

Aus Urin wird Flüssigdünger

18. März 2015 | Andres Jordi
Themen: Abwasser | Wasser & Entwicklung

Ein neuartiges Recyclingverfahren gewinnt aus Urin wertvolle Nährstoffe zurück, die sich als Dünger verkaufen lassen. Das schont natürliche Ressourcen, entlastet Kläranlagen und macht Sanitärsysteme in Entwicklungsländern wirtschaftlich attraktiver. Drei Anlagen sind schon in Betrieb: eine an der Eawag in Dübendorf und zwei in der südafrikanischen Stadt Durban.

Eine Chili-Pflanze mit zahlreichen leuchtend orangen Schoten gedeiht in einem Büro der Eawag mitten im Zürcher Winter. Möglich macht dies eine Düngerlösung, welche die Eawag zusammen mit südafrikanischen Partnern entwickelt hat. Vuna bedeutet «Ernte» auf Zulu. Neben der Chili-Ernte als angenehmem Nebeneffekt steht dabei vor allem die Gewinnung von Nährstoffen aus Urin im Vordergrund. Deshalb heisst Vuna auch «Verwertung von Urin-Nährstoffen in Afrika». Die Idee dahinter: den Urin nicht wie bisher vielerorts mit Wasser in die Kanalisation zu spülen, sondern getrennt zu sammeln und zu einem wiederverwertbaren Produkt zu verarbeiten **[1]**.

Die Produktion von Dünger verbraucht viel Energie

Wassergespülte Toiletten brauchen viel (Trink-)Wasser und ein ausgedehntes Kanalisationsnetz zur Entsorgung des Abwassers. Fliesst das Abwasser in eine Kläranlage, muss es dort aufwändig gereinigt werden. Falls keine Kläranlage das Abwasser reinigt, verschmutzt es Seen, Flüsse, Meere oder das Grundwasser. Der Urin macht zwar nur zirka 1 Prozent des Abwassers aus, das in unsere Kläranlagen fliesst. Trotzdem ist er wegen seiner Nährstoffe für einen grossen Teil der Verschmutzung verantwortlich (Abb. 2). So stammen zum Beispiel 90 Prozent des Stickstoffs im Abwasser aus dem Urin. Die Umwandlung und die Entfernung des Stickstoffs machen in einer modernen Abwasserreinigungsanlage wiederum einen grossen Teil des Energieaufwands aus.

Auch die Herstellung von Dünger für die Landwirtschaft benötigt viel Energie und Ressourcen. So

verbraucht das Haber-Bosch-Verfahren zur Gewinnung von Stickstoff aus der Luft alleine mehr als 1 Prozent der gesamten weltweit produzierten Energie. Phosphor wird aus Phosphatgestein hergestellt. Die bekannten Vorräte dieses Gesteins sind in wenigen Ländern konzentriert. Dies kann in Zukunft zu hohen Preisschwankungen führen. Es besteht somit ein grosses Interesse, für Nährstoffe alternative Quellen anzuzapfen.

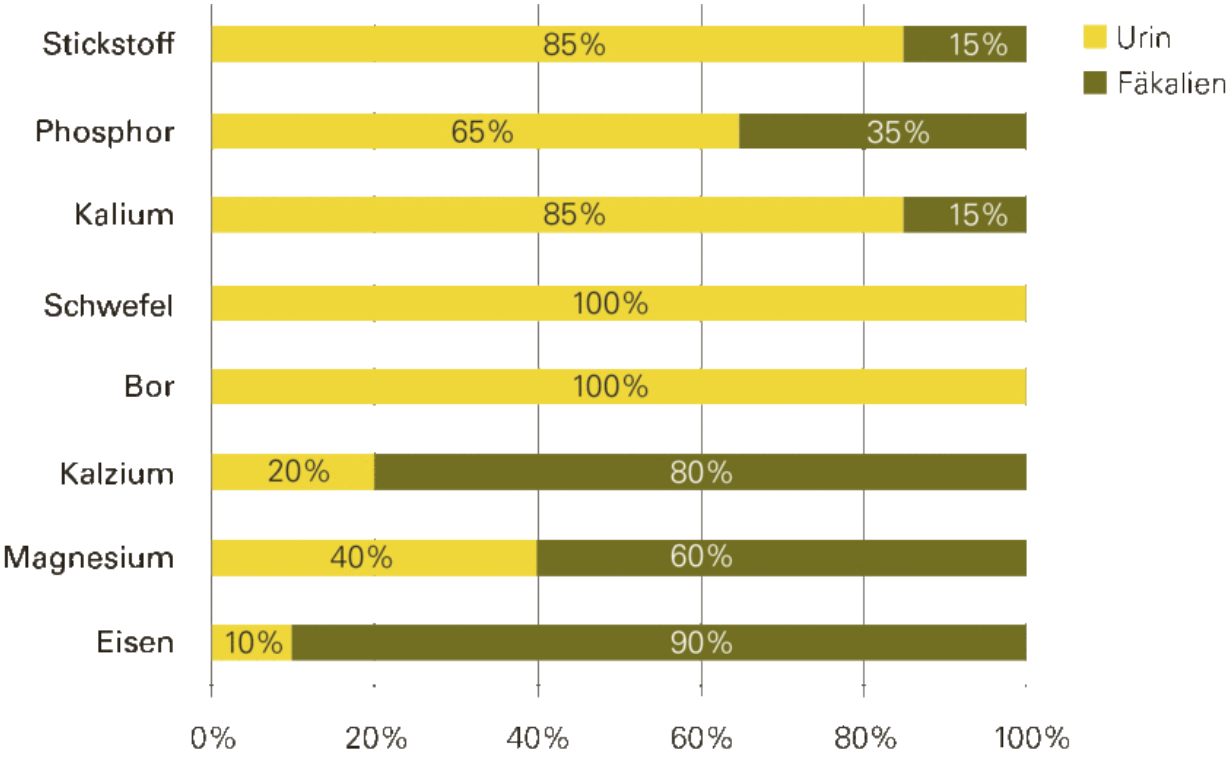


Abb. 2: Menschlicher Urin enthält viele Nährstoffe, die in Kläranlagen aufwändig beseitigt werden müssen

Wasser zum Trinken, nicht fürs Klo

Die getrennte Sammlung von Urin hilft, den Nährstoffkreislauf zu schliessen. Möglich machen das Trenn-WCs. In diesen wird der Urin durch eine Trennwand im Vorderteil der Schüssel abgeschieden und fliesst in eine separate Rohrleitung. Wenn die Toiletten dazu noch ohne Spülung funktionieren, lässt sich Wasser sparen – und eine Kanalisation erübrigt sich. In solchen Trockenklos können die festen Ausscheidungen direkt kompostiert oder getrocknet werden.

In Südafrika ist das System der Trockentoiletten mit Urintrennung auf besonderes Interesse gestossen. Die Verfassung verpflichtet dort die Gemeinden und Städte, Bewohnern ohne eigenes WC eine würdige Sanitärversorgung zu ermöglichen. Entstanden ist diese Politik nach der Apartheid. Die Stadtverwaltungen lancierten im ganzen Land Kampagnen, um Tausende von Haushalten mit Toiletten auszustatten. Gleichzeitig wurden viele Haushalte auch an die Wasserversorgung angeschlossen. Die Stadt Durban entschied, dass das knappe Wasser primär zum Trinken, Kochen und zur persönlichen Hygiene verwendet werden sollte und installierte Trockentoiletten mit Urintrennung. Klos mit Spülung würden Durbans Wasserressourcen zu stark strapazieren. Zudem hätte die Stadt ihr Kanalisationssystem um viele Kilometer erweitern und ihre Abwasserreinigungsanlagen mit neuen Klärbecken ausrüsten müssen. Die starke Zuwanderung aus den ländlichen Gebieten belastet die

Überlandstrasse 133
CH-8600 Dübendorf
T +41 58 765 55 11
F +41 58 765 50 28
info@eawag.ch
www.eawag.ch
eawag aquatic research

städtische Infrastruktur zusätzlich. So wohnen jährlich geschätzte 200'000 Einwohner mehr in Durban.

Durban installiert Trenntoiletten

Dank der Initiative der Stadtverwaltung haben seit 2003 rund 90'000 Haushalte in den Vororten Durbans Trockenklos bekommen. Die neuen Toiletten funktionieren ohne Spülung und sparen viel Wasser [2]. Und sie trennen Fäkalien und Urin, damit diese weiterverwertet werden können. Auf der Suche nach Möglichkeiten zur Behandlung von Urin kontaktierte Durban die Eawag [3]. Denn das Wasserforschungsinstitut befasst sich schon seit längerer Zeit mit der separaten Urinbehandlung. So installierte es 2005 beim Bau des neuen Hauptgebäudes «Forum Chriesbach» in Dübendorf Trenntoiletten. Diese leiten den Urin in Lagertanks im Untergeschoss. Die Feststoffe werden hingegen wie bei einer herkömmlichen Toilette mit dem Spülwasser in die Kanalisation geleitet (Abb. 3).

Überlandstrasse 133
CH-8600 Dübendorf
T +41 58 765 55 11
F +41 58 765 50 28
info@eawag.ch
www.eawag.ch



Überlandstrasse 133
CH-8600 Dübendorf

T +41 58 765 55 11
F +41 58 765 50 28

info@eawag.ch
www.eawag.ch

eawag
aquatic research



Abb. 3: Trenntoilette und separate Tanks für Frauen- und Männerurin im Forum Chriesbach. Foto: Ruedi Keller

Aus der Anfrage aus Durban ist Vuna entstanden: ein Gemeinschaftsprojekt der Eawag, Durbans Stadtverwaltung (eThekwini Municipality), der Universität von KwaZulu-Natal sowie der beiden ETHs Zürich und Lausanne. 2010 sicherte die Bill-und-Melinda-Gates-Stiftung die Finanzierung. Anfang 2015 wird Vuna nun abgeschlossen. Das Projekt bot ideale Bedingungen, die Umsetzung des Toilettenbaus in Durban mit der Forschungserfahrung der Eawag und ihrer Partner in Sachen Urintrennung und -aufbereitung zu kombinieren. Vuna hat zum ersten Mal das gesamte System der Nährstoffrückgewinnung – von der Urinsammlung bis zum fertigen Düngerprodukt – unter die Lupe genommen. In Durban begann die Stadt einen Sammelservice für den Urin der Trenntoiletten aufzubauen (Abb. 4; siehe Kasten) [4].



Abb. 4: Mitarbeiter von Durbans Wasserversorgung auf Urinsammeltour.
Foto: Maximilian Grau

Bakterien stabilisieren den Urin

Um den separat gesammelten Urin aufzubereiten und die Nährstoffe in geeigneter Form zurückzugewinnen, haben schon verschiedene Forschungslabors Verfahren entwickelt. Allerdings war die Nährstoffrückgewinnung aus Urin ausserhalb der Labors kaum bekannt, geschweige denn in grösserem Massstab erprobt. Ziel der Laborverfahren war bis anhin, gezielt einzelne Nährstoffe aus dem Urin zu gewinnen. Das Projekt in Durban gab den Anlass, auch für den im Eawag-Hauptgebäude gesammelten Urin eine Verwertung jenseits von Laborexperimenten zu suchen. Statt einzelne Nährstoffe aus dem Urin zurückzugewinnen, entwickelten wir ein neues Verfahren: das Wasser im Urin von den Nährstoffen zu trennen. Zurück bleiben alle Nährstoffe in einer konzentrierten Lösung.

Die Herstellung von Dünger funktioniert in zwei Schritten. Zuerst wandeln Bakterien die Hälfte des Stickstoffs, der im Urin als Ammonium vorliegt, in Nitrat um. Diesen Nitrifikation genannten Prozess wenden auch Abwasserreinigungsanlagen an. Im zweiten Schritt wird die Flüssigkeit verdampft, um alle Nährstoffe in einer Lösung einzudicken. Die teilweise Nitrifikation reicht, um den Stickstoff zu stabilisieren. Ohne diese würde sich der Stickstoff während der Zwischenlagerung und Verdampfung in Form von Ammoniakgas verflüchtigen. Auch verliert der Urin durch die Stabilisierung seinen penetranten Geruch [5].

Im Untergeschoss des Forums Chriesbach bereiten wir auf diese Weise den Urin der Eawag-Mitarbeitenden auf. Zwei transparente Kunststoffbehälter beherbergen dort die Bakterien, die für den Nitrifikationsprozess zuständig sind (Abb. 1). In den Behältern bieten schwebende Kunststoffteilchen den Bakterien ein Substrat, das sie besiedeln können. Druckluft versorgt die Bakterien mit Sauerstoff und durchmischt gleichzeitig den Urin im Behälter. Anschliessend fliesst der stabilisierte Urin in einen Verdampfer. Dieser trennt rund 97 Prozent des Urinvolumens als destilliertes Wasser ab, das wieder zurück in die Toilettenspülung fliesst. In den restlichen 3 Prozent Wasser sind alle Nährstoffe enthalten. Aus 1000 Litern Urin sind 30 Liter eines hochkonzentrierten Flüssigdüngers entstanden [6].

Erste Praxistests bestanden

In ersten Tests hat sich der Urindünger bereits bewährt. Im Vergleich zu synthetischen Produkten schnitt er sehr gut ab (Abb. 5a) [7]. Er enthält alle für das Pflanzenwachstum nötigen Substanzen: neben den wichtigsten Nährstoffen – Stickstoff, Phosphor und Kalium – zahlreiche Spurenelemente wie Eisen, Zink oder Bor, die wesentlich zum guten Gedeihen einer Pflanze beitragen (Abb. 5b). Schwermetalle kommen dagegen kaum vor. Im Urin vorkommende Bakterien werden während der Nitrifikation abgetötet [8]. Zudem wird das Vuna-Produkt während der Destillation pasteurisiert. Dadurch werden alle Viren abgetötet, welche die Nitrifikation überlebt haben.

Eine Herausforderung gilt es allerdings noch zu meistern: Arzneimittelrückstände. Je nach Herkunft des Urins und Verwendungszweck des Düngers wird es notwendig sein, einen weiteren Verfahrensschritt hinzuzufügen, um diese zu entfernen. Im Labor haben wir Arzneimittelrückstände bereits erfolgreich mit Aktivkohle entfernt. Nun werden wir das Verfahren auch noch in der Pilotanlage testen.

Überlandstrasse 133
CH-8600 Dübendorf
T +41 58 765 55 11
F +41 58 765 50 28
info@eawag.ch
www.eawag.ch
eawag aquatic research

