Kläranlagen als Wasser-, Nährstoff- und Energielieferanten für die urbane Gemüseproduktion

Besonders in großen Städten treffen zwei Herausforderungen aufeinander, die sich durch eine sich mehr und mehr verdichtende Besiedlung der Fläche ergeben: Zum einen werden große Abwassermengen produziert, die abzuleiten und zu reinigen sind, zum anderen kann der steigende Bedarf an frischen Lebensmitteln wie Obst und Gemüse größtenteils nur durch Transporte über weite Strecken aus dem ländlichen Raum gedeckt werden. Das Projekt SUSKULT adressiert diese Herausforderung in besonderer Weise: Städtische Kläranlagen sollen zu NEWtrient®-Centern werden, die nahegelegene Gartenbaubetriebe mit Nährstoffen, sauberem Wasser und Energie versorgen. gwf Wasser|Abwasser sprach mit dem Projektkoordinator Volkmar Keuter vom Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT über die dafür notwendigen Prozesse, die Chancen und die Risiken von SUSKULT.

Herr Keuter, mit SUSKULT wird aus einer Entsorgungsanlage – das ist eine Kläranlage heute nach allgemeiner Auffassung – eine Produktionsanlage. Welche Produkte wird sie liefern?

Vorab muss ich klarstellen, dass man sich die Obst- und Gemüseproduktion nicht als End-of-Pipe-Anlage direkt hinter einer Kläranlage vorstellen muss. Vielmehr sollen die Ressourcen, die eine Kläranlage bietet, gewonnen und einem Anbaubetrieb zur Verfügung gestellt werden. Diese Ressourcen sind einmal die wichtigen Nährstoffe Stickstoff, Phosphor und Kalium, darüber hinaus aber auch gereinigtes Ablaufwasser, CO_2, das direkt in einem Gewächshaus eingesetzt werden kann, und Wärme, wie sie beispielsweise bei der Stromerzeugung aus dem Faulgas anfällt. Da die Nährstoffe innerhalb der Kläranlage in flüssiger Form anfallen, wird die Gewinnung von Flüssigdüngern bzw. flüssigen Düngekonzentraten angestrebt. Der Obst- und Gemüseanbau soll dann mit hydroponischen Systemen erfolgen, in denen diese nährstoffhaltigen Flüssigkeiten direkt eingesetzt werden können. Diese hydroponischen Systeme können außerdem gereinigtes Abwasser nutzen. Durch die Ansiedlung eines Anbaubetriebs in räumlicher Nähe zu einer Kläranlage ermöglicht man kurze Transportwege für den Flüssigdünger und bietet zudem den direkten Zugang zu den Ressourcen Wasser, Wärme und CO_2 aus der Kläranlage. CO_2 wird beispielsweise vielerorts direkt in Gewächshäusern zur Tomatenproduktion eingesetzt.

Mit welchen Prozessschritten und an welcher Stelle innerhalb des Abwasserreinigungsprozesses sollen die Nährstoffe gewonnen werden?

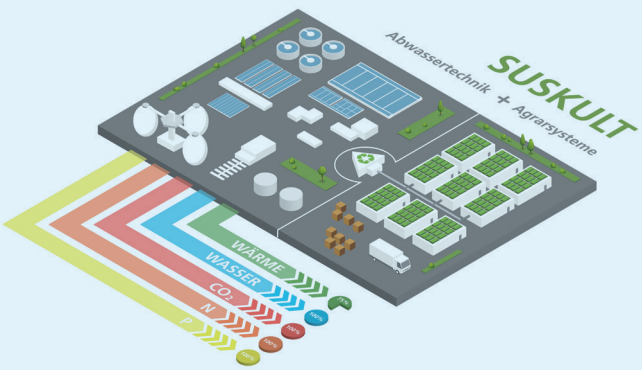
Der Hauptansatz von SUSKULT besteht in der Gewinnung von Phosphor, Stickstoff und Kalium in einer flüssigen Phase. Unter anderem wollen wir das Trübwasser (auch Schlammwasser genannt) aus der Entwässerung von Faulschlamm nutzen. Dieses Trübwasser ist stark ammoniumhaltig und wird heute in der Regel in die biologische Reinigungsstufe zurückgeführt. Gelingt es, dem Trübwasser diese Nährstoffe zu entziehen, könnte die biologische Stufe der Kläranlage erheblich entlastet werden.

