

## DEUTSCHLAND

Pissoir-Design in der Münchner Pinakothek der Moderne. Schick, aber nicht Avantgarde. Die nämlich kommt heute schon ganz ohne Wasser aus



Von Bernhard Albrecht (TEXT)

# DIE NOT<sub>DURFT</sub>, DIE ERFINDERISCH MACHT

Wohin mit dem, was sieben Milliarden Menschen unter sich lassen? Und wie kann auch Millionen Armen in der Welt die Würde einer eigenen Toilette zugestanden werden? Kein sehr appetitliches Thema. Aber eines von ungeheurer Wichtigkeit. Und Ingenieure, Ökologen, Entwicklungshelfer haben endlich ganz neue Ideen dazu ...

**S**IE BILDEN EIN NETZWERK von rund 180 Organisationen in über 50 Ländern, in Deutschland unterwandern sie bereits Universitäten, Behörden und Ministerien. Ihr Ziel: nichts Geringeres als die Abschaffung der Kanalisation in ihrer heutigen Form. Denn die Klo-Revolutionäre halten das Wasserklosett, unseren Inbegriff von Zivilisation, für eine Fehlentwicklung der Industriegeschichte.

Angestoßen wurde die Bewegung in den Entwicklungs- und Schwellenländern, dort, wo 2,6 Milliarden Menschen keinen Zugang zu einer Toilette haben. Die Geplagten verrichten ihre oft hochinfektiöse Notdurft im Freien oder in Kübeln, die sie hinter der Hütte oder in einen Fluss entleeren. Sie erleichtern sich in Plastiktüten, sogenannten Kleinflugzeugen (Rio de Janeiro) oder Scud-Raketen (Nairobi), die sie auf Dächer werfen – oder versehentlich jemandem an den Kopf.

Bis zum Jahr 2015 soll das anders werden, so eines der acht Millenniums-Entwicklungsziele, die sich die UN im Jahr 2000 gesteckt haben. Der Zugang zu Toiletten und sauberem Wasser gilt seither als Menschenrecht. Passiert aber ist wenig.

Reinvent the toilet – „Erfindet die Toilette neu“ – hat deshalb die Bill & Melinda Gates Foundation 22 Universitäten aufgerufen. Den Siegern des Wettbewerbs winken hohe Summen aus dem Entwicklungstopf von 265 Millionen Dollar. Mit Wasser-spülung und Kläranlagen nach Vorbild der Industrienationen brauchen die Konkurrenten nicht anzutreten: Den armen Ländern fehlen Geld, Wasser, Energie, manchmal auch kanaltauglicher Untergrund für solch großtechnische Lösungen.

Doch auch an manch stillem Ort in Deutschland ist Revolutionäres im Gang. Nicht weil ein Mangel an Wasser drohte – sondern weil die Deutschen ebendies so eifrig sparen.

## EBBE IN DER KANALISATION

**KIM AUGUSTIN** verbraucht nur noch halb so viel Wasser wie der deutsche Durchschnittsbürger. „75 Liter am Tag – ohne mich einzuschränken!“ Kein Wunder, Waschmaschinen kommen heute mit 50 Litern aus; im Jahr 1980 waren es noch 150. Moderne Klospülungen fassen 3,5 Liter statt sechs und haben Wassersparknöpfe. Auch neue Duschköpfe senken den Durchfluss auf die Hälfte.

„Wenn jeder so wenig verbrauchen würde wie wir zu Hause, hätte Hamburg Wasser schon bald massive finanzielle Probleme“, sagt Augustin. Und er wäre arbeitslos. Als Leiter der



Testfall eins: In der Hamburger Ökosiedlung Allermöhe plumpsen Festes, Flüssiges und Papier vom Trockenklo in ein Kompostgefäß im Keller

Abteilung Zukunftstechnologien bei Hamburg Wasser, dem kommunalen Wasserver- und entsorger der Hansestadt, untersucht der Chemiker, wann es die Null-Liter-Waschmaschine geben wird und welche Art Toiletten die Hamburger 2050 nutzen werden. Fragen von existenzieller Bedeutung, denn der Verkauf von Trinkwasser ist die Haupteinnahmequelle von Hamburg Wasser. Und die versiegt allmählich: Seit 1990 ist der Verbrauch deutschlandweit von 147 auf rund 120 Liter pro Einwohner und Tag gesunken.