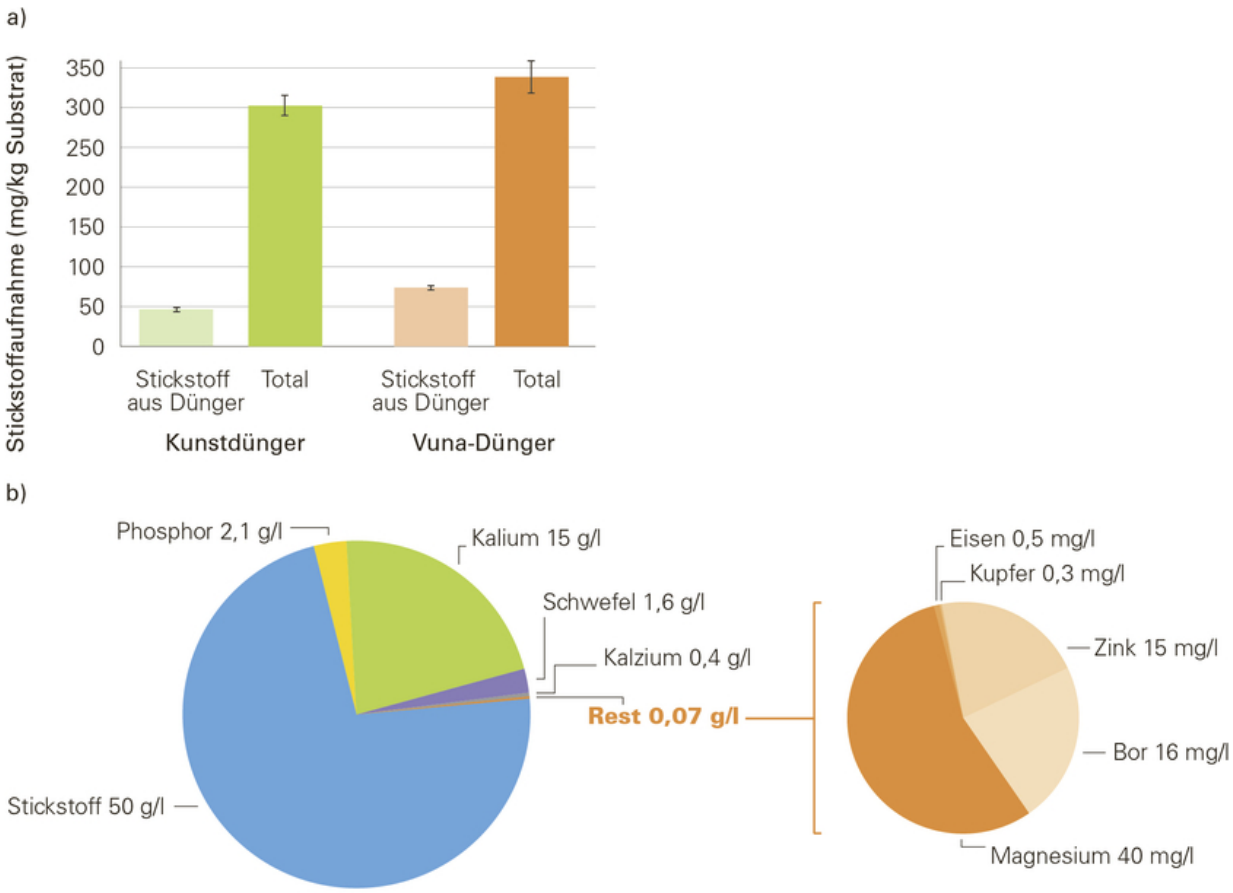


Abb. 5 (a) Düngervergleich: Versuchspflanzen nehmen den Stickstoff aus dem Vuna-Dünger ebenso gut auf wie aus synthetischem Dünger. (b) Zusammensetzung der im Forum Chriesbach produzierten Düngerlösung.

Produktion von Urindünger bald im grossen Massstab?

Aufgrund der Erfahrungen an der Eawag wurden inzwischen auch in Durban zwei Pilotanlagen zur Produktion von Urindünger gebaut (Abb. 6): eine auf einem Testgelände in Newlands-Mashu und eine zweite im Hauptgebäude der städtischen Wasserbehörde. Die Anlage in Newlands-Mashu behandelt den Urin, den die Stadt versuchsweise in 700 Haushalten mit Trenntoiletten sammelt. Um noch mehr Haushalte einbinden zu können, plant die Stadt zudem eine grössere Anlage. Auch in der Schweiz ist eine Urinaufbereitung im grösseren Stil ein Thema. Die Eawag plant, die Anlagen mit Industriepartnern in Serie herzustellen. Die ersten Anfragen sind bereits eingetroffen. Zuerst gilt es aber noch, die Steuerautomatik zu verbessern, damit der Prozess möglichst ohne menschliches Zutun funktioniert.

Das Vuna-Projekt zeigt einen viel versprechenden Weg, aus dem Abfallprodukt Urin einen Wertstoff zu machen. Eingebunden in ein Sanitärsystem, das von der Sammlung über die Urinaufbereitung bis zum Düngerverkauf reicht, lassen sich damit nicht nur natürliche Ressourcen schonen. Das Konzept ermöglicht auch neue Erwerbszweige und stimuliert lokales Unternehmertum. Dies wiederum gibt Anreize für ein erschwingliches und funktionierendes Entsorgungssystem und liefert einen Beitrag für eine verbesserte Siedlungshygiene.

Überlandstrasse 133
CH-8600 Dübendorf
T +41 58 765 55 11
F +41 58 765 50 28
info@eawag.ch
www.eawag.ch
eawag aquatic research

Die Urinseparierung eignet sich aber nicht nur für Trockensysteme wie in Durban. Sie bringt auch an Orten mit wassergespülten Toiletten, Kanalisationsnetzen und Abwasserreinigung Vorteile: Sie entlastet die Kläranlagen bei der Elimination von Nährstoffen aus dem Abwasser.



Abb. 6: Pilotanlage im Kundenzentrum von Durbans Wasserwerken.
Foto: Bastian Etter

Urinsammlung als Dienstleistung, Urindünger als Geschäft?

In einem Grossteil der Trenntoiletten in Durban versickert der Urin bis anhin im Boden. In einem Pilotversuch mit 700 Toiletten testet die Stadtverwaltung, wie sie den Urin effizient sammeln kann. Mit den Erkenntnissen aus dem Versuch will die Stadt die Urinsammlung später auf ihr gesamtes mit Trenntoiletten ausgerüstetes Gebiet ausdehnen. Damit beabsichtigt die Stadt, den Toilettenbesitzern nicht nur eine Dienstleistung zu bieten, sondern die Trennklos auch für die Benutzer attraktiver zu machen. Erhebungen in den letzten Jahren haben ergeben, dass die Mehrheit der Bevölkerung vor dem Versuch konventionelle Spültoiletten bevorzugt hatte [9]. Nachdem aber die ersten Toiletten in die Urinsammlung integriert wurden, stiegen die Benutzerzahlen und die Zufriedenheit der Benutzer. Die Bevölkerung begrüsst ein Sanitärkonzept zur Weiterverwendung des Urins.

Um aufzuzeigen, dass dieses nicht nur eine Lösung für die ärmeren Aussenbezirke von Durban ist, installierte die Stadt auch im Kundenzentrum der Wasserwerke Trenntoiletten und wasserlose Urinale. Sensibilisierungskampagnen erklären den Benutzern im ganzen Stadtgebiet die Vor- und Nachteile des neuartigen Systems und informieren sie über die erforderliche Wartung der Klos [10]. Ein ausgefeiltes Geschäftsmodell soll in Zukunft die gesamte Produktionskette abdecken: von der Urinsammlung über die Aufbereitung bis zum Düngerverkauf. Dünger aus einheimischer Produktion macht das Sanitärsystem wirtschaftlich interessant und bietet eine Alternative zu industriell hergestelltem Kunstdünger. In der Schweiz hat der Vuna-Flüssigdünger soeben den provisorischen Segen des Bundesamts für Landwirtschaft erhalten. Bis Anfang 2018 darf er nun als Blumen-, Rasen und Zierpflanzendünger verwendet werden, zu Versuchszwecken auch in landwirtschaftlichen Kulturen. Ob dann eine definitive Bewilligung folgt, hängt von den weiteren Forschungsresultaten ab. Insbesondere muss nachgewiesen werden, dass mit dem Dünger

keine bedenklichen Mikroverunreinigungen, etwa Antibiotika, in die Umwelt gelangen.



Literaturangaben

[1] Etter B., Udert K. M., Gounden T. (2014): VUNA – Scaling up nutrient recovery from urine. Technology for development international conference, ETH Lausanne [2] Gounden T., Pfaff B., Macleod N., Buckley C. (2006): Provision of free sustainable basic sanitation: the Durban experience. 32nd WEDC International Conference, Colombo, Sri Lanka [3] Udert K. M., Buckley C. A., Etter B., Wächter M., McArdell C. S., Kohn T., Strande L., Zöllig H., Fumasoli A., Oberson A. (2015): Technologies for the treatment of source-separated urine in eThekwini. Akzeptiert von Water SA [4] Joseph H. R., Gebauer H., Friedrich E., Buckley C. A. (2014): Institutionalised collection for rural on-site sanitation. WISA Biennial Conference, Mbombela, Südafrika [5] Udert K. M., Wächter M. (2012): Complete nutrient recovery from source-separated urine by nitrification and distillation. Water Research 46 (2), 453–464 [6] Etter B., Hug A., Udert K. M. (2013): Total nutrient recovery from urine – operation of a pilot-scale nitrification reactor. WEF/IWA International Conference on Nutrient Removal and Recovery, Vancouver [7] Bonvin C., Udert K. M., Etter B., Frossard E., Nanzer S., Tamburini F., Oberson A. (2015): Plant uptake of phosphorus and nitrogen recycled from synthetic source-separated urine. Akzeptiert von Ambio [8] Bischel H. N., Schertenleib A., Fumasoli A., Udert K. M., Kohn T. (2015): Inactivation kinetics and mechanisms of viral and bacterial pathogen surrogates during urine nitrification. Environmental Science: Water Research& Technology 1, 65–76 [9] Roma E., Philp K., Buckley C., Xulu S., Scott D. (2013): User perceptions of urine diversion dehydration toilets – Experiences from a cross-sectional study in eThekwini Municipality. Water SA 39 (2) [10] Mkhize N., Coertzen M., Taylor M., Ramsay L., Udert K. M., Gouden T. G., Buckley C. A. (2014): Promoting sanitation and nutrient recovery through urine separation: The role of health and hygiene education and social acceptance factors. WISA Biennial Conference, Mbombela, Südafrika

Überlandstrasse 133
CH-8600 Dübendorf
T +41 58 765 55 11
F +41 58 765 50 28
info@eawag.ch
www.eawag.ch
eawag aquatic research

Dokumente

Newsartikel als pdf [pdf, 753 KB]

Links

Vuna

Kontakt



Kai Udert
Tel. +41 58 765 5360
kai.udert@eawag.ch

https://www.eawag.ch/de/info/portal/aktuelles/newsarchiv/archiv-detail/aus-urin-wird-fluessigduenger