

# Für Deutschland und die Welt

Für Abwasser-Experten kann Wertstoff-Rückgewinnung ein Export-Produkt werden

Ziel des Projekts „Saniresch“ ist die Behandlung und Verwertung von Urin, Braunwasser und Grauwasser, gesammelt im Eschborner Hauptgebäude der Deutschen Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) in Eschborn. Die DWA-Arbeitsgruppe NASS Neuartige Sanitärsysteme traf sich im Juni vor der Anlage.

„Ist das, was wir hier bei der GIZ sehen, eine Anlage, aus der lediglich die GIZ Schlüsse ziehen will, ob und in welcher Form sich die dezentrale Abwasseraufbereitung für Drittländer eignet oder macht das Projekt auch für Deutschland Sinn?“, fragte der Berichterstatter sein Vis-à-vis Dr. Anton Peter-Fröhlich, in der Hauptfunktion Leiter Betriebliche Verfahrensoptimierung der Berliner Wasserbetriebe. In Nebenfunktion ist er einer der Sprecher jener Arbeitsgruppe in der DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall, die sich mit der Technik Neuartiger Sanitärsysteme NASS beschäftigt. Diese Arbeitsgruppe hatte auf Einladung der GIZ ihre turnusmäßige Tagung vor Ort, nämlich am NASS-Projekt in der GIZ, abgehalten.

Aufbau der Anlage mit dem zentralen MAP-Reaktor, den Trenntoiletten (NoMix), der Magnesiumoxid-Dosierung, dem Urin-Sammelbehälter, dem Fällungstrichter mit Rührwerk zur Sedimentation des Magnesiums. Struvite (links) ist das gewonnene und abgepackte Magnesium-Ammonium-Phosphat, das als Düngemittel eingesetzt werden kann



Blick in den MAP-Reaktor mit den Filtersäcken zur Phosphor-Rückgewinnung aus dem Urin

## Windenergie und Photovoltaik machen es vor

Anton Peter-Fröhlich nimmt beide Geographien in die Pflicht: „Auf jeden Fall auch in Deutschland. Etwa wenn man neue Siedlungen baut, sollte man sich überlegen, solche Wertstoff-Rückgewinnungssysteme einzusetzen. Als Nutz- wie als Demonstrationsobjekte sollten wir diese Technik ganz breit streuen. Denn wenn wir sehen, dass es funktioniert und wir ferner das Verbesserungspotenzial ausmachen und die Schwächen beheben, profitiert außer der Umwelt auch unsere Wirtschaft davon. Weil wir ein exportfähiges Produkt haben. Der Bedarf in der Dritten Welt ist riesig.“ Parallelen zu Photovoltaik und Windenergie, ihrer Verbreitung in Deutschland und den daraus gesammelten Erfahrungen, die diese Technologien zu einem Exportschlager gemacht haben, drängen sich spontan auf.

GIZ? Die Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH in Eschborn, Frankfurt am Main, „bündelt seit dem 1. Januar 2011 die Kompetenzen und langjährigen Erfahrungen von Deutschem Entwicklungsdienst (DED) gGmbH,

Das MAP-Verfahren hat noch seinen Preis und seine Schwierigkeiten

**giz Urin: Schwierigkeiten bei der Behandlung**

- Nistfliegen (*Milichiidae*)
- Batchverfahren / viele manuelle Schritte:
  - Schweißen der MgO-Säckchen
  - Handling der Filtersäcke
  - Trocknung/Entleerung des MAP
- Kosten in € um 1 ha Sommerweizen für 1 Jahr ausreichend zu versorgen (Braun, 2011):
  - Urin: 560
  - MAP: 112.000
  - NPK: 120

Genau genommen hat die Grauwasser-Anlage zur Aufbereitung des Grauwassers aus etwa 30 Waschbecken und sieben Spülmaschinen nichts mit der Urinbehandlung zu tun, dient allerdings ebenfalls zur Wert- und Nährstoffrückgewinnung aus dem Schmutzwasser der GIZ (ab Mitte dieses Jahres soll hier auch das Braunwassergereinigt werden). Oben in dem runden Vorlagebehälter der Vorfilter, darunter befindet sich der Biomembranreaktor zur biologischen Behandlung mit Ultrafiltration und Sauerstoff (Luft)



Dr.-Ing. Martina Winker, Saniresch-Projektleiterin bei der GIZ, erklärt die Braunwasserinstallation. Zum Termin der DWA-Tagung wurde die Recycling-Einheit gerade aufgestellt



Deutscher Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH und Inwent – Internationale Weiterbildung und Entwicklung gGmbH unter einem Dach“ beschreibt sie sich selbst. Als Bundesunternehmen unterstützt sie die Bundesregierung dabei, ihre Ziele in der internationalen Zusammenarbeit für nachhaltige Entwicklung zu erreichen. Im weitesten Sinne ist die GIZ eine „Behörde“ des Bundesministeriums für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung.

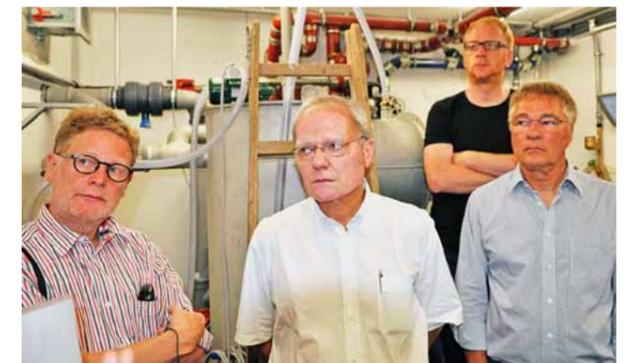
Im Vorlagebehälter mit vorgeschalteter Siebeinheit „Huber Turny“ dreht sich das Maschensieb zum Abfangen der Feststoffe (3 mm) unter dem Druck des einströmenden Grauwassers selbständig wie ein Wasserrad



## Mittel gegen den Mangel

Die GIZ will unter anderem den Einsatz von NASS-Technologien in der Dritten Welt fördern. Denn in vielen Ländern mangelt es an Trinkwasser, Nahrungsmitteln und Energie. Wobei der Begriff „Dritte Welt“ ja nicht nur die klassischen Entwicklungsländer erfasst sondern auch Schwellenländer wie Brasilien, Indien, Philippinen. (Die Erste Welt – die westlichen Industriestaaten – und die Zweite Welt – der ehemalige Ostblock – lassen sich nach dem Zusammenbruch der Gemeinschaft der früheren kommunistischen Staaten und dem Verschmelzen von West und Ost nicht mehr so deutlich definieren.)

Nachhaltige Sanitärkonzepte streben eine weitgehende Wiederverwendung des gereinigten Abwassers an sowie der im Abwasser enthaltenen Nährstoffe (Stickstoff, Phosphor, Kalium) und des Kohlenstoffs, verbunden mit einem geringeren Energieeinsatz. Insofern treffen sie genau die Defizite der genannten Zielgruppe.



Aufmerksame Zuhörer – Mitglieder der DWA-Arbeitsgruppe, von links Wolfgang Berger, Berger-Biotechnik, Hamburg, Dr. Anton Peter-Fröhlich, Berliner Wasserbetriebe, Alexander Wriege-Bechtold, TU Berlin / Fachgebiet Siedlungswasserwirtschaft, Peter-Nils Grönwall, Hamburger Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt

Auch deshalb betreibt die GIZ im sanierten Gebäude seit etwa 2005 das Forschungs- und Demonstrationsvorhaben, das die Entsorgung von 30 Toiletten in die zwei Teilabwasserströme Urin und Braunwasser aufspaltet, das Grauwasser aus Waschbecken und Spülmaschinen sammelt und diese Medien als wertvolle Ressourcen betrachtet. Der Urin bietet sich zum Beispiel als Düngemittel für die Pflanzenproduktion an, wenn er dafür den Segen des Bundesgesundheitsministeriums erhält – der noch aussteht.

## Vorbildliches Handeln

Zur Erklärung: Schwarzwasser enthält Urin, Fäkalien, Toilettenpapier – mithin Schmutzwasser klassisch. Fängt man den Urin in einer Trenntoilette vorher ab, bleibt Braunwasser – also Schwarzwasser ohne Urin – übrig. Als Gelbwasser bezeichnet man Urin plus Spülwasser, Urin ist Urin und Grauwasser alles Schmutzwasser, das nicht aus den WCs kommt.

Als 2004 der komplette Bau grundsaniiert, entkernt und renoviert wurde, bemühte man sich, ihn einerseits auf den aktuellen



Die räumliche Enge verlangte einige Rohr-Lyrik zum Anschluss der Braunwasseranlage. Ganz rechts (blau) die Druckleitung der Fäkalienhebeanlage

Projektkennzahlen Grauwasseranlage	
<b>Verfahrenstechnik</b>	
Zufluss Grauwasser:	ca. 280 Liter/pro Tag
<b>Membranfiltrationsmodul:</b>	
Ultrafiltrationsmembran:	Fläche 3,5 m <sup>2</sup>
Transmembrandruck	p <sub>max</sub> = -350 mbar
Porengröße:	38 nm
Permeatabzug:	14 l/h = 280 l/d, da 4 h Pause
Durchflussmenge des Permeats durch die Membran (flux):	4 l/h·m <sup>2</sup>
Durchschnittlich möglicher flux:	15 l/h·m <sup>2</sup>
Maximal möglicher flux: (kurzzeitig)	30 l/h·m <sup>2</sup>
$\text{FLUX (J)} = \frac{\text{PERMEATFLUSS}}{\text{MEMBRANFLÄCHE}} = \frac{\text{l}}{\text{m}^2 \cdot \text{h}}$	

Projektdaten Grauwasseranlage

Umweltstandard hin zu optimieren und die NASS-Philosophie in einem Teil des Bürokomplexes als Pilot zu betreiben. Andererseits wollten die Entwicklungshelfer den vielen Delegationen der Partnerländer weltweit, die sich regelmäßig in Eschborn einfinden, nicht nur Nachhaltigkeit predigen. Vielmehr sollte

und soll die in den eigenen Mauern praktizierte Nachhaltigkeit ebenfalls wesentliche Missionsarbeit leisten.

Doch wie gesagt, NASS ist nicht nur für die Anderen da. Anton Peter-Fröhlich verweist auf den drohenden Mangel von Phosphor, das Lebenselixier, das das Wachstum ent-

NoMix-Trenntoilette von Roediger. Vorne auf der Keramik der Druckknopf, der das Urinventil öffnet beziehungsweise schließt



scheidend unterstützt und heute nicht mehr auf die Felder und damit in die Nahrungs- und Wachstumskette kommt, sondern über die Vorfluter ins Meer gespült wird: „Der stetig steigende Nahrungsmittelbedarf wird die Düngemittelpreise mit Sicherheit extrem nach oben treiben. Wir werden darauf angewiesen sein, wie es früher der Fall war, die Nährstoffe zu recyceln. Dazu gehört insbesondere der Phosphor. Solche Systeme wie hier in der GIZ zeigen, wie das funktioniert.“

Der Weg zu einer Phosphor-Wirtschaft

Nun muss der Phosphordünger nicht unbedingt in deutsche Äcker, die seien überwiegend mit Phosphaten noch reich gesättigt, doch sei für uns, wie schon oben erwähnt, unter anderem das Know-how der Phosphor-Dünger-Produktion wertvoll und vermarktungsfähig.

Dieses Know-how sei darüber hinaus ein Weg zu kleineren Kläranlagen hierzulande, ergänzt der Berliner Wasserwerker: „Braunwasser, ohne Urin, enthält folglich kaum noch Stickstoff und wenig Phosphor. In diesem Fall kann ich die Kläranlage deutlich kleiner bauen, der Energieaufwand, um das Abwasser biologisch zu reinigen, sinkt ebenfalls beträchtlich. Wenn wir dagegen Stickstoff entfernen müssen, verlangt das große Investitionen und Bauwerke, weil ab einer gewissen Größe der Kläranlage nur eine bestimmte Konzentration an Stickstoff und Phosphor erlaubt ist.“

Wie sähen die Verhältnisse aus? „Wenn wir ohne Stickstofftrennung auskämen, also ausschließlich Kohlenstofftrennung betreiben müssten, könnten die Belebungsbecken der Kläranlage um den Faktor 3 kleiner sein. Bleiben Urin und Stickstoff im Abwasser, müssen wir folglich ungefähr um 300 Prozent erweitern, um die amtlichen Grenzwerte der Konzentrationen einzuhalten. Und wir brauchen sehr viel Energie.“ Auch deswegen sei es sinnvoll, Phosphate und Stickstoff erst gar nicht in die Kläranlage zu lassen. „Besser ist, wir fangen ihn ab und machen daraus Dünger. Das muss sich aber energetisch wie wirtschaftlich darstellen

lassen. Dafür brauchen wir Demonstrations- und Forschungsprojekte.“



Vorreinigung Braunwasser zur Trennung von Fäkalien und Toilettenpapier von der flüssigen Phase. Allerdings ist die Siebschnecke, die die Phasen trennt, im Bild demontiert. Bei dem Saniresch-Projekt werden die Nährstoffe in den Fäkalien und Toilettenpapier nicht genutzt. Die Feststoffe gelangen über den Trichter (vorne) zur Fäkalienhebeanlage, die Flüssigkeit fließt zur Grau-/Braunwasser-Aufbereitung



Von links: Grauwasser, gereinigtes Grauwasser, Probe Magnesium-Ammonium-Phosphat (auf dem Etikett steht: „Zur Düngung von Koniferen“), Filterkuchen aus der MAP-Fällung



Speichertanks, in die das gereinigte Grauwasser/Braunwasser über die Membranen des Membranbioreaktors gezogen wird. Das so entstandene Servicewasser nutzt die Gebäudetechnik der GIZ an verschiedenen Stellen

Teil des Ecosan-Programms

Die GIZ trennt in Urin, Grauwasser und Braunwasser. Wenn das Braunwasser kaum noch Phosphor und Stickstoff enthält, welchen Wert haben dann noch seine Feststoffe? Ihr Nährwert hält sich ja jetzt in Grenzen. „In jedem Fall bietet sich der Extrakt für Biogasanlagen zur Methanherzeugung an, weil noch sehr viel Kohlenstoff drin steckt. Und als Kompost ist der kohlenstoffhaltige Humus ein guter Bodenverbesserer.“

Das Projekt „Saniresch“ (Sanitär Recycling Eschborn) fördert für den Zeitraum von Juli 2009 bis Juni 2012 das Bundesministeri-

Prozessdaten Grauwasseranlage

Grauwasser: Behandlung	
<b>Speichervolumen der Tanks</b>	
Vorlagebehälter:	480 l
Membranbelebungsreaktor:	500 l
Betriebswasserbehälter:	480 l
<b>Zufluss Grauwasser: ca. 450 l/d</b>	
Aktueller Flux:	4 l/h·m <sup>2</sup>
<b>Membranfiltrationsmodul:</b>	
Ultrafiltrationsmembran:	Fläche 3,5 m <sup>2</sup>
Permeatabzug:	14 l/h = 280 l/d, da 4 h Pause
Transmembrandruck p <sub>max</sub> :	-350 mbar
Porengröße:	38 nm



um für Bildung und Forschung. Denn „Saniresch“ gehört zum weltweit vernetzten Ecosan-Programm (Ecological Sanitation), das die Wiederverwertung von Abwasser und Fäkalien als nachhaltiger und wirtschaftlicher betrachtet, als deren Einleitung in die Oberflächengewässer und entsprechende ökologische Abwasserkonzepte unterstützt. Projektpartner sind die Fachhochschule Gießen-Friedberg, die GIZ (ehedem Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit GmbH), Huber SE, Roediger Vacuum GmbH, die RWTH Aachen und die Universität Bonn.

Das Projekt „Saniresch“

Die Projektskizze der Huber SE beschreibt „Saniresch“ so:

„Die separate Ableitung von Grau-, Gelb- und Braunwasser erfolgt über drei Leitungen, welche in den Keller des Gebäudes führen. Für die Rückgewinnung der Nährstoffe aus Urin wird ein MAP-Fällungsreaktor (Huber NuRec) – Ausfällung des Phosphors mit Magnesium und Ammonium zu pflanzenverträglichem MAP Magnesium-Ammonium-Phosphat – eingesetzt, während für die Produktion von Betriebswasser aus Grau- und Braunwasser das Membran-Belebungs-Verfahren (MBR) mit Ultrafiltration zum Einsatz kommt.“

Eine große Herausforderung bei der Implementierung der Anlagen stellte demnach neben den verfahrenstechnischen Abläufen die räumliche Gegebenheit dar. Der Technikraum für die Unterbringung aller Anlagenteile befindet sich im Keller und misst lediglich 21 m<sup>2</sup>. Nach erfolgreicher Inbetriebnahme des MAP-Fällungsreaktors Mitte 2010 und der Braunwasservorreinigung im April 2011 folgte im Mai dieses Jahres der Start-Up der MBR-Grauwassereinheit. Am Grauwasserstrang sind 30 Putz- und Handwaschbecken sowie sieben Spülmaschinen angeschlossen. Daraus ergibt sich die zu behandelnde Grauwassermenge von etwa 350 Liter pro Tag.

Mit Fernwirktechnik

Die Projektskizze: „Die PE-Behälter sind kundenspezifisch gefertigt und aufgrund der höheren Anforderungen geruchsdicht gekapselt. Für einen möglichst störungsfreien Betrieb der Anlage wurde neben der bereits etablierten Datenfernübertragung mit Störmeldung per SMS erstmals eine Fernwirktechnik vorgesehen. Diese ermöglicht es, auf die Betriebszustände von einer zentralen Betriebswarte aus zuzugreifen und sie an die vorliegenden Bedingungen des MBR-Prozesses anzupassen. Dadurch können mögliche Stillstandzeiten sowie aufwendige Serviceeinsätze auf ein Minimum reduziert werden.“

Schaut man sich vom Gesamtabwasser die drei Teilströme Braunwasser, Grauwasser und Gelbwasser an, verbergen sich grob gesehen 30 Prozent des Gesamtphosphors im Braunwasser, über 50 bis 55 % im Gelbwasser und je nach Spülmittel 10 % und mehr des Phosphors im Grauwasser. Stickstoff steckt beinahe vollständig, bis zu 90 %, im Urin.

Die ersten Beprobungen der Zu- und Ablaufwerte zeugen von einem stabilen Betrieb der Phosphor-Rückgewinnung mit einer sehr guten Reinigungsleistung. Dr.-Ing. Martina Winker, „Saniresch“-Projektleiterin bei der GIZ und Gastgeberin der Tagung Mitte Juni: „Die MAP-Fällung aus dem Urin ist perfekt.

Medium entfernt und in das Gas übergeführt. Die treibende Kraft hinter diesem Prozess ist, dass der Dampfdruck der zu entfernenden Stoffe generell in der Flüssigkeit größer als in dem Gas ist und daher ein Übertritt in das Gas erfolgt.

### Beteiligte und Komponenten „Saniresch“

Das Projekt besteht aus verschiedenen Teilaspekten und Blickwinkeln, die von den unterschiedlichen Partnern allein und in Kooperation bearbeitet werden. In den Klammern sind die jeweiligen hauptverantwortlichen Projektpartner genannt:

- Sanitär- und Hausinstallationen (GIZ/Roediger Vacuum)
- Anlagentechnik (Huber SE)
- Betrieb und Überwachung (THM Techn. Hochsch. Mittelhessen / RWTH Aachen)
- Qualität der Produkte / Urinlagerung (Universität Bonn/RWTH Aachen)
- Landwirtschaftliche Produktion / Rechtslage (Universität Bonn)
- Akzeptanz (RWTH Aachen/Universität Bonn)
- Wirtschaftlichkeit (GIZ/Universität Bonn)
- Internationale Übertragbarkeit (GIZ)

Die Kapazität der installierten MAP-Anlage liegt bei 400 l/Tag. Derzeit fallen pro Tag über die Roediger-Trenntoiletten in den ausgewählten WCs 150 l Urin von ca. 200 Büromitarbeitern an. Die Sedimentationszeit, die Zeit, die nach der Zugabe des Magnesiumoxid benötigt, um im Urin vollständig in Lösung zu gehen, beträgt in Eschborn derzeit 1,5 Stunden. Die Kapazität der Installation hängt natürlich auch von der Reaktionsgeschwindigkeit ab. „Wir vermuten, dass wir einen kürzeren Zeitraum erreichen können bei einer trotzdem noch sehr hohen Phosphorrückgewinnung“, zieht Martina Winker eine erste Bilanz. „Dann ließe sich mit derselben Anlage pro Tag eine größere Menge umsetzen“.

### Noch mit Schwächen

Am Anfang stehen die Trenntoilette von Roediger und das wasserlose Urinal der Keramag. Der mechanische Geruchverschluss der Keramag-Entwicklung basiert auf

mithin. „Der Mensch scheidet mit dem Urin auch in geringem Maße Magnesium und Kalzium aus und diese beiden Stoffe wiederum fällen Phosphor aus dem Urin aus“, erklärt Martina Winker, „das nennt man Phosphor-Spontanfällung. Diese Reaktion kann man nicht unterbinden, sie führt zu Ablagerungen in den Rohren und im Urinventil. Es schließt nicht korrekt, es setzt sich mit Urinstein zu.“ Das führe zu Geruchsproblemen, zu unerwünschtem Spülwasser im Urinsammelbehälter und natürlich zu erhöhtem Wartungsaufwand.

### Fehlende Wartungsfreundlichkeit

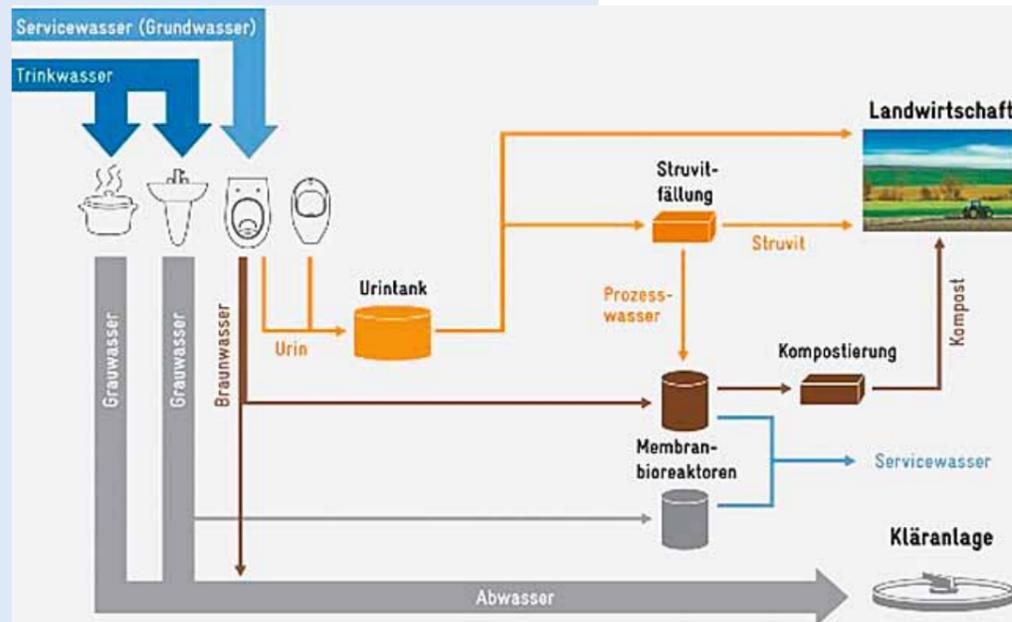
All das könne man in Grenzen in Kauf nehmen, wenn die Mechanik auswechslungsfreundlich wäre. Leider sei das nicht der Fall. „Wir müssen immer die ganze Keramik von der Wand nehmen.“ Alternativen diskutiere man gerade mit dem Hersteller.