Wo weniger Abwasser fließt, steigen paradoxerweise die Ausgaben. Damit die überdimensionierten Kanäle nicht verstopfen, müssen die Wasserwerke sie immer häufiger mit teurem Trinkwasser durchspülen, auf eigene Kosten. Denn den Wasserpreis zu erhöhen, hat wenig Sinn. Die Verbraucher würden noch mehr sparen – ein Teufelskreis.

Demgegenüber stehen gewaltige Investitionen in das Trink- und Abwassersystem, allein in Hamburg 147 Millionen Euro jährlich. Bundesweit beläuft sich der Investitionsbedarf laut Deutscher Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall (DWA) auf 55 Milliarden Euro.

Solche Ausgaben rechnen sich erst im Laufe von 100 Jahren; dabei muss einkalkuliert werden, wo sich die Bevölkerungszahl verringert oder durch Zuzug wächst. Augustin vergleicht die Wasserbetriebe mit Tankerschiffen: Man müsse heute das Steuer herumreißen, um im Jahr 2050 an der richtigen Stelle zu stehen. Unmöglich, das vorherzusehen.

Im Sommer 2010 bekam Augustin einen Vorgeschmack, wie rasch ihm die Verbraucher den Wasserhahn noch weiter zudre-

## Die erste Kanalisation gab es um 2500 v. Chr. in der Indus-Kultur

hen könnten. In Essex besuchte er das Start-up-Unternehmen Propelair Limited. Die Mitarbeiter fuhren Range Rover, die Ausstattung der Büros war imposant. „Man sah sofort, da sind hohe Summen im Spiel.“ Geld von großen Ökofonds, die auf eine in Kürze marktreife Erfindung von Propelair setzen: das Überdruck-Klo.

Dessen Clou ist eine Pumpe hinter dem Toilettensitz, die ein Luft-Wasser-Gemisch mit hohem Druck in die Schüssel spritzt. 1,5 Liter, ein Viertel der deutschen Standardspülung, reichen aus. „Ein solches System könnte Hamburg Wasser das Rückgrat brechen, technisch und wirtschaftlich“, sagt Augustin.

Der Renner bei Fast-Food-Ketten und Autobahnraststätten ist bereits das „wasserlose Urinal“ für die Herrentoilette. An der speziell gehärteten Keramik fließt der Urin ab wie Wasser an Lotusblättern.

Und in der Community der Klo-Revolutionäre geht das Gerücht um, dass US-Wissenschaftler der NASA längst an einer wasserlosen Nano-Kloschüssel arbeiten, an der auch die Exkremente abgleiten und, nur von der Schwerkraft getrieben, ins Nimmerwiedersehen rutschen.

**FÜR DIE WASSERWERKE** ist nicht nur weniger Abwasser ein Problem, sondern auch dessen Zusammensetzung. Auf dem Weg zur Kläranlage verdünnt sich das Toilettenwasser, „Schwarzwasser“ in der Fachsprache, auf ein Prozent. Alles andere ist „Grauwasser“: leicht verschmutztes häusliches Abwasser aus Geschirrspülern und Duschen, Regenwasser und die Einleitungen aus Betrieben. „In der Kläranlage versuchen wir, mit hohem Energieaufwand und teuersten Technologien diese extreme Verdünnung rückgängig zu machen“, erklärt



Testfall zwei: Noch fasst der HTC-Reaktor an der TU-Harburg nur drei Liter Fäkalien. Unter Hochdruck werden sie zu Kohle, geeignet als Brennstoff oder Bodenverbesserer

Augustin. Grauwasser allein könne man dagegen mit sparsamen Einfach-Klärsystemen reinigen, weil es kaum gefährliche Krankheitskeime enthält.

Aus dem Schwarz-Grau-Gemisch aber lassen sich Rückstände aus Antibabypillen und anderen Medikamenten nicht gänzlich herausfiltern. Und da geklärtes Wasser üblicherweise über Bäche und Flüsse ins Meer geleitet wird, gelangen sie in die Umwelt. Dort können Hormone die Fortpflanzung von Fischen beeinträchtigen, Antibiotika bei Bakterien zu Resistenzen führen. Über die Nahrungskette gelangen die Spurenstoffe zurück zum Menschen. Und: Ein geringer Prozentsatz von Krankheitskeimen überlebt alle Reinigungsstufen. So entdeckten Siedlungswasserwirtschaftler der Technischen Universität Hamburg-Harburg kürzlich im geklärten Wasser einer städtischen Großkläranlage Lamblien und Kryptosporidien, die beim Menschen Darm- und Fiebererkrankungen auslösen.

