobald die Mikrobiologie in den Säulenversuchen einen stationären Zustand erreicht hat, wird die Fähigkeit der verschiedenen Mikrobiome betrachtet, organische Spurenstoffe abzubauen. Zusätzlich wird der stationäre Betrieb eines großtechnischen Standorts zu Grundwasseranreicherung im Hinblick auf den Spurenstoffabbau erforscht. Im finalen Arbeitspaket wird getestet, in wie weit der Spurenstoffabbau durch Biostimulation verbessert werden kann.



*Abbildung 24:
Säulenexperimente zur
Untersuchung des
Spurenstoffabbaus bei der
Grundwasseranreicherung*

Sequential Managed Aquifer Recharge Technique (SMART) für die Wasserwiederverwendung

Die Grundwasseranreicherung (Managed Aquifer Recharge, MAR) ist eine Methode, Wasser im Untergrund zu speichern und zu einem späteren Zeitpunkt bedarfsgerecht zur Verfügung zu stellen. Bei steigendem Wasserbedarf und längeren Trockenperioden ist dies ein wichtiger Baustein für die zukünftige Wasserversorgung. Gleichzeitig muss die Wasserqualität zum Schutz des Grundwassers und für Anwendungen wie die landwirtschaftliche Bewässerung sichergestellt werden.

Die Sequentielle Grundwasseranreicherung (SMART) kombiniert eine erste Infiltration zum Abbau von leicht abbaubarer Organik mit einer zweiten Infiltration nach Belüftung unter kohlenstoffarmen und sauerstoffreichen Bedingungen. Der Vorteil der zweiten Infiltration ist der Abbau einiger organischer Spurenstoffe. Hinzu kommen ein geringerer Flächenbedarf und schnellere Durchflussraten als bei einem konventionellen MAR. Als Wasserquellen werden aufbereiteter Kläranlagenablauf oder Uferfiltrat verwendet.

Grundsätzlich gibt es zwei Ansätze: Zum einen den Bau eines homogenen SMART-Plus-Sandtanks (WaterHub Projekt, Südafrika), ähnlich dem bestehenden SMART-Plus Tank in Garching, zum anderen die Nutzung eines heterogenen Aquifers (TrinkWave Transfer, Berlin). Der SMART-Tank kann ortsunabhängig errichtet werden und bietet eine verlässliche Durchströmung und damit die Möglichkeit zum kontinuierlichen Spurenstoffabbau. Doch auch die Strömung in einem heterogenen Aquifer kann durch einen Sickerschlitzgraben in Verbindung mit mehreren Brunnen gezielt beeinflusst werden. Beide Projekte zielen auf eine konstante Wasserqualität für die Wiederverwendung ab. Offene Forschungsfragen gibt es bei den benötigten Redoxbedingungen und der Entwicklung des Mikrobioms, das die Spurenstoffe abbaut.



FELICIA LINKE

(DR. RER. NAT.)

089/289 13704

FELICIA.LINKE
@TUM.DE



SMART plus
Garching (DE)



Water Hub Franschoek
(Südafrika)



TrinkWave Transfer
Berlin (DE)

Foto: Berliner Wasserbetriebe (Sven Book)

Abbildung 25: SMART Projekte am Lehrstuhl mit dem SMART-Biofilter und in einem heterogenen Aquifer



**DAPHNE
KEILMANN-
GONHALEKAR**

(PH.D.)

089/28922377

D.GONHALEKAR
@TUM.DE

Arbeitsgruppe Water-Energy-Food-Ecosystem (WEFE) 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 Ressourcenrückgewinnung 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 Maßstäbe 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

TRANS-SAHARA: Neue WEFE-Nexus-basierte Ansätze für die agroforstliche Bewirtschaftung in der nordafrikanischen Großregion

TRANS-SAHARA wird einen bahnbrechenden Ansatz für die Nutzung von Agroforstsystemen zur Unterstützung afrikanischer Gemeinschaften bei der Bekämpfung des Klimawandels entwickeln. Dieser innovative Ansatz basiert auf dem gut etablierten Ansatz des Wasser-Energie-Nahrungsmittel-Ökosystem-Nexus (WEFE). In diesem Projekt wird der Schwerpunkt auf die Gewährleistung der Wassersicherheit bei der Planung, Installation und Verwaltung von Agroforstsystemen gelegt. Die Umsetzung dieses konzeptionellen agroforstwirtschaftlichen Managementansatzes in die Praxis wird durch eine Reihe von technischen und nichttechnischen Innovationen unterstützt. Die Wirksamkeit des neuartigen Konzepts und der unterstützenden Innovationen wird durch eine Reihe großangelegter Pilotversuche, die an wichtigen Standorten in Afrika, darunter Tunesien, Ghana und Äthiopien, durchgeführt werden, eingehend geprüft und validiert. Die erwarteten Ergebnisse werden dazu beitragen, die Datenlücken in der Agroforstwirtschaft in Afrika zu schließen, die Ernteerträge zu steigern, das Jahreseinkommen der Landwirte zu verdoppeln und neue Kohlenstoffsenken in zuvor degradierten Gebieten zu schaffen. Die Innovationsträger werden die Widerstandsfähigkeit ihrer Gemeinschaften gegenüber den Bedrohungen durch den Klimawandel erheblich verbessern und eine äußerst nachhaltige sozioökonomische Entwicklung in ihrer Region fördern. Der Lehrstuhl für Siedlungswasserwirtschaft arbeitet mit der Professur für Öklimatologie und dem Institut für Forstwirtschaft sowie mit 14 geförderten und 6 assoziierten Partnern zusammen. Die Projektdauer ist vom 01.11.2024-31.10.2027.



**DAPHNE
KEILMANN-
GONHALEKAR**
(Ph.D.)

089/28922377
D.GONDALEKAR
@TUM.DE

FÖRDERUNG:
EUROPEAN
COMMISSION

KOOPERATION:
ZABALA (BE),
EURAC (IT), EEF
(NL), KNUST,
WASCAL (GHANA),
PAUWES
(ALGERIA), ICRAF
(KENIA), INRGREF,
UEM (TUNISIA),
UCAD (SENEGAL),
IPR-IFRA (MALI),
STMUV, UNCCD
(DE), UNU-EHS,
UWAKA, UTOTO,
UTOKYO-AGR
(JP), GGW-CHAD,
GGW-SENEGAL,
GGW-DJIBOUTI

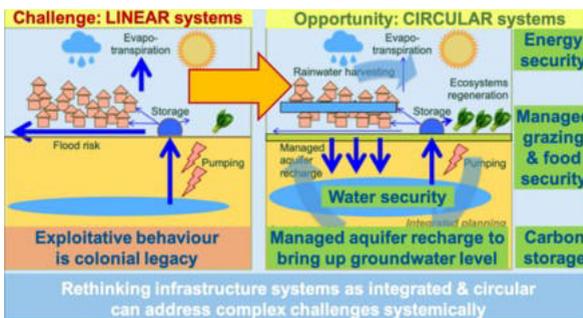


Abbildung 26: Integrierter Wasser-Energie-Nahrungsmittel-Ökosysteme (WEFE) Nexus-Ansatz



**DAPHNE
KEILMANN-
GONHALEKAR**

(PH.D.)

089/28922377

D.GONDALEKAR
@TUM.DE

FÖRDERUNG:

BUNDESMINISTERIUM
FÜR BILDUNG UND
FORSCHUNG
(BMBF)

KOOPERATION:

ABDOU MOUMOUNI
UNIVERSITY OF
NIAMEY NIGER,
TECHNISCHE
HOCHSCHULE KÖLN,
FORSCHUNGSZENTRUM
JÜLICH,
UNIVERSITÄT
BONN, UNITED
NATIONS
UNIVERSITY FOR
ENVIRONMENT AND
HUMAN SECURITY
(UNU-EHS),
YANDALUX

Water-Energy-Food (WEF) Nexus Pilotprojekt in der Reto Dosso Region, Niger

Das Projekt entwickelt in dem Dorf Dar es Salaam in der Dosso Region in Niger 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 Klimanpassungs-Strategie 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.

Teil der vorläufigen Ergebnisse der Projektaktivitäten: Es wurde ein sozio-ökonomischer Survey von 124 von gesamt 400 Haushalten durchgeführt, die ergab dass neben der Energiesicherheit die Wassersicherheit an erster Stelle der Prioritäten steht. In Dar es Salam ist die Wassersicherheit nur für wenige Monate im Jahr gegeben. Mittels einer Analyse mit Geografischen Informationssystemen sowie historischen Regenwasserdaten wurde jedoch ermittelt, dass wenn man in 65 % der Fläche innerhalb des Perimeters des Dorfs Regenwasser sammeln würde, dies ausreichen würde um den jährlichen Wasserbedarf der Bevölkerung zu decken.

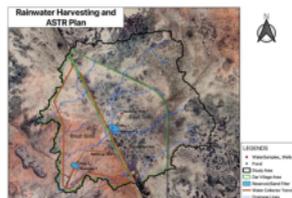


Abbildung 27: Regenwassernutzung und Plan für Grundwasseranreicherung

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

SEED Himalaya zielt darauf ab, abgelegene Gemeinden im indischen Himalaya bei ihrer Umwandlung in ökologisch und wirtschaftlich nachhaltige Gemeinden zu unterstützen. Erreicht werden soll dies durch gemeindebasierte, dezentrale Energieversorgung sowie lokale Wertschöpfung in der Landwirtschaft. Der integrative bottom-up-Gemeindeentwicklungsplan, der sowohl grüne Infrastruktur als auch sozio-ökonomischen Strukturen umfasst, ist auf die lokalen Ressourcen, Kapazitäten und Bedürfnisse zugeschnitten. Dies gewährleistet die Nachhaltigkeit des Projekts und ermöglicht die Übertragung des Ansatzes auf andere Gemeinden im Himalaya.

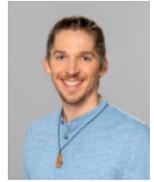
Zunächst wurden alle 140 Haushalte der Gemeinde Jabri in Jammu und Kaschmir mit PV-Modulen und Batteriespeichern für eine Basis-Stromversorgung ausgestattet. Die zweite Projektphase konnte nicht wie geplant in Jabri durchgeführt werden wegen der eingeschränkten Zugänglichkeit aufgrund der Lage direkt an der Line-of-Control zu Pakistan.



Abbildung 28: The project community Jabri in Jammu and Kashmir (India)

Daher wurde die Gemeinde Simalta in Uttarakhand für die zweite Phase ausgewählt. Gemeinsam mit den Gemeindemitgliedern wurde ein Gemeindeentwicklungsplan erstellt basierend auf ihren Bedürfnissen nach zuverlässiger Stromversorgung, sauberem Trinkwasser und verbesserter Wasserversorgung und Wertschöpfung in der Landwirtschaft. Im letzten Projektjahr wird dieser Plan gemeinsam mit einem demokratisch gewählten Village Development Committee umgesetzt, das die neu installierte Infrastruktur für Strom und Wasser verwalten und betreiben wird, sowie mit einer Frauenselbsthilfegruppe, die ein Micro-Enterprise gründen, verwalten und betreiben wird, welches landwirtschaftliche Erzeugnisse für hochpreisige Märkte weiterverarbeiten wird.

Dieses Projekt wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK, 2022-2025) im Rahmen des Programmes "Internationale Klimaschutz Initiative"(IKI) gefördert.



**JOHANNES
WINKLMAIER**

(DIPL.-ING.)

089/289 13711

JOHANNES.
WINKLMAIER
@TUM.DE

FÖRDERUNG:

BUNDESMINISTERIUM
FÜR WIRTSCHAFT
UND KLIMASCHUTZ
(BMWK)

KOOPERATION:

INDIAN INSTITUTE OF
TECHNOLOGY (IITB,
INDIEN), ASEM
FOUNDATION
(INDIEN), BAIF
DEVELOPMENT
RESEARCH
FOUNDATION
(INDIEN)



**PASCAL
FINKBEINER**

(PH.D.)

089/28913714

PASCAL.
FINKBEINER
@TUM.DE

FÖRDERUNG:

BAYERISCHES
STAATSMINISTERIUM
FÜR UMWELT UND
VERBRAUCHERSCHUTZ
(StMUV)

KOOPERATION:

UNIVERSITY OF
CAPE TOWN,
WESTERN CAPE
GOVERNMENT

Water-Hub Projekt mit West-Kap, Südafrika

Das Water-Hub-Projekt ist eine Machbarkeitsstudie, die einen integrierten Wasser-Energie-Nahrungsmittel-Ökosystem (WEFE) Nexus-Ansatz anwendet, um geeignete naturbasierte Technologien für die nachhaltige Entwicklung einer semi-ariden (peri-)urbanen Region zu untersuchen. Die TUM arbeitet mit der University of Cape Town (UCT), Südafrika, zusammen, die 2017 The Water-Hub, einen Forschungsstandort in Franschhoek, West-Kap, Südafrika, eingerichtet hat, an dem das Projekt angesiedelt ist. Das Vorhaben wird vom Western Cape Government, Department of Environmental Affairs and Development Planning (DEA & DP) als enger Partner unterstützt und vom Bayerischen Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz (StMUV) in Deutschland gefördert.

Das Projekt baut auf die existierenden Aktivitäten zur Wasserrückgewinnung am Water-Hub auf, um Wasser aus einem Bach, der durch Oberflächenabfluss und die Einleitung ungeklärter Abwässer aus einer informellen Siedlung flussaufwärts stark verschmutzt ist, aufzubereiten. Die vorhandenen naturbasierten Behandlungstechnologien (Biofilter) wurden erweitert um eine Sequential Managed Aquifer Recharge Technology (SMART), die am Lehrstuhl für Siedlungswasserwirtschaft entwickelt wurde. Kontinuierlich horizontal- durchströmten Multi-Media-Biofilter wurden ergänzt durch eine Belüftung und Infiltration in einen Bioreaktor. Die erwartete bessere Entfernung von organischen Spurenstoffen und Krankheitserregern soll zu einer besseren Wasserqualität führen.

Die Überwachung der Wasserqualität nach einzelnen Behandlungsschritte ist einer der Schwerpunkte, der für die Wasserwiederverwendung von großer Bedeutung ist. Außerdem wird das Potenzial für die Energierückgewinnung durch anaerobe Vergärung von lokal verfügbaren organischen Stoffströmen aus Restaurants, Landwirtschaftsbetrieben, Supermärkten usw., und Haushalten abgeschätzt. Dies wird die Entwicklung von Bewirtschaftungsplänen für Entrepreneuren zur Energie- und Nährstoffrückgewinnung unterstützen. Das Projekt wird somit zur Verbesserung der Wasser-, Energie- und Ernährungssicherheit in der Provinz Westkap beitragen und gleichzeitig die Umwelt schützen und Ökosystemleistungen regenerieren, was wiederum zur Erreichung der nachhaltigen Entwicklungsziele der UN (SDGs) beiträgt. Der Nexus-Ansatz des Projekts nimmt WEFE als Ausgangspunkt, bezieht aber ausdrücklich auch andere relevante Sektoren, wie Abfall, als Grundlage für einen gerechten Übergang zu einer Kreislaufwirtschaft mit ein.



Abbildung 29: Das SMART-System im Water-Hub in Franschhoek, Südafrika

Integriertes Wald-, Wasser-, Wohlstands-Projekt Tunesien. Convergence

Das Projekt Integriertes Wald-, Wasser-, Wohlstands-Projekt Tunesien. Convergence ist eine vom Bayerischen Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz (StMUV) geförderte Machbarkeitsstudie, um die wissenschaftlichen, geographischen, klimatischen, technischen sowie sozioökonomischen Ausgangspunkte in Tunesien zu charakterisieren, und darauf aufbauend eine auf partizipative Prozesse basierende Aufforstung durchzuführen, die den Wasserhaushalt und die Regeneration der Ökosysteme nachhaltig positiv beeinflusst. Frühere Aufforstungsprojekte in Tunesien wurden bewertet und die gezielten Maßnahmen dieser Projekte ermittelt, um das Fehlen von sektorübergreifenden Maßnahmen aufzuzeigen, die die potenziellen sozioökonomischen Auswirkungen verringert haben könnten.



KWADWO YEBOAH ASAMOAH
(M.Sc.)

089/28913707
K.Y.ASAMOAH@TUM.DE

FÖRDERUNG:
BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ (StMUV)

KOOPERATION:

IESP.INTERNATIONAL EXPERT GROUP ON EARTH SYSTEM PRESERVATION E.V., PROFESSUR FÜR ÖKOLOGIE (TUM), VISTA GMBH



Abbildung 30: Überblick der größten Forstprojekte in Tunesien (Holler L, TUM)

Ein TOPSIS-Ranking (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) wurde verwendet, um Materialtypen, Fahrzeuge und Bewässerungsmethoden mit dem geringsten CO₂-Fußabdruck für die Umsetzung einer nachhaltigen Bewässerungsinfrastruktur mit rückgewonnenem Wasser zu identifizieren.