Für die DWA-Arbeitsgruppe steht im Fokus der wissenschaftlichen Arbeit die mikrobielle und hygienische Seite. Das Forschungsprojekt läuft noch bis Mitte 2012 – wenn es nicht die beantragte Verlängerung geben sollte. Man wolle in den nächsten Monaten die Wiederaufbereitung intensiv beproben, vor allem was Mikroverunreinigungen angehe und Krankheitserreger. Parallel dazu will das beteiligte Institut für Soziologie der RWTH Aachen Akzeptanzfragen klären.

Für den Einsatz in Entwicklungsländern denkt man in getrennten Produktlinien. Martina Winker: „Noch würden wir die Trennpültoiletten so nicht empfehlen. Es geht ja auch in den infrage kommenden Dritte-Welt-Ländern um ganz andere Fragen: Haben sie überhaupt genug Wasser zur Verfügung, um trennende Spültoiletten betreiben zu können oder muss man vielleicht eher auf wasserlose Konzepte gehen?“ Da sei eine andere Diskussion. „Natürlich, in Megastädten wie Delhi oder Mumbai oder Sao Paulo lässt sich so ein System wahrscheinlich 1:1 übertragen, weil sie dort unseren hoch entwickelten Stand der Technik wollen oder fordern. Wir müssen da genauer hinschauen“.

[www.saniresch.de](http://www.saniresch.de)

[www.dwa.de](http://www.dwa.de)



Sie hat eine Ausbeute von 97 Prozent Phosphor. Sie muss nicht noch besser funktionieren. Aber man bindet nur ganz wenig Stickstoff, vielleicht vier oder fünf Prozent, der große Rest bleibt im Gelbwasser.“

### Stickstoff (noch) nicht im Kreislauf

Zur Eliminierung des Stickstoffs böte sich als nachgeschaltete Stufe die Luft- oder Dampfstrippung an. Beim Strippen oder Austreiben werden aus Flüssigkeiten Inhaltsstoffe durch das Durchleiten von Gasen (Luft, Wasserdampf, Rauchgas) aus dem

einem Membranventil, dessen Dichtlippen sich erst ab einem gewissen Wasserdruck (Urin) öffnen. Die Trenntoilette enthält ebenfalls eine Mechanik, nämlich einen Druckknopf mit Bowdenzug: Bei Benutzung des WCs öffnet das Gewicht des Körpers auf der Toilettenbrille über den Druckknopf und den Bowdenzug den separaten Urinalablauf. Verlässt der Nutzer die Sitzposition und spült, entlastet er eine Feder, das Ventil schließt und so ist verhindert, dass Spülwasser in die Urinleitung fließt.

Ein Haken der Mimik ist dieses Ventil. Es reagiert relativ empfindlich auf die zahlreichen Inhaltstoffe des Urins, verkrustet



## WELL for SCHELL.

SCHELL Lösungen mit neuem europäischen Effizienz-Label WELL: ausgezeichnet für Wassersparen, Hygiene und Energieeffizienz. Wer also Nachhaltigkeit in öffentlichen, halböffentlichen und gewerblichen Sanitärräumen will, wählt »SCHELL inside.«

SCHELL – Armaturentechnologie

»Made in Germany«

Entdecken Sie, was in uns steckt:  
[www.schell.eu](http://www.schell.eu) | [info@schell.eu](mailto:info@schell.eu)  
 Telefon +49 (0) 27 61/8 92-0

