

Separate Erfassung und Behandlung von Urin, Braun- und Grauwasser – Erfahrungen aus einem EU-Demonstrationsprojekt

Anton Peter-Fröhlich (Berlin), Ludwig Pawlowski (Berlin), Alexandre Bonhomme (Madrid), Martin Oldenburg (Lübeck)

Zusammenfassung

Das Hauptziel dieses EU-Demonstrationsprojekts war die Erprobung neuer Sanitärkonzepte zur Prüfung der Nachhaltigkeit gegenüber konventionellen Sanitärsystemen (end-of-pipe-system), insbesondere im Hinblick auf Nährstoffrecycling. Es wurden zwei unterschiedliche Konzepte getestet. Bei einem Konzept wurden Schwerkrafttrenntoiletten und beim anderen Konzept Vakuumtrenntoiletten verwendet. Ergebnisse einer Ökobilanz zeigen, dass die neuen Konzepte mehr nachhaltig sind als ein konventionelles Sanitärsystem. Eine Kostenbetrachtung zeigt keine eindeutigen Ergebnisse für die getesteten neuen Sanitärkonzepte; vielmehr ist die Kostenentwicklung von den jeweiligen Rahmenbedingungen abhängig. Die Erfahrungen aus diesem Projekt zeigen, dass vor einer breiten Anwendung noch diverse Verbesserungen erforderlich sind, insbesondere in Bezug auf die Trenntoiletten. Vor dem Hintergrund der zunehmenden Engpässe bei Nahrungsmitteln, Wasser und Energie sind weiter Entwicklungsarbeiten auf dem Gebiet der neuen Sanitärkonzepte von Nöten.

Schlagwörter

Schwerkrafttrenntoiletten, Vakuumtrenntoiletten, Nährstoffrecycling, Ökobilanz, Urintrennung, thermophile Schlammfäulung, Fäkalien, Braunwasser, Grauwasser, Wurmkompostierung, Kostenbetrachtung

1 Einleitung

Konventionelle Systeme für Trink- und Abwasser, die vorwiegend in industrialisierten Ländern entwickelt wurden und seit Jahrzehnten in Betrieb sind, tragen nicht immer zur richtigen Problemlösung bei, insbesondere in Schwellen- und Entwicklungsländern. Hierbei spielen u.a. die Kosten, der relativ hohe Trinkwasserverbrauch und die häufig geringe Wiederverwendung der Nährstoffe als Dünger eine Rolle. Nachhaltigere Konzepte sollten dazu führen, dass mehr Wasser- und Nährstoffe bei geringerem Energieeinsatz wieder verwendet werden. Alternative Sanitärkonzepte und –techniken sind seit langem bekannt und auch verschiedentlich im Einsatz, doch sind weitere Entwicklungen und Plausibilitätstests für eine breitere Anwendung erforderlich. Aus diesem Grund hat das Kompetenzzentrum Wasser Berlin (KWB) in Zusammenarbeit mit den Berliner Wasserbetrieben (BWB) und Veolia Water ein entsprechendes von der Europäischen Union (EU) bezu-

schusstes Demonstrationsprojekt (Sanitation Concepts for Separate Treatment (SCST)) durchgeführt. Hierbei wurden zwei unterschiedliche Sