Point-of-Use Re-Use

Dezentrale landwirtschaftliche Wiederverwendung von häuslichem Abwasser zur Verringerung von Nutzungskonkurrenzen

Überblick

Projektziele und Potenzialanalyse in Brandenburg

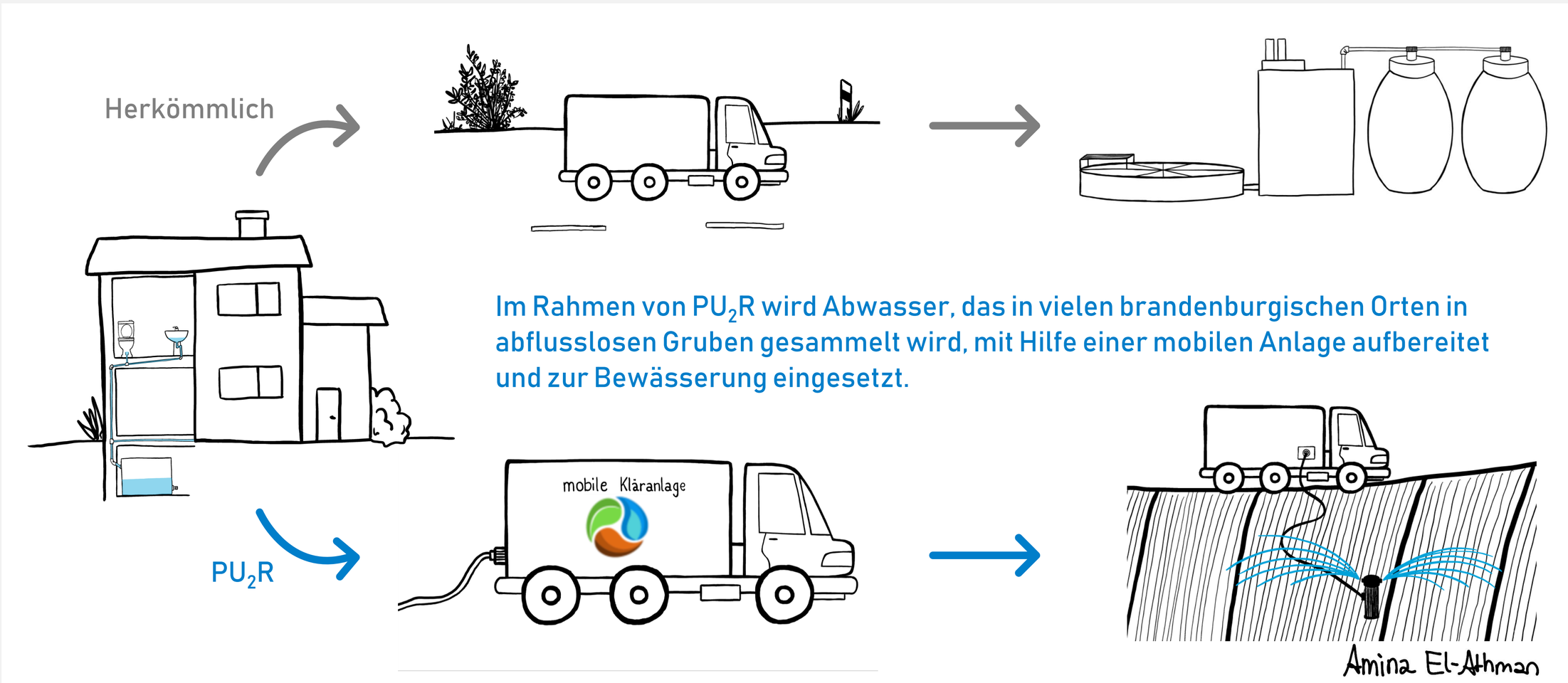
Hintergrund

Klimatische Veränderungen führen regional vermehrt zu Wasserknappheit, wodurch Nutzungskonkurrenzen entstehen können. Durch die dezentrale Aufbereitung von häuslichem Abwasser und dessen Verwendung für die landwirtschaftliche Bewässerung können natürliche Wasserressourcen entlastet und Abwässer als wertvolle Ressource direkt vor Ort genutzt werden. Mit der bedarfsgerechten Aufbereitung sollen Risiken für Mensch und Umwelt durch Krankheitserreger oder Schadstoffe minimiert werden.