Belastet ist auch der Schlamm, der in den Kläranlagen anfällt. Gut 50 Prozent davon werden zwar verbrannt, aber der Rest wird noch immer auf Feldern ausgebracht.

## KLOS FÜR DIE WELT

**LUXUSPROBLEME** – jedenfalls aus der Sicht jener 2,6 Milliarden Menschen auf der Welt, die keinen Zugang zu einer Toilette haben. In einem Gramm Kot können Millionen von Keimen wimmeln. Cholera, Gehirnhautentzündung, Typhus und viele andere Seuchen werden durch unreines Wasser übertragen. Und Durchfallerkrankungen sind die Haupttodesursache bei Kindern unter fünf Jahren. Jeden Tag fordern sie laut UNICEF fast 3000 Opfer.

Das Problem wächst mit den Städten. In ihnen wuchern Slums ohne Kanalisation oder Trinkwasserversorgung. Die armen Megastädte – Nairobi, Lagos, Mumbai, Dhaka –, schreibt der US-Soziologe Mike Davis in seinem Buch „Planet der Slums“, seien „stinkende Kotberge“. Allein in Mumbai produzieren geschätzte fünf Millionen Einwohner ohne Toilette einen „Berg“ von täglich gut 1000 Tonnen.

Indiens Regierung investiert derzeit 16 Milliarden US-Dollar in ein Sanitär- und Infrastrukturprogramm. Doch um die Hygiene zu verbessern, bedarf es mehr als nur Latrinen. So ließ der Staat zwar bereits in den 1990er Jahren 9,45 Millionen solide Toiletten aus Ziegeln oder Beton errichten, doch die Armen nutzten diese meist als zusätzliche Zimmer oder Tempelschreine. Ihre Notdurft verrichteten sie weiter im Freien. Niemand hatte sie richtig aufgeklärt.

Bindeshwar Pathak hingegen setzt mit seiner Organisation „Sulabh International“ auf Aufklärungskampagnen. Der So-

zialreformer führt seit 1970 einen Feldzug für die Befreiung der *manual scavengers*, der Menschen aus der Kaste der Unberührbaren, die Latrinen mit bloßen Händen ausheben. Nach einer Bauanleitung der WHO bastelte Pathak eine Art kostengünstiges Plumpsklo, das er landesweit verkauft. In vielen Städten betreibt er öffentliche Toiletten, auch am Pilgerort Shirdi. Dort stehen laut Sulabh 148 Klos, die täglich von 30 000 Menschen besucht werden.

Sein Modell ist unter allen Alternativ-Toiletten wohl eines der schlichsten: eine Latrine mit zwei Sickergruben statt einer. Wenn die eine voll ist, wird die andere genutzt. Nach etwa zwei Jahren werden die kompostierten Exkremamente aus der ersten Grube als Dünger ausgebracht.

Doch Pathak hat viele Gegner. In feuchten Fäkalien können Krankheitskeime länger als ein Jahr überleben. Insbesondere Wurmeier sterben erst nach drei Jahren Trocknung. Und durch undichte Gruben kann das Grundwasser verseucht werden.

## DAS KOMMT IN DIE TÜTE

**EINE NOCH EINFACHERE ALTERNATIVE** könnte das „Tütenklo“ sein: ein Plastikbeutel, 14 mal 38 Zentimeter groß, gedacht für die einmalige Verrichtung eines großen Geschäfts. Man braucht nur einen kleinen Eimer, um ihn an dessen Rand aufzuspannen. Nach der Benutzung werden die Tüten eingesammelt und in großen Tonnen mitsamt Inhalt kompostiert.

Die Erfindung des schwedischen Architekten Anders Wilhelmson ist ein Wunderwerk der modernen Chemie. Innen beschichtet mit dem Feind aller Mikroorganismen, Harnstoff, werden die Krankheitskeime im Stuhl innerhalb weniger Wochen abgetötet. Das Bioplastik selbst zerfällt binnen weniger Monate. Sein Hauptbestandteil, ein Kunststoffgemisch namens Ecoflex, wird von der BASF geliefert. Wilhelmsons Strategie war von Anfang an, die Industrie mit einzubeziehen und ein Geschäftsmodell zu entwickeln. Der Schwede hat dafür ein eigenes Unternehmen, Peepoople, gegründet.