Table 1. Carbon footprint rankings the least (1) to the most (9) for different pipe materials

| DN (mm) | 150 | | | | | 200 | | | |
|----------|-----|--------------|----------|---------|-----|-----|------|-----|----|
| Material | CS | CS, recycled | GFR- RTP | CF- RTP | GRE | CS | HDPE | PVC | DI |
| Ranking | 7 | 8 | 5 | 6 | 4 | 9 | 3 | 2 | 1 |

Legend: Carbon Steel (CS), Recycled (50%) CS, Glass Fiber Reinforced Thermoplastic Pipe (GFR/RTTP), Carbon Fiber Thermoplastic Pipe (CF-RTTP), Glass Reinforced Epoxy (GRE) in DN150 and High Density Polyethylene (HDPE), Polyvinyl Chloride (PVC) and Ductile Iron (DI)

Table 2. Carbon footprint rankings the least (1) to the most (8) for different truck options

Abbildung 31: TOPSIS-Ranking des Kohlenstoff-Fußabdrucks verschiedener Bewässerungsmaterialien(Yildiz B, TUM))

In der nächsten Phase des Projekts sollen Grundwasserverfügbarkeit modelliert, sowie eine sozioökonomischen Studie entworfen und durchgeführt werden. Außerdem soll das Potenzial zur Generierung von CO₂-Zertifikaten aus forstwirtschaftlichen Projekten in Tunesien analysiert werden.



**CHRISTIAN
WURZBACHER**

(DR. RER. NAT.)

089/28913797

C.WURZBACHER
@TUM.DE

Arbeitsgruppe Urbane Mikrobiologie

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 kosystemleistungen 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 innerhalb mikrobieller Biofilme mit einem Schwerpunkt auf Pilzen und deren Funktion. Pilze produzieren sehr effiziente Exoenzyme, die schwer abbaubare organische Substanzen umwandeln können. Von besonderem Interesse sind die weitgehend unerforschten aquatischen Pilze (eng.: dark fungal taxa) und ihre vielfältigen Funktionen in der Umwelt. Wir interessieren uns auch für die detaillierte Charakterisierung der taxonomischen und funktionellen Vielfalt mikrobieller Gemeinschaften mit spezifischen Fähigkeiten, z. B. dem mikrobiellem Abbau oder der Übertragung von Antibiotikaresistenzgenen im Wasserkreislauf. In jüngster Zeit haben wir damit begonnen, das Potenzial von Biomarkern im Rohabwasser als Informationsquelle zu erforschen. Dies begann mit der Quantifizierung von Biomarkern aus dem SARS-CoV-2-Virus und wird nun auf andere informative Biomarker wie Antibiotikaresistenzen und Arzneimittel ausgeweitet.

Methodische Weiterentwicklung der Abwasserbasierten Epidemiologie: Von der Pandemieüberwachung hin zu One Health

Seit der SARS-CoV-2-Pandemie hat sich die abwasserbasierte Epidemiologie (WBE) als effektives Instrument zur Überwachung von Infektionsgeschehen bewährt, indem humane Biomarker im Abwasser quantifiziert werden. Ein harmonisierter Workflow, der alle Schritte von der Probenahme bis zur Datendarstellung abdeckt, ist dabei entscheidend, um zuverlässige Ergebnisse zu erzielen.

Zu diesem Zweck entwickelten wir ein GIS-basiertes Datenmodell, das den gesamten WBE-Prozess von der Probenahme bis zur Datenvisualisierung umfasst. Dieses System wurde in Zusammenarbeit mit Gesundheitsämtern entwickelt und hat sich in der Praxis zur Pandemiebekämpfung bewährt. Da Abwasserdaten aufgrund des komplexen Kanalsystems natürlichen Schwankungen unterliegen, integrierten wir einen automatisierten Qualitätsalgorithmus, der potenzielle Ausreißer anhand definierter Kriterien herausfiltert.

Ein weiterer Forschungsschwerpunkt liegt in der Untersuchung des Einflusses des Kanalsystems und der Probenahmestrategien auf die Biomarkerkonzentration. Hierfür wurden verschiedene Probenahmestrategien getestet. Wir gehen davon aus, dass Gemeindegröße und Kanalnetzlänge maßgeblich zur tageszeitlichen Variabilität der Biomarkerkonzentrationen beitragen. In sieben süddeutschen Gemeinden wurden über 48 Stunden Proben entnommen und sowohl die SARS-CoV-2-Biomarkerkonzentration als auch zusätzliche Surrogatparameter, wie Indikatorviren und chemische Spurenstoffe, gemessen, um Normalisierungsansätze zu prüfen. Die Ergebnisse zeigen, dass kleinere Gemeinden eine höhere tageszeitliche Variabilität der Biomarkerkonzentrationen aufweisen, aufgrund kürzerer Verweilzeiten im Kanalsystem. Parallel dazu wird die Methodik auf neue Biomarker, einschließlich Antibiotikaresistenzgene, ausgeweitet. Dies soll die Anwendbarkeit der WBE im Rahmen eines One Health-Ansatzes stärken und neue Einsatzmöglichkeiten für die Gesundheitsüberwachung eröffnen.



Abbildung 32: SARS-CoV-2 Biomarker Verlauf im Vergleich zu 7-Tage Inzidenz vom Robert Koch-Institut (RKI), Augsburg Klärwerk Zulauf



**ANNA
UCHAIKINA**

(M.Sc.)

089/289 13780

ANNA.UCHAIKINA

@TUM.DE

FÖRDERUNG:

BMBF,
LGL BAYERN,
GIZ,

DVGW-TZW

**JOANA MARIZ**

(M.Sc.)

089/289 13716

JOANA.MARIZ
@TUM.DE

FÖRDERUNG:

DFG

KOOPERATION:

EPFL VALAIS
WALLIS, ALPINES
UND POLARES
UMWELT-
FORSCHUNGS-
ZENTRUM
(ALPOLE)

Biodiversität und Ökologie aquatischer Pilze in unberührten und belasteten Oberflächengewässern

Süßwasserökosysteme gehören zu den am stärksten beeinträchtigten der Erde, da sie aufgrund des fortschreitenden Klimawandels und anthropogener Verschmutzung, wie z. B. industrieller Abwassereinleitungen sowie urbaner und landwirtschaftlicher Abflüsse, eine hohe Biodiversitätsverlustrate aufweisen. Die derzeitigen Verlusten von Arten in vielen Organismengruppen gefährden die Aufrechterhaltung der von ihnen bereitgestellten Ökosystemdienstleistungen, einschließlich Nährstoffrecycling, Kohlenstoffbindung und Wasserreinigung.

Mikrobielle Destruenten, insbesondere aquatische Pilze, spielen eine entscheidende Rolle in den Ökosystemdynamiken von bewaldeten Süßwasserbächen, da sie auf Energiezufuhr aus allochthonen Quellen wie Laubstreu angewiesen sind. Diese Gruppe trägt wesentlich zum Kohlenstoff- und Nährstoffkreislauf bei, indem sie extrazelluläre Enzyme produziert und sekretiert, die (i) polymere und schwer abbaubare organische Stoffe in kleinere, assimilierbare Moleküle zerlegen und (ii) Nährstoffe wie Stickstoff und Phosphor zyklisieren. Trotz ihrer zentralen Rolle für die Funktionsweise von Süßwasserökosystemen ist die taxonomische und funktionale Vielfalt dieser Pilze derzeit nur unzureichend verstanden und charakterisiert. Der Mangel an Wissen über diese Gruppe ist besonders auffällig, wenn man ihre genetische Vielfalt berücksichtigt, insbesondere ihr Potenzial zur Entfernung von schwer abbaubaren Verbindungen und Schadstoffen.

Um diese Wissenslücken zu schließen, zielt dieses Projekt darauf ab: (I) Strategien zur Identifizierung und Charakterisierung unbekannter aquatischer Pilze in verschiedenen aquatischen Umgebungen zu entwickeln, (II) Einblicke in die Vielfalt und Funktionsweise aquatischer Pilze in unberührten und belasteten aquatischen Lebensräumen über unterschiedliche alpine Zonen hinweg zu gewinnen und (III) die Dynamik der genetischen Expression während des Abbauprozesses anhand eines Modellsystems zu verstehen. Zur Durchführung dieser Analysen wird die Entwicklung und Optimierung standardisierter Workflows angestrebt, um eine schnelle Charakterisierung und Isolation von Pilzisolaten (Einzelzellen und Reinkulturen), (Meta-)Barcoding und Metatranskriptomik aquatischer Pilze zu ermöglichen.

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 Um- welt- und Diversitätsstudien zeigen ihr Vorhandensein in einer Vielzahl aquatischer Habitats 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 dienen als Modellsystem um einen Einblick in die mikrobielle Community und das Interaktionsnetzwerk zwischen Pilzen und anderen Mikroorganismen zu erlangen. Eine zuverlässige qPCR Methode zur Quantifikation der *Cryptomycota* wurde entwickelt. Die Analyse der Reaktorleistung und umfassende quantitative und qualitative (Illumina Sequenzierung) DNS und cDNS Studien über Reaktorhöhe und Betriebszeit wurden durchgeführt. Dies schafft Einsicht in die Diversität und Abundanz existierender Mikroorganismen. Korrelationsanalysen werden desweiteren verwendet, um die Funktion der *Cryptomycota* zu untersuchen.



**KATRIN STÜER-
PATOWSKY**

(M.Sc.)

089/289 13720

KATRIN.STUEER
@TUM.DE

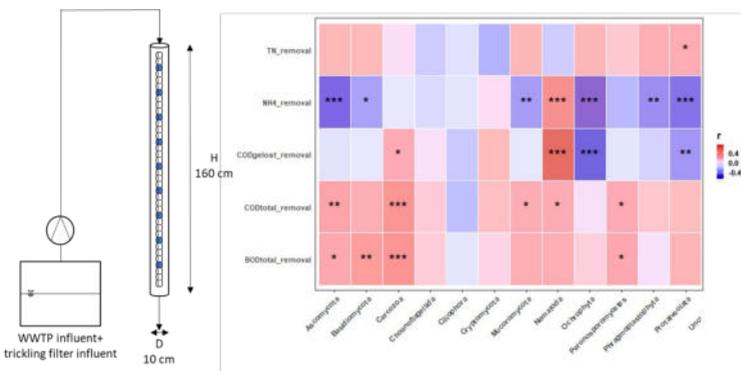


Abbildung 33: DHS Reaktor Skizze und Ergebnisse der Spearman Korrelation zwischen gemessener Wasserparameter und 18S cDNA basierter Klassifikation.



YVONNE BÖSCH

(PH.D.)

089/28917312

YVONNE.BOESCH
@TUM.DE

FÖRDERUNG:

DFG - EMMY
NOETHER
PROGRAMM

KOOPERATION:

LEIBNIZ-INSTITUT
FÜR
GEWÄSSERÖKOLOGIE
UND
BINNENFISCHEREI
(IGB), UNIVERSITÄT
WIEN, UNIVERSITY
OF OXFORD

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

Aquatische Pilze sind essentielle Bestandteile aquatischer Ökosystemen Nährstoffkreisläufe. Dennoch ist ein Großteil ihrer Diversität und Ökologie weitgehend unerforscht. Die Pilzgruppe der Cryptomycota / Rozellomycota, weit verbreitet in terrestrischen und aquatischen Lebensräumen, bildet einen großen Anteil dieser Dunklen-Materie der Pilze. Diese Studie fokussiert sich auf eine Cryptomycota-Art, welche in der Großen Fuchskuhle, einem flachen und sauren Hochmoorsee in Norddeutschland, durch metagenomische Studien in Zusammenarbeit mit dem Leibniz-Institut für Gewässerökologie (IGB), nachgewiesen wurde. Mittels sequenzieller Wasserfiltration und quantitativer PCR lokalisierten wir die höchste Abundanz in drei Metern Wassertiefe. Eine 8.5-jährige Zeitreihe von Seeproben, bereitgestellt vom IGB ermöglichte uns die Detektion von saisonalen Schwankungen der Abundanz mit Peaks in den kalten Wintermonaten **(a)** sowie einer positiven Korrelation mit erhöhten Nährstoffkonzentrationen, insbesondere Nitrat und Ammonium **(b)**. Für die genetische und evolutionäre Analyse isolierten wir einzelne Cryptomycota-Zellen mittels Laserdissektionsmikroskopie und erhielten durch Ganzgenomsequenzierung eine Pilztypische Genomgröße von 15 Megabasen. Dies ermöglichte die Einordnung des Organismus in die Gruppe der evolutionär sehr ursprünglichen LKM46 Rozellida Pilze. Derzeit laufend Genomanalysen fokussieren auf zelluläre Strukturen und Abbauprozesse, um Einblicke in die Evolution und Anpassung von Pilzen an aquatische Habitate, sowie die Rolle des Organismus im Nährstoffkreislauf des Sees zu erhalten.

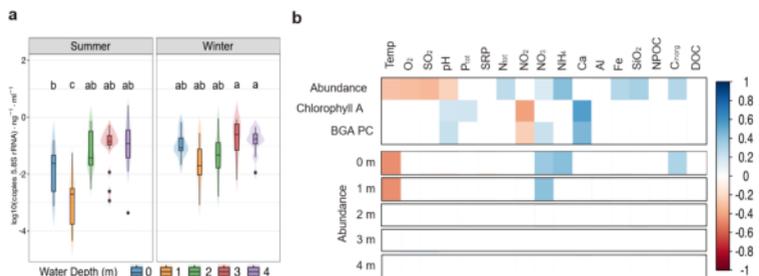


Abbildung 34: **a)** Cryptomycota-Abundanz in Sommer- und Wintermonaten über Wassertiefen. Buchstaben: signifikante Unterschiede (ANOVA). **b)** Spearman-Korrelation: Cryptomycota-Abundanz, Chlorophyll a, Phycocyanin (BGA PC), physikochemische Parameter, Abundanzen in fünf Tiefen. Farbintensität: Stärke signifikanter Korrelationen ($p < 0,05$).

Der Beitrag von Pilzen zum Kohlenstoffkreislauf des subarktischen und arktischen Permafrosts

Der Klimawandel führt zum Auftauen des arktischen Permafrosts, der doppelt so viel Kohlenstoff speichert wie die Atmosphäre. Auftau-Tümpel nehmen diese organische Substanz (OS) auf und gelten daher als Hotspots für den Kohlenstoffkreislauf. Mikroorganismen sind für den Abbau organischer Verbindungen verantwortlich, was zur Freisetzung von Treibhausgasen (THG) führt. Eine massive Freisetzung zuvor gefrorener OS könnte nicht nur die arktischen Ökosysteme bedrohen, sondern auch den globalen Klimawandel beschleunigen. Daher ist es wichtig, zu verstehen, wie diese OS von mikrobiellen Gemeinschaften in Auftau-Tümpeln verarbeitet wird, um die Auswirkungen eines tauenden Arktisgebiets besser bewerten zu können. Während zu diesem Thema bereits viele Forschungsarbeiten laufen, bleibt eine Gruppe von Mikroorganismen weitgehend unerforscht: die aquatischen Pilze. Trotz ihrer Rolle als Zersetzer von OS im Boden wissen wir kaum, was Pilze im Wasser bewirken können. Hier stelle ich mein Postdoc-Projekt vor, in dem ich das funktionale Potenzial und die Rolle aquatischer Pilzgemeinschaften im Kohlenstoffkreislauf in arktischen Auftau-Tümpeln untersuche. Wasser und Sediment aus den Tümpeln werden analysiert und mit metagenomischen Daten, vollständig sequenzierten Pilz-Isolaten, Daten zur Qualität gelöster OS, Einzelzellsequenzierung, Kohlenstoff- Assimilations-Assays (DNA-Stabilisotopenmarkierung) und Metatranskriptomik kombiniert, um: a) das funktionale Potenzial aquatischer Pilze in Bezug auf den Kohlenstoffabbau entlang eines Auftaugradienten (von unberührten bis zu degradierten Standorten) zu analysieren; und b) eine detaillierte funktionale Analyse der Pilzgemeinschaft an einem schwedischen Permafroststandort durchzuführen, der erheblich vom Auftauen betroffen ist. An den degradierten Standorten konzentriert sich mehr terrestrische (allochthone) OS, während die unberührten Standorte höhere Anteile autochthoner gelöster OS aufweisen, die aus der Primärproduktion stammen. Diese Veränderungen in der OS-Qualität standen in engem Zusammenhang mit der taxonomischen Vielfalt der Pilzarten. Wir haben die Hypothese aufgestellt, dass das funktionale Potenzial der am Abbau von Kohlenstoffverbindungen beteiligten Gene ebenfalls stark mit der Qualität der OS korreliert sein würde. Die Ergebnisse zeigten jedoch schwächere Korrelationen, was auf eine funktionale Redundanz der Pilzgemeinschaften hindeutet. Unser nächster Schritt ist es, die Aktivität dieser Gene durch Metatranskriptomik und Stabilisotopen-Experimente zu bewerten. Dieses Projekt wird das Verständnis über die Rolle aquatischer Pilzgemeinschaften im Kohlenstoffkreislauf in Auftau-Tümpeln verbessern ein wichtiger Schritt, um die Auswirkungen des Klimawandels in Permafrostgebieten besser abschätzen zu können.



