

Aktuelles aus Bildung und Wissenschaft,
Forschung und Entwicklung



© Carola Langer / pixelio.de

Das Forschungs- und Demonstrationsvorhaben PowerStep im Porträt

- PowerStep – die Kläranlage als Kraftwerk
- Ein Projekt mit Leuchtturm-Charakter –
Interview mit Prof. Dr.-Ing. Jörg Krampe und Marc Böhler

PowerStep – die Kläranlage als Kraftwerk

Der Energiegehalt von Abwasser als wertvolle Energiequelle

Dr. Christian Loderer

Seit Juli 2015 koordiniert das Kompetenzzentrum Wasser Berlin das neu gestartete Europäische Forschungs- und Demonstrationsvorhaben PowerStep. Das Projekt dreht sich um die Kernfrage: „Wie können bestehende Kläranlagen vom Energieverbraucher zum -erzeuger umgerüstet werden?“

Weltwirtschaftlich eine starke Rolle zu spielen, bedeutet für die europäische Union ein Hin- und Hergerissensein zwischen Wachstum auf der einen Seite sowie Energieverbrauch und Klimawandel auf der anderen. Auf den Punkt gebracht: Um eine globale Wirtschaftsführungsrolle einzunehmen, sieht sich Europa mit steigendem Energiebedarf, schwankenden Preisen, Versorgungsengpässen und Umweltauswirkungen des Energiesektors konfrontiert. Die EU-Energiepolitik hat hierzu drei Hauptziele [1] definiert: Versorgungssicherheit, Wettbewerbsfähigkeit und Nachhaltigkeit, um den unersättlichen Energie-Hunger Europas zu stillen.

Erneuerbare Energien sorgen für die Nachhaltigkeit des Energiesektors

Durch den Ausbau von Windkraft-, Solar- und Biomasseanlagen zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien wird auch in weiterer Zukunft der „Nachhaltigkeitsgedanke“ des europäischen Energiesektors verstärkt. Auch andere potenzielle Produzenten erneuerbarer Energie sollten dafür in Betracht gezogen werden, wie zum Beispiel die kommunalen Kläranlagen [2].

Im Moment gehören Kläranlagen zu den größten Stromverbrauchern vieler Gemeinden. Die Energie, die heute in der

EU für die Klärung des Abwassers benötigt wird, rechnet man im Schnitt 32 kWh/(EW · a) für große Abwasserreinigungsanlagen [3], würde im Mittel der Produktion von zwei großen Kraftwerken (knapp 16 000 GWh pro Jahr, 1 % des Stromverbrauchs der EU) entsprechen. Dabei wäre es durchaus möglich, Kläranlagen so zu planen und zu betreiben, dass sie keinen Strom verbrauchen, sondern stattdessen sogar Energie aus erneuerbaren Quellen ins Stromnetz einspeisen [4]. Rechnet man mit 175 kWh/(EW · a) als theoretischem Energiepotenzial des organischen Materials im Abwasser [4], würde das einem Gesamt-

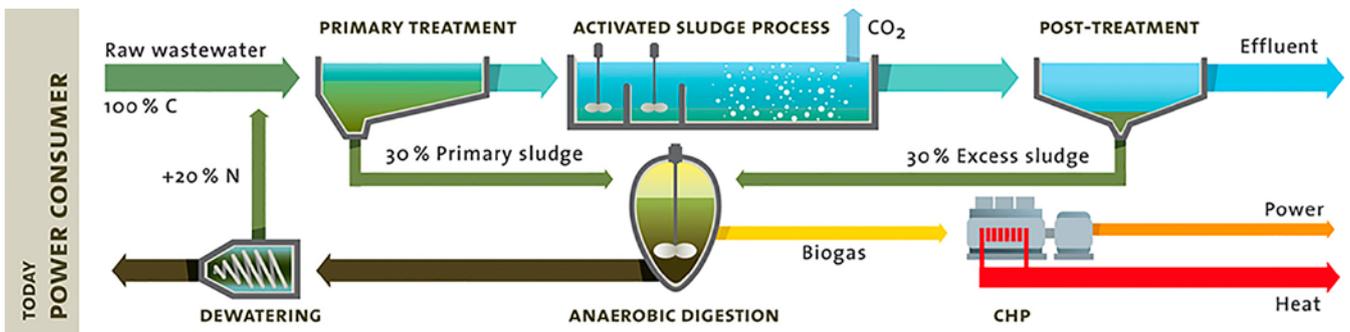


Bild 1: Herkömmliches Prinzip einer konventionellen Kläranlage mit Vorreinigung, biologischer Stufe und Faulung © Kompetenzzentrum Wasser Berlin gGmbH

