

Stellungnahme des BMBF-Forschungsvorhaben: „REGION.innovativ – zirkulierBAR“: Interkommunale Akzeptanz für nachhaltige Wertschöpfung aus sanitären Nebenstoffströmen“ (zirkulierbar.de)



Zu: Entwurf einer Nationalen Kreislaufwirtschaftsstrategie (NKWS)

Großbeeren, 5. Juli 2024

Einleitung

Wir begrüßen sehr die Initiative der Bundesregierung, eine umfassende nationale Kreislaufwirtschaftsstrategie (NKWS) zu entwickeln. Mit Blick auf die Vielzahl unterschiedlichster globaler sowie nationaler und regionaler Herausforderungen werden wir als Gesellschaft dazu aufgefordert, integrierte Ansätze zur schonenden und zirkulären Ressourcennutzung und zum Umweltschutz in allen Bereichen voran zu bringen.

Die NKWS setzt klare, sektorenübergreifende und ambitionierte Ziele zur Reduktion des Primärrohstoffverbrauchs und zur Schließung von Stoffkreisläufen und stellt somit eine wichtige Weichenstellung für die Zukunft dar. Um die gesteckten Ziele zu erreichen und eine nachhaltige Ressourcennutzung sicherzustellen, ist es essenziell, eine **systemische Perspektive** und einen **technologieoffenen Ansatz** zu verfolgen.

Die Potenziale von Ressourcen-orientierten Sanitärsystemen (ROSS) sind bisher in der NKWS nicht repräsentiert und daher möchten wir mit dieser Stellungnahme für deren Berücksichtigung bei der Finalisierung werben. Die NKWS kann jetzt wichtige Grundlagen schaffen, die kritische Infrastruktur der Sanitärversorgung zukunftstauglich und im Sinne der Kreislaufwirtschaft und Ressourcenschonung zu gestalten. Wasser ist wertvoll und wir brauchen Phosphor und Stickstoff für unsere Ernährungssicherheit.

Im Folgenden nehmen wir zum Strategieentwurf der NKWS vom 17.06.2024 Stellung und teilen anschließende weitere, vertiefende Hintergrundinformationen.

Stellungnahme

In der NKWS bleibt eine beachtliche (Sekundär-) Rohstoffquelle weitgehend unberücksichtigt: menschliche Fäkalien. Warum ist das aus unserer Sicht problematisch?

- Menschliche Fäkalien besitzen aufgrund ihres hohen Gehaltes an Nährstoffen, wie Phosphor (P) und Stickstoff (N), ein hohes Potential als Rohstoffquelle für eine kreislauforientierte Wirtschaft.
- Menschliche Fäkalien wurden Jahrtausende lang als Dünger und organischer Bodenverbesserer genutzt. Durch die zunehmende Urbanisierung, und die damit notwendigen seuchenhygienischen Maßnahmen, wie Spültoiletten und Kanalsysteme sowie die schnelle Verbreitung synthetischer Düngemittel wurden diese traditionellen Recyclingdünger aus der landwirtschaftlichen Nutzung verdrängt. Nun ist es Zeit, dass wir dieses wertvolle Recyclingpotential wieder nutzen und Nährstoffe zurück in den Kreislauf kommen.
- Menschliche Fäkalien stellen den größten Eintragungspfad von Nährstoffen in kommunale Abwässer dar, die in Klärwerken zu Gunsten des Gewässerschutzes energieintensiv entfernt werden müssen. Der grundlegende Geist der NKWS und das heutige, lineare Abwassersystem sind damit nicht im Einklang.

Ressourcen-orientierten Sanitärsystemen (ROSS) können das bestehende System entlasten und die nationale Kreislaufwirtschaft stärken. In den letzten Jahrzehnten wurden sowohl in der Forschung als auch in der Praxis Verfahren basierend auf dem Konzept der „Stoffstromtrennung an der Quelle“ entwickelt. Die getrennte und unverdünnte Erfassung der beiden Stoffströme Urin und Fäzes bietet die Grundlage für deren effektive und ressourcen-effiziente Behandlung unter Rückgewinnung der enthaltenen Nährstoffe.