INTERVIEWPARTNER VOLKMAR KEUTER

Volkmar Keuter (Jahrgang 1964) studierte Bioverfahrenstechnik an der FH Berlin und Maschinenbau mit Schwerpunkt Verfahrenstechnik an der Universität Essen. Nach Stationen bei Lurgi Australia, in der Forschungsabteilung von Envicon in Dinslaken, beim Betriebsforschungsinstitut BFI in Düsseldorf und bei MNT Systems in Oberhausen kam er 2006 zum Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT in Oberhausen. Dort baute er im Geschäftsfeld Prozesstechnik u. a. das Thema inFARMING® auf, ein Konzept, das Landwirtschaft in urbane Räume integriert und für das Fraunhofer UMSICHT Konzepte, Materialien und Anbauprozesse entwickelt. Von 2013 bis 2016 leitete er verantwortlich das Fraunhofer Kooperationszentrum für intelligente Gebäudetechnik inHaus in Duisburg. Seit 2016 hat er am Fraunhofer UMSICHT die Leitung der Abteilung Photonik und Umwelt übernommen. Seine Forschungsaktivitäten richten sich auf neue funktionalisierte Materialien, dynamische Belichtungssysteme, Nährstoffrückgewinnung und Kultivierungstechniken für neue Anbaumethoden.

SUSKULT

Das Projekt „SUSKULT – Entwicklung eines nachhaltigen Kultivierungssystems für Nahrungsmittel resilienter Metropolregionen« (FKZ 031B0728) wird im Rahmen der Fördermaßnahme »Agrarsysteme der Zukunft“ innerhalb der „Nationalen Forschungsstrategie BioÖkonomie 2030“ der Bundesregierung durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert. Seit Anfang Mai 2019 arbeiten 15 Partner in einem transdisziplinären Verbund an einer Transformation der heutigen Agrarwirtschaft. Das große, übergeordnete Ziel ist der Beitrag zum biobasierten Wandel Deutschlands, der bis etwa 2050 vollzogen sein soll. Die vier Teilprojekte sind:
TP 1 NEWtrient®Center: Unter der Leitung der TU Kaiserslautern (Prof. Heidrun Steinmetz) ist die schrittweise Umstrukturierung gegenwärtiger Kläranlagen von einer reinen Abwasserbehandlungsanlage zum Ressourcenlieferanten vorgesehen.
TP2 NEWtrient® Aufbereitungssystem: Fraunhofer UMSICHT koordiniert die Analyse, Bewertung und Entwicklung von Methoden und Technologien zur Rückgewinnung von Stickstoff, Wasser, Kalium sowie Wasser, CO_2 und Wärme. Die Technologien sollen zu Prozessketten optimiert werden.
TP3 Nahrungsmittelproduktion: Unter der Leitung der Hochschule Osnabrück soll die sichere, effiziente und gezielte Kultivierung von Gemüsepflanzen auf der Basis hydroponischer Systeme realisiert werden.



(Bild: Fraunhofer UMSICHT)

Das Projektschema verdeutlicht die mit SUSKULT adressierte Kooperation zwischen Kläranlage und Anbaubetrieb

TP4 Umfeld- und Systemanalyse: An der Justus-Liebig-Universität Gießen werden die Untersuchungen zu den gesamtgesellschaftlichen Auswirkungen der technologischen Entwicklungen von SUSKULT koordiniert sowie Transformationsbarrieren und Chancen eruiert.

Nähere Informationen
www.suskult.de

Inwieweit sind Kernprozesse auf der Kläranlage dadurch beeinflusst?
Die Aufbereitung des Trübwassers und die fehlende Rückführung von Ammonium in die biologische Stufe greift insofern in den Kläranlagenprozess ein, als dass die Reinigungsleistung der Kläranlage verbessert somit auch die Betriebstabilität erhöht beziehungsweise die biologische Stufe gegebenenfalls verkleinert werden kann. Um den maximalen Anteil des Phosphors zu gewinnen, werden verschiedene Verfahrensvarianten geprüft, unter anderem auch die biologische Phosphorelimination. Deren Vorteil ist, dass der Nährstoff in der flüssigen Phase angereichert werden kann und die zur Phosphorelimination typischen Fällungsverfahren mit Eisen- oder Aluminiumchlorid mit deutlich reduziertem Fällmitteleinsatz stattfinden können. Phosphor, der in der festen Phase (Phosphatschlamm, Klärschlamm oder Klärschlammasche) vorliegt, kann nur durch Rücklösung wiedergewonnen werden. In vielen Verfahren zum P-Recycling werden Phosphor und Stickstoff als Mineral (z. B. Magnesiumammoniumphosphat (MAP oder Struvit genannt)) ausgefällt, das dann vor seinem Einsatz als Dünger wieder aufgelöst werden muss. Darauf könnte man bei der direkten Erzeugung von Flüssigdüngern verzichten.