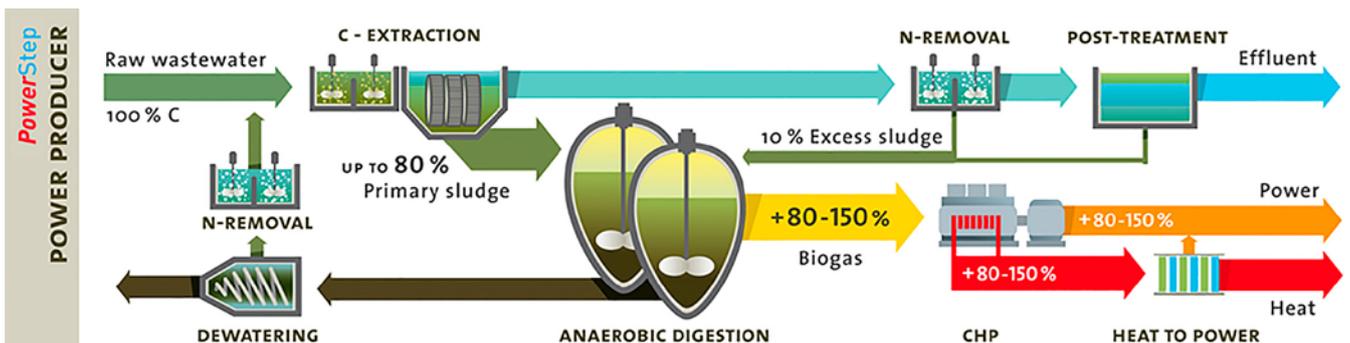


Bild 2: PowerStep-Konzept mit dem Ziel, die „energiepositive“ Kläranlage der Zukunft zu entwickeln © Kompetenzzentrum Wasser Berlin gGmbH

energiepotenzial von etwa 87 500 GWh pro Jahr für die EU25+3 entsprechen. Bereits heute versucht man, einen Teil dieser chemisch gebundenen Energie zu nutzen. Mithilfe anaerober Bakterien kann man aus Klärschlamm Biogas erzeugen, das dann energetisch in Form von Strom und Wärme genutzt werden kann.

Die Kläranlage auf dem Weg zum Energieproduzent aber mit Hürden

Heutzutage könnten theoretisch die meisten Kläranlagen energieneutral arbeiten, oft sprechen allerdings wirtschaftliche Betrachtungen dagegen [5]. Die typische konventionelle Kläranlage (**Bild 1**) besteht aus einer Vorklärung und einer anschließenden biologischen Stufe zur Elimination von Kohlenstoff-, Stickstoff- und Phosphorverbindungen. Man gewinnt am Ende des gesamten Reinigungsprozesses nur rund 10% des Energiepotenzials (18 kWh/(EW · a)) als elektrische Energie mittels Faulung und anschließender Kraft-Wärme-Nutzung im Blockheizkraftwerk (BHKW) wieder [6]. Diese gewonnene Energie wird dabei komplett für den Reinigungsprozess selbst verwendet (Belüftung, Rührer, Pumpen, Heizung des Faulturms, ...).

Aus umwelttechnischer Sicht sollte für zukünftige Kläranlagenkonzepte genau dieses oben erwähnte energetische Potenzial des Abwassers besser genutzt werden, um so die Nutzung fossiler Energieträger zur Energieproduktion weiter zu reduzieren und damit auch einen Beitrag zur Senkung der Treibhausgasemissionen zu



Bild 3: Installation der Anammoxreaktoren auf einer 550 000 EW Anlage in Schweden zur Hauptstrombehandlung © Kompetenzzentrum Wasser Berlin gGmbH

leisten. Nichtsdestotrotz soll die Grundaufgabe jeder Kläranlage, die Reinigung unserer Abwässer, trotz energetischer Optimierungen im Vordergrund stehen und nicht negativ beeinflusst werden.

Was steckt hinter dem EU geförderten Projekt „PowerStep“

Genau hier setzt das EU-Forschungsprojekt PowerStep an, in dem durch die richtige Kombination bestehender und innovativer Technologien und die Einbindung von neuen Konzepten die „energie-positive“ Kläranlage der Zukunft auch wirtschaftlich wettbewerbsfähig werden soll. Dieses Ziel verfolgen 15 europäische Partner (von der Industrie über die Kläranlagenbetreiber bis hin zur Wissenschaft) in dem dreijährigen Horizon 2020 EU-Projekt PowerStep mit einem Gesamtbudget von 5,2 Mio. Euro. Koordi-

niert wird das Vorhaben mit Partnern aus sieben Ländern vom Kompetenzzentrum Wasser Berlin gGmbH.

Was ist der Unterschied zu bisher?

Bild 2 veranschaulicht den neuen Ansatz des PowerStep-Konzeptes. In beiden Konzepten (im bisherigen aber auch im neuen) wird die Energie auf Kläranlagen mittels Faulung des Klärschlammes gewonnen. Da jedoch zur Produktion von Biogas der kohlenstoffreiche Primärschlamm am besten geeignet ist, beruht das Konzept von PowerStep auf dem Ansatz, anstatt der üblichen 30% bis zu 80% des Kohlenstoffs als Primärschlamm abzugeben, mehr Biogas – sprich Energie – zu produzieren, kann auch der Flächenbedarf der Anlage reduziert werden, da die nachfolgende biologische Stufe verkleinert werden kann.