Potenzialanalyse

Identifikation landwirtschaftlich geprägter, von Trockenheit betroffener und nicht an die öffentliche Kanalisation angeschlossener Standorte in Brandenburg:

- Geographische Identifikation von Hotspots
- Bilanzierung des Substitutionspotenzials bezüglich Bewässerungswasser und Düngemittelmengen
- Bilanzierung von Investitions- und Betriebskosten de- und semizentraler Abwasserbehandlung
- Betrachtung ökologischer Kriterien
- Rechtliche Rahmenbedingungen und Akzeptanz



Im Rahmen von PU_2R wird Abwasser, das in vielen brandenburgischen Orten in abflusslosen Gruben gesammelt wird, mit Hilfe einer mobilen Anlage aufbereitet und zur Bewässerung eingesetzt.

Projektziele

- Entwicklung einer mobilen dezentralen Aufbereitungsanlage
- Wachstumsversuche mit Nutzpflanzen, bewässert mit aufbereitetem Abwasser
- Untersuchung unterschiedlicher Bewässerungssysteme
- Analyse des Belastungspotenzials durch organische Spurenstoffe, Viren und Resistenzen in Wasser, Boden und Pflanzen
- Transportmodellierung auf Grundlage von Versuchsdaten
- Risikoabschätzung und Ableitung von Maßnahmen und Empfehlungen zum Risikomanagement
- Stakeholder-Dialog zur dezentralen Wasserwiederverwendung
- Auswertung ökonomischer und ökologischer Daten

Dialogprozesse

In enger Kooperation mit landwirtschaftlichen Verbänden, Verbraucher*innen- und Umweltschutzverbänden, Abwasserentsorgungs- und Wasserversorgungsunternehmen und Behörden sowie weiteren potenziellen Anwender*innen werden Anwendungsfelder analysiert und einer kritischen Auseinandersetzung unterzogen.

Kontakte:

Aki Sebastian Ruhl, UBA, akisebastian.ruhl@uba.de
Fatima El-Athman, UBA, fatima.el-athman@uba.de
Manuela Helmecke, UBA, manuela.helmecke@uba.de

Bundesministerium für Bildung und Forschung

WavE

Partner: Umwelt Bundesamt, MICRODYNNADIR, UV-EL, FH MÜNSTER University of Applied Sciences, Humboldt-Universität zu Berlin, irriproject, UFZ Helmholtz Zentrum für Umweltforschung, Technische Universität Braunschweig

Assoziierte Partner: Technische Universität Berlin, Berliner Wasserbetriebe

Point-of-Use Re-Use

Dezentrale landwirtschaftliche Wiederverwendung von häuslichem Abwasser zur Verringerung von Nutzungskonkurrenzen

Abwasseraufbereitung und Analytik

Konzeptionierung eines mobilen Membranbioreaktors

Membranbioreaktor (MBR)

Mit Hilfe eines hoch-flexiblen MBR wird das dezentral gesammelte häusliche Abwasser aus Sammelgruben aufbereitet.

- Konventioneller biologischer Abbau
- Membranfiltration zur Fest-Flüssig-Trennung (0,04 µm)
- Optional: Dosierung von Pulveraktivkohle (PAK) und Fällmittel

Ziel: Abtrennung partikulärer Stoffe, Adsorption von Spurenstoffen an PAK, Anpassung der Nährstoffelimination an den Nährstoffbedarf der Nutzpflanzen

Desinfektion

Durch die Ultrafiltrationsmembran wird bereits ein weitgehender Rückhalt abwasserbürtiger Krankheitserreger, vor allem Bakterien, erreicht. Für die weitergehende Desinfektion, insbesondere die Deaktivierung von Viren, wird der MBR in Kombination mit einem UV-Reaktor untersucht. Dieser wird in das Prozessmanagement der Wasseraufbereitung integriert. Die Keimbelastung soll im Gesamtprozess um vier log-Stufen reduziert werden.

Zusätzlich wird mit der UV-Behandlung der Abbau von Spurenstoffen mittels nasschemischer Oxidation untersucht. Bei hohem Strahlungseintrag und optionaler Dosierung eines Oxidationsmittels (z.B. Wasserstoffperoxid) sollen organische Wasserinhaltsstoffe transformiert werden.