**MARIANA
KLUGE**

(Ph.D.)

089/28917312

MARIANA.KLUGE
@TUM.DE

FÖRDERUNG:

SWEDISH RESEARCH
COUNCIL (VR)

KOOPERATION:

SWEDISH
UNIVERSITY OF
AGRICULTURAL
SCIENCES (HOST
INSTITUTION)



**MARTINS O.
OMOROGIE**

(PH.D.)

089/28913714

MO.OMOROGIE
@TUM.DE

Gastwissenschaftler

Die Aufnahmepotenziale anorganischer funktionaler Nanomaterialien für Umweltmikroplastik.

Die Herausforderung durch Umweltmikroplastik (enMPs) in Ökosystemen hat sich zu einem ernsthaften globalen Problem entwickelt. Dies liegt daran, dass der Transport von enMPs als gefährlicher Verursacher bekannt ist, der Ökosysteme schädigt, die Lebenserwartung verringert, die Lebensqualität der Menschen mindert und die zukünftige Existenz von Fauna und Flora bedroht. Diese Bedrohung gefährdet ernsthaft das Fortbestehen und Wohlbefinden aller Biome. Daher versucht diese Forschung, durch die Anwendung von Santa Barbara Amorphem Silica/Zeolith-Komposit (SSZC) eine Lösung für dieses globale Umweltproblem zu bieten, indem Polystyrol-Mikroplastik (PMPs) aus Wasser und Abwasser entfernt wird. Die Untersuchung zeigte, dass die Adsorptionskapazität von SSZC für PMPs 2,41 mg/g betrug. Dies wurde durch Chemisorption zwischen SSZC und PMPs erreicht, die durch elektrostatische Anziehung und hydrophobe Wechselwirkungen, wie kovalente Bindungen, nichtkovalente aromatische -Systeme und Elektronenakzeptor-Donor-Interaktionen, vermittelt wurde. Die Oberflächenmorphologie von SSZC zeigte, dass funktionelle Gruppen wie CH, CO, CC, NH, AlO, SiOSi und SiOH auf seiner Oberfläche vorhanden sind und für die Adsorption zur Verfügung stehen.

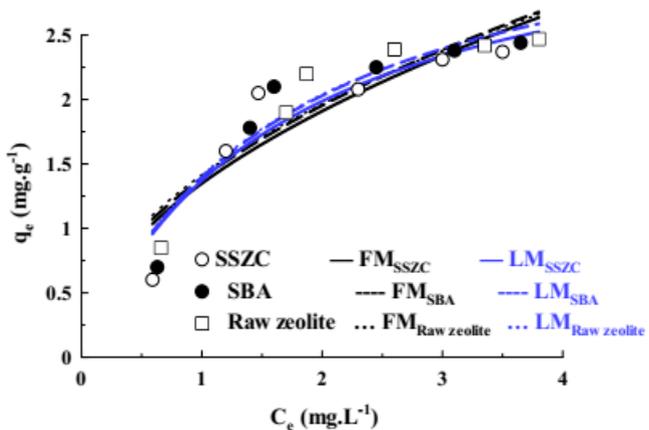


Abbildung 35: Nichtlineare Gleichgewichtsdiagramme von q_e ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$) gegen C_e ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) für die Adsorption von PMP durch SSZC, SBA und Rohzeolith

Phänotypische und genetische Bewertung der Empfindlichkeit gegenüber Antibiotika und Schwermetallen von Isolaten gramnegativer Bakterien aus der Laguna de Tramandai

Die aus Wasserproben von 14 Lagunen in Rio Grande do Sul, Brasilien, extrahierte DNA wird zur Durchführung von qPCR verwendet, einer Technik, die es ermöglicht, die Häufigkeit von antimikrobiellen Resistenzgenen (blaOXA, blaVIM und ampC) zu quantifizieren. Darüber hinaus wird die Studentin ihre Bioinformatikkenntnisse verbessern, indem sie sich auf die Metagenomanalyse von Isolaten konzentriert, um die Vielfalt der antimikrobiellen Resistenzgene in Proben aus 14 Lagunen in Rio Grande do Sul, Brasilien, zu untersuchen. Diese Ergebnisse werden in unsere Forschungsarbeiten in Brasilien im Rahmen des Projekts über mikrobielle Gemeinschaften in flachen Seen in Brasilien einfließen (Labor für Immunologie und Mikrobiologie, Fakultät für Gesundheits- und Biowissenschaften, Päpstliche Katholische Universität von Rio Grande do Sul, PUCRS, Porto Alegre, Brasilien).



**AGATHA
SHUBEITA**

(M. Sc.)

AGATHA.
SHUBEITA
@TUM.DE

FÖRDERUNG:

DAAD

KOOPERATION:

UNIVERSITY OF RIO
GRANDE DO SUL



**SERGI
VINARDELL**

(PH.D.)

SERGI.VINARDELL
@UPC.EDU

Innovative anaerobe Lösungen zur Entfossilisierung

Die anaerobe Vergärung ist ein Schlüsselverfahren zur Erzeugung von methanreichem Biogas aus organischen Abfällen. Dieses Biogas kann entweder vor Ort zur Strom- und Wärmeerzeugung genutzt oder zu Biomethan in Netzqualität (mit einem Methangehalt von mehr als 97%) aufbereitet und in das Gasnetz eingespeist werden. Die Maximierung der Produktion von Biomethan in Netzqualität ist besonders wichtig, um das Ziel des REPowerEU-Plans zu erreichen, bis 2030 35 Milliarden Kubikmeter Biomethan in der Europäischen Union zu produzieren.

Während seines Forschungsaufenthalts an der SWW TUM hat Dr. Sergi Vinardell an einem Übersichtsartikel mitgearbeitet, der die ambivalente Rolle von Graphenoxid bei der Steigerung der Biogasproduktion während der anaeroben Vergärung untersucht. Dieser Artikel wurde kürzlich in der Zeitschrift *Bioresource Technology* veröffentlicht:
DOI:10.1016/j.biortech.2024.\131663.

Der Aufenthalt legte auch den Grundstein für die künftige Zusammenarbeit bei Power-to-Gas-Projekten, die sich auf die Biomethanproduktion konzentrieren und auf den gemeinsamen Bemühungen aufbauen, die in einer früheren Studie initiiert wurden:
DOI: 10.1016/j.enconman.2024.118\339.

Neben seiner Forschungstätigkeit beteiligte sich Dr. Vinardell auch an der Lehre, indem er Vorlesungen in Kursen über anaerobe Prozesse und Abwasserbehandlung übernahm. Diese Erfahrung bereicherte sowohl sein akademisches Engagement als auch den Wissensaustausch mit Studenten.

Verwendung von Machine-Learning-Algorithmen zur Modellierung von Umweltdaten und zur Verbesserung des Verständnisses von Prozessen

Obwohl aktuelle Umweltüberwachungsprogramme oder -experimente erhebliche Mengen an Daten erzeugen, bleiben diese Datensätze aufgrund von Herausforderungen in der statistischen Analyse und Interpretation untergenutzt. Dieses Problem ist besonders bedeutend angesichts der rasanten technologischen Fortschritte, die zunehmend größere und komplexere Datensätze hervorbringen. Neben der Datensammlung ermöglichen moderne rechnerische Fortschritte die Verarbeitung riesiger Informationsmengen. Machine Learning (ML), ein Bereich der künstlichen Intelligenz, der sich auf die Schaffung von Systemen konzentriert, die in der Lage sind, automatisch aus Daten und Erfahrungen zu lernen und sich zu verbessern, hat sich in diesem Kontext zu einer wertvollen Ressource entwickelt. Bei der Modellierung von Umweltprozessen zeigt ML ein erhebliches Potenzial. ML bietet Werkzeuge zur Verbesserung von Prozessen, zur Entwicklung von Vorhersagemodellen und zur Fehlererkennung in komplexen Umweltsystemen, was zu besseren Entscheidungsprozessen und effizienterem Management führt. Eine große Anzahl von Algorithmen steht für verschiedene Aufgaben zur Verfügung (Abbildung 1), wie z. B. numerische oder kategoriale Vorhersagen, Datenclustering, Zeitreihenmodellierung und Bestimmung der Variablenbedeutung.

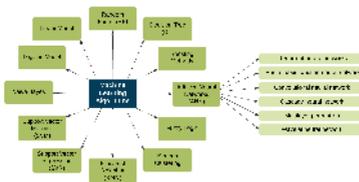


Abbildung 36: Die am häufigsten verwendeten ML-Algorithmen

Marina Muniz de Queiroz, eine externe Doktorandin aus Brasilien, führte ihre Forschung vier Monate lang an der TUM unter der Betreuung von Prof. Dr. Konrad Koch durch. Sie konzentrierte sich auf die Modellierung von Daten im Zusammenhang mit der Arsenentfernung unter Verwendung von Membrantechnologien und initiierte auch die Modellierung von Daten aus Experimenten zur mikrobiologischen Methanierung in einem Tropfkörperreaktor, die von Dr. Carolina Feickert Fenske durchgeführt wurden. Ihre Arbeit zeigt das Potenzial von ML, Umweltprozesse zu modellieren und das Verständnis ihrer Mechanismen zu erweitern.



MARINA MUNIZ DE QUEIROZ

(M.Sc.)

MARINAMUNIZ
DEQUEIROZ
@GMAIL.COM

FÖRDERUNG:

COORDINATION OF
IMPROVEMENT OF
HIGHER LEVEL
PERSONNEL
(CAPES-BRAZIL)

Internationale Kooperationen

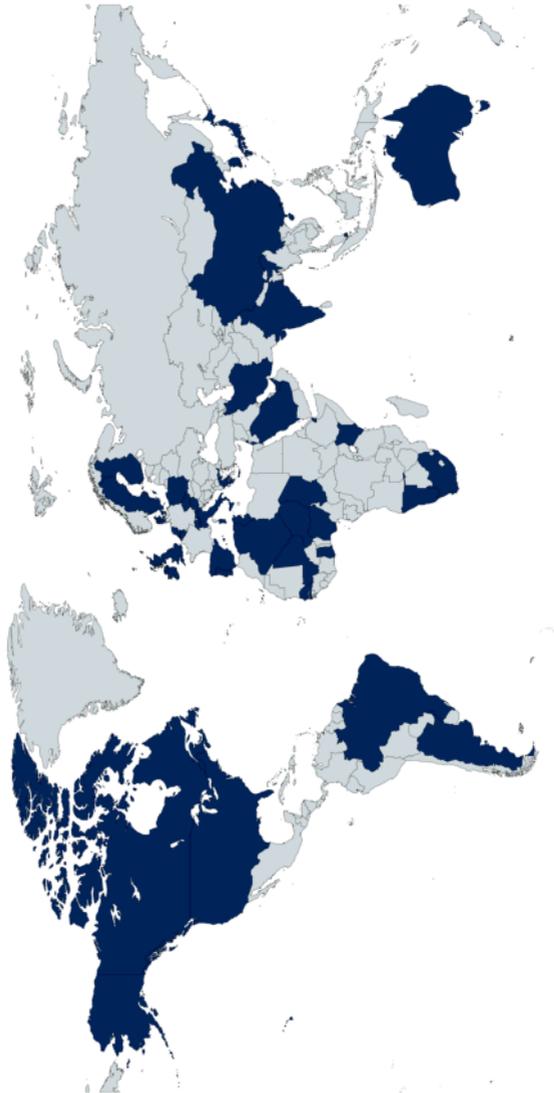


Abbildung 37: Karte der internationalen Kooperationen

| Land | Institution |
|--------------|--|
| Äthiopien | Bahir Dar Institute of Technology |
| Algerien | Pan African University Institute of Water and Energy Sciences (PAUWES) |
| Argentinien | Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas Universidad de Buenos Aires Universidad Nacional de Salta |
| Australien | Murdoch University University of New South Wales University of Newcastle University of Queensland University of Sydney World Vision |
| Barbados | Eartland Global |
| Belgien | Ghent University ZABALA Brussels |
| Brasilien | Universidade Federal de Minas Gerais Federal Center of Technological Education of Minas Gerais Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais Universidade Federal da Bahia Universidade Federal de Minas Gerais Universidade Federal de Viçosa |
| Chile | Universidad Andrés Bello |
| China | Beijing University of Technology Southwest Petroleum University Tsinghua University |
| Dänemark | Aalborg University Aarhus University |
| Dschibuti | Ministry of Environment and Sustainable Development (GGW Country Office) |
| Finnland | Aalto University Kemira Oyj Oulu University |
| Ghana | Kwame Nkrumah University of Science and Technology West African Science Services Centre on Climate Change (WASCAL) |
| Griechenland | National Technical University of Athens |
| Hong Kong | City University of Hong Kong The University of Hong Kong |
| Indien | Birla Institute of Technology and Science Pilani Indian Institute of Science Bangalore |

| Land | Institution |
|---------------|---|
| | Indian Institute of Technology Bombay |
| Indien | Indian Institute of Technology Madras |
| Iran | Isfahan University of Technology |
| Irland | University of Galway |
| Israel | Technion Tel Aviv University |
| Italien | Accademia Europea di Bolzano (EURAC) Politecnico di Milano University of Napoli Federico II University of Padua |
| Japan | National University Corporation Tottori University The University of Tokyo Tokyo University of Agriculture United Nations University Institute for Environment and Human Security (UNU-EHS) University of Wakayama |
| Kanada | University of Alberta |
| Kenia | Jomo Kenyatta University of Agriculture and Technology World Agroforestry Centre (ICRAF) |
| Mali | Rural Polytechnic Institute for Training and Applied Research (IPR-IFRA) |
| Namibia | Namibia University of Science and Technology |
| Niederlande | Delft University of Technology Environment Europe Foundation Erasmus University Rotterdam |
| Niger | Abdou Monmouni University Niamey |
| Nigeria | Bayero University Bowen University Ekiti State University Federal University Dutse Obafemi Awolowo University Redeemer's University University of Ibadan University of Ilorin |
| Norwegen | Norwegian University of Science and Technology |
| Österreich | Vienna University of Technology |
| Polen | Pozna University of Technology |
| Portugal | University of Minho |
| Saudi Arabien | King Abdullah University of Science and Technology |
| Senegal | Cheikh Anta Diop University of Dakar (UCAD) Senegalese Agency for Reforestation and GGW (GGW Country Office) |

| Land | Institution |
|------------------------------|---|
| Singapur | National University of Singapore |
| Südafrika | University of Cape Town |
| Südafrika | Vaal University of Technology |
| Südkorea | National Institute of Environmental Research Ulsan National Institute of Science and Technology |
| Spanien | Catalan Institute for Water Research CSIC (Consejo Superior de Investigaciones Científicas) ICREA (Catalan Institution for Research and Advanced Studies) Polytechnic University of Catalonia University of Barcelona University of Girona |
| Schweden | Lund University University of Gothenburg |
| Schweiz | Agroscope Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (EAWAG) Swiss Federal Institute of Technology |
| Tschad | National Agency of the Great Green Wall (GGW Country Office) |
| Tschechische Republik | University of Chemistry and Technology |
| Tunesien | National Research Institute for Agricultural Engineering, Water, and Forestry (INRGREF) University of El Manar (UEM) |
| Vereinigte Arabische Emirate | Khalifa University of Science and Technology |
| Großbritannien | Cranfield University University of Oxford |
| USA | Massachusetts Institute of Technology National Science Foundation Northwestern University Stanford University University of Arizona University of California at Santa Cruz University of Colorado-Boulder University of Connecticut University of Massachusetts |

Nationale und Internationale Gremienarbeit

International Water Association (IWA)

Neben **Jörg E. Drewes** Mitarbeit im IWA Strategic Board, unterstützt er im Programmkomitee der IWA Leading Edge Technology (LET) Conference die Planung und Durchführung der Flagship Conference der IWA. In 2024 fand die IWA LET erstmalig in Deutschland statt.

Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU)

Jörg E. Drewes wurde 2024 für eine weitere Periode (2024-2028) von der Bundesregierung in den Beirat berufen. Der WBGU veröffentlichte 2024 sein Hauptgutachten „Wasser in einer aufgeheizten Welt“.

Trinkwasserkommission (TWK)

Jörg E. Drewes engagiert sich auch in der Trinkwasserkommission, die das UBA und das Bundesministerium für Gesundheit in allen Fragen der Trinkwasserverordnung berät. Er ist dort der stellvertretende Sprecher.

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“ sowie **KA-8.1** „Anthropogene Stoffe im Wasserkreislauf“ und **KA-8.4** „Wasserwiederverwendung“.

Benedikt Aumeier ist aktiv in der **DWA-Arbeitsgruppe KA-8.4**, die das DWA-M 1200 „Wasserwiederverwendung für landwirtschaftliche und urbane Zwecke in Deutschland“ in drei Teilen erarbeitet hat (Gelbdruck veröffentlicht).

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 in zwei Fachausschüssen der Deutschen Wasserchemischen Gesellschaft ein: „Persistente, mobile und toxische (PMT) Stoffe“ und „Physikalische Prozesse Membranverfahren“.

Zeitschriften - Redakteure

Jörg E. Drewes fungiert als Associate Editor für die internationale Fachzeitschrift „ACS Environmental Science Technology Water“.

Christian Wurzbacher ist seit 2016 Fachredakteur der Zeitschriften „MycoKeys“ und „Biodiversity Data Journal“ (Pensoft Publisher) und seit 2022 Editor der Zeitschrift „Fungal Biology“ (Elsevier).

Konrad Koch ist Editor und Editorial Board Member bei den Zeitschriften „Bioresource Technology“ (Elsevier) und „Environmental Technology & Innovation“ (Elsevier). Außerdem ist er Gast-Editor der folgenden Special Issues:

- Biogas - Actual Research and Application in „Bioresource Technology“
- Nutrient removal and resource recovery in „Water Research X“
- 18th IWA World Conference on Anaerobic Digestion in „Bioresource Technology“

33. Wassertechnisches Seminar und 51. Abwassertechnisches Seminar

Im Jahr 2024 haben wir das 33. Wassertechnische Seminar veranstaltet mit dem Thema „Die neue Trinkwasserverordnung und ihre Bedeutung für die Trinkwasserversorgung in Bayern“.

Das 51. Abwassertechnische Seminar (ATS) fand im Juli in Garching mit Fokus auf die neue EU-Kommunalabwasserrichtlinie statt. Beide Veranstaltungen waren sehr gut besucht mit spannenden Diskussionen.

Für das kommende Jahr ist das 52. ATS am 16. Juli 2025 in Garching geplant mit dem Titel "Die Digitalisierung der Wasserwirtschaft".

IFAT 2024

Auch dieses Jahr war der Lehrstuhl für Siedlungswasserwirtschaft und die Versuchsanstalt wieder mit einem Messestand auf der IFAT vertreten. Wie zuvor waren wir wieder am Gemeinschaftsstand Bayern Innovativ. Viele Firmenbesucher und Studierende haben sich für die Forschungsaktivitäten des Lehrstuhls und die Dienstleistungen (u.a. Machbarkeitsstudien, Analytik) interessiert und das persönliche Gespräch genutzt, um sich zu informieren. Ganz besondere Aufmerksamkeit hat die Verkostung des Reuse Brews bekommen!

Dienstleistungen: www.cee.ed.tum.de/sww/service/

Ansprechpartner: Dr.-Ing. Benedikt Aumeier

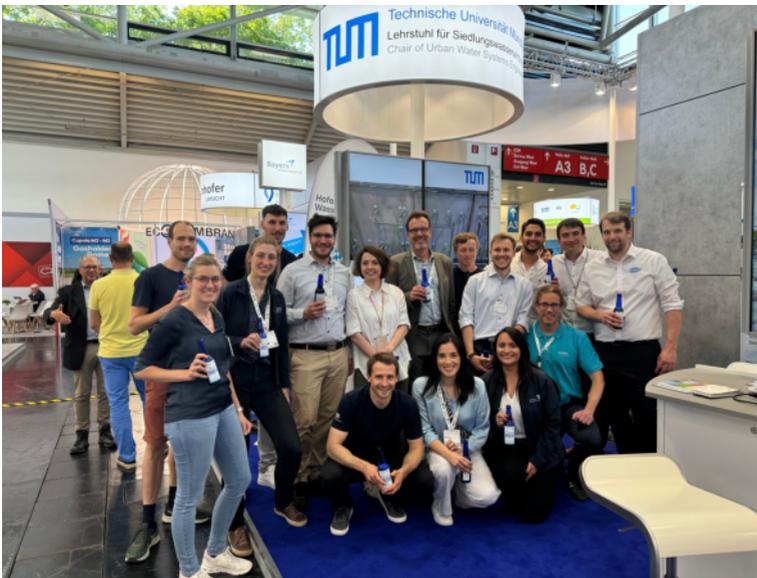


Abbildung 38: IFAT Gruppenfoto



Abbildung 39: IFAT-Vortrag von Prof. Jörg E. Drewes auf der Blue Stage



Abbildung 40: IFAT-Messestand, bevor es losgeht

WEFE Nexus auf der IFAT 2024

Eine sektorübergreifende Multi-Stakeholder-Veranstaltung zum Thema Water Security in Africa - An integrated Water-Energy-Food-Ecosystems (WEFE) Nexus perspective auf der IFAT Munich 2024 wurde von der WEF Nexus Research Group in Zusammenarbeit mit dem Bayerischen Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz (StMUV) und der Bayerischen Forschungsallianz (BayFOR) ausgerichtet. Eingeladene internationale Redner aus Regierung, Wissenschaft, Nichtregierungsorganisationen und Förderorganisationen sprachen im Rahmen einer Podiumsdiskussion, die von Dr. Melanie Habelitz-Wollgam (Bayerische Staatskanzlei) begrüßt und von Dr. Klaus Arzet (StMUV) moderiert wurde, über die Herausforderungen und Chancen eines integrierten WEFE Nexus-Ansatzes zur Verbesserung der Wassersicherheit in Afrika. Zentrale Fragen waren:

1. Warum ist der WEFE Nexus ein geeigneter Ansatz, um die Wassersicherheit in Afrika zu erhöhen?
2. Welches sind die Schlüsseltechnologien (z.B. naturbasierte Lösungen) zur Unterstützung der Wasserrückhaltung in Ökosystemen durch Grundwasseranreicherung vor Ort, als eine wichtige Nexus-Möglichkeit?
3. Wie kann der Nexus-Ansatz im Kontext von Wissenschaft, NGOs, Politik und Industrie gestärkt werden, um eine Nexus-basierte Regeneration von Ökosystemen zu ermöglichen?

In einem anschließenden öffentlich zugänglichen Workshop mit ca. 60 Teilnehmern wurde in einer Diskussionsrunde über die Umsetzung und den Transfer von Lösungen zum Thema diskutiert. Die Session wurde von Prof. Dr. Martin Grambow eröffnet und von Dr. Klaus Arzet (StMUV) und Dr. Thomas Ammerl (BayFOR) moderiert und hatte folgende Schwerpunkte:

1. Die Anwendbarkeit des Nexus-Ansatzes? Was sind die größten Herausforderungen/Lücken bei der Umsetzung, und wie können diese auf der Grundlage früherer erfolgreicher Erfahrungen als Chancen genutzt werden?
2. Wie kann ein effektiver und wirkungsvoller Transfer von Lösungen erleichtert werden?
3. Wie können Kontinuitäts-/Finanzprobleme, die zu nicht nachhaltigen, kurzfristigen Projekten führen, überwunden werden?

Die Ergebnisse der Veranstaltung wurden in einem White Paper zusammengefasst, das die Bedeutung des WEFE-Nexus-Ansatzes mit gemeinschaftlichen, sektorübergreifenden Partnerschaften widerspiegelt,

die sich mit der Wassersicherheit in einem transdisziplinären Ansatz befassen, um neues, lösungsorientiertes Wissen zu generieren, und sich von Anfang an auf das partizipative Engagement der Gemeinschaft (Co-Design und Co-Creation) konzentrieren.



Abbildung 41: Podiumsteilnehmer (von links nach rechts): Dr. Daphne Keilmann-Gondhalekar (TUM), Toni Rinaudo (World Vision), Dr. Elias Nkiaka (UNCCD consultant), Dr. Ambe Emmanuel Cheo (UNU-EHS), Prof. Dr. Akica Bahri (Former Minister of Agriculture, Water Resources and Fisheries, Tunisia), Gottlieb Arendse (Western Cape Government, South Africa), Dr. Peter Renner (Allianz Foundation for Development and Climate), Prof. Dr.-Ing. Jörg E. Drewes (TUM).



Abbildung 42: Teilnehmer des Workshops Water Security in Africa - An integrated Ecosystems WEFE Nexus perspective: Umsetzung & Transfer von Lösungen auf der IFAT München 2024.



Abbildung 43: Treffen mit dem Staatsminister Thorsten Glauber (von links nach rechts: Dr. Sihem Jebari, Kwadwo Asamoah, Dr. Pascal Finkbeiner, Prof. Dr. Kevin Winter, Prof. Dr. Akica Bahri, Toni Rinaudo, Dr. Daphne Keilmann-Gondhalekar, Thorsten Glauber, Gottlieb Arendse).

Convergence-Symposium am 13. Mai 2024 - TUM, Garching

Im Rahmen der Projektaktivitäten für das Forschungsprojekt Integrated Forest, Water, Prosperity Project Tunisia. Convergence wurde von der Water-Energy-Food (WEF) Nexus Forschungsgruppe in Zusammenarbeit mit dem Bayerischen Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz (StMUV) und der Bayerischen Forschungsallianz (BayFOR) ein Symposium organisiert. Ziel war es, wichtige bayerische und afrikanische Akteure aus Regierung, Nichtregierungsorganisationen und Wissenschaft sowie internationale Experten zusammenzubringen, um Forschungs- und Praxiserfahrungen auszutauschen und einen Dialog über die Rolle der Wälder bei der Verbesserung der Wassersicherheit, der Regeneration von Ökosystemen und der sozioökonomischen Entwicklung zu ermöglichen.

An dem Hybrid-Symposium nahmen Vertreter des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt und Verbraucherschutz (StMUV), Deutschland, der Technischen Universität München (TUM), Deutschland, des Nationalen Forschungsinstituts für ländliche Technik, Wasser und Wälder (INRGREF), Tunesien, der Western Cape Government (WCG), Südafrika, der University of Cape Town (UCT), Südafrika, der Kwame Nkrumah University of Science and Technology (KNUST), Ghana sowie internationale Experten wie der Gewinner des Right Livelihood Award, Tony Rinaudo (Principal Climate Action Advisor, World Vision Australia), der Pionierarbeit bei der von Landwirten betriebenen Technik der natürlichen Regeneration für die Wiederaufforstung geleistet hat, die in 20 Ländern erfolgreich umgesetzt wurde, Akiça Bahri (Agraringenieur und ehemaliger Landwirtschaftsminister in Tunesien), Anastasia Makarieva und Andrei Nefiodov (russische Physiker), die führende Forscher auf dem Gebiet der Theorie der biotischen Pumpe für die Regeneration von Ökosystemen sind.

Im ersten Teil des Symposiums präsentierten die Teilnehmer ihre Forschungsarbeiten zu Themen wie dem Wasser-Energie-Nahrungsmittel-Ökosystem-Nexus-Ansatz (WEFE), der Valorisierung von Nichtholz-Waldprodukten, der Ökologikologie und der Regeneration von Ökosystemen. Es folgte eine Diskussion am runden Tisch, um über die vorgestellten Forschungsergebnisse und die Beziehung zwischen den Sektoren Wald, Wasser und Ökosysteme zu beraten. Zu den wichtigsten Schlussfolgerungen aus den Diskussionen am runden Tisch gehören die folgenden:

1. Das Vertrauen in den WEFE-Nexus-Ansatz kann durch die Einbeziehung des Ansatzes in Forschungsprojekte und die Datenerhebung sowie die

Modellvalidierung anhand der erhobenen Daten gestärkt werden.

2. Der WEFE Nexus-Ansatz hat das Potenzial, die Widerstandsfähigkeit von Ökosystemen zu erhöhen.

3. WEFE Nexus Projekte sollten Anreize (insbesondere sozioökonomische) für gefährdete Gemeinschaften beinhalten, um eine bessere Annahme von Maßnahmen zu erleichtern, die den WEFE Nexus Ansatz unterstützen.

4. Es ist mehr Forschung über die Regeneration von Ökosystemen erforderlich, insbesondere über ihre Erfolgchancen in verschiedenen lokalen klimatischen Kontexten.

Das Symposium ermöglichte sektorübergreifende Beratungen darüber, wie der WEFE-Nexus-Ansatz genutzt werden kann, um die positiven Auswirkungen der Wälder auf die Wassersicherheit, die Regeneration der Ökosysteme und die sozioökonomische Entwicklung zu maximieren.



Abbildung 44: Convergence Symposium 2024



Abbildung 45: Convergence Symposium 2024

Exkursion zur Münchner Trinkwassergewinnung im Mangfalltal

Am 22.11.2024 haben zahlreiche Studierende im Masterstudiengang Environmental Engineering im Rahmen der Vorlesung Water and Wastewater Treatment Engineering eine Exkursion zu den Wassergewinnungsanlagen im Mangfalltal, den Quellen des Münchner Trinkwassers, gemacht. Wussten Sie, dass die Wasserversorgung Münchens weltweit ihresgleichen sucht? Das Wasser quillt aus den Berghängen im Mangfalltal zumeist mittels Schwerkraft. Per Schwerkraft gehts weiter Richtung München, wo das Wasser meist unbehandelt (!) an die Verbraucher abgegeben wird. Warum unbehandelt? Weil es bereits von bester Qualität ist und keiner chemischen Behandlung bedarf. Lediglich zeitweise wird eine UV-Desinfektion durchgeführt, um auf Nummer sicher zu gehen. Für eine Metropole mit knapp 2 Millionen Einwohner ist das weltweit ziemlich einzigartig! Wie funktioniert das? Durch die gegebene Geologie gepaart mit der ergiebigen Grundwasserneubildung im Voralpenland. Und vor allem, weil das Einzugsgebiet gut geschützt wird. Die nachhaltige Forstwirtschaft und die ökologische Landwirtschaft spielen hier eine Schlüsselrolle: guter Wald, guter Boden, gutes Wasser. Das alles hat uns Jochen Vogel, bei den Stadtwerken München verantwortlich für die Wassergewinnungsanlagen, anschaulich und lebhaft erklärt.

Doch nicht alle sind so begeistert von der Münchner Wasserversorgung. So manche:r Ortsansässige ist eher an einer Erschließung und Entwicklung der Gegend interessiert: Straßen, Gewerbeansiedlung, Steigerung der landwirtschaftlichen Erträge. Dann werden schon mal per Petition die historischen Wasserrechte angefochten. Ein möglicher Hintergrund: Die Gewerbesteuer ist für Gemeinden ohne eine Reform des deutschen Föderalismus oftmals die einzige Option um Geld in mitunter klamme kommunale Kassen zu bringen. Und so manche:r Landwirt:in würde vermutlich lieber intensive Landwirtschaft betreiben, in der Überzeugung, dass ihm:ihr trotz Ausgleichszahlungen für den Verzicht auf organische Dünger durch die Stadtwerke München Einnahmen entgehen. Dieser Konflikt steht symbolisch für zahlreiche Konflikte um Wasser, die energisch an vielen anderen Orten in Deutschland und anderswo geführt werden. Apropos Energie: Auf dem Weg nach München wird übrigens mit dem Wasser per Wasserkraft Strom produziert. Bei den technischen Ausführungen strahlt Jochen Vogel wieder. Und das ist ansteckend. Das alles konnten die Studierenden erleben – eingezuckert vom ersten Schnee des Jahres.

Text: Dr.-Ing. Benedikt Aumeier

Organisation: Prof. Dr.-Ing. Jörg E. Drewes



Abbildung 46: Exkursion zur Münchner Trinkwassergewinnung im Mangfalltal

Betriebsausflug 2024

Dieses Jahr machte das Wetter endlich mit und wir konnten die schon 2023 geplante Kanu-Tour im Altmühltal machen. Bei sommerlichen Temperaturen padelten wir von Solnhofen aus auf der Altmühl entlang. Wir genossen das schöne Panorama und das kühle Nass. Nach einigen wilden Wasserschlachten, bei denen der ein oder andere auch mal über Bord ging, stärkten wir uns danach bei einer gemeinsamen Mittagspause im Biergarten. Nach ein paar weiteren Kilometern auf der Altmühl endete unsere Tour in Dollnstein. Nach einem kühlen Getränk traten wir dann die Heimreise an. Besonderer Dank geht an Brigitte Helmreich und Felicia Linke für die tolle Organisation!



Abbildung 47: Betriebsausflug 2024 Kanu-Tour Altmühl



Abbildung 48: Betriebsausflug 2024 Kanu-Tour Altmühl

Scienclisten

Im Jahr 2024 wurden auf dem Arbeitsweg insgesamt über 18.107 km durch die MitarbeiterInnen des Lehrstuhls für Siedlungswasserwirtschaft zusammen geradelt. Dies entspricht einer CO₂-Einsparung von rd. 2,6 Tonnen im Vergleich zum Auto bzw. 6,9 Tonnen im Vergleich zum Flugzeug (Economy). Die höchste Einzelkilometerleistung erzielte dieses Jahr Daniel Nieß, wofür er mit dem Scienclisten Cup des Lehrstuhls ausgezeichnet wurde.



Veröffentlichungen

Peer-reviewed Zeitschriftenbeiträge

- 1) Anjorin, E. O., Alfred, M. O., Sotunde, B., Nnamani, E. A., Bayode, A. A., Unuabonah, E. I., Helmreich, B. and Omorogie, M. O. (2024). Overview of the Mechanism of Degradation of Pharmaceuticals by Persulfate/Peroxysulfate Catalysts. *ChemBioEng Reviews*, e202300079.
- 2) Arzabe, C., Pütz, P., Wurzbacher, C., Uchaikina, A., Drewes, J. E., Braun, U., Bannick, C. G., Obermaier, N. (2024). Wastewater-based Epidemiology: Deriving a SARS-CoV-2 Data Validation Method to Assess Data Quality and to Improve Trend Recognition. *Frontiers in Public Health*, 12, 1497100.
- 3) Bayode, A. A., Badamasi, H., Olusola, J. A, Durodola, S. S., Akeremale, O. K., Ore, O. T., Helmreich, B., Omorogie, M. O. (2024). One pot synthesis of ZnO-activated eggshell@kaolinite: Sorbents for phosphate capture in water. *Chemical Engineering & Technology*, 47(2), 375386.
- 4) Bayode, A. A., Emmanuel, S. S., Osti, A., Olorunnisola, C. G., Egbedina, A. O., Koko, D. T.; Adedipe, Demilade T.; Helmreich, B., Omorogie, M. O. (2024). Applications of perovskite oxides for the cleanup and mechanism of actionof emerging contaminants/steroid hormones in water. *Journal of Water Process Engineering*, 58, 104753.
- 5) Bayode, A. A.; Ore, O. T.; Nnamani, E. A.; Sotunde, B.; Koko, D. T.; Unuabonah, E. I.; Helmreich, B; Omorogie, M. O. (2024). Perovskite oxides; Syntheses and perspectives on their application for nitrate reduction. *ACS Omega*, 9, 1977019785.
- 6) Bein, E., Pasquazzo, G., Dawas, A., Yecheskel, Y., Zucker, I., Drewes, J. E., Hübner, U. (2024). Groundwater remediation by in-situ membrane ozonation: Removal of aliphatic 1,4-dioxane and monocyclic aromatic hydrocarbons. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 111945, 3.
- 7) Bhanye, J., Kloeffel, T., Beyers, M., Mabaso, M., Rajadirai, K., Winklmaier, J., Matamanda, A. (2024). Decentralised WaterEnergyFood (WEF) systems in Africa: space analysis, least-cost modelling of sack farming and establishment of renewable energy technologies in the Diepsloot slums of Johannesburg, South Africa. *Discover Global Society*, 2, 24.
- 8) 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.
- 9) Drewes, J.E. (2024). More water through desalination and water reuse. *Gwf Wasser Abwasser* 165 (4), 106.
- 10) Dueholm, M. K. D., Andersen, K. S., Korntved, A.-K. C., Rudkjøbing, V., Alves, M., Bajón-Fernández, Y., Batstone, D., Butler, C., Cruz, M. C., Davidsson, Å., Erijman, L., Holliger, C., Koch, K., Kreuzinger, N., Lee, C., Lyberatos, G., Mutnuri, S., OFlaherty, V., Oleskowicz-Popiel, P., Pokorna, D.; Rajal, V., Recktenwald, M., Rodríguez, J., Saikaly, P. E., Tooker, N.; Vierheilig, J., De Vrieze, J., Wurzbacher, C., Nielsen, P. H. (2024). MiDAS 5: Global diversity of bacteria and archaea in anaerobic digesters. *Nature Communications*, 15, 5361.
- 11) Eben, P., Duthweiler, S., Helmreich, B., Knoll, S., Stinshoff, P., Pauleit, S. (2024). Thriving under multiple stressors: performance of drought-tolerant perennials and their suitability for infiltration swales. *Urban Forestry & Urban Greening*, 101, 128535.
- 12) Eben, P., Mohri, M., Pauleit, S., Duthweiler, S., Helmreich, B. (2024). Phytoextraction potential of herbaceous plant species and the influence of environmental factors a meta-analytical approach. *Ecological Engineering*, 199, 107169.
- 13) Ho, J.; Ahmadi, J.; Schweikart, C.; Hübner, U.; Schwaller, C.; Tiehm, A.; Drewes, J.E. (2024). Assuring reclaimed water quality using a multi-barrier treatment train according to the new EU non-potable water reuse regulation. *Water Research*, 267, 2024, 122429.
- 14) Hübner, U., Ahmadi, J., Kubiak, S., Drewes, J.E. (2024). Reuse Brew. *Food Lab International*.
- 15) Ili, N., Tan, K., Mayr, F., Hou, S., Aumeier, B. M., Morales, E. M. C., Hübner, U., Cookman, J., Schneemann, A., Gagliardi, A., Drewes, J. E., Fischer, R. A., Mukherjee, S. (2024). MOF

- surface chemistry enables trace removal of PFAS from water *Advanced Materials*, 2413120.
- 16) Knoll, S. Mindermann, S., Porter, L., Pauleit, S., Duthweiler, S., Prügl, J., Helmreich, B. (2024). The potential of processed mineral construction and demolition waste to increase the water capacity of urban tree substrates - A pilot scale study in Munich. *Sustainable Cities and Society*, 113, 105661.
 - 17) Ly, Q. V., Cui, L. Nia, N. D., Park, Y., Aumeier, B. M., Kim, K. Hwang, Y. (2024). Nitrogen-doped graphitic layer confined MOF-based composite cathode for electro-Fenton catalysis with enhanced sustainability. *Separation and Purification Technology*, 354, 128790.
 - 18) Mitranescu, A., Patel, M., Panglisch, S., Drewes, J. E., ElSherbiny, I. M. A. (2024). Critical Assessment of the State-of-the-Art of Surface-Patterned Water Separation Membranes and Future Research Needs *ACS ES&T Water*.
 - 19) Mohapatra, S., Lew, J., Xian, Li. Gálvez-Rodríguez, A., Sudhir Ekande, O., Drewes, J.E., Yew-Hoong Gin, K. (2024). Photochemical fate of quaternary ammonium compounds (QACs) and degradation pathways predication through computational analysis. *Journal of Hazardous Materials*, 465, 133483.
 - 20) Nilsson, R. H., Jansson, A. T., Wurzbacher, C., Anslan, S., Belford, P., Corcoll, N., ... , Kristiansson, E. (2024). 20 years of bibliometric data illustrates a lack of concordance between journal impact factor and fungal species discovery in systematic mycology. *MycKeys*, 110, 273-285.
 - 21) de Oliveira, C., Sperle, P., Arcanjo, G., Koch, K., Viana, M., Drewes, J. E., Amaral, M.C. (2024). Successful application of photocatalytic recycled TiO₂-GO membranes for the removal of trace organic compounds from tertiary effluent. *Chemosphere*, 362, 142730.
 - 22) Omorogie, M., Helmreich, B. (2024). Exploring the potential of amino-functionalized zeolite series/H₃PO₄-biochar for environmental microplastics removal. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 63, 3947-3961.
 - 23) Omorogie, M., Helmreich, B. (2024). The uptake potential of Santa Barbara amorphous silica/zeolite composite for environmental microplastics in wastewater. *ACS Environmental Science and Technology Water*.
 - 24) Ponzelli, M., Koch, K., Drewes, J., Radjenovic, J., Vinardell, S. (2024). The ambivalent role of graphene oxide in anaerobic digestion: A review. *Bioresource Technology*, 414, 131663.
 - 25) Rosenberger, L., Leandro, J., Woods, R., Helmreich, B. (2024). Influence of age, soil volume, and climate change on water availability at urban tree sites. *Sustainable Cities and Society*, 113.
 - 26) Silva, A.F., Lebron, Y., Ribeiro, L., Araujo, A.A., André, L., de Paiva, M.J., Souza, M., Koch, K., Amaral, M. (2024). Thermophilic anaerobic membrane distillation bioreactor for sugarcane vinasse treatment - Maximizing pollutants removal and resources recovery. *Chemical Engineering Journal*, 496, 153680.
 - 27) Snajeeb, M., Xiam, J., Galvez-Rodriguez, A., Ekande, O., Drewes, J.E., Gin, K. (2024). Photochemical fate of quaternary ammonium compounds (QACs) and degradation pathways predication through computational analysis. *Journal of Hazardous Material* 133483.
 - 28) Stinshoff, P., Henn, Y., Rommel, S., Helmreich, B. (2024). Heavy metal leaching from stormwater control measures: Insights of field and lab prestressed media and road-deposited sediments. *Environmental Science: Water Research & Technology*.
 - 29) Strebel, A., Behringer, M., Hilbig, H., Machner, A., Helmreich, B. (2024). Anionic Azo Dyes and Their Removal from Textile Wastewater Through Adsorption by Various Adsorbents: A Critical Review. *Frontiers in Environmental Engineering*, 3, 1347981.
 - 30) StürPatowsky, K., Lilje, O., & Wurzbacher, C. (2024). Quantification of the dark fungal taxon C rhyptomycota using qPCR. *Environmental Microbiology Reports*, 16(2), e13257.
 - 31) Vinardell, S., Fenske, C., Heimann, A., Cortina, J.L., Valderrama, C., Koch, K. (2024). Exploring the potential of biological methanation for future defossilization scenarios: Techno-economic and environmental evaluation. *Energy Conversion and Management*, 307, 118339.
 - 32) Wang, W., Jing, Z., Zhang, Y., Wu, Q., Drewes, J.E., Hübner, U. (2024). VUV/UV as the

chemical free oxidation for efficient degradation of trace organic contaminants: performance assessment, kinetic prediction and influence of inorganic anion. *Environmental Science & Technology*, 58(16), 7113-7123.

- 33) Wang, Y., Wu, Q.-Y., Lee, M., Nong, Y., Wang, W.-L., Drewes, J.E. (2024). Efficient Electrocatalytic Hydrodechlorination and Detoxification of Chlorophenols by Palladium/Palladium Oxide Heterostructure. *Environmental Science & Technology*, 58, 46, 20739-20750.

Andere Zeitschriftenartikel und Buchbeiträge

- 1) Aumeier B. M., Zimmermann M., Wintgens T., Rißer H., Dorgeloh E., Wasserwiederverwendung, In: Frenz W. (Hrsg.), *Handbuch Kreislaufwirtschaft. Recht, Ingenieur- und Naturwissenschaften, Nachhaltigkeit, Klimaschutz, Digitalisierung*, Erich Schmidt Verlag, Berlin 2024, ISBN: 978-3-503-20067-2
- 2) Cao, L., Garcia, S. L., & Wurzbacher, C. (2024): Profiling trace organic chemical biotransformation genes, enzymes and associated bacteria in microbial model communities. *bioRxiv*, 2024-03.
- 3) Eiler, A., Martin-Sanchez, P. M., Wurzbacher, C., Fontaine, L., Jimenez Lara, M., Juottonen, H., & Nilsson, H. (2024): Low determinism in pelagic fungal community assembly across climate zones in Scandinavian lakes. *bioRxiv*, 2024-06.
- 4) Mariz, J., Nawaz, A., Bösch, Y., & Wurzbacher, C. (2024): Exploring environmental microfungi diversity through serial single cell screening. *bioRxiv*, 2024-05.

Konferenzen (Vorträge)

- 1) Ahmadi, J., Ho, J., Hübner, U., Drewes, J.E. (2024, June 24-28). Ensuring proper removal of viruses & mobile genetic elements during water reclamation employing ceramic ultrafiltration combined with pre-ozonation & coagulation, IWA Leading Edge Technologies, Essen, Germany.
- 2) Aniol, J., Greskowiak, J., Hübner, U., Sperlich, A., Filter, J., Bartels, Y., Gerdas, H., Ergh, M., Drewes, J.E. (2024). Employing rapid infiltration trench technology to establish stable redox conditions in a heterogeneous aquifer for drinking water production. IWA Leading Edge Technology Conference, 24-28 June 2024, Essen, Germany.
- 3) Aumeier, B.M., Kau, A.-S.; Drewes, J.E. (2024, July 1). Optionen der Spurenstoffentfernung für kleine Kläranlagen, 51. Abwassertechnisches Seminar, Garching, Germany.
- 4) Aumeier, B.M., Tenberken, N., Wintgens, T. (2024, May 6-8). Size-exclusion ideal adsorbed solution theory for adsorption prediction of micropollutants of different molecular weight [presentation], Wasser - Jahrestagung der Wasserchemischen Gesellschaft, Limburg/Lahn, Germany.
- 5) Bardi, M., Koch, K. (2024, June 2-6). CO2 enrichment improves the efficiency of anaerobic digestion. 18th IWA World Conference on Anaerobic Digestion, Istanbul, Turkey.
- 6) Bein, E., Yehekel, Y., Zucker, I., Khan, S., Aumeier, B. M., Drewes, J.E., Hübner, U. (2024, June 24-28). A novel catalytic oxidation process employing peroxymonosulfate activation in a fixed bed catalyst filter, IWA Leading Edge Technologies, Essen, Germany.
- 7) Bösch, Y., Grossart, H. P., Woodhouse, J., Kluge, M., Baltar, F., Fischer, K., Breyer, E., Wurzbacher, C. (2024, August 11-15). Unveiling seasonal dynamics: shedding light on the functional potential of unexplored planktonic cryptomycota. IMC12, Maastricht, Netherlands.
- 8) Drewes, J. E., Ahmadi, J., Aumeier, B. M. (2024, May 6). Nutzwasser: Water Reuse for Agricultural Irrigation. DWA Innovation Forum Water Technologies for Water Reuse, IFAT, München, Germany.
- 9) Drewes, J. E., Ahmadi, J., Aumeier, B. M. (2024, May 6). Water Reuse for Agricultural Irrigation. 21th EWA International Symposium: "Water and Recovery of Resources", IFAT, München, Germany.

- 10) Drewes, J.E., Ahmadi, J. (2024). Considerations of integrating contaminants of emerging concern in the risk management of water reuse in Germany. JRC Water Reuse Technical Workshop, 26 January 2024.
- 11) Drewes, J.E., Helmreich, B., Aumeier, B., Wurzbacher, C., Koch, K., Gondhalekar, D. (2024). Rapid Change Adaptation Strategies in man-made Hydrosystems Securing Water in Towns and Cities of the Future. Water Cluster Symposium on RACE. 23 February 2024, Garching, Germany.
- 12) Drewes, J.E., Ahmadi, J., Aumeier, B. (2024). Erfahrungen mit dem Einsatz von Nutzwasser als alternative Bewässerungsstrategie im Gemüsebau. Gemüsebautage 2024, 26 February 2024, Oedheim, Germany.
- 13) Drewes, J.E., Ahmadi, J., Aumeier, B., Ho, J., Tiehm, A. (2024). Nutzwasserbereitstellung und Planungsoptionen für die urbane und landwirtschaftliche Bewässerung. Essener Tagung, 8 March 2024, Essen, Germany.
- 14) Drewes, J.E. (2024). Reuseful die Chancen. WassArena DVGW Water reuse notwendig oder überflüssig?, 26 April 2024, Berlin, Germany (Keynote).
- 15) Drewes, J.E. (2024). Water Reuse Benefits and Risks. EWA Workshop Water Reuse Chance or Meander? IFAT 13 May 2024, Munich, Germany.
- 16) Drewes, J.E. (2024). Klimawandel und Wassermanagement philosophische und ethische Aspekte. HfP Brennpunkte philosophisch-ethischer Debatten zur Nachhaltigkeit, 6 June 2024, Hochschule für Philosophie, München, Germany.
- 17) Drewes, J.E. (2024). Improving Implementation of Managed Aquifer Recharge (MAR) Systems by Utilizing Updated Pathogen Removal Knowledge. NGWA Webinar - Addressing the Risks of Viruses in Managed Aquifer Recharge. 20 June 2024 (Keynote).
- 18) Drewes, J.E., Ahmadi, J., Galjaard, G., Hoeijmakers, R., Clement, J. (2024). Integrated Alternative Source Management to address water scarcity. IWA Leading Edge Technology Conference, 24-28 June 2024, Essen, Germany (Keynote).
- 19) Drewes, J.E., Snyder, S.A. (2024). Reinventing the urban water infrastructure a U.S./German perspective. International Seminar Safeguarding the Planets Water Supply, Bayerische Staatskanzlei, 4-5 September 2024, Schloss Hohenkammern, Germany.
- 20) Drewes, J.E. (2024). Water Reuse: Needs, Opportunities and Treatment Requirements. IWA Large Wastewater Treatment Plants Conference. 9-11 September, Budapest, Hungary (Keynote).
- 21) Drewes, J.E. (2024). Nutzwasserbereitstellung und Planungsoptionen für die urbane und landwirtschaftliche Bewässerung (Nutzwasser als alternative Wasserressource). Abschlussveranstaltung der BMBF-Fördermaßnahme WavE, 7-8 October 2024, Frankfurt, Germany.
- 22) Drewes, J.E. (2024). Trinkwave Transfer Projekt. Abschlussveranstaltung der BMBF-Fördermaßnahme WavE, 7-8 October 2024, Frankfurt, Germany.
- 23) Drewes, J.E. (2024). Aktuelle Herausforderungen und Chancen bei der Wasserversorgung und Wasserwiederverwendung. CDU/CSU Fraktionsausschuss Umwelt, Deutscher Bundestag, 15 October 2024. Berlin, Germany.
- 24) Drewes, J.E., Ahmadi, J., Thiel, M., Aumeier, B. (2024). Nutzwasser in Schweinfurt - Implementierung als alternative Wasserressource. ReWater Braunschweig, 21-22 October 2024, Braunschweig, Germany.
- 25) Drewes, J.E., Ahmadi, J., Thiel, M., Aumeier, B., Ho, J., Tiehm, A. (2024). Risikomanagement bei der Wasserwiederverwendung und Anwendung im Nutzwasser-Projekt. ReWater Braunschweig, 21-22 October 2024, Braunschweig, Germany.
- 26) Drewes, J.E. (2024). Latest Developments regarding the EU Urban Wastewater Treatment Directive. Ramboll Workshop, 3 October 2024, Stockholm, Sweden (Keynote).
- 27) Drewes, J.E. (2024). Wasser in einer aufgeheizten Welt. Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU). Vorstellung des Hauptgutachtens, 4 November 2024. Berlin, Germany.
- 28) Drewes, J. (2024). Herausforderungen und Möglichkeiten bei der Entfernung von Poly- und

- perfluorierter Alkylsubstanzen in der Trinkwasseraufbereitung. WaBoLu Fortbildungstagung für Wasserfachleute. 6 November 2024, Berlin, Germany.
- 29) Drewes, J.E. (2024). Wasserverfügbarkeit tatsächliche und rechtliche Herausforderungen. 47. Jahrestagung der Gesellschaft für Umweltrecht, 7-9 November 2024, Leipzig, Germany (Keynote).
 - 30) Drewes, J.E. (2024). Chancen, Synergien und Innovationen für die Etablierung der weitergehenden Abwasserreinigung in Deutschland. Oswald-Schulze Tagung, 12 November 2024, Münster, Germany.
 - 31) Drewes, J.E. (2024). Towards Climate and Water Resilient Cities. Water EVER Lecture Series, Department of Sustainable Architecture, Technical University of Munich, 4 December 2024, Munich, Germany.
 - 32) Drewes, J.E. (2024). Sustainable Urban Water and Wastewater Systems. TUM-UNESP Doctoral Summer/Winter School at TUM, 10 December 2024, Garching, Germany.
 - 33) Graß, L., Hillebrandt, D., Aumeier, B.M., Palmowski, P., Wintgens, T. (2024, September 8-12). Biological degradation of micropollutants combining activated sludge systems and post-treatment activated carbon filters. The IWA 2024 Conference on the Design, Operation and Economics of Large Wastewater Treatment Plants, Budapest, Hungary.
 - 34) Grüning, H., Helmreich, B. (2024, June 4-5). Baumrigolen Bedenken und Möglichkeiten. DWA-RegenwasserTage, Wiesbaden, Germany.
 - 35) Helmreich, B., Stinshoff, P., Eben, B. (2024, June 4-5). Multifunktionale Versickerungsmulden im Siedlungsraum Schadstoffrückhalt und Biodiversität. DWA-RegenwasserTage, Wiesbaden, Germany.
 - 36) Helmreich, B. (2024, October 14-15). Einführung in das neue Arbeitsblatt DWA-A 138-1. DWA-Seminarreihe Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser, online.
 - 37) Helmreich, B. (2024, October 16). Nachhaltiges Regenwassermanagement in der Siedlung - Den Folgen des Klimawandels entgegenwirken, 12. Kitzbüheler Wasser- und Energiesymposium, Kitzbühel, Austria.
 - 38) Helmreich, B. (2024, October 14-15). Stoffliche Betrachtungen von Niederschlagswasser. DWA-Seminarreihe Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser, online.
 - 39) Helmreich, B. (2024, July 24). Umsetzung des Prinzips der wasserbewussten Siedlungsplanung für den Hochschul-Standort Neuburg. Ideenworkshop am 24. Juli am Campus Neuburg der THI im Rahmen des Projekts WaNdel!4, Neuburg, Germany.
 - 40) Helmreich, B. (2024, October 14-15). Versickerung von Niederschlagswasser von stofflich stark belasteten von Dächern. DWA-Seminarreihe Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser, online.
 - 41) Helmreich, B. (2024, June 26). Wasserbewusste Siedlung Was ist zu erreichen, was ist zu beachten, Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, PLV-Vortragsreihe der Fakultät Umwelttechnologie, Triesdorf, Germany.
 - 42) Helmreich, B. (2024, March 12-14). Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser was ist neu im Arbeitsblatt DWA-A 138? DWA-Kurs: Entwässerungssysteme und Wasserbewusste Stadtentwicklung, Kassel, Germany.
 - 43) Helmreich, B. (2024, October 9). Blau-grüne Tools zum gezielten Regenwassermanagement in der wasserbewussten Stadtplanung. Seminar Regenwassermanagement und Bauwerksbegrünung, Akademie der Architektenkammer Nordrhein-Westfalen, online.
 - 44) Helmreich, B. (2024, June 29). Blau-grüne Tools zum gezielten Regenwassermanagement in der wasserbewussten Stadtplanung. Seminar Regenwassermanagement und Bauwerksbegrünung, Bayerische Architektenkammer, München, Germany.
 - 45) Helmreich, B. (2024, July 12). Blau-grüne Tools zum gezielten Regenwassermanagement in der wasserbewussten Stadtplanung. Seminar Regenwassermanagement und Bauwerksbegrünung, Bayerische Architektenkammer, München, Germany.
 - 46) Helmreich, B. (2024, October 9). Versickerung von Niederschlagswasser das neue DWA-A 138-1, Seminar Regenwassermanagement und Bauwerksbegrünung. Akademie der

- Architektenkammer Nordrhein-Westfalen, online.
- 47) Helmreich, B. (2024, June 29). Versicherung von Niederschlagswasser das neue DWA-A 138-1, Seminar Regenwassermanagement und Bauwerksbegrünung. Bayerische Architektenkammer, München, Germany.
 - 48) Helmreich, B. (2024, July 12). Versicherung von Niederschlagswasser das neue DWA-A 138-1, Seminar Regenwassermanagement und Bauwerksbegrünung. Bayerische Architektenkammer, München, Germany.
 - 49) Helmreich, B. (2024, April 24). Vorstellung des Regelwerks DWA-A 138-1 Planung, Bau und Betrieb von Versickerungsanlagen. Seminar Anforderungen und technische Hinweise für die Regenwasserbehandlung in Baden-Württemberg, Heilbronn, Germany.
 - 50) Kau, A.-S., Aumeier, B. M., Hübner, U., Drewes, J. E. (2024, June 16-20). Biofiltration plus to remove TOCs at small scale wastewater treatment plants. The 13th IWA Micropol & Ecohazard Conference, Taipei, Taiwan.
 - 51) Kluge, M., Wurzbacher, C., Simone, D., Clemmensen, K.E., Stenlid, J., Garcia, S., Bertilsson, S., Peura, S. (August 2024, 11-15). Variation in functional potential of fungal carbohydrate-active enzymes across a thermokarst gradient in Arctic pods. IMC12, Maastricht, Netherlands.
 - 52) Koch, K. (2024, August 24-30). Meet the Editor - Successful publishing in Engineering journals. TUM SEED Center - Annual Symposium 2024 at Jomo Kenyatta University of Agriculture and Technology, Nairobi, Kenya.
 - 53) Koch, K., Feickert Fenske, C. (2024, September 2-4). Biological H₂/CO₂ methanation in trickle bed reactors Toward industrial application. International Conference Progress in Biogas VI, Stuttgart-Hohenheim, Germany.
 - 54) Koch, K., Feickert Fenske, C., Drewes, J.E. (2024, July 3). Mit der Biomethanisierung zur Energieautarkie. Tagungsband zum 46. Abwassertechnischen Seminar Die neue EU-Kommunalabwasserrichtlinie und ihre Bedeutung für Bayern der TU München, Garching, Germany.
 - 55) Koch, K., Feickert Fenske, C., Drewes, J. (2024, June 24-28). Ex-situ biomethanation as an energy buffer at WWTPs: Experiences from 450 days of operation at pilot-scale. 19th IWA Leading Edge Conference on Water and Wastewater Technologies, Essen, Germany.
 - 56) Koch, K., Feickert Fenske, C., Strübing, D. (2024, November 12). Mit der Biomethanisierung zur energieautarken Kläranlage. Oswald-Schulze-Symposium "Technische Innovationen bei der Abwasserreinigung, Münster, Germany.
 - 57) Koch, K., Hafner, S., Astals, S., Weinrich, S. (2024, September 2-4). Better BMP Free resources for improving the quality of biochemical methane potential tests. International Conference Progress in Biogas VI, Stuttgart-Hohenheim, Germany.
 - 58) Koch, K., Hafner, S., Astals, S., Weinrich, S. (2024, June 2-6). Power and limitations of biochemical methane potential (BMP) tests. 18th IWA World Conference on Anaerobic Digestion, Istanbul, Turkey.
 - 59) Koch, K., Macintosh, C., Sembera, C., Astals, S. (2024, October 16-17). Erfolgreiche Strategien zur energiepositiven Kläranlage Grüneck: Optimierte Belüftung und Co-Vergärung. 12. Kitzbüheler Wasser- und Energiesymposium, Kitzbühel, Austria.
 - 60) Linke, F., Skodras, D., Leistert, H., Zimmermann, F., and Lange, J. (2024, April 1419). Biocides in urban groundwater modeling entry pathways at a district level, EGU General Assembly 2024, Vienna, Austria.
 - 61) Linke, F.: Herausforderung Spurenstoffe im naturnahen Wasserhaushalt, 2024 Nov 21, 6. InDigWa Workshop Wasserknappheit, Online.
 - 62) Mariz, J.; Nawaz, A.; Bösch, Y.; Wurzbacher, C. (2024, May 5-9). A novel approach for the identification and documentation of aquatic hyphomycetes diversity. 37th SIL 2024, Foz do Iguaçu, Brazil.
 - 63) Mitranescu, A., Drewes, J.E. (2024, June 24-28). Harnessing Hydrodynamic Effects of Assemblies of Surface-patterned Membranes and Feed Spacers to Reduce RO and NF Membrane Fouling: A Numerical Investigation, IWA Leading Edge Technologies, Essen, Germany.

- 64) Mitranescu, A., Drewes, J.E.(2024, September 8-12). Harnessing Hydrodynamic Effects of Assemblies of Surface-patterned TFC Membranes and Feed Spacers to Mitigate Membrane Fouling: Euromembrane 2024, Prague, Czech Republic.
- 65) Müller, F.; Koch, K. (2024, June 16-19). Increased methane production through CO₂ enrichment. Young Water Professionals European Conference, Copenhagen, Denmark.
- 66) Müller, F.; Koch, K. (2024, June 2-6). Stimulation of methane production through CO₂ enrichment. 18th IWA World Conference on Anaerobic Digestion, Istanbul, Turkey.
- 67) Munk, B., Mößnang, B., Flad, V., Strübing, D., Koch, K., Lebuhn, M. (2024, September 2-4). Convergent microbiome development from different inocula in thermophilic biomethanation of H₂ and CO₂. International Conference Progress in Biogas VI, Stuttgart-Hohenheim, Germany.
- 68) Nieß, D., Helmreich, B. (2024, September 22-24). Of- Dächer Einfluss von Kontaktzeit und Wassermatrix auf die Freisetzung von Mecoprop aus Bitumendachbahnen? Aqua Urbanica 2024: Urbanes Niederschlagswassermanagement: Herausforderungen Möglichkeiten Grenzen, Graz, Austria.
- 69) Nieß, D., Helmreich, B. (2024, June 10-14). Leaching of Mecoprop from Of green roofs: How do extended water retention times and green roof materials influence the leaching of Mecoprop from bitumen sheets? 16th International Conference on Urban Drainage, Delft, The Netherlands.
- 70) Paez-Curtidor, N., Helmreich, B. (2024, September 22-24). Effekt von Biokohle auf die Adsorption von Schwermetallen und Bioziden in Bodenmischungen: Einblicke für begrünte Versickerungsmulden. Aqua Urbanica 2024: Urbanes Niederschlagswassermanagement: Herausforderungen Möglichkeiten Grenzen, Graz, Austria.
- 71) Paez-Curtidor, N., Porter, L., Helmreich, B. (2024, June 10-14). Insights on the pollutant removal resilience and implications on the hydraulic conductivity of biochar amendments in bioswales, 16th International Conference on Urban Drainage, Delft, The Netherlands.
- 72) Polag, D.; Müller, F.; Koch, K.; Keppler, F. (2024, September & October 30-02). Bioconversion of CO₂ to CH₄ during anaerobic digestion of Alfalfa indicated by ¹³CO₂ labeling. Annual Meeting of the German Association for Stable Isotope Research, Darmstadt, Germany.
- 73) Polag, D., Müller, F., Koch, K., Lebuhn, M., Weigoldt, M., Keppler, F. (2024, June 2-6). Increasing CH₄ productivity in anaerobic digesters by addition of CO₂ The use of stable isotope techniques to identify the mechanisms. 18th IWA World Conference on Anaerobic Digestion, Istanbul, Turkey.
- 74) Rosenberger, L., Bechtel, D., Kleeberger, M., Helmreich, B. (2024, September 22-24). Klimagerechte Maßnahmen im Wohnungsbau: Nutzenbewertung durch interdisziplinäre Betrachtung grau-grün-blauer Infrastruktur. Aqua Urbanica 2024: Urbanes Niederschlagswassermanagement: Herausforderungen Möglichkeiten Grenzen, Graz, Austria.
- 75) Rosenberger, L., Wood, R., Leandro, J., Helmreich, B. (2024, June 10-14). Water Demand and Availability at Urban Tree Sites: Impact of Climate Change Depending on Age and Tree Pit 16th International Conference on Urban Drainage, Delft, The Netherlands.
- 76) Steindl M., Venus J. T., Koch, K. (2024, June 2-6). The potential of agricultural residues for boosting biomethane production - A case study for Bavaria: 18th IWA World Conference on Anaerobic Digestion, Istanbul, Turkey.
- 77) Stinshoff, P., Helmreich, B. (2024, December 4-6). Treatment of road-deposited sediments from road runoff Experience and performance of infiltration swales. Tire Emissions Research Conference 2024, Munich, Germany.
- 78) Uchaikina, A., Maciossek, L., Wang, Q., Wurzbacher, C., Drewes, J. E. (2024, May 6-8). Wastewater-Based Epidemiology in the One Health Framework: Long-term analysis of potential and current biomarkers in Southern Germany, Wasser - Jahrestagung der Wasserchemischen Gesellschaft, Limburg/Lahn, Germany.
- 79) Uchaikina, A., Kahn, M.S., Wurzbacher, C., Mirshina, O., Mun, E., Pleshkov, B., Boklage, E., Drewes, J. E. (2024, April 26). Wastewater Surveillance System for COVID-19 in Tashkent, International Scientific and Practical Conference "Preparedness for Pandemic: Scientific Basics and Practical Solutions", Tashkent, Uzbekistan.

- 80) Vinardell, S., Feickert Fenske, C., Heimann, A., Cortina, J.L., Valderrama, C., Koch, K. (2024, June 16-19). Techno-economic assessment of implementing ex-situ biomethanation in wastewater treatment plants for grid-quality biomethane production. Young Water Professionals European Conference 2024, Kopenhagen, Denmark.
- 81) Weigoldt, M., Flad, V., Strübing, D., Koch, K., Lebuhn, M. (2024, September 2-4). Use of CO₂ to reduce the residual methane potential Microbiology insights. International Conference Progress in Biogas VI, Stuttgart-Hohenheim, Germany.
- 82) Winklmaier, J. (2024, June 19-21). SEED Himalaya - An innovative blueprint for bankable rural electrification. InterSolar Europe Conference 2024. Munich, Germany.
- 83) Wurzbacher, C. (2024, August 11-15) Single cell genomics of aquatic fungi. IMC12, Maastricht, Netherlands.
- 84) Wurzbacher, C. (2024, September 20). Forschung, Erfahrungen und Perspektiven eines digitalisierten Abwassermonitorings auf kommunaler Ebene. AMELAG Kolloquium.
- 85) Yashar, O., Khan, M. S., Yechezkel, Y., Zucker, I., Aumeier, B. M., Drewes, J.E., Hübner, U. (2024, June 18-19). Water decontamination through sulfate radical oxidation in a nano enabled catalytic filtration process for non potable and potable water reuse, Status Seminar 2024 of the German-Israeli Cooperation in Water Technology Research, Koblenz, Germany.
- 86) Zimmermann, M., Hoffmann, M., Staaks, C., Aumeier, B.M., Wintgens, T. (2024, December 3-5). Introducing powdered activated carbon counter flow to an inline dosing membrane hybrid process - impacts on membrane performance, 19. Aachener Membran Kolloquium, Aachen, Germany.

Abschlussarbeiten

Doktorarbeiten

- 1) Bein, Emil Ferdinand: Novel oxidative treatment processes for unselective removal of organic contaminants in groundwater remediation.
- 2) Hiller, Christian Xaver: Optimization of the removal efficiency of antimicrobial resistance (AMR) by micro- and ultrafiltration treating WWTP effluents.
- 3) Cao, Lija: Biotransformation of trace organic chemicals in biofiltration systems and by microbial model communities.

Masterarbeiten

- 1) Mraz, K. (2023). Biologischer Abbau von markierten Ozonierungsprodukten: Anwendung einer neuen Markierungstechnik zur Untersuchung von Biotransformationsprodukten und deren Entfernung in Abwasserbehandlungsprozessen.
- 2) Kleber, M. (2023). Einfluss der CO₂-Anreicherung auf die Prozessparameter und die Systemstabilität bei der anaeroben Vergärung.
- 3) Al-Areqi, A. (2024). Kommunales Abfallmanagement und Treibhausgasemissionen in Singapur: Herausforderungen und Chancen für eine Kreislaufwirtschaft.
- 4) Zhang, T. (2023). Batch-Adsorptionstests zur Bewertung des Potenzials von Pflanzenkohlen als Additive zur Entfernung von Bioziden und Schwermetallen in Versickerungsmulden..
- 5) Ajala, A. (2023). WEF Nexus Index und seine Anwendung auf die Energieerzeugung: am Beispiel Nigerias.
- 6) Gangal, A. (2024). Wiederinbetriebnahme und Optimierung eines Vorberhandlungsschemas für die sequentiellen Grundwasseranreicherung (SMARTplus).
- 7) Deutsch, A. (2024). Erforschung der verbesserten Hydrodynamik von gemusterten Membransystemen: Eine COMSOL Multiphysics-Modellierungsstudie.
- 8) Kunder, P. (2024). Azofarbstoffe im Textilabwasser Vorkommen und Behandlungsstrategien:

Ein Überblick.

- 9) Bertram-Mohammadi, P. (2024). Vergleich des Foulingverhaltens von Keramik- und Polymermembranen unter dem Einfluss der sekundären Abwasseraufbereitung bei variierenden Filtrationsraten und Koagulationsdosen.
- 10) Sultana, H. (2024). Steigerung der Methanausbeute durch Erhöhung der Verdaulichkeit von Substraten und der Inokulumrückstände durch CO₂-Anreicherung.
- 11) Appelmann, P. (2024). Durchführung von Säulenversuchen zur Bewertung der Behandlungsleistung verschiedener Substratmischungen zur Entfernung verschiedener Pestizide aus Abflüssen von Gründächern und Fassaden.
- 12) Kick, D. (2024). Untersuchung des Schadstoffrückhalts von unterschiedlich technisch angepassten bewachsenen Bodenzone in urbanen Versickerungsmulden - Ergebnisse von zwei Betriebsjahren.
- 13) Zhang, X. (2024). Der Zusammenhang zwischen Verweilzeit und Mecoprop-Auswaschverhalten aus Wurzelschutzbahnen von Flachdächern.
- 14) Wang, Q. (2024). Untersuchung der Ausbreitung von antibiotikaresistenten Genen im Abwasser im Rahmen des One-Health-Konzepts.
- 15) Steinhart, R. (2024). Wie beeinflussen unterschiedliche Wurzelsysteme den Schadstoffrückhalt aus Verkehrsflächenabflüssen in Böden? Sind Tiefwurzler ein No-Go in der naturnahen Niederschlagswasserbehandlung?.
- 16) Yldz, B. (2024). Untersuchung der Machbarkeit einer Reduzierung des CO₂-Fußabdrucks bei der Bewässerung mit aufbereitetem Wasser für Wiederaufforstungsinitiativen: Tunesien als Fallstudie.
- 17) Hilpert, A. (2024). WEF Nexus Potenzialanalyse mithilfe von WEF Nexus Softwarewerkzeugen der Stadt Lilongwe, Malawi.
- 18) Brewster, G. (2024). Integration eines klimabezogenen Blattflächenindex-Parameters in SWMM-UrbanEVA: Auswirkung auf den Verdunstungsverlust eines städtischen Quartiers.
- 19) Rackl, R. (2024). Optimierung der Trinkwasserversorgung anhand eines regionalen Strukturgutachtens unter Berücksichtigung der klimatischen Veränderungen.
- 20) Lermer, E. (2024). Entwicklung eines Schwammstadt-Tools zur Unterstützung der wasserbewussten Quartiersplanung - Basierend auf der Auswertung von aktuellen Leitfäden, Handlungskonzepten und Regelwerken.
- 21) Krebs, M. (2024). Jahreszeitliche Dynamik mikrobieller Gemeinschaften im städtischen Abwasser: Eine vergleichende Studie der Kläranlagen in Augsburg und München.
- 22) Hwang, G. (2024). Bewertung der hydraulischen Leitfähigkeit und Adsorptionskapazität von mit Biokohle angereicherten Bodenmischungen.
- 23) Mani, J. (2024). Bewertung der Desorption von Schwermetallen und Bioziden aus Biokohle und körniger Aktivkohle für urbane Biofiltermulden zur Niederschlagswasserbehandlung.
- 24) Al-Areqi, A. (2024). Auf dem Weg in eine grünere Zukunft: Integration der Abfallwirtschaft und der Reduzierung von Treibhausgasemissionen in Singapurs "Circular City Framework".
- 25) Siang, P. (2024). Untersuchung des Biogaspotenzials als Energieversorgung für Franschhoek (Südafrika) anhand eines WEF-Nexus-Ansatzes.
- 26) Dastan, A. (2024). Einfluss von CO₂ auf die Methanproduktion in einem BMP-Test mit unterschiedlichen Natriumcarbonatkonzentrationen als CO₂-Quelle.
- 27) Djurdjevic, A. (2024). Identifizierung des Methanproduktionsweges anhand der natürlichen Biogassignatur bei der anaeroben Vergärung von Lignocellulose-Biomasse, die mit CO₂-Anreicherung behandelt wurde.
- 28) Fung, J. (2024). Ein neuartiges Behandlungskonzept für Lebensmittelabfälle: Die Kombination aus Vergärung und Kompostierung.
- 29) Ezzeddine, O. (2024). Nationale Strategien im Libanon: Eine Szenario-basierte Bewertung des Wasser-Energie-Nahrungsmittel-Nexus.

Study Projects

- 1) Krebs, M. (2023). Anpassung von Städten an den Klimawandel das Schwammstadtprinzip Sanierung von Grundstücksentwässerungsanlagen am Beispiel eines Einfamilienhauses in München.
- 2) Mani, J. (2023). Bewertung des Auslaugungsverhaltens von mineralischen und organischen Substraten für den Einsatz in städtischen Bioinfiltrationsmulden zur Regenwasserbehandlung'.
- 3) Kuz'menko, A. (2023). Bewertung des Treibhausgas-Reduktionspotenzials im Lebensmitteleinzelhandel in München.
- 4) Stöhr, F. (2023). Datenaufbereitung und Zustandsbewertung als Grundlage für eine Sanierungskonzeption des Sammelkanalnetzes eines Abwasserverbandes.
- 5) Zhang, T. (2024). Die Adsorption von Bioziden/Schwermetallen an Aktivkohle und der Einfluss der Anwesenheit gelöster organischer Stoffe.
- 6) Baccalaro, D. (2024). Eine vergleichende Analyse der Potenziale erneuerbarer Energien für ländliche Gemeinden in Simbabwe unter Verwendung eines Nexus-Ansatzes.
- 7) James, A. (2023). Analyse des Versickerungsverhaltens von Gründachsubstraten mittels eines Säulentests nach DIN19528.
- 8) Ahmed, R. (2023). Entwicklung eines experimentellen Protokolls im Kleinformat zur Prüfung der Regeneration von hydrophoben PFAS-Adsorptionsmitteln.
- 9) Ezzeddine, O. (2024). Wasser für nachhaltige Entwicklung in den arabischen Staaten: Die zugrunde liegenden Herausforderungen und die Rolle des W-E-F-Nexus.
- 10) Holler, L. (2024). Bewertung der sozioökonomischen Auswirkungen von Aufforstungsprojekte in Tunesien unter dem Gesichtspunkt des Nexus Water-Energy-Food.
- 11) Hessler, C. (2023). Entwicklung eines Versuchsprotokoll für die Bewertung von beplanten Säulenversuchen.
- 12) Fung, J. (2023). Kombinierte aerobe-anaerobe Behandlung von Speiseresten.
- 13) Rahman, M. (2024). Adsorptionskapazität und Wirksamkeit von granulierter Aktivkohle zur Biozidentfernung aus Gebäudeabfluss .
- 14) Lashkari, K. (2024). Extraktion und Analyse von organischen Spurenstoffen aus Kulturpflanzen, die mit recyceltem Wasser bewässert wurden.
- 15) Förner, S. (2024). Bewertung der Gesundheitsrisiken für den Menschen nach der TOCs Exposition durch den Verzehr von rohen, essbaren Nutzpflanzen, die mit wiederaufbereitetem Wasser bewässert wurden.
- 16) Wang, L. (2024). Anwendung des Analytic Hierarchy Process zur Bestimmung der optimalen Kreislaufstrategie im Bereich der erneuerbaren Energien.
- 17) Anyosa Torres, L. (2024). Modellierung des Partikeltransports in Membrankanälen mit Feed Spacern und oberflächengemusterten Membranen mit COMSOL.
- 18) John, R. (2024). Kinetische Modellierung des weitergehenden Oxidationsverfahren UV/H2O2 mit SUMO.
- 19) Ucar, I. (2024). Definition von hydraulischen Parametern für die Simulation eines Vertikalfilters mit integrierter Aktivkohle für die Entfernung von Spurenstoffen.
- 20) Meier, D. (2024). Einbindung von trockenheitsabhängiger Evapotranspiration in SWMM-UrbanEVA.
- 21) Krishna, A. (2024). Einsatz von CO2 zur Verbesserung der anaeroben Vergärungsleistung.
- 22) Peng, S. (2024). Einfluss der CO2-Anreicherung auf die AD verschiedener Inokula.
- 23) Jain, S. (2024). Reduzierung von Emissionen durch Energierückgewinnung aus organischen Abfällen in Franschhoek, Südafrika.
- 24) Brenner, L. (2024). Analyse der stofflichen Belastung der Kläranlage Irschenberg als Grundlage für die Auslegung der 4. Reinigungsstufe.
- 25) Varghese, N. (2024). Speicherung von Dachabfluss in privaten Gärten mit naturnahen Systemen für die Bewässerung öffentlicher Grünflächen und die Eindämmung von

überschüssigem Abfluss.

- 26) Chiang, I. (2024). Einsatz von CO₂ zur Verbesserung der anaeroben Vergärungsleistung.
- 27) Tasnim, N. (2024). Säulenversuche zur Bewertung von Wasserparametern zur Vorhersage des Sauerstoffbedarfs der sequentiellen Biofiltration zur Entfernung von organischen Spurenstoffen.
- 28) Babu, N. (2024). Einsatz von CO₂ zur Verbesserung der anaeroben Vergärungsleistung.
- 29) Therese, A. (2024). Einsatz von CO₂ zur Verbesserung der anaeroben Vergärungsleistung.
- 30) Tailor, R. (2024). Verständnis der Biotransformation von Atenolol, Ibuprofen und Sulfamethoxazol: eine Analyse mit RDKit und KEGG.
- 31) Dastan, A. (2024). Optimierung der Methanausbeute: Einfluss von CO-Anreicherung und Substratkonzentration in BMP-Tests mit Natriumhydrogencarbonat.
- 32) Glocker, F. (2024). Energetische Nutzung von Kohlendioxid zur Reduzierung des Restmethanpotenzials.
- 33) Pöll, L. (2024). Energetische Nutzung von Kohlendioxid zur Reduzierung des Restmethanpotenzials.

Bachelorarbeiten

- 1) Sudjito, A. (2023). Eine Literaturrecherche zum Einfluss von verschiedenen Wurzelsystemen auf den Schadstoffrückhalt in naturnahen Behandlungsanlagen von Niederschlagswasser.
- 2) Riedler, P. (2023). Anpassungsfähigkeit alternativer Konzepte für eine weitergehende Spurenstoffelimination unter wechselnden Randbedingungen bei kleinen Klaranlagen (2.000 10.000 EW).
- 3) Wiese, H. (2023). PCR-basierte Analytik von Biomarkern im Abwasser: aktueller Stand der Forschung, Potentiale und Herausforderungen.
- 4) Magnoni, M. (2024). Ansätze zur Abschwächung von Biofouling bei Nanofiltration und Umkehrosiose: Eine Literaturstudie.
- 5) Ettenberger, L. (2024). Literaturstudie zur Eignung des Total Oxidizable Precursors Assay zum Nachweis unbekannter PFAS.
- 6) Fischer, M. (2024). Lebenszyklus- und Nachhaltigkeitsanalyse im industriellen 3D-Druck zur Herstellung von Formwerkzeugen.
- 7) Federspiel, D. (2024). Literaturstudie: Numerische Simulationen von Fouling in Nanofiltration- und Umkehrosiose-Membranmodulen.
- 8) Pivetta, A. (2024). Energiebilanz der Kläranlage Friedrichshafen.
- 9) Papperitz, R. (2024). Auswirkungen von Niederschlags- und Mischwassereinleitungen in Oberflächengewässer: Eine kritische Analyse der bestehenden Richtlinien und Regelwerke im Kontext des Klimawandels.
- 10) Dietrich, E. (2024). Wirkungen von Arzneimittelrückständen auf aquatische Ökosysteme.
- 11) Ramseger, R. (2024). Potentialanalyse im urbanen Wasserkreislauf zur sicheren Wasserversorgung mit Unterstützung der blau-grün-grauen Infrastruktur.
- 12) Hermann, E. (2024). Felduntersuchungen zum Einsatz rezyklierter Gesteinskörnungen in der bewachsenen Bodenzone von Versickerungsmulden Rückhalt von Kupfer und Zink aus urbanen Verkehrsflächenabflüssen.

Dissertationen und Auszeichnungen

Herzlichen Glückwunsch an Herr Dr.-Ing. Christian Hiller für die erfolgreiche Verteidigung seiner Doktorarbeit am 16. Januar 2024. Seine Arbeit mit dem Titel „Optimization of the removal efficiency of antimicrobial resistance (AMR) by micro- and ultrafiltration treating WWTP effluents “ wurde von Herrn Prof. Dr.-Ing. Jörg E. Drewes, Herrn Prof. Dr.-Ing. Stefan Panglisch (Universität Duisburg-Essen) und Herrn Prof. Dr. Thomas Schwartz (Karlsruher Institut für Technologie) begutachtet. Vorsitzender der Kommission war Herr Prof. Dr. Konrad Koch.



Abbildung 49: Promotionskomitee von Dr.-Ing. Christian Hiller (Herr Prof. Dr.-Ing. Stefan Panglisch war online dazugeschaltet)

Herzlichen Glückwunsch an Herrn Dr.-Ing. Emil Bein für die erfolgreiche Verteidigung seiner Doktorarbeit am 21. Juni 2024. Seine Arbeit mit dem Titel „Novel oxidative treatment processes for unselective removal of organic contaminants in groundwater remediation“ wurde von Herrn PD Dr.-Ing. Uwe Hübner, Herrn Prof. Dr.-Ing. Jörg E. Drewes, und Herrn Prof. Dr. Yunho Lee (Gwangju Institute of Science and Technology-GIST, Korea). Vorsitzende der Kommission war Frau Prof. Brigitte Helmreich.



Abbildung 50: Promotionskomitee von Dr.-Ing. Emil Bein (Herr Prof. Dr.-Ing. Jörg E. Drewes und Herr Prof. Dr. Yunho Lee waren online dazugeschaltet)

Herzlichen Glückwunsch an Frau Dr. rer. nat. Lijia Cao für die erfolgreiche Verteidigung ihrer Doktorarbeit am 02. August 2024. Ihre Arbeit mit dem Titel „Biotransformation of trace organic chemicals in biofiltration systems and by microbial model communities“ wurde von Herrn Dr. rer. nat. Christian Wurzbacher, Frau Prof. Dr. Sarahi Garcia, Frau Assoc. Prof. Dr. Lea Ellegaard-Jensen. Vorsitzende der Kommission war apl. Prof. Dr. Konrad Koch.