Tabelle 1: Kläranlagen in Deutschland, Dänemark, Schweden, Österreich und der Schweiz, auf denen die unterschiedlichen Technologien großtechnisch realisiert werden und auf ihre Belastbarkeit getestet werden

Kläranlage	Partner	Ziel der Case Study
1 Westewitz (2000 EW)	Kompetenzzentrum Wasser Berlin gGmbH	Einsatz von Microsiebung in der Vorklärung zur Kohlenstoffextraktion
2 Källby (120 000 EW)	Veolia Water Technology	Einsatz von Anammox MBBR zur Stickstoffelimination im Hauptstrom
3 Avedore (350 000 EW)	BIOFOS	Einsatz einer biologischen Methanisierung zur Umwandlung von CO ₂ in Methan
4 Braunschweig (325 000 EW)	Fraunhofer IPM	Einsatz von thermoelektrischen Generatoren zur Umwandlung der Blockheizkraftwerkswärme in Strom
5 Kirchbichl (100 000 EW)	Technische Universität Wien	Einsatz der Nitrifikation zur Stickstoffelimination im Seitenstrom
6 Altenrhein (120 000 EW)	EAWAG	Einsatz von Ammoniumstrippung zur Stickstoffelimination im Seitenstrom

Das Geheimnis: bisherige mit innovativen Technologien kombinieren

Um das neue Konzept zu realisieren, bedarf es auch weiteren Anpassungen der nachfolgenden Prozesse bei der Abwasserreinigung. Hier kommen die innovativen Ansätze des Projektes ins Spiel: Da nämlich mittels Filtertechnologie in der Vorreinigung bis zu 80 % kohlenstoffreicher Schlamm abgetrennt wird, fehlt für die nachfolgende biologische Reinigung zur Entfernung von Stickstoff möglicherweise genau dieser Kohlenstoff als Nahrung für die Bakterien.

Es gibt Mikroorganismen, die Stickstoffverbindungen ohne Verbrauch von organischem Kohlenstoff („autotroph“) abbauen können. Diese Anammox-Bakterien wandeln den teiloxidierten Stickstoff im Rohabwasser (Ammonium wird vorher zu 50 % in Nitrit umgesetzt) in gasförmigen Stickstoff (N₂) um. Bei diesem Prozess wird auch weniger Energie für die Belüftung benötigt als über die herkömmliche Nitrifikation-Denitrifikation.

Diese Technologie ist für die Behandlung des stickstoffreichen Prozesswassers nach der Faulung schon etabliert und wird im Rahmen des PowerStep-Projektes erst-

mals großtechnisch im Hauptstrom getestet, wo die Stickstoffkonzentration und auch die Temperatur deutlich niedriger liegt. Mehr Schlamm zur Klärschlammfäulung bedeutet aber auch stickstoffreiches Prozesswasser nach der Entwässerung des Schlammes. Hier wird versucht, innovative Konzepte der Prozesswasseraufbereitung zu implementieren. Es wird versucht, den Stickstoff einerseits durch Optimierungskonzepte der Prozesswasseraufbereitung zu entfernen und somit zur Energieoptimierung auf Kläranlagen beizutragen. Andererseits wird versucht, durch innovative Membranverfahren den entfernten Stickstoff als Stickstoffdünger (Wertstoff) zurückzugewinnen.

Die aus der Energietechnik bekannten Ansätze „power-to-gas“ mittels biologischer Methanisierung (**Bild 4**) und „heat-to-power“ durch den Einsatz von thermoelektrischen Generatoren werden in PowerStep getestet, um das Gesamtkonzept einer „energie-positiven“ Kläranlage zu realisieren. Gerade beim Einsatz von thermoelektrischen Generatoren wird der innovative Charakter des Projektes klar: Hier müssen nicht nur Fragen des Upscaling von Laborversuchen in den großtechnischen Maßstab, sondern auch zum großtechnischen Bau solcher Elemente beantwortet werden.

Aber wann bzw. wie viel der produzierten Energie soll letztlich ins Netz eingespeist werden, um auch wirtschaftlich den besten Nutzen daraus zu ziehen? Diese Frage stellen sich immer mehr Betreiber im komplexen Energiemarkt, der durch die großen Schwankungen bei den Einspeisetarifen ein gezieltes Energiemanagement notwendig macht. Auch diese Frage soll im Projekt mithilfe eines professionellen Partners aus der Energiewirtschaft beantwortet werden, indem man verschiedene Regel- und Vermarktungsstrategien entwickelt und an einer großtechnischen Anlage auch im realen Betrieb testet.