Mikrobiologische Analytik

EU-Verordnung über Mindestanforderungen für die Wasserwiederverwendung in der Landwirtschaft:

- Mindestanforderungen an mikrobiologische Parameter in Abhängigkeit von der Güteklasse des Wassers
- Höchste Güteklasse: Virenbelastung über Indikatorparameter „Gesamtzahl an Coliphagen“ bestimmt
- Viren stellen aufgrund ihrer Robustheit ein gesundheitliches Risiko mit hoher zeitlicher Persistenz dar

Untersuchungen zum Rückhalt der im aufbereiteten Wasser vorhandenen humanen Adenoviren erfolgen mittels molekularbiologischer und kombinierter molekular- und zellbiologischer Verfahren. Weitere Untersuchungen zur Persistenz gegen Antibiotika resistenter Bakterien bei verschiedenen Aufbereitungsprozessen sowie der molekularbiologische Nachweis von Antibiotikaresistenzgenen.

Chemische Analytik

Von besonderer Relevanz: **P**ersistente und **M**obile organische Spurenstoffe (PM-Stoffe)

- Werden weder durch Adsorption noch durch mikrobiellen Abbau entfernt
- Einige PM-Stoffe werden von Pflanzen über das Bewässerungswasser gut aufgenommen

Nachweis polarer Spurenstoffe und Transformationsprodukte: spezielle chromatographische Techniken (z.B. mit überkritischem Fluid) erforderlich

Durch umfangreiche Untersuchungen („Non-Target Screening“ und „Suspect Screening“, Quantifizierung) werden die Abwasserbelastung und die durch die verschiedenen Prozesse und Prozesskombinationen erzielbaren Wasserqualitäten erfasst. Schließlich wird verfolgt, in welchem Maße die noch enthaltenen Reststoffe in Pflanzen übergehen.

Kontakte:

Jens Haberkamp, FH Münster, haberkamp@fh-muenster.de
Carlos Tielesch, FH Münster, carlos.tielesch@fh-muenster.de
M. Werner, Microdyn-Nadir, maximilian.werner2@mann-hummel.com
A. Fischer, Microdyn-Nadir, andreas.Fischer2@mann-hummel.com
Andreas Meyer, UV-EL, andreas.meyer@uv-el.de
Christina Förster, UBA, christina.foerster@uba.de
Thorsten Reemtsma, UFZ Leipzig, thorsten.reemtsma@ufz.de

Bundesministerium für Bildung und Forschung

WavE

Partner

Umwelt Bundesamt
MICRODYNNADIR A MANN+HUMMEL Company
UV-EL
FH MÜNSTER University of Applied Sciences
Humboldt-Universität zu Berlin
irriproject
UFZ Helmholtz Zentrum für Umweltforschung
Technische Universität Braunschweig

Assoziierte Partner

Technische Universität Berlin
Berliner Wasserbetriebe

Point-of-Use Re-Use

Dezentrale landwirtschaftliche Wiederverwendung von häuslichem Abwasser zur Verringerung von Nutzungskonkurrenzen

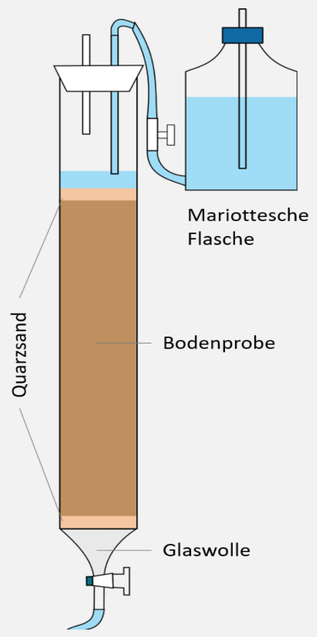
Boden- und Pflanzenversuche

unterschiedlicher Komplexität und Skalierung

Transportprozesse

Systematische Untersuchung des Verhaltens von Schad- und Nährstoffen sowie von Pathogenen im Boden:

- Batchversuche: Labormaßstab, Prozesse hinsichtlich Sorption/Desorption inkl. Kinetik; biologischer Abbau
- Säulenversuche: Labormaßstab, Transportprozesse und realistischere Abbildung des natürlichen Verhaltens
- Lysimeterversuche: gewachsene und geschüttete Böden eines brandenburgischen Ackers (Standort des Reallabors)



Säulenversuch mit konstantem Überstau:

In der Mariott'schen Flasche befindet sich Modelllösung bzw. aufbereitetes Abwasser

Pflanzenversuche

Kontrollierte Wachstumsversuche mit aufbereitetem Abwasser des Membranbioreaktors:

- Gefäßversuche im Gewächshaus
- Lysimeterversuche
- Freilandversuche auf einem Acker

Untersuchung des Einflusses der Bewässerungsverfahren, der Bewässerungsmenge und der Wasserzusammensetzung auf das Wachstum und die Mineralstoffzusammensetzung verschiedener gärtnerischer Kulturen, Feldfrüchte und Futterpflanzen.