Die Massenproduktion soll noch 2012 beginnen. Die Tüte soll drei Cent kosten, wer sie später in die Sammlung gibt, erhält einen Cent zurück. Wilhelmson rühmt die gute Akzeptanz der „Peepoo-bag“ in Pilotstudien, die in Kenia und Bangladesch durchgeführt wurden. Sein Ziel: 150 Millionen Nutzer pro Tag.

Schneller und einfacher ließe sich der hygienische Notstand in den beengten Slums nicht beenden. Kritiker bemängeln jedoch, dass Wilhelmson eine Übergangslösung als Dauerlösung propagiere und die Kunststoffindustrie dabei kräftig mitverdienen soll. Die unheilvolle Tradition der „fliegenden



Testfall drei, der Trennklo-Bau einer Studentin: Man nehme einen Eimer, schneide eine Bodenhälfte heraus (für Festes), versehe die andere mit einem Abfluss

Klos“ würde weiter verbreitet. Weil die Einmal-Toilette patentgeschützt sei und für viele Arme unbezahlbar bliebe, würden diese wieder auf die klassische Plastiktüte oder aber wirkungslose Billigimitate ausweichen.

Einig sind sich alle bezüglich der Vorteile bei Naturkatastrophen. Nach Darstellung von Peepoople könnten zwei Mitarbeiter innerhalb von drei Wochen 50 000 Menschen versorgen.

## ABFALLTRENNUNG IN DER SCHÜSSEL

**ABHILFE WÜSSTEN AUCH DIE FREUNDE** des Trennklos. „Gott hat uns aus gutem Grund mit zwei Löchern ausgestattet“, sagen sie und plädieren dafür, schon in der Kloschüssel das Flüssige vom Festen zu scheiden.

Einer der vehementesten Verfechter der Exkremamente-Apartheid ist der Verfahrenstechniker Chris Buckley von der KwaZulu-Natal-Universität in Durban, Südafrika. Nach einer verheerenden Cholera-Epidemie in seiner Provinz kämpfte er für die Einführung von Trocken-Trennklos. Mehr als 100 000 stehen inzwischen in den Randgebieten von Durban.

Das Modell funktioniert so: Durch die Schüssel zieht sich eine Trennwand, der Urin läuft über ein Sieb ab und versickert hinter dem Klohäuschen in einem Graben. Der Kot, gesammelt in Kompostkammern, wird mit etwas Erde bedeckt und hört nach wenigen Stunden auf zu stinken, weil bestimmte Gärprozesse unterbunden sind. Denn damit Fäkalien ihren Fauleier-Geruch entwickeln, benötigen sie Stickstoff – und der kommt aus dem Urin. Die einfachste Formel für ein geruchsfreies Plumpsklo lautet also: kein Urin, kein Stickstoff, kein Ge-

stank. In den trockenen Fäkalien sterben infektiöse Bakterien innerhalb weniger Monate ab. Eine Nachkompostierung tötet auch die Wurmeier. Kleingartenbesitzer nutzen den Kompost wegen seines hohen Nährstoffgehalts als Bodenverbesserer.

Jetzt will Buckley die Welt überzeugen, dass auch der Urin nützlich ist – und sich mit ihm sogar Geld verdienen lässt. Denn er ist reich an Phosphor, einem Grundstoff allen Lebens. In Kläranlagen ist er unerwünscht, weil er Gewässer belastet. Deshalb wird er kostenaufwendig aus dem Wasser abgeschieden und zusammen mit dem Klärschlamm verbrannt.

So landet Phosphor meist mit der Asche auf Sondermülldeponien – während die Weltreserven, zu über 80 Prozent von der Düngemittelindustrie gebraucht, zur Neige gehen. Experten warnen bereits vor einer „Phosphorkrise“ in den kommenden Jahrzehnten.

In Durban plant Chris Buckley deshalb mit dem Schweizer Forschungszentrum EAWAG den Bau von Bioreaktoren, die aus Urin ein Granulat erzeugen, reich an Phosphor und Stickstoff: ein hochwertiges Düngemittel. Der Prototyp der Anlage entsteht derzeit in der Schweiz und soll noch 2012 betriebsbereit sein.

Auch ein verbessertes Trennklo hat Buckley in Arbeit – und es damit als einer von acht Kandidaten in die Endrunde des Toiletten-Wettbewerbs der Gates-Stiftung geschafft. Im August 2012 sollen sie ihre Erfindungen in Seattle einer Jury präsentieren, die auf die Einhaltung der überaus strengen Ausschreibung achten wird: Die Toilette der Zukunft darf zum Beispiel nicht mehr als drei Cent pro Kopf und Tag kosten und keinerlei Wasser verbrauchen.

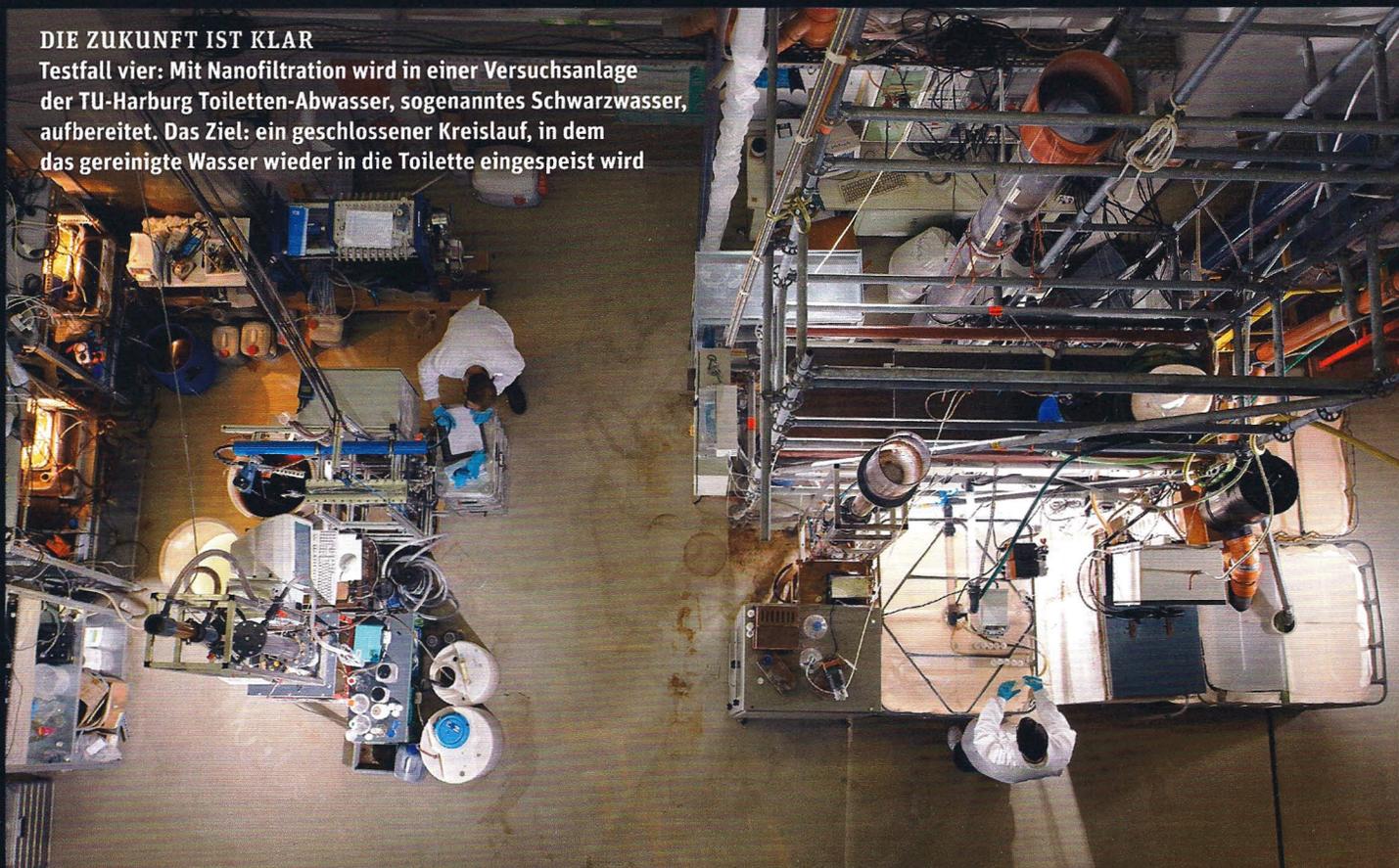
Die Ideen der anderen Teams sind ebenfalls durchaus fantasievoll. Fäkalien sollen mittels Mikrowellenanlagen in Strom umgewandelt werden, das schlagen Niederländer vor. Schweizer entwickeln ein Klo, das vor Ort aus Urin Brauchwasser erzeugt. Gleich zwei Teams beschäftigen sich mit einer Technologie, die auch in Deutschland intensiv erforscht wird: Sie wollen aus Fäkalien Biokohle herstellen – Zündstoff, von dem noch die Rede sein wird.