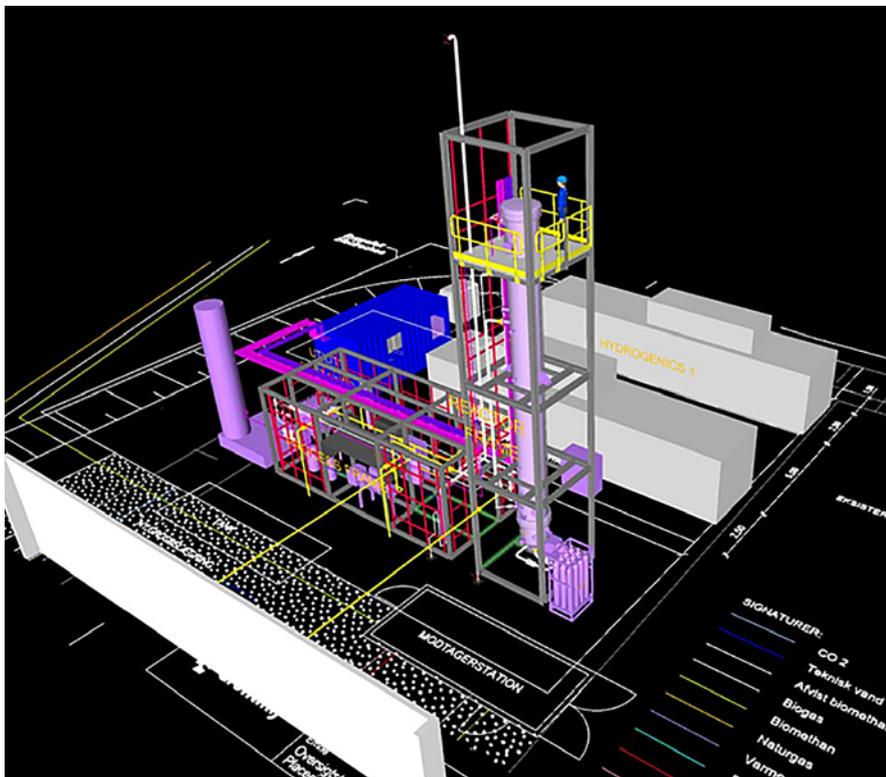


Bild 4: 3D-Modell der Biogasaufbereitung auf einer 350.000 EW Anlage in Dänemark © Kompetenzzentrum Wasser Berlin gGmbH



Bild 5: Die PowerStep-Beteiligten beim Kick-off Meeting © Kompetenzzentrum Wasser Berlin gGmbH

Funktioniert das Konzept auch in der Praxis?

Die Frage der praktischen Umsetzung werden möglicherweise Skeptiker und Konservative der Branche stellen. Europaweit einzigartig ist nämlich gerade auch

die Prüfung dieses Konzeptes anhand von realen Fallstudien („Case Studies“) in Form großtechnischer Demonstrationsanlagen auf sechs Kläranlagen Europas. Hier werden die verschiedenen Technologien getestet, die für die Umsetzung des PowerStep-Konzeptes notwendig sind. Dabei wird überprüft, ob diese großtechnisch auch das halten, was sie wissenschaftlich oder im Pilotmaßstab versprochen haben. **Tabelle 1** gibt einen Überblick über die Anlagen und die Implementierung der Technologien im Großmaßstab sowie die verantwortlichen Projektpartner.

Welchen ökologischen und ökonomischen Vorteil bringt die Kläranlage der Zukunft?

Aber nicht nur die technische Realisierung der neuen Konzepte soll in PowerStep gezeigt werden, sondern auch deren ökologische und ökonomische Bewertung. Das Konzept der „energie-positiven“ Kläranlage bliebe nur ein Konzept, wenn es wirtschaftlich nicht konkurrenzfähig wäre. Mittels umfassender Ökobilanzen (Life-Circle-Assessment) und wirtschaftlichen Berechnungen soll bewiesen werden, dass die Umsetzungen leistbar sind und auch klimarelevante Vorteile mit sich bringen, ohne die Grundaufgabe der Abwasserreinigung negativ zu beeinflussen.

„100 Jahre konventionelle Abwasserreinigung ist genug“, sagen schon heute Visionäre wie der bekannte Professor Willy Verstraete aus Gent. Das Projekt PowerStep soll einen neuen Meilenstein in der Abwassertechnik legen, um in Zukunft nicht mehr von „wastewater treatment plants“, sondern von „resource recovery plants“ zu sprechen.

Danksagung

PowerStep is an innovation action project supported by the European Union under the Horizon 2020 Framework Programme (Contract no. 641661, Duration: 1/07/15 – 30/06/18)

Literatur

- [1] Europäische Kommission: State of the Energy Union 2015.
- [2] *Seibert-Erling, G.*: Energiewende bringt Licht- und Schatten für Kläranlagen (Teil 1). Wasserwirtschaft, Wassertechnik (wwt), 10/2015, S. 27–31.

- [3] DWA: 25th Benchmarking of German wastewater treatment plants, 2013.
- [4] *Geiss, P.*: Vom Kraftwerk zum Klärkraftwerk – Maschinen- und steuerungstechnische Modernisierung optimiert Kläranlagenbetrieb und Energiebilanz. Wasserwirtschaft, Wassertechnik (wwt), 3/2015, S. 31–33.
- [5] *Heidrich, E. S.* et al.: Determination of the Internal Chemical Energy of Wastewater. Environmental Science & Technology 45 (2010) (2), p. 827–832.
- [6] *Remy, C.; Boulestreau, M. and Lesjean, B.*: Proof of concept for a new energy-positive wastewater treatment scheme. Water Science and Technology 70 (2014) (10), p. 1709–1716.