Abbildung 51: Promotionskomitee von Dr. rer. nat. Lijia Cao

Für Ihre Dissertation mit dem Titel „Biologische H_2/CO_2 Methanisierung in Rieselbettreaktoren - Der Weg zur industriellen Anwendung “ wurde Frau Dr.-Ing. Carolina Feickert Fenske am 14. November 2024 mit dem Johannes B. Ortner Preis der TU München ausgezeichnet. Frau Feickert Fenske konnte die erfolgreiche Methanisierung von H_2 und CO_2 im einem Rieselbettreaktor im Pilotmaßstab demonstrieren. Mit dem Bau des Pilotreaktor auf der Kläranlage in Garching konnte dessen Einsatzfähigkeit unter realen Anwendungsbedingungen mit Biogas als CO_2 -Quelle getestet werden. Dabei ist der Pilotreaktors mit einer Höhe von 4,5 m und einem Reaktionsvolumen von $0,8\text{ m}^3$ einer der derzeit größten anaeroben Rieselbettreaktoren weltweit. Mit den Ergebnissen der Forschungsarbeit von Frau Feickert Fenske konnten wichtige Strategien für einen stabilen Reaktorbetrieb entwickelt und Optimierungspotentiale und Handlungsempfehlungen für die Implementierung der Technologie im industriellen Maßstab identifiziert werden.

Seit 2005 zeichnet die Johannes B. Ortner-Stiftung herausragende Arbeiten von Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftler im naturwissenschaftlichen und technischen Bereich aus. Die Verleihung des Johannes B. Ortner Preis fand im Rahmen des TUM Award Dinner statt.



Abbildung 52: Frau Dr. -Ing. Carolina Feickert Fenske (ganz rechts) wurde am 14. November 2024 mit dem Johannes B. Ortner Preis der TU München ausgezeichnet (©Gabriela Paleznica)

Lehre

Unser Lehrstuhl bietet Vorlesungen für die Bachelorstudiengänge Umweltingenieurwesen und Bauingenieurwesen sowie für die Masterstudiengänge Environmental Engineering, Civil Engineering, Ingenieurökologie sowie Sustainable Resource Management an. In diesen Studiengängen werden neue Akzente im Bereich der weitergehenden Trink- und Abwasserbehandlung, der Energierückgewinnung aus Abwasser, dem Wasserrecycling sowie der Konzeption nachhaltiger Wasserver- und -entsorgungssysteme für urbane Räume gesetzt. Folgende Lehrveranstaltungen wurden 2024 angeboten:

Sommersemester

Bachelor

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

Master / PhD

- Advanced Water Treatment Engineering and Reuse: Drewes, Jörg; Aumeier, Benedikt
- Anaerobic Processes and Energy Recovery: Koch, Konrad
- Bewirtschaftung von Kanalnetzen und Regenwassermanagement: Helmreich, Brigitte, Rosenberger, Lea
- Doktoranden und Masteranden Kolloquium Proaktiv: Drewes, Jörg; Helmreich, Brigitte; Koch, Konrad; Wurzbacher, Christian; Keilmann-Gondhalekar, Daphne; Aumeier, Benedikt
- Hydrochemistry Laboratory: Helmreich, Brigitte; Heim, Carolin; Linke, Felicia; Koch, Konrad
- Industrial Wastewater Treatment and Reuse: Aumeier, Benedikt
- PhD Seminar SiWaWi: Aumeier, Benedikt; 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; Drewes, Jörg
- Gute Wissenschaftliche Praxis: 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; Aumeier, Benedikt
- Engineered Natural Treatment Systems: Aumeier, Benedikt
- Gute Wissenschaftliche Praxis: Koch, Konrad
- Hydrochemistry Laboratory: Schlachta, Tim; Heim, Carolin; Linke, Felicia; Helmreich, Brigitte
- Hydrochemistry: Helmreich, Brigitte
- Unit Operation Lab: Aumeier, Benedikt
- Modeling of Aquatic Systems: Koch, Konrad
- PhD Seminar SiWaWi: Aumeier, Benedikt; Drewes, Jörg
- Planungs- und Genehmigungsverfahren nach deutschem und europäischem Wasserrecht: Spieler, Martin (TUM-Lehrbeauftragter)
- Scientific Methods and Presentation Skills: Koch, Konrad; Drewes, Jörg
- Water and Wastewater Treatment Engineering: Drewes, Jörg

Mitarbeiter:innen

Lehrstuhlleitung



Jörg E. Drewes
(Prof. Dr.-Ing.)
089/289 13713
jdrewes@tum.de

Arbeitsgruppenleiter:innen



Benedikt Aumeier
(Dr.-Ing.)
089/289 13706
b.aumeier@tum.de



Carolin Heim
(Dr. rer. nat.)
089/289 13702
c.heim@tum.de



Brigitte Helmreich
(Prof. Dr. rer. nat. habil.)
089/289 13719
b.helmreich@tum.de



Daphne Keilmann-Gondhalekar
(Ph.D.)
089/289 13709
d.gondhalekar@tum.de



Konrad Koch
(Prof. Dr.-Ing. habil.)
089/289 13706
k.koch@tum.de



Tim Schlachta
(Dr. rer. nat.)
089/289 13702
tim.schlachta@tum.de



**Christian
Wurzbacher**
(Dr. rer. nat.)
089/289 13797
c.wurzbacher
@tum.de

Sekretariat



**Susanne
Wießler**
089/289 13701
s.wiessler
@tum.de



**Anita
Moser-Korte**
089/289 13703
anita.moser-
korte@tum.de

Wissenschaftliche Mitarbeiter:innen



Javad Ahmadi
(M.Sc.)
089/289 13733
j.ahmadi
@tum.de



Jonas Aniol
(M.Sc.)
089/289 13707
jonas.aniol
@tum.de



**Kwadwo
Asamoah**
(M.Sc.)
089/289 13707
k.y.asamoah
@tum.de



**Mohamad
Javad Bardi**
(M.Sc.)
089/289 13717
m.j.bardi
@tum.de



Yvonne Bösch
(Ph.D.)
089/289 13712
yvonne.boesch
@tum.de



**Pascal
Finkbeiner**
(Ph.D.)
089/289 13714
pascal.finkbeiner
@tum.de



**Anna-Sonia
Kau**
(M.Sc.)
089/289 13716
sonia.kau
@tum.de



Shehryaar Khan
(M.Sc.)
089/289 13705
shehryaar.khan
@tum.de



Mariana Kluge
(Ph.D.)
089/289 13712
mariana.kluge
@tum.de



**Magdalena
Knabl**
(M.Sc.)
089/289 13705
magdalena.knabl
@tum.de



Sebastian Knoll
(M.Sc.)
s.knoll@tum.de



Felicia Linke
(Dr.rer.nat.)
089/289 13704
felicia.linke
@tum.de



Joana Mariz
(M.Sc.)
089/289 13716
joana.mariz
@tum.de



**Alexander
Mitranescu**
(M.Sc.)
089/289 13709
alexander.
mitranescu@tum.de



Felix Müller
(M.Sc.)
089/289 13714
fel.mueller
@tum.de



Xaver Niebauer
(M.Sc.)
089/289 13711
xaver.niebauer
@tum.de



Daniel Nieß
(M.Sc.)
089/289 13712
daniel.niess
@tum.de



**Natalie Páez
Curtidor**
(M.Sc.)
089/289 13705
natalie.paez
@tum.de



**Lea
Rosenberger**
(M.Sc.)
089/289 13716
lea.rosenberger
@tum.de



Matthias Steindl
(M.Sc.)
matthias.steindl
@tum.de



**Philipp
Stinshoff**
(M.Sc.)
089/289 13717
philipp.stinshoff
@tum.de



**Katrin
Stüer-Patowsky**
(M.Sc.)
089/289 13720
katrin.stueer
@tum.de



Maria Thiel
(M.Sc.)
089/289 13733
maria.thiel
@tum.de



Anna Uchaikina
(M.Sc.)
089/289 13780
anna.uchaikina
@tum.de



Julia Udvary
(M.Sc.)
089/28913709
julia.udvary
@tum.de



**Christian
Wenzel**
(M.Sc.)
089/289 13711
christian.wenzel
@tum.de



Johannes Winklmaier
(Dipl.-Ing.)
089/289 13711
johannes.winklmaier@tum.de

Gastwissenschaftler:innen



Martins Omorogie
(Ph.D.)
089/289 13714
mo.omorogie@tum.de



Marina Muniz
(M.Sc.)
marinamunizdequeiroz@gmail.com



Agatha Shubeita
(M.Sc.)
agatha.shubeita@tum.de



Sergi Vinardell
(M.Sc.)
sergi.vinardell@upc.edu

Technisches Personal



Maximilian Damberger
089/289 14396
m.damberger@tum.de



Tanja Ertl
089/289 13732
tanja.ertl@tum.de



Oliver Kaufmann
089/289 13730
oliver.kaufmann
@tum.de



Carolin Kerscher
089/289 13732
c.kerscher
@tum.de



Heidrun Mayrhofer
089/289 13732
heidrun.
mayrhofer
@tum.de



Myriam Reif
089/289 13715
m.reif@tum.de



Wolfgang Schröder
089/289 13726
wolfgang.
schroeder@tum.de

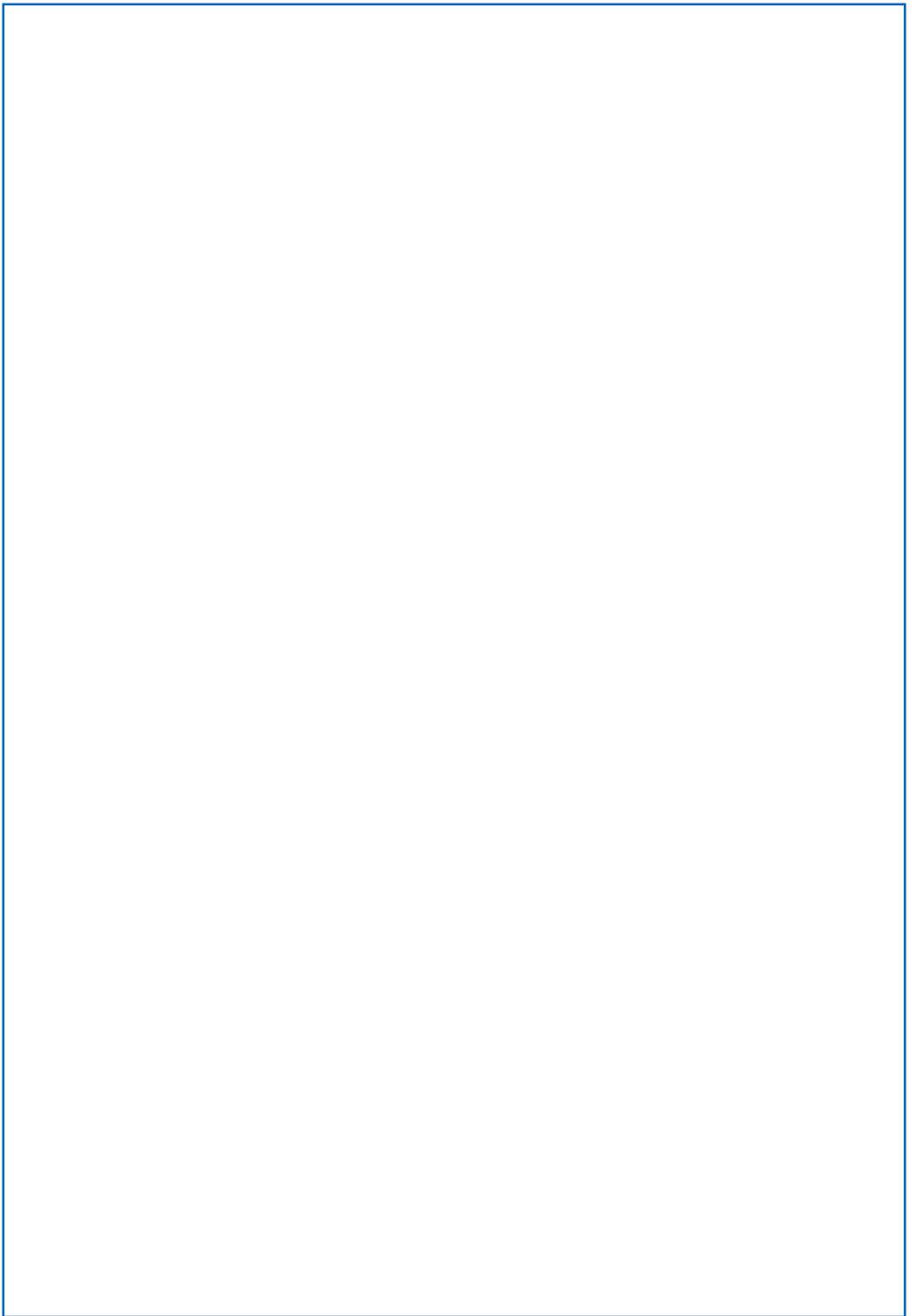
Auszubildende

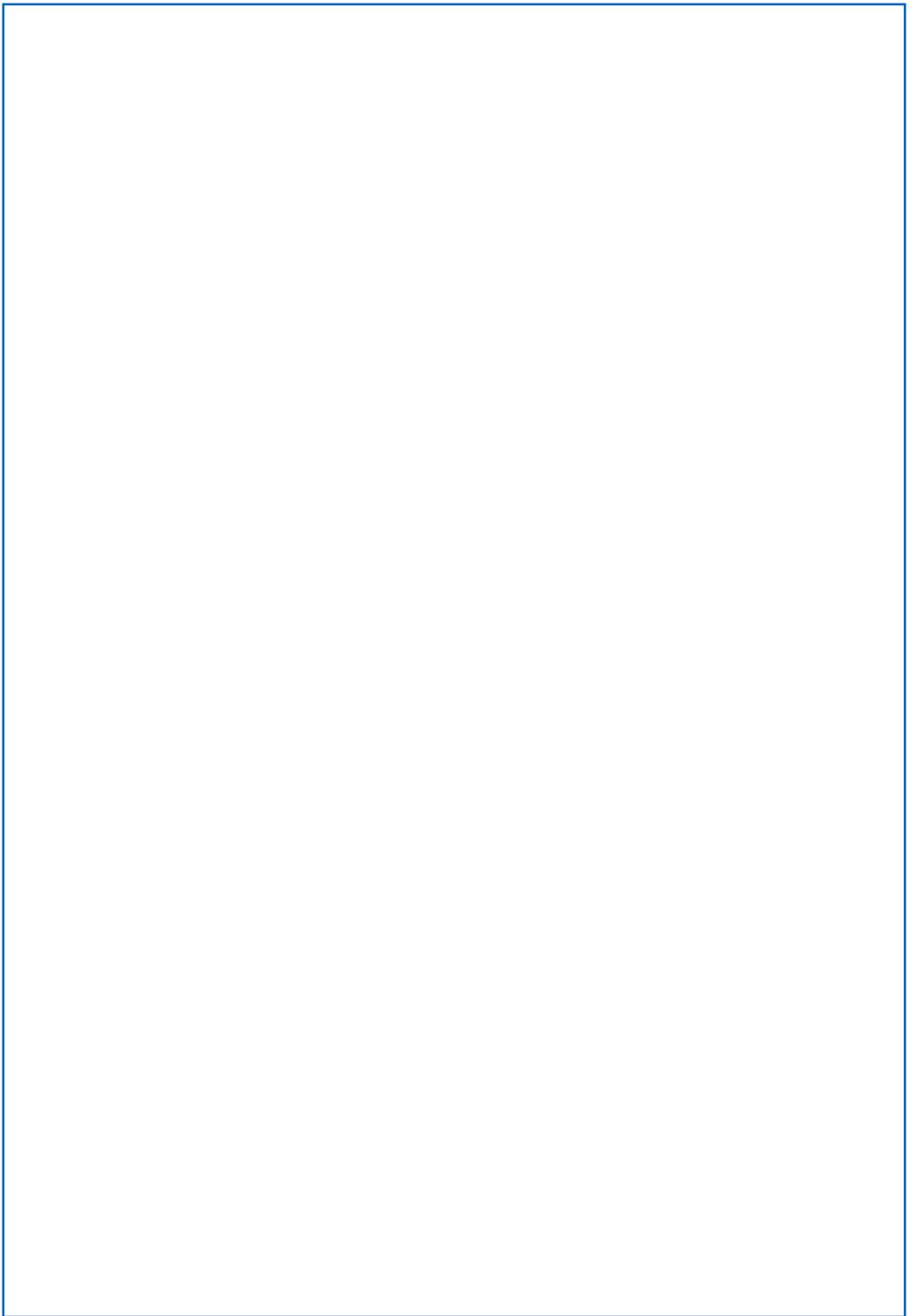


Jona Brückmann
089/289 13715
jona.brueckmann
@tum.de



Koray Kücüksahin
089 289/ 13730
k.kuecueksahin
@tum.de





Kontakt

Lehrstuhl für Siedlungswasserwirtschaft

Am Coloumbwall 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 de Mariz, M.Sc.

Julia Udvary, M.Sc.

Felicia Linke, Dr.