Bewässerungsverfahren

Überkopfbewässerung: Direkte Stoffaufnahme der Pflanze über die Epidermis und Verteilung, zusätzliche Belastung durch anhaftende Moleküle und Partikel

Transferpfad: Wasser ⇢ Pflanze

Bodennahe Bewässerung/Unterflurbewässerung: Stoffaufnahme aus dem Boden über die Wurzeln der Pflanze

Transferpfad: Wasser ⇢ Boden ⇢ Pflanze

Analyse von geerntetem Pflanzenmaterial und Boden zur Beurteilung der Belastung durch organische Spurenstoffe, Schwermetalle und Mikroorganismen

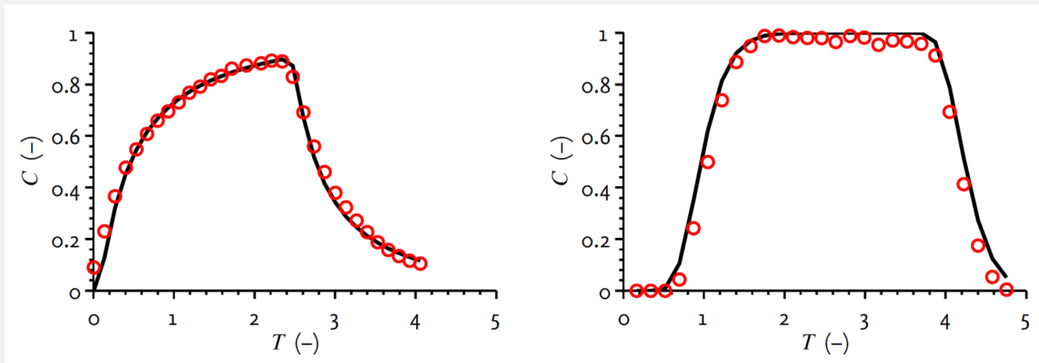
Modellierung

Anhand der Batch- und Säulenversuche werden relevante Transport- und Reaktionsprozesse für wichtige Stoffe im Bewässerungswasser identifiziert und mit ihren Unsicherheiten quantifiziert.

Anhand dieser Informationen werden anschließend die Systemzustände in den Lysimetern vorhergesagt und durch Vergleiche mit den beobachteten Daten die Vorhersagekraft der Modelle überprüft.

Anhand der überprüften Modelle werden Szenarien zur Stoffdynamik im System Boden-Pflanze-Atmosphäre für unterschiedliche Böden, Pflanzkulturen und atmosphärische Randbedingungen simuliert.

Diese Szenarien und die Modellumgebung sollen als „Werkzeugkasten" für unterschiedliche Anwendungen dienen.



Exemplarische Ergebnisse von zwei Säulenversuchen: Anpassung eines Transportmodells an Durchbruchkurven

Kontakte:

Andre Peters, TU Braunschweig, a.peters@tu-braunschweig.de
Mogens Thalmann, TU Braunschweig
Sondra Klitzke, Umweltbundesamt, sondra.klitzke@uba.de
Dirk Borsdorff, Irriproject, db@irriproject.com
Veikko Junghans, HU Berlin, veikko.junghans@agrar.hu-berlin.de
Christof Engels, HU Berlin, christof.engels@agrar.hu-berlin.de

Bundesministerium für Bildung und Forschung

WavE

Partner: Umwelt Bundesamt, MICRODYNNADIR A MANN+HUMMEL Company, UV-EL, FH MÜNSTER University of Applied Sciences, Humboldt-Universität zu Berlin, irriproject, UFZ Helmholtz Zentrum für Umweltforschung, Technische Universität Braunschweig

Assoziierte Partner: Technische Universität Berlin, Berliner Wasserbetriebe