Angesichts der in Deutschland geplanten grundlegenden Veränderungen durch die AbfklärV bis 2029, ist es im Sinne der NKWS dringend notwendig, gegen Investitionspfade zu steuern, die ausschließlich einen End-of-pipe-Ansatz verfolgen und sich lediglich auf die Rückgewinnung des Rohstoffs Phosphor begrenzen. Wir sind überzeugt, dass bei den Bemühungen um P-Recycling besonders solche Ansätze interessant sind, die auch die Zurückgewinnung von Stickstoff integrieren. Mit der wertschöpfenden Nutzung menschlicher Ausscheidungen schonen Kommunen oder Städte nicht nur das Klima und die Umwelt, sondern verringern auch ihre Abhängigkeiten: Phosphor-Vorräte, die zur Produktion mineralisch-synthetischer Dünger vor allem in der Westsahara abgebaut werden, sind begrenzt und die industrielle Produktion von Stickstoff Düngemittel bedarf enormer Mengen Erdgas.

Wir fordern daher die Berücksichtigung von ROSS sowie alternativen Behandlungs- und Verwertungstechnologien für nährstoffreiche menschliche Ausscheidungen auch außerhalb des „Wasserpades“ in Kapitel 3.7 der NKWS.

Der dringend benötigte Übergang zu integrativen und hybriden Systemansätzen, in denen das existierende Abwassersystem und ROSS kombiniert werden, hängt wesentlich von Anpassungen in den rechtlichen und institutionellen Rahmenbedingungen ab, wie sie in der Nationalen Kreislaufwirtschaftsstrategie verankert sind. **Um die Etablierung von ROSS im Sinne der NKWS zu stärken, fordern wir weiterhin, dass die Bioabfall- und Düngemittelverordnungen jetzt geändert werden, um Innovation für alternative und Ressourcen-schonende Sanitärtechnik nicht zu ersticken.** Da auch Klärschlamm sowie weitere Schlämme aus der Abwasserbehandlung, die menschliche Fäkalien enthalten, als Ausgangsstoffe für die Düngemittelherstellung gelistet werden, wäre eine Aufnahme unverdünnter menschlicher Fäkalien folgerichtig.

Diese Ergänzungen berücksichtigen **sektorenübergreifende Zielstellungen sowohl aus der Nationalen Wasserstrategie (2023) als auch aus der Nationalen Bioökonomiestrategie (2020).** Sie stehen im Einklang mit den Grundsätzen des Kreislaufwirtschaftsgesetzes und tragen die im Entwurf beschriebene Vision zur Transformation der in weiten Teilen linear und ressourcenintensiven Wirtschaftsweise in den Bereich der Siedlungswasserwirtschaft (NKWS Kapitel 1.3).

„Es sind Forschungsstrukturen (sogenannte Reallabore) zu entwickeln, die es ermöglichen, neuartige Umsetzungskonzepte zur wassersensiblen Stadt (zum Beispiel Schwammstadt, multifunktionale Flächennutzung bei Starkregen) und zur Nutzung neuartiger Sanitärsysteme in der Praxis großflächig anzuwenden und eine breite gesellschaftliche und wirtschaftliche Akzeptanz dafür zu schaffen.“ Nationale Wasserstrategie, BMUV (2023)

Die Etablierung und Nutzung von ROSS zur getrennten und/oder wasserlosen Erfassung menschlicher Fäkalien ist ein Schlüssel zum Aufbau klimaresilienter und hybrider Infrastruktursysteme. Eine „schadlose“ Verwertung menschlicher Ausscheidungen zu seuchenhygienisch unbedenklichen und qualitätsgesicherten Rezyklaten (Recyclingprodukten) wurde technisch erprobt und wissenschaftlich bewiesen. Diese Verwertungsmöglichkeit entspricht dem Grundgedanken der Kreislaufwirtschaft (ressourcen-schonende Abfallwirtschaft) und des Düngerechts (Sicherstellung der Pflanzenernährung bei gleichzeitiger Vorbeugung von Gefahren durch gefährliche Stoffe). Unsere Forschung zeigt: alles ist da - die Toiletten, die Verwertungstechnologien, die Akzeptanz in der Landwirtschaft und auch in der Gesellschaft.

Damit Recyclingdünger aus wasserlos gesammelten menschlichen Ausscheidungen „ordnungsgemäß“ zur Kreislaufwirtschaft in Deutschland beitragen können, müssen Inhalte aus Trenn- oder Trockentoiletten in das Abfallrecht und in die Düngemittelverordnung aufgenommen werden. Außerdem müssen mehr Reallabore gefördert und genehmigt werden.