Besteht da nicht gerade ein Wettlauf mit der Zeit, weil sich viele Abwasserverbände jetzt auf die Monoverbrennung von Klärschlamm festlegen, Partnerschaften gründen und eine Menge Geld in die Hand nehmen, um den Anforderungen der Klärschlammverordnung zu genügen?
Eine solche einseitige Festlegung könnte tatsächlich ein Showstopper werden, aber die Emschergenossenschaft und der Ruhrverband, mit denen wir im Projekt zusammenarbeiten, sehen durchaus das Potenzial, das sich durch unsere alternative Herangehensweise bietet. Die beiden Ansätze müssen sich nicht ausschließen, sondern könnten sich sinnvoll ergänzen. Generell ändern sich Kläranlagentechniken immer mal wieder mit der Zeit. Die Aufbereitungstechniken, die zurzeit praktiziert werden, sind nicht für alle Ewigkeit in Stein gemeißelt. SUSKULT adressiert Möglichkeiten der integrierten Abwasserbehandlung und Ressourcengewinnung, für die wir eine flächendeckende Umsetzung für den Zeitraum 2040–2050 sehen, da kann auch Kläranlagentechnik wieder komplett anders aussehen.

Im gerade abgeschlossenen Projekt HypoWave wurde auch schon die hydroponische Gemüseproduktion mit besonders aufbereitetem Abwasser verknüpft. Wo sehen Sie die Unterschiede?
Ich kenne nicht alle Details von HypoWave, aber soweit mir bekannt ist, setzt dieses Projekt tatsächlich am Ausgang einer Kläranlage an, indem aus dem Ablaufwasser durch weitere Aufbereitungsschritte Bewässerungswasser wird. Unser Ansatz ist ein integrierter Ansatz, bei dem wir in der Kläranlage an die

Volkmar Keuter:
„Die Aufbereitungstechniken, die zurzeit praktiziert werden, sind nicht für alle Ewigkeit in Stein gemeißelt".

Stellen gehen, an denen die Stoffströme das größte Potenzial zur Nährstoffrückgewinnung bieten.

Also ist das Trübwasser nicht der einzige Stoffstrom zur Nährstoffrückgewinnung?
Prinzipiell nicht nur, denn ein wichtiges Teilprojekt von SUSKULT ist zunächst die Identifizierung von Ressourcenpotenzialen auf verschiedenen Kläranlagen. Dieses Teilprojekt wird von Prof. Heidrun Steinmetz von der TU Kaiserslautern geleitet. Es beinhaltet umfangreiche Datenrecherchen an unterschiedlichen Kläranlagentypen, um zu klären, an welcher Stelle welche Nährstoffe am besten zu gewinnen sind. So zeigen beispielsweise aktuelle Stoffstrombilanzen, dass Kalium weitgehend mit dem gereinigten Ablaufwasser im Fluss landet, d. h. eine Rückgewinnung wird zurzeit gar nicht betrachtet. Das schadet dem Gewässer zwar nicht, aber wir sehen hier die Chance, auch über eine Einzelrückgewinnung von Stickstoff, Phosphor und Kalium, ggfs. aus verschiedenen Teilströmen auf einer Kläranlage, Flüssigdünger herzustellen, die in ihren Anteilen (N-P-K) auf bestimmte Anbauprodukte maßgeschneidert sind.

Wie bekommt man Spurenstoffe (Arzneimittel, Industriechemikalien), Mikroplastik und antibiotikaresistente Keime in den Griff und hält sie fern vom Gemüse?
Mikroplastik halte ich nicht für das vorrangige Problem, das kann man mechanisch abtrennen. Bei den sonstigen Schadstoffen müssen wir neben Spurenstoffen und Keimen auch Schwermetalle betrachten. Letztendlich haben diese und weitere Schadstoffe dazu geführt, dass man von der traditionellen Verwendung von Abwasser (über Rieselfelder) und Klärschlamm (durch Direktausbringung) abgegangen ist. Jetzt müssen wir Kläranlagen so betreiben, dass diese Schadstoffe eliminiert bzw. zurückgehalten werden, d. h. wir müssen auch sicherstellen, dass die Flüssigdünger frei davon sind.

Finden alle Prozesse auf der Kläranlage statt oder sind weitere spezialisierte Aufbereitungsstätten zwischen Kläranlage und landwirtschaftlichem Betrieb vorgesehen?
Solche Betriebe sind nicht prinzipiell vorgesehen, aber denkbar. Es könnte sein, dass die auf der Kläranlage gewonnenen Flüssigdünger für spezielle Anwendungen mit zusätzlichen Nährstoffen gemischt und dann weiter vertrieben werden.

Wenn man einen Zeitraum von 20 – 30 Jahren betrachtet, ist dann die zentrale Abwasserbehandlung, die Voraussetzung für die Umsetzung von SUSKULT, noch die vorherrschende Option?
Dezentrale Aufbereitung ist nichts Neues, seit den 80-er Jahren gibt es eine Vielzahl von Ansätzen dafür, sei es zur Grauwasseraufbereitung oder sogar mit Trenntoiletten. Die Zahl dezentraler Aufbereitungsanlagen weltweit wird sicher auch steigen, wenn es um Neuerschließungen von Quartieren geht, beispielsweise in China. Ich glaube allerdings nicht, dass im betrachteten Zeitraum eine gewachsene Struktur der zentralen Abwassererfassung und – behandlung, wie sie in Deutschland besteht, vollständig durch dezentrale Anlagen ersetzt wird. Das heißt die zentrale Kläranlage wird zumindest in Ballungsgebieten der Standard bleiben.

Welches Ergebnis streben Sie für das Ende der Projektlaufzeit an?
Es ist der Plan, nach drei Jahren eine Demonstrationsanlagen auf der Kläranlage Emschermündung zur errichten, die einmal die Nährstoffe aus der Kläranlage aufbereitet und auch in einem hydroponischen System unter Nutzung dieser Nährstoffe Lebensmittel produziert.

Mit dieser Umsetzung scheinen Sie eine Trennung überwinden zu wollen, die bei uns in den Köpfen, aber auch von rechtlicher Seite besteht: Die strikte Trennung zwischen Abwasser und Lebensmitteln. Wie gewinnen Sie die dazu nötige Akzeptanz?
Abwasserverbände sehen es prinzipiell nicht als ihre Aufgabe, Lebensmittel zu produzieren. Aber für die Zukunft sind Kooperationen denkbar, die derzeit noch nicht vorstellbar sind. Generell gilt auch in dem von uns zu entwickelnden Agrarsystem, dass die Lebensmittel zu keiner Zeit in direkte Berührung mit dem unbehandelten Abwasser kommen dürfen. Darüber hinaus ist auch auf der Seite der Richtlinien noch einiges zu tun, denn es existiert zurzeit noch keinerlei rechtliche Regelung für die Verwendung abwasserbürtiger Nährstoffe, auch nicht aus der Phosphorrückgewinnung aus Klärschlamm oder Klärschlammasche. Das ist ein laufender Prozess. Was die Akzeptanz angeht, so freuen wir uns darüber, dass auch Vertreter aus dem Lebensmittelhandel wie die Unternehmensgruppen Metro AG und Rewe Markt GmbH am Projekt beteiligt sind. Außerdem ist uns wichtig, bei verschiedenen Projektfortschritten den Endverbraucher im Rahmen von Dialoggesprächen mit einzubeziehen. Auch hier weise ich nochmal darauf hin, wie weit wir in die Zukunft blicken. Vom heutigen Standort aus sind solche Systeme nicht umsetzbar, aber gerade mit unserem transdisziplinärem Konsortium, zu dem auch Politikwissenschaftler gehören, wollen wir auch herausfinden, welche Voraussetzungen dafür geschaffen werden müssen, damit solche Systeme zukünftig möglich sind.

Herr Keuter, wir haben gelernt, wie man zukünftig die Ressourcen-Rückgewinnung aus Abwasser mit der Lebensmittelproduktion koppeln kann. Herzlichen Dank für das Gespräch.

Das Interview führte Dr. Hildegard Lyko