Ausbildung:

- 12/2013: Promotion an der Universität für Bodenkultur Wien (BOKU) mit dem Thema „MESH- Ein alternatives Abwasserreinigungsverfahren“
- 06/2005: Diplom im Bereich Wasserwirtschaft und Umwelt an der Universität für Bodenkultur Wien (BOKU)
- 09/2000: Diplom im Bereich Energie- und Umweltmanagement an den Fachhochschulstudiengängen PINKAFELD



Dr. Christian Loderer
© Kompetenzzentrum
Wasser Berlin gGmbH

Beruflicher Werdegang:

- Seit 09/2015: Projektleiter des EU-Projektes POWERSTEP am Kompetenzzentrum Wasser Berlin gGmbH
- 02/2014: Vertriebsingenieur bei der Firma Aquaconsult Anlagenbau GmbH
- 07/2006: Wissenschaftlicher Mitarbeiter und Projektleiter in der Gruppe Abwasser am Institut für Umweltbiotechnologie des IFA Tulln
- 06/2005: Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Siedlungswasserbau, Industriebewirtschaftung und Gewässerschutz (SIG) auf der Universität für Bodenkultur Wien (BOKU)

Weitere Tätigkeiten:

- Mitglied des Global Steering Committees der IWA-YWP (Westeuropa Vertreter)
- Mitglied des Vorstands des IWA Nationalkomitees Österreich
- Mitglied des Präsidiums der IWA-YWP Austria
- Mitglied des ÖWAV Ausschusses „Technologieplattform“

Forschungsschwerpunkte:

- Biologische Abwasserreinigung in Belebungsanlagen;
- Membranbelebungsanlagen als Abwasserreinigungstechnologie;
- Alternative Filtrationstechnologien in der biologischen Abwasserreinigung;
- Belüftungstechnik;

Kontakt:

Dr. Christian Loderer
Projektmanager „POWERSTEP“, www.PowerStep.eu
Kompetenzzentrum Wasser Berlin gGmbH
D-10709 Berlin
Tel: (030) 53653-806, Christian.loderer@kompetenz-wasser.de

„This project has received funding from the European Union’s Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 641661“



Ein Projekt mit Leuchtturm-Charakter

Interview mit Prof. Dr.-Ing. Jörg Krampe und Marc Böhler

Stickstoffelimination im Seitenstrom – damit beschäftigen sich aktuell zwei Fallstudien im Rahmen von PowerStep: Prof. Dr.-Ing. Jörg Krampe (Vorstand des Forschungsbereiches Wassergütwirtschaft des Instituts für Wassergüte, Ressourcenmanagement und Abfallwirtschaft der Technischen Universität Wien) arbeitet dazu an der Case Study 5 in Zusammenarbeit mit dem Abwasserverband Wörgl-Kirchbichl an der Kläranlage Kirchbichl in Österreich (100 000 EW); Auf der Kläranlage Altenrhein in der Schweiz (120 000 EW) ist Marc Böhler (Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz, Eawag) zusammen mit dem Abwasserverband Altenrhein für die Case Study 6 verantwortlich. Im Interview mit gwf-Wasser | Abwasser sprechen **Prof. Dr.-Ing. Jörg Krampe** und **Marc Böhler** über ihre Hintergründe, Aussichten und Ziele.

Können Sie uns bitte etwas zur Entstehung Ihres Forschungs- und Demonstrationsvorhabens im PowerStep erzählen? Wie kam es zu dazu?

Marc Böhler: Wir arbeiten am Thema der Rückgewinnung von Stickstoff aus Prozessabwässern der Schlammbehandlung seit etwa fünf Jahren. In den vergangenen drei

Jahren haben wir uns auch in halbertechnischen Versuchen mit der Stickstoffrückgewinnung mittels Membranen beschäftigt und hier einige Grundlagen erarbeitet, welche auch auf internationalen Konferenzen vorgetragen wurden. Schließlich interessierte sich hierfür auch das Kompetenzzentrum Wasser Berlin (KWB) bzw. generell für die Arbeiten an der Eawag und bei einem Besuch fand ein Informationsaustausch der zwei Institutionen statt. Die Idee der erhöhten Kohlenstoffausschleusung ist nur realisierbar, wenn man weiß, was man mit dem Stickstoff macht. Ohne Lösung dieses Aspektes können Kläranlagen nicht mehr Energie aus dem Abwasser bzw. Klärschlamm produzieren. Die wichtigste Aufgabe der kommunalen Kläranlagen ist jedoch weiterhin die Nährstoffelimination zum Schutz der Gewässer.

„Die Idee der erhöhten Kohlenstoffausschleusung ist nur realisierbar, wenn man weiß, was man mit dem Stickstoff macht.“

dieses Verfahren bzw. das Wissen darum weite Verbreitung erfahren. Die sichere und notwendige Elimination des Stickstoffes ist ein zentraler Punkt des Projekts PowerStep.

Welche Ziele verfolgen Sie durch Ihre Arbeit?

Marc Böhler: Da eine Kläranlage Interesse zur volltechnischen Realisierung des Verfahrens zeigte, dachten wir, dass dies

genau in das PowerStep-Projekt passt. So können wir in optimaler Weise die Kläranlage unterstützen und unsere Erfahrungen und unser Wissen in diese erste große Anwendung einfließen lassen. Das Projekt könnte für sehr viele Kläranlagen Leuchtturm-Charakter haben. Durch die internationale Verknüpfung des PowerStep-Projekts kann

Wie sind die einzelnen Rollen der Akteure bei ihrem Forschungsvorhaben verteilt und warum?
Marc Böhler: Zur Realisierung neuer und innovativer Technologien bedarf es motivierter Kläranlagen, welche durch Ingenieurbüros betreut werden, um diese neuen Wege zu beschreiten. Diese müssen bereit sein, Risiken für eine neue Technologie zu tragen, auch finanziell. Auch braucht es Anlagenbauer, die eine neue Technologie erst entwickeln und dann vertreiben wollen. Das erfordert am Anfang hohes finanzielles Engagement. Ingenieurbüros braucht es, um diese Technologien spezifisch in die Kläranlagen zu integrieren. Zudem braucht es den wissenschaftlichen Input, um die Ideen zu verfeinern und mit höherem Prozessverständnis erst effizient zu machen, aber auch zum Wissenstransfer.



Nachklärbecken einer Kläranlage © Kurt Michel / pixelio.de



© Dieter Schütz / pixelio.de

Nur eine gute Idee oder Ansatz reicht nicht. Es braucht alle Partner, um eine innovative Lösung marktreif und umsetzbar zu machen. Die Schnittmenge aller beteiligten Partner ergibt die erfolgreiche und nachhaltige Umsetzung der technischen Idee. Dies kann in der Case Study 6 gezeigt werden.

Was hat Sie persönlich motiviert, am Projekt „PowerStep“ mitzuarbeiten?

Prof. Dr.-Ing. Jörg Krampe: Das sind mehrere Aspekte. Das Thema „Energetische und betriebliche Optimierung von Kläranlagen“ zum einen hat am Institut für Wassergüte, Ressourcenmanagement und Abfallwirtschaft der TU Wien eine lange Tradition. Durch die enge Zusammenarbeit mit den österreichischen Abwasserverbänden konnte viel von diesem wissenschaftlichen Know-how bereits in die Praxis umgesetzt werden. Das Interesse war daher sehr groß, nicht nur um die eigenen energiesparenden Konzepte weiter zu entwickeln und in der Praxis zu überprüfen, sondern auch wegen der Möglichkeit, im Projektkonsortium andere Technologien/Konzepte näher zu betrachten.

Den zweiten Aspekt bildet die umfassende Betrachtung des komplexen Systems „Kläranlage“, welche die Erarbeitung von betrieblichen und energetischen

Optimierungskonzepten erfordert. Dieser Ansatz wird am Institut methodisch durch die Anwendung von Massenbilanzen sowie von dynamischen Simulationsmodellen unterstützt. Somit kann die Wirkung von einzelnen Optimierungsmaßnahmen auf das Gesamtsystem und nicht nur in den betroffenen Behandlungsschritten bewertet werden.

Der dritte Anreiz ist die großtechnische Umsetzung in die Praxis. Unser Institut verfügt über ein fundiertes Know-how und langjährige Erfahrung im Bereich der Stickstoffentfernung im Haupt- und Seitenstrom, die in den vergangenen Jahren durch wissenschaftliche Studien im Labor- und im Pilotmaßstab weitergeführt werden konnten. Die Möglichkeit, die Eignung und das erzielbare Ein-

sparpotenzial einer auf theoretischen Überlegungen basierenden Technologie in großtechnischem Maßstab zu untersuchen, hat mich sehr interessiert.

Ihr Aufgabengebiet im Projekt, Herr Professor Dr.-Ing. Krampe, ist die Thematik der „Stickstoffelimination im Seitenstrom“. Welche Möglichkeiten gibt es hier und welche Vorteile bieten Ihre Ansätze gegenüber den bisherigen?

Prof. Dr.-Ing. Jörg Krampe: Das Prozesswasser, das bei der Entwässerung anaerob stabilisierter Klärschlämme anfällt, ist reich an Ammonium (NH_4) und wird bei einstufigen Kläranlagen meistens in den Hauptstrom zur Behandlung zurückgeführt. Die darin enthaltene N-Fracht entspricht 15–20% der N-Fracht im Zulauf zur Kläranlage und verursacht im Belebungsbecken einen höheren Belüftungsbedarf.

Auf zweistufigen Kläranlagen, die hinsichtlich des Energiegewinns aus dem Faulgas Vorteile gegenüber konventionellen einstufigen Konfigurationen haben, wird dieser Seitenstrom zur Steigerung der Stickstoffentfernung auf der Kläranlage oftmals schon heute getrennt behandelt. Dazu werden verschiedene biologische sowie chemisch/physikalische Verfahren eingesetzt, die bisher jedoch noch nicht für das Gesamtsystem optimiert wurden. Wird das NH_4 im Seitenstrom mit geringerem Energieaufwand (günstigerer α -Wert als im Hauptstrom 1. Stufe) zu Nitrit (NO_2) oxidiert und dann in der ersten Belebungsstufe für den Abbau von organischen Kohlenstoffverbindungen unter anoxischen Bedingungen verwendet, lässt sich selbst gegenüber dem Deammonifikationsprozess eine Energieeinsparung erzielen. Außerdem ist zu erwarten, dass durch die reduzierte aerobe CSB-Atmung in der 1. Stufe mehr CSB in die Faulung zur Umwandlung in Methan verfrachtet wird.