Die Etablierung von ROSS könnte Biodiversität fördern und gleichzeitig sowohl unsere Infrastruktur als auch Landwirtschaft klimaresilienter machen und so vor Extremwetterereignissen schützen. Eine Berücksichtigung von ROSS in der NKWS fördert Technologieoffenheit, den Aufbau weiterer Reallabore sowie hybrider Verwertungsverfahren für menschliche Ausscheidungen. So werden sektorenübergreifende Anreize für zirkuläre Wertschöpfungsketten geschaffen. Akteur:innen aus dem Bereich der kommunalen als auch privatwirtschaftlichen Praxis sind auf diesen beschriebenen **aktiven Gestaltungsspielraum** angewiesen, um die bisher erprobte Praxis weiterzuentwickeln und so die Grundlagen für eine wettbewerbsfähige und kreislauforientierte Wirtschaft zu entwickeln.

Wir sind überzeugt, dass bei den Bemühungen um P-Recycling besonders solche Ansätze interessant sind, die auch die Wiedergewinnung von Stickstoff integrieren. Die gesetzten Schwerpunkte auf Phosphorrückgewinnung und einen nachhaltigen Umgang mit reaktivem Stickstoff (Kapitel 3.7) sind wichtig, um sowohl die Ressourceneffizienz in der kommunalen Siedlungswasserwirtschaft zu verbessern als auch die Abhängigkeit von mineralischen Vorkommen zu reduzieren. Bisher wird hier der Fokus auf zentrale Abwassersysteme, in denen lediglich eine P-Rückgewinnung erfolgen kann, gelegt. Durch die gezielte Stoffstromtrennung von Urin mithilfe von ROSS wäre gleichermaßen ein integriertes Nährstoffrecycling von Stickstoff möglich. So könnten 80 – 90 % des im Abwasser enthaltenen Stickstoffs im Sinne der NKWS verwertet werden.

Ergänzende Informationen

ALLGEMEIN: KLOS UND KREISLÄUFE

Wer über Kreislaufwirtschaft redet, muss auch den Begriff Fäkalien in den Mund nehmen. So tat es auch Justus von Liebig als er im 19. Jahrhundert davor warnte, sich der Fäkalien über die Kanalisation in Flüsse zu entledigen, die die ausgelaugten Felder hätten düngen sollen.

Menschliche Fäkalien besitzen aufgrund ihres hohen Gehaltes an Nährstoffen, wie P und N, ein hohes Potential als Rohstoffquelle für eine kreislauforientierte Wirtschaft. In Ländern wie Deutschland, Österreich oder der Schweiz werden menschliche Fäkalien bisher fast ausschließlich in Abwässer eingeleitet, welches in Kläranlagen aufbereitet wird. Eine Kreislaufführung der im Abwasser enthaltenen Nährstoffe durch direkte rohstoffliche Nutzung des bei der Aufbereitung entstehenden Klärschlammes, z.B. durch Felddüngung, wird in Deutschland bis 2029 kontinuierlich eingeschränkt, so dass dieser Verwertungspfad langfristig nicht mehr besteht.

Menschliche Fäkalien wurden aber Jahrtausende lang als Dünger und organischer Bodenverbesserer genutzt. Durch die zunehmende Urbanisierung, und die damit notwendigen seuchenhygienischen Maßnahmen, wie Spültoiletten und Kanalsysteme sowie die schnelle Verbreitung synthetischer Düngemittel wurden diese traditionellen Recyclingdünger aus der landwirtschaftlichen Nutzung verdrängt. Ein Recycling der Nährstoffe aus menschlichen Fäkalien fand seit der Etablierung des wassergebundenen Sanitärsystems ausschließlich über die Nutzung von Schlämmen aus der Abwasserbehandlung oder -klärung statt. Die Anwendung von Klärschlämmen in der Landwirtschaft wird aufgrund von Kontaminationen mit Schwermetallen, Krankheitserregern, organischen Schadstoffen und Pharmazeutika seit mehr als 20 Jahren interdisziplinär diskutiert, und wird bereits oder in naher Zukunft in mehreren Industrienationen gänzlich oder teilweise beschränkt. Das wirft die Frage der längerfristigen Nachhaltigkeit auf und führt unter anderem zu den Bestrebungen der getrennten Sammlung von menschlichen Fäkalien zur Nährstoffrückgewinnung.

Im Laufe der Zeit ging jedoch das gesellschaftliche Wissen, die kollektive Erinnerung und die Gewohnheit der Nutzung menschlicher Fäkalien in der Landwirtschaft verloren. Nun gilt es, dieses Wissen und die Akzeptanz wiederzuerlangen und die ökologischen und ökonomischen Potentiale zu heben.

AUSGANGSLAGE DES BESTEHENDEN SANITÄRSYSTEMS

Status-Quo:

Über EU-Recht sind Kommunen zur Abwassersammlung und Beseitigung verpflichtet. Die Sammlung wird in Deutschland in der Regel über eine Schwemm-Mischkanalisation und die Beseitigung über kommunale Kläranlagen realisiert.

Das deutsche Kanalnetz ist mehrheitlich zentralisiert und erstreckt sich über eine Gesamtlänge von etwa 600.000 km (Statistisches Bundesamt, 2019). Ein Anteil von 18,7 % der öffentlichen Kanalisation weist Schäden auf, die mitunter diffuse stoffliche Emissionen verursachen und kurz- bis mittelfristig saniert werden müssen. Aktuell sind 13,5 % der bestehenden Kanalisation noch nicht erfasst. Der Kanalbestand wächst kontinuierlich weiter an (DWA, 2020). Jährlich werden etwa 4 Milliarden Euro für den Erhalt und die Erneuerung der Abwasserinfrastruktur verwendet, bei einer jährlichen Sanierungsrate von etwa 1 % (Süddeutsche Zeitung, 2019).

Etwa 22 % der gesamten Stickstoff- und 33 % der Phosphoreinträge in Oberflächengewässer stammen aus urbanen Kanalisationssystemen und kommunalen Kläranlagen (Umweltbundesamt, 2020). Bis zu

16 % des kommunalen Energiebedarfs werden für die Entfernung von Stickstoff aus Abwässern benötigt (Umweltbundesamt, 2009). Der Anteil des Trinkwasserverbrauchs für eine herkömmliche Toilettenspülung liegt zwischen 30 und 40 Litern pro Person und Tag (ein Drittel des täglichen Bedarfs), wobei hier etwa 1,5 Liter Urin und 150 g Fäzes in die Kanalisation eingeleitet und mit anderen Abwasserströmen vermischt werden.

Bei der Behandlung von Siedlungswasser entsteht Klärschlamm, der neben Nährstoffen auch eine Vielzahl bedenklicher Inhaltsstoffe wie Schwermetalle, organische Rückstände, nanoskalige Stoffe, Mikroplastik und diverse Krankheitserreger enthält. Die landwirtschaftliche Verwertung von Klärschlamm birgt weiterhin das Risiko einer Verbreitung von Krankheitserregern und antibiotikaresistenten Bakterien. Viele der bisher entwickelten Verfahren zur Abwasserbehandlung weisen zu geringe Phosphorrückgewinnungsraten auf. (Umweltbundesamt, 2018)

Entwicklungen und Herausforderungen des heutigen Sanitärsystems:

Im Zuge klimatischer und demographischer Veränderungsprozesse stößt das zentral-orientierte Abwassersystem zunehmend an seine Grenzen. Um den aktuellen Zustand des Kanalnetzes in Deutschland langfristig zu verbessern, ist eine deutliche Erhöhung des Aufwands zur Kanalsanierung erforderlich (DWA, 2020). Dies ist bedingt durch demographische Veränderungen sowie steigende Sanierungs- und Unterhaltungskosten, wobei bereits 2004 ein geschätzter Gesamtanierungsbedarf von ca. 55 Milliarden Euro für die öffentliche Kanalisation besteht (DWA, 2010).

Die Klärschlammverordnung wurde 2017 novelliert, um ergänzend zu den Vorgaben der DüMV schadstoffseitige Anforderungen an die Verwertung zu Dünge Zwecken zu regeln. Die Anforderungen an eine bodenbezogene Verwertung wurden verschärft und der Anwendungsbereich wurde um Auflagen zur Phosphorrückgewinnung erweitert. Die kommunale Abwasserrichtlinie (91/271/EWG) strebt unter anderem die Wiederverwendung von geklärtem Abwasser sowie den Ausbau einer vierten Reinigungsstufe zur Spurenstoffelimination auf Kläranlagen an (BDEW, 2022). Sie setzt das Verursacherprinzip um und strebt Energie- und Klimaneutralität an, um die Umwelt vor schädlichen Auswirkungen des Abwassers zu schützen (BMUV, 2024).

Bisher wird vor allem der **Ausbau von Monoverbrennungsanlagen zur Klärschlammbehandlung** vorangetrieben und erfordert hohe Investitionen. Bei dieser thermischen Verwertung geht **wertvoller Stickstoff im Verbrennungsprozess verloren**, Phosphor wird immobilisiert und ist mit wirtschaftlich vertretbarem Aufwand nur schwer zurückzugewinnen (Umweltbundesamt, 2018). Trotz technologischer Fortschritte im Bereich der Phosphorrückgewinnung aus Klärschlämmen und -aschen existieren weiterhin **keine ausreichend bewerteten oder marktreifen Technologien**.

Es fehlen weiterhin landesrechtliche Regelungen zur zulässigen Anrechnung von Kosten für die Phosphorrückgewinnung vor 2029 bzw. 2032 bei den Abwassergebühren. Bestehende Ausnahmeregelungen zur Langzeitlagerung von Klärschlammverbrennungsasche hemmen Entscheidungsprozesse für Rückgewinnungsanlagen (Deutscher Städtetag, 2024).

Die (Zwischen-)Lagerung von Klärschlammaschen zum späteren Phosphor-Recycling ist mit langfristig hohen Kosten verbunden und kann dazu führen, dass **Verwertungswege nicht umgesetzt** werden (101. Umweltministerkonferenz, 2023). Die anvisierten Recyclingziele der Bundesregierung und der NKWS werden so kurz- und mittelfristig nicht erreicht.

Studien aus verschiedenen Fachbereichen kritisieren den mehrheitlichen Ausbau von Monoverbrennungsanlagen bereits jetzt und weisen auf **deutlich höhere Umweltbelastungen** sowie fehlende Anwendungsfelder für hergestellte Rezyklate hin, die den End-of-Waste-Kriterien nicht entsprechen (BUND Bayern, 2024).

ALTERNATIVE VERWERTUNGSTECHNOLOGIEN FÜR MENSCHLICHE AUSSCHIEDUNGEN // ROSS

Status Quo:

Sowohl auf globaler als auch nationaler Ebene entwickeln sich seit einigen Jahrzehnten vermehrt flexible und innovative Ansätze zur Umsetzung einer gesicherten Sanitärversorgung sowie ordnungsgemäßen Verwertungstechniken.

Technische Systeme, die eine dezentrale Sammlung, Behandlung und Verwertung menschlicher Ausscheidungen für ein kreislauforientiertes Nährstoff-Recycling zum Ziel haben, können unter dem Begriff „**Ressourcen-orientierte Sanitärsysteme**“ (ROSS) zusammengefasst werden. ROSS unterbrechen die tradierte lineare Logik von Stoffflüssen und entlassen Fäkalien gar nicht erst in die Kanalisation, sondern erfassen diesen Stoffstrom trocken und getrennt von Abwasser. Vor dem Hintergrund der gebotenen Ressourcenschonung sind ROSS ein wichtiger Ansatz. Die Vorteile von ROSS sind zusammengefasst:

- ✓ Sie ermöglichen eine **wassersparende** Erfassung von Urin und Fäzes.
- ✓ Dadurch können **Schadstoffe ausgeschleust** und wirkungsvoll eliminiert werden.
- ✓ Gleichzeitig liegen **Nährstoffe unverdünnt** vor, was eine effiziente Aufbereitung zu Recyclingdüngern ermöglicht.
- ✓ Alternative und Ressourcen-orientierte Verwertungstechnologien zeigen im Vergleich zu anderen Verfahren wie der P-Rückgewinnung aus Klärschlammaschen **höhere Phosphorrückgewinnungsraten** sowie deutlich **geringere Treibhausgas-emissionen** von bis zu 40 % auf (BUND Bayern, 2024).

Eine wichtige Schlüsselrolle nimmt dabei das Konzept der „Stoffstromtrennung an der Quelle“ ein. Damit kann der **Trinkwasserverbrauch deutlich reduziert** und die Stoffströme **Urin und Fäzes getrennt** erfasst werden.

Im Jahr 2018 erhielt ein aus menschlichem Urin hergestellter Recyclingdünger in der Schweiz erstmalig eine düngemittelrechtliche Zulassung. Weitere Zulassungen in Liechtenstein (2019) und Österreich (2022) folgten. 2020 wurde die Produktspezifikation DIN SPEC 91421:2020 zur Qualitätssicherung von Recyclingprodukten aus Trockentoiletten zur Anwendung im Gartenbau veröffentlicht. Die DIN SPEC enthält eine **umfassende Auswahl relevanter Anforderungen an die entstehenden Recyclingdünger** aus der DüMV, der BioAbfV sowie der EU-Verordnung Nr. 142/2011.

Im Jahr 2023 wurde in Deutschland die erste offiziell zugelassene Forschungs- und Verwertungsanlage für menschliche Ausscheidungen eröffnet. Es wurden bereits **mehrere Forschungs- und Feldversuche mit geprüften Recyclingdüngern aus menschlichen Ausscheidungen** durchgeführt, die eine positive Wirkung der Dünger belegen konnten.

Entwicklungen, Herausforderungen und Potentiale von ROSS:

Das Interesse an ROSS nimmt sowohl im privaten als auch im kommunalen Kontext zu. Auf nationaler und europäischer Ebene wächst die Vielfalt und Anzahl der Forschungs- und Modellprojekte in diesem Bereich. ROSS stellen eine Alternative zum konventionellen abwasserbasierten Sanitärsystem dar. Technologisch basieren ROSS auf kreislauforientierten, also „erneuerbaren“ Technologien, die (i) die Verwendung von Frischwasser als Spülwasser weitestgehend vermeiden, (ii) Stoffströme getrennt erfassen, und (iii) die Rückgewinnung von Nährstoffen ermöglichen. In der Regel kommen hierbei Trockentoiletten zum Einsatz, die ohne Spülwasser betrieben werden und eine getrennte Erfassung der sanitären Nebenstoffströme, Urin und Fäzes, technisch ermöglichen (z.B. durch eine Trennung in der

Toilettenschüssel oder eine Drainage im Sammelbehälter). Wasserlose Urinale sind ein weiteres konkretes Beispiel für die alltägliche Etablierung von NASS-Technologien. Wasserlose Sanitäreinrichtungen sind in Deutschland (noch) ein Nischenphänomen. Im Bereich der mobilen Trockentoiletten hat sich in den vergangenen fünf Jahren jedoch ein neuer Markt entwickelt. Innovative Start-Ups setzen dabei auf ökologische statt auf Chemie-Toiletten (z.B. Finizio, Goldeimer, Kompotoi, Nowato, Öklo, Ökoje, Ökocus, Ecotoiletten, Greenport, uvm.). Der Einsatz von stationären Trockentoiletten ist außerdem dort sinnvoll, (i) wo Grundstücke nicht erschlossen sind oder neu erschlossen werden, (ii) wo aus ökonomischen Gründen keine Kanalisation vorhanden ist (z.B. in ländlichen Gegenden mit dünner und/oder demographisch schrumpfender Besiedlung), oder (iii) wo Wasser gespart werden muss (z.B. in ariden und semi-ariden Gebieten). Auch der Markt der stationären Trockentoiletten wird in Deutschland hauptsächlich von Start-Ups und KMUs bedient (z.B. Berger Biotechnik, Holzapfel + Konsorten, NaturBauHof, TCstattWC, Triaterra, u.v.m.).

Besonders wirkungsvoll ist die getrennte und wassersparende Erfassung von menschlichem Urin. Die vor allem in menschlichem Urin enthaltenen Medikamentenrückstände können so mit modernen Aktivkohle-Filtertechnologien effektiv entfernt werden, was eine Ausbreitung in Boden und Gewässer verhindert. Krankheitskeime, die hauptsächlich über die Fäzes ausgeschieden werden, lassen sich gezielt durch Hitzebehandlung und anschließende Kompostierung abtöten (Adam und Krause, 2023).

Jedoch stehen auf kommunaler und nationaler Ebene bestehende Richtlinien und Gesetze einer weiteren Verbreitung dieser integrativen und ressourcenschonenden Systemansätze im Weg. Rechtlich gesehen existieren getrennt von Abwasser gesammelte menschliche Fäkalien nicht, da sie weder der Abwasserdefinition gemäß WHG entsprechen noch als Abfallstoff dem Abfallrecht zugewiesen sind. **Die Nicht-Anwendbarkeit der BioAbfV und DüMV stellt ein Hindernis für die ordnungsgemäße Herstellung von Recyclingdünger dar.**

In einer Studie haben Forschende der Technischen Universität (TU) Berlin untersucht, inwieweit Toiletten mit Trenn- & Kreislaufsystemen eine bessere Öko-Bilanz gegenüber den in westlichen Ländern dominierenden wasser- und entsorgungsbasierten Sanitärsystemen haben. Die Meta-Analyse von Scheck et al. (2024) umfasst 11 Studien aus 6 verschiedenen Ländern und vier Kontinenten, in denen neue Sanitärkonzepte dem konventionellen System gegenübergestellt wurden. Zusätzlich wurde das Erderwärmungspotenzial, der Energieverbrauch, die Ökotoxizität sowie das Eutrophierungs- und das Versauerungspotenzial analysiert. Die internationale Literaturrecherche zeigt, dass Sanitärsysteme basierend auf Stoffstromtrennung an der Quelle, d.h. in der Toilette, positive Ergebnisse in allen relevanten Umweltwirkungskategorien aufzeigen.

Ein Fazit lautet: Durch eine getrennte Erfassung und Verwertung menschlicher Fäkalien können zentrale Systeme entlastet werden. Deutliche ökologische Vorteile zeigen sich außerdem besonders beim Erderwärmungspotential mit bis zu 50%, beim Eutrophierungspotential mit bis zu 85% und bei der Ökotoxizität mit bis zu 90% Einsparpotential gegenüber dem herkömmlichen System mit synthetischer Düngerherstellung und Kläranlagen.

ÜBER DAS PROJEKT

zirkulierBAR ist ein im Rahmen der Fördermaßnahme REGION.innovativ vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördertes inter- und transdisziplinäres Forschungsprojekt in Eberswalde, im Landkreis Barnim. REGION.innovativ unterstützt Regionen dabei, sich neuen Forschungs- und Innovationsthemen zu widmen und die dafür notwendige Zusammenarbeit mit neuen Partner:innen zu etablieren. Kommunen und zukunftsorientierte Unternehmen schaffen hier gemeinsam mit Universitäten und Forschungseinrichtungen ein Reallabor für nachhaltige und regionale Kreislaufwirtschaft im Bereich der Land- und Wasserwirtschaft.

Das Forschungsvorhaben zirkulierBAR greift die Probleme der Düngemittelproduktion (hoher Energie- und Ressourcenverbrauch), der Abwasserwirtschaft (hoher Frischwasserverbrauch, hoher Energieverbrauch für die Entfernung von Nährstoffen und Verunreinigungen) sowie der Klärschlamm- und Gülleverwertung (Hygiene, Kontaminationen mit Schwermetallen, Pharmazeutika oder Mikroplastik) auf, und setzen diesen das ROSS-Konzept und die Aufbereitung von trocken und getrennt erfassten sanitären Nebenstoffströmen zu qualitätsgesicherten Recyclingdüngern entgegen. Mit unserem Forschungsbeitrag wollen wir zu einem Systemwechsel beitragen, indem wir Nährstoffe, die in Inhalten aus Trockentoiletten enthalten sind, regional zirkulierBAR machen – ohne Einbußen in Qualitätssicherung und Verbraucherschutz.

Mehr Informationen finden Sie unter: <https://zirkulierbar.de/>



zirkulierBAR ist ein BMBF-gefördertes Forschungsprojekt in der Programmlinie REGION.innovativ und wird koordiniert am Leibniz-Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau (IGZ) e.V.

Web: <https://zirkulierbar.de> | Kontakt: info@zirkulierbar.de | [LinkedIn](#) | [Instagram](#)



QUELLEN

Adam, R. und Krause, A. (2023): *Rückmeldung zu Wasserverschmutzung: Aktualisierung der EU-Vorschriften über die Behandlung von kommunalem Abwasser*. Verfügbar unter: www.naehrstoffwende.org [Zugriff: 2. Juli 2024].

BDEW (2024): *EU-Kommission veröffentlicht neue kommunale Abwasserrichtlinie*. Verfügbar unter: <https://www.bdew.de/wasser-abwasser/eu-kommission-veroeffentlicht-neue-kommunale-abwasserrichtlinie/> [Zugriff: 2. Juli 2024].