## HAMBURGS STILLE REVOLUTION

**VON LÜBECK BIS FREIBURG** entstehen derzeit Siedlungen, öffentliche Gebäude und Hotels, die von der Kanalisation abge-

### DIE ZUKUNFT IST KLAR

Testfall vier: Mit Nanofiltration wird in einer Versuchsanlage der TU-Harburg Toiletten-Abwasser, sogenanntes Schwarzwasser, aufbereitet. Das Ziel: ein geschlossener Kreislauf, in dem das gereinigte Wasser wieder in die Toilette eingespeist wird



koppelt sind. Die Vereinigung für Wasserwirtschaft, DWA, einst erzkonservativ, treibt diese Entwicklung mit dem Fachausschuss „Neuartige Sanitärsysteme“ voran.

An vorderster Front dieser stillen Revolution steht Hamburg. Vielleicht, weil gerade die Hamburger die Schwächen der Kanalisation sehr gut kennen. Denn ihre Abwassersiele gehören zu den ältesten in Europa, 1842 erbaut von einem Engländer. Die oft maroden Kanäle laufen alle zu einer einzigen Kläranlage zusammen, die das Abwasser von fast zwei Millionen Einwohnern entsorgt: ein extrem unflexibles System.

Aber schon seit den 1980er Jahren gibt es in der Hafenstadt Zukunftsprojekte, darunter die mehrstöckigen Ökosiedlungen Allermöhe und Braamwisch mit Trockenklo-Anlagen. Die Exkremente der Bewohner werden bis zu vier Jahre in großen Kompostbehältern in den Kellern gesammelt und dann auf Grünanlagen ausgebracht. Und in Hamburg-Jenfeld soll Europas größte Siedlung ohne Anschluss an das Hamburger Abwassernetz entstehen, gefördert mit Millionenbeträgen der EU und des Bundesforschungsministeriums. Federführend: Kim Augustin, Abteilungsleiter Zukunft bei Hamburg Wasser.

Die Wohnungen der 2000 Einwohner werden zwei Abwasseranschlüsse haben, einen für das kaum verschmutzte Grauwasser aus Küche und Bad, das mit wenig Energie in einer Kläranlage vor Ort gereinigt wird. Der zweite Anschluss führt nur Schwarzwasser: weniger als einen Liter pro Spülgang, denn die Bewohner erhalten Vakuum-Toiletten, ähnlich denen auf Kreuzfahrtschiffen. So können die Rohre viel dünner sein als klassische Abwassersiele – und es reicht wenig Wasser, sie durchzuspülen und von Verstopfungen frei zu halten. Ganz am Ende wird das Jenfelder Schwarzwasser in einer Biogasanlage landen und sich dort verwandeln: in Energie.

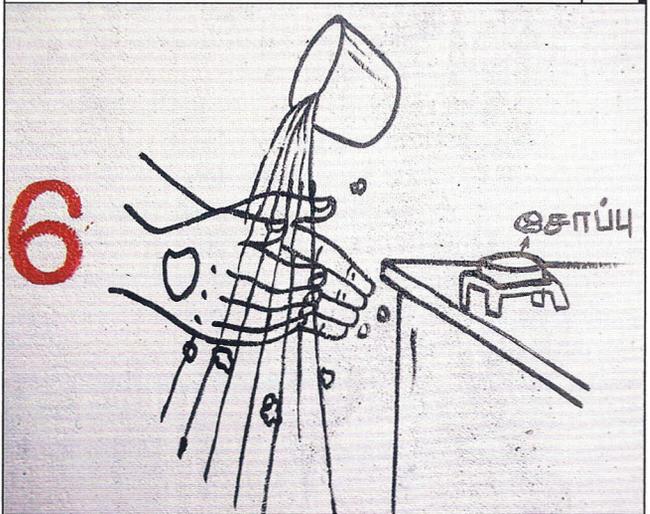
## UNTERM BAHNHOF DIE PILOTANLAGE

**EIN INNOVATIVES MODELL** – und doch ist sein Erfinder schon wieder einen Schritt weiter. Ralf Otterpohl, Professor für Siedlungswassertechnik an der Technischen Universität Hamburg-Harburg, gilt als Vordenker in der Szene; zusammen mit seinem Verbündeten Peter-Nils Grönwall von der Hamburger Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt hat er einen Kreis von Verschwörern in eine Art Geheimkammer unter der Hamburger Bahnhofstoilette „Rotunde“ geladen.

Die Besucher verfolgen mit den Augen ein braunes Etwas, das gemächlich durch ein durchsichtiges Abflussrohr wandert, umgeben von tanzenden Klopapierfetzen. Dann ist die Sicht auf die Hinterlassenschaft eines Bahnhofsbesuchers

## Von »Wischern« und »Wäschern«

Papier oder Wasser? Womit sich Toiletengänger reinigen, ist eine Frage der Kultur



Wer einem Inder die linke Hand reicht, hat verschissen. Denn mit ihr, der „Unreinen“, und etwas Wasser reinigt man sich dort das Hinterteil. Auch in arabischen Ländern findet sich deshalb neben der Toilette meist ein Eimer oder ein Schlauch. Aischa, eine Frau Mohammeds, soll berichtet haben: „Nie habe ich den Propheten, nachdem er seine Eingeweide entleert hat, herauskommen sehen, ohne dass er sich mit Wasser gereinigt hätte.“

Die Welt unterscheidet sich in „Wäscher“ und „Wischer“, und Vertreter der einen Technik finden die andere abschauerregend. Das Toilettenpapier – eine Erfindung der Chinesen, je nach Quelle vor 600 bis 1500 Jahren – hat die westlichen Industrieländer erobert. Dabei ist es dem Wasser in puncto Reinigungskraft deutlich unterlegen und steht den archaischen Methoden näher, die heute noch üblich sind, wo kein Supermarkt um die Ecke ist, zum Beispiel vielerorts in Afrika: Stöckchen, Steine, Wüstensand.

Inzwischen setzen einige Konzerne im Sanitärbereich auch in Europa auf einen Paradigmenwechsel hin zum „Duschklo“. Auf Knopfdruck fährt ein Rohr aus dem Schüsselrand, ein sanfter Wasserstrahl sprudelt nach oben wie ein Springbrunnen, anschließend springt ein Föhngebläse an. Hoffähig gemacht wurde diese Erfindung eines Schweizer in den 1980er Jahren in Japan, wo Duschklos weitverbreitet sind. Hightech-Varianten übertönen unwillkommene Laute durch vorgetäushtes Rauschen einer Wasserspülung, messen gleichzeitig Blutdruck, Puls, Zuckerwerte im Urin und senden die Daten per Mobilfunk an den Hausarzt.

vorübergehend versperren, weil ein Stahltrichter das Abflussrohr umschließt. Jenseits fließt nur noch trübes Wasser. „Ein Fettabscheider, wie ihn Restaurantküchen für ihr Abwasser verwenden“, erklärt Grönwall. „3000 Euro, ein Schnäppchen!“ Die Trennung von Festem und Flüssigem: eine Technologie mit dem Potenzial, den Geburtsfehler der Kanalisation zu beheben. „Genial“, flüstert Otterpohl.

Die Feststoffe landen in einer 60-Liter-Tonne. 3500 Toilettenbesucher füllen pro Woche zwei davon. Und die braucht Otterpohl für seine Forschung. Der Urin fließt in der Pilotanlage zwar wie bisher in die Kanalisation, doch auch dafür sieht der Professor schon eine Abhilfe. In seinem Labor steht ein kombinierter Membran-Nanofilter, der alle wertvollen Stoffe aus dem Urin abtrennt – und gleichzeitig die Krankheitserreger eliminiert. Der Filter ist Teil einer marktreifen Toilettenanlage, die über einen „geschlossenen Schwarzwasserkreislauf“ verfügt: Das Abwasser wird darin so weit aufbereitet, dass es oben wieder in die Toilette eingespeist werden kann. Übrig bleiben nur Klopapier und Fäkalien, reich an Stoffen, die die Erde zurückerhalten soll.

Eine Technik, mit der Otterpohl und Grönwall den Traum aller Klo-Revolutionäre verwirklichen wollen: *closing the loop*, das Schließen des Kreislaufs der Natur.

## DIE ZUKUNFTSFORMEL

**DABEI VERTRAUEN DIE BEIDEN** auf eine lang vergessene Zauberformel, mit der einst Ureinwohner im Amazonasgebiet die nährstoffreichsten Böden der Erde erzeugten: Terra Preta, Schwarzerde (GEO Nr. 3/2009). Sie findet sich dort, wo die Bewohner florierender Städte ihre Abfälle hinkippten: Fäkalien, Pflanzenreste, Knochen, Fischgräten, Asche und verkohltes Holz. Auf diesem mineralienreichen Grund wachsen noch 500 Jahre nach dem Untergang der indianischen Kultur Papayastauden und Mais doppelt so schnell wie auf dem lehmigen, nährstoffarmen Boden des umliegenden Regenwaldes.

Bodenkundler haben drei Faktoren identifiziert, die bei der Entstehung von Schwarzerde eine Schlüsselrolle spielen:

1. Milchsäurebakterien. Die massenhaft ausgeschiedenen Bewohner menschlicher und tierischer Därme vergären die Hinterlassenschaften und killen die Krankheitskeime.

2. Regenwürmer und deren Artverwandte. Sie fressen, was die Bakterien übrig lassen, und liefern mit ihrem Kot den Grundbestandteil eines hervorragenden Humus.

3. Holzkohle. Mit Humus gemischt, ist sie ein dauerhafter Speicher für jene Mineralien, die den Böden der Welt so oft

fehlen und mit Kunstdüngern zugesetzt werden müssen. Woher aber soll Otterpohls Kohle kommen?

**WELTWEIT SIND WISSENSCHAFTLER** elektrisiert von der „Kalten Verkohlungs“. Viele meinen, mit diesem Verfahren, das der deutsche Chemie-Nobelpreisträger Friedrich Bergius schon vor bald 100 Jahren entwickelte, könnte der Klimawandel abgeschwächt werden.

In Ralf Otterpohls Labor steht ein kleiner Edelstahlreaktor für die Kalte Verkohlungs, auch Hydrothermale Carbonisierung (HTC) genannt. Ein Alleszschlucker: Egal ob man ihn mit frischen Fäkalien, vorbehandeltem Klärschlamm, Küchen- oder Pflanzenabfällen befüllt, nach wenigen Stunden bei 180 bis 300 Grad und 65 Bar Druck entstehen darin Kohlebrocken. Man könnte mit ihnen Kraftwerke betreiben und Energie erzeugen – das planen derzeit zwei Schweizer Kläranlagenbetreiber, die die ersten industriell tauglichen HTC-Reaktoren bauen lassen.

Otterpohl aber will die Kohle für die Produktion von Schwarzerde nutzen. An seinem Institut forscht auch ein Mitarbeiter von Kim Augustins Abteilung Zukunftstechnologien. Thema seiner Doktorarbeit: Kann die Kalte Verkohlungs Medikamentenrückstände und Hormone aus den Fäkalien unschädlich machen? Beide Chefs warten gespannt auf die Antwort. „Vom Prozess her spricht alles dafür“, sagt Chemiker Augustin. „Das wäre ein Knüller für die Abwasserwirtschaft.“

Bisher wird die Biokohle-Herstellung vorwiegend für den Einsatz in der Landwirtschaft erforscht: Mit ihr kann man Erntereste elegant entsorgen. Die Hoffnung liegt jedoch darin, die Kohle massenhaft auf den Feldern auszubringen – und damit gewaltige Mengen des Klimagases Kohlendioxid dauerhaft im Boden zu binden. Würde ein Drittel der globalen Ernterückstände in Biokohle verwandelt, käme das einer Senkung der Treibhausgasemissionen um zehn bis 20 Prozent gleich, schätzt der Bodenkundler Johannes Lehmann von der Cornell University in Ithaca, USA. Würde man auch Fäkalien so behandeln, wäre das ökologische Potenzial noch größer.

Das ist die Utopie der Klo-Revolutionäre: Fäkalien bringen nicht mehr Millionen von Menschen den Tod, sondern nähren deren Felder, erhöhen die Produktivität der Landwirtschaft, lassen Arbeitsplätze entstehen und den Wohlstand steigen, während der Klimawandel in Schach gehalten wird. □

*Wenn Wissenschaftsautor BERNHARD ALBRECHT auf Partys von seinen Recherchen erzählte, erntete er Kopfschütteln und Lachen. Doch dann entspannen sich lebhafte Diskussionen, gespickt mit Fäkalwörtern (mangels alternativen Vokabulars). „Ich bin selbst Klo-Revolutionär geworden“, bekennt er. „Und ich habe viele angesteckt.“*