„Alle biologischen Verfahren zur Elimination von Stickstoff via Nitrifikation/Denitrifikation gehen einher mit der Produktion des klimaschädlichen Lachgases N_2O .“

Zuletzt hat die Nitritation (Umwandlung von NH_4 zu NO_2) gegenüber der Deammonifikation betriebliche Vorteile hinsichtlich der Einfahrphase und Prozessstabilität.

Herr Böhler, auch Sie beschäftigen sich mit der Thematik der „Stickstoffelimination im Seitenstrom“ der Kläranlage?

Marc Böhler: Alle biologischen Verfahren zur Elimination von Stickstoff via Nitrifikation/Denitrifikation gehen einher mit der Produktion des klimaschädlichen Lachgases N₂O. Bei einem chemisch/physikalischen Prozess entfällt dieser Aspekt völlig.

Die Denitrifikation via Anammox-Prozesses wird heute schon gut beherrscht, dennoch treten immer noch große Betriebsprobleme auf mit zum Teil großen zeitlichen Ausfällen der Leistungsfähigkeit des Verfahrens. Anammox-Bakterien sind

sehr anfällig für Betriebsschwankungen und die Wiedererreichung der Leistungsfähigkeit eines Reaktors kann sehr aufwendig sein – sowohl zeitlich, da die Wachstumsgeschwindigkeit gering ist, als auch wirtschaftlich, da Animpf-Schlamm teuer ist. Das vorgestellte Verfahren funktioniert auf Knopfdruck bei entsprechender Betriebsführung. Alle Fragen der sicheren Betriebsweise sind aber noch nicht alle beantwortet.

Generell verhilft die Stickstoffbewirtschaftung im Nebenstrom zu einer Schonung der Ausbaureserve der Kläranlage und ein Ausbau kann erheblich zeitlich verzögert werden.

Energetisch ist Anammox sicher günstiger, aber die Produktion eines Flüssigdüngers für die Landwirtschaft ist nachgefragt und langfristig nachhaltiger.

Herr Professor Dr.-Ing. Krampe, die großtechnischen Versuche zur Umsetzung Ihrer Ansätze werden auf der Kläranlage Kirchbichl (Tirol) durchgeführt. Wie gehen Sie vor und was sind bei Großversuchen die größten Herausforderungen?

Prof. Dr.-Ing. Jörg Krampe: Eine der größten Herausforderungen stellt die zeitliche Schwankung der Abwassereigenschaften und folglich der Betriebsbedingungen dar. Anders als in einem Laborreaktor können auf realen Kläranlagen die Rahmenbedingungen für den untersuchten Prozess nicht beliebig eingestellt und konstant gehalten werden. Aber gerade diese schwankenden Betriebsbedingungen sind für die Bewertung der Anwendbarkeit eines Verfahrens in der Praxis sowie für die Optimierung der Regelungstechnik sehr wichtig. Daher ist ein angepasstes Probenahme-Programm und die solide Bilanzierung über ausreichend lange Zeiträume im Großversuch besonders wichtig, um eine neue Technologie zuverlässig bewerten zu können.

Herr Böhler, Ihre großtechnischen Forschungsfragen in diesem Projekt werden auf der Kläranlage Altenrhein (Kanton St. Gallen) durchgeführt – warum haben Sie diese Anlage gewählt?

Marc Böhler: Die ARA Altenrhein hat eine überregionale Verantwortung bzw. Aufgabe die anfallenden Klärschlämme zu entsorgen. Etwa zwei Drittel des Schlammes und die hieraus resultierende Stickstoffrückbelastung in die Hauptstufe (Biologie) resultieren aus angelieferten Schlämmen anderer ARA. Für einen sicheren und stabilen Betrieb der Hauptstufe (Nitrifikation) ist eine Entlastung und Vergleichmäßigung der Stickstofffracht günstig. Dies vor dem Hintergrund der kommenden vierten Reinigungsstufe als Ozonungsanlage für die Elimination der Spurenstoffe. Nitritbildung in der Hauptstufe ist zwingend zu minimieren bei der Ozonung, sodass die interne Rückbelastung verringert und vergleich-

Ausbildung:

- 06/2001: Promotion an der Fakultät für Bau- und Umweltwissenschaften der Universität Stuttgart mit dem Thema „Das SBR-Membranbelebungsverfahren“
- 05/1997: Diplom im Bereich Bauingenieurwesen mit der Vertiefungsrichtung Umwelttechnik an der Universität Hannover

Beruflicher Werdegang:

- Seit 08/2013: Professor für Wassergütwirtschaft an der TU Wien
- Seit 08/2009: Adjunct Associate Professor, School of Civil, Environmental and Mining Engineering, University of Adelaide
- 10/2008: Principal Wastewater Treatment Engineer, SA Water Corporation, Adelaide
- 04/2004: Leiter der Abteilung Abwassertechnik am Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft (ISWA) der Universität Stuttgart
- 04/2000: Stellvertretender Leiter der Abteilung Abwassertechnik am ISWA
- 11/1997 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am ISWA / Abteilung Abwassertechnik