BMUV (2023): *Nationale Wasserstrategie*. Verfügbar unter: https://www.bmuv.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Binnengewasser/BMUV_Wasserstrategie_bf.pdf [Zugriff: 5. Juli 2024].

BMUV (2024): *Richtlinie 91/271/EWG über die Behandlung von kommunalem Abwasser*. Verfügbar unter: <https://www.bmuv.de/gesetz/richtlinie-91-271-ewg-ueber-die-behandlung-von-kommunalem-abwasser> [Zugriff: 2. Juli 2024].

BUND Bayern (2024): *BN-Studie: Klärschlammverbrennung verursacht hohen CO₂-Ausstoß*. Verfügbar unter: <https://www.bund-naturschutz.de/pressemitteilungen/bn-studie-klaerschlammverbrennung-verursacht-hohen-co2-ausstoss> [Zugriff: 2. Juli 2024].

Destatis (2023): *Kanalnetz, 1991 bis 2019*. Verfügbar unter: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Umwelt/Wasserwirtschaft/Tabellen/ww-04-kanalnetz-1991-2019.html> [Zugriff: 2. Juli 2024].

DWA (2010): *Im Klartext „Brauchen wir in Deutschland neuartige Sanitärsysteme“*. S. 13. Verfügbar unter: https://www.ipit.eu/wa_files/DWA_20AG_201_7_NASS_Im_20Klartext.pdf [Zugriff: 2. Juli 2024].

DWA (2020): *Zustand der Kanalisation in Deutschland - Ergebnisse der DWA-Umfrage 2020*. Verfügbar unter: https://de.dwa.de/files/_media/content/03_THEMEN/Entwaesserungssysteme/Kanalumfrage/Zustand-der-Kanalisation-2020.pdf [Zugriff: 2. Juli 2024].

DWA (2024): *Neuartige Sanitärsysteme*. Hennef: Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA), ISBN 978-3-95895-041-2

Süddeutsche Zeitung (2019): *Kommunen müssen für Kanalsanierung Milliarden aufbringen*. Verfügbar unter: <https://www.sueddeutsche.de/politik/kommunen-kommunen-muessen-fuer-kanalsanierung-milliarden-aufbringen-dpa.urn-newsml-dpa-com-20090101-190501-99-34817> [Zugriff: 2. Juli 2024].

Tuholske, C.; Halpern, B.S.; Blasco, G.; Villasenor, J.C.; Frazier, M.; Caylor, K. (2021): *Mapping global inputs and impacts from of human sewage in coastal ecosystems*. PLoS One. 2021 Nov 10;16(11):e0258898. doi: 10.1371/journal.pone.0258898. PMID: 34758036; PMCID: PMC8580218.

Umweltbundesamt (2009): *Energieeffizienz kommunaler Kläranlagen*. Verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3855.pdf> [Zugriff: 2. Juli 2024].

Umweltbundesamt (2018): *Klärschlamm Entsorgung in der Bundesrepublik Deutschland*. S. 68 ff. Verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/klaerschlamm-entsorgung-in-der-bundesrepublik> [Zugriff: 2. Juli 2024].

Umweltbundesamt (2020): *Stickstoff- und Phosphoreinträge aus Punktquellen und diffusen Quellen in die Oberflächengewässer in Deutschland.* Verfügbar unter:

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/384/bilder/dateien/2_abb_n-p-eintraege_2020-09-17.pdf [Zugriff: 2. Juli 2024].

Umweltbundesamt (2023): *Ökobilanzieller Vergleich der P-Rückgewinnung aus dem Abwasserstrom mit der Düngemittelproduktion aus Rohphosphaten unter Einbeziehung von Umweltfolgeschäden und deren Vermeidung.* Verfügbar unter:

<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/oekobilanzieller-vergleich-der-p-rueckgewinnung-aus> [Zugriff: 2. Juli 2024].

101. Umweltministerkonferenz (2023): *Endgültiges Ergebnisprotokoll der UMK am 01. Dezember 2023 in Münster , Auszug 101. Umweltministerkonferenz, TOP 20+21, Punkt 4.* Verfügbar unter:

https://www.umweltministerkonferenz.de/documents/endgueltiges-ergebnisprotokoll-101-umk_1702995436.pdf [Zugriff: 2. Juli 2024].