Weitere Tätigkeiten:

- Mitglied des Vorstands des ÖWAV
- Mitglied des ÖWAV Leitungsausschuss Abwassertechnik und Gewässerschutz
- Betreuer der ÖWAV Sonder-Nachbarschaft Großkläranlagen

Forschungsschwerpunkte:

- Weitergehende Abwasserreinigung zur Desinfektion und zur Eliminierung organischer Spurenstoffe;
- Mikro- und Ultrafiltration in Membranbelebungsanlagen und als dritte Reinigungsstufe;
- Biologische Abwasserreinigung in Belebungsanlagen und Tropfkörpern;
- Energieverbrauch und -produktion auf Kläranlagen;
- Belüftungstechnik;
- Nährstoffrecycling aus Abwasser

Kontakt:

Prof. Dr.-Ing. Jörg Krampe, Technische Universität Wien
 Institut für Wassergüte, Ressourcenmanagement und Abfallwirtschaft,
 Karlsplatz 13/226, 1040 Wien, Österreich



Prof. Dr.-Ing. Jörg Krampe
 © Kompetenzzentrum
 Wasser Berlin gGmbH

mäßig sein sollte. Daher ist eine Entlastung via Recycling des Stickstoffes sinnvoll. Zudem ist das Verfahren nachhaltig, da sich immer mehr Stickstoff auf unserem Planeten anreichert.

Die Stickstoffentfernung auf Kläranlagen wird immer wieder mit dem Thema Treibhausgasproblematik in Verbindung gebracht. Wie gehen Sie mit diesem Problem um?

Prof. Dr.-Ing. Jörg Krampe: Wir haben uns in den vergangenen vier Jahren mit dem Thema der Treibhausgasemissionen und im speziellen Fall der Lachgasemissionen aus Kläranlagen intensiv befasst. Im Rahmen des Projekts ReLaKO (siehe dazu auch www.bmlfuw.gv.at/publikationen/wasser/abwasser) konnten wir feststellen, dass Lachgas im Belebungsbecken als Nebenprodukt der



© Mensi / pixelio.de

„Eine gut betriebene Denitrifikation stellt eine Lachgas-Senke dar.“

Nitrifikation gebildet wird, besonders wenn ammoniumoxidierende Bakterien hohe Umsatzraten erreichen. Eine gut

betriebene Denitrifikation stellt hingegen eher eine Lachgas-Senke dar.

Die Stickstoffentfernung im Seitenstrom kann durch die daraus resultierende Stickstoffentlastung und das niedrigere N/CSB-Verhältnis im Hauptstrom einen bedeutenden Beitrag zur Reduktion der Lachgasemissionen aus dem Belebungsbecken leisten. Im Bereich der Nitrifikation im Seitenstrom lässt sich jedoch als Folge der hohen Kon-

zentrationen an NH_4 und NO_2 eine Intensivierung der Lachgasproduktion erwarten. Messungen auf der Kläranlage Kirchbichl werden zeigen, in wie weit die erwartete Mehremission im Seitenstrom durch die Reduktion im Hauptstrom kompensiert wird.

Sehr geehrter Herr Professor Krampe, sehr geehrter Herr Böhler – Danke für das Interview.

Marc Böhler – Gruppenleiter „Praxisanwendung und Entwicklung“

„Wir beschäftigen uns mit praxisrelevanten Anwendungen und Entwicklungen von Technologien und Verfahren im Bereich der Abwasser- und Schlammbehandlung. Neben der Optimierung der Nährstoffelimination und Nutzung der Ressource Klärschlamm stehen zunehmend auch Projekte sowohl zur Nährstoffrückgewinnung als auch zur zukünftig umzusetzenden Spurenstoffelimination auf kommunalen Kläranlagen der Schweiz im Mittelpunkt. Im Fokus stehen Fragen zur volltechnischen Machbarkeit und Implementierung neuer Prozesse und Verfahrensoptionen auf Abwasserreinigungsanlagen als auch Teststellungen im halbertechnischen Maßstab.“

Wir pflegen eine enge Partnerschaft mit hiesigen Kläranlagen und kooperieren in den Projekten mit Akteuren der Wasserwirtschaft wie kantonalen Fachstellen, Anlagenausrüstern, Ingenieurbüros und Fachverbänden. Als nationales Forschungszentrum nehmen wir auch eine beratende Funktion ein.

Ein hoher Wissenstransfer ist uns in Form von VSA/DWA/IWA-Veranstaltungen und Eawag-Peak-Kursen sehr wichtig. Oftmals werden die Praxisprojekte mit Unterstützung der Umwelttechnologieförderung des Bundes oder der Kommission für Technologie und Innovation (KTI) oder im Rahmen von EU-Projekten durchgeführt. Aktive Durchführung aber auch Beratung in abwasserrelevanten Projekten mit hohem Innovationsgehalt sowie wissenschaftlichen Fragestellungen gehören zu unseren Aufgaben.“

Kontakt:

Marc Böhler, Eawag, Postfach 611, CH-8600 Dübendorf
marc.boehler@eawag.ch, Tel: +41 58 765 5379



Marc Böhler
 © Kompetenzzentrum Wasser Berlin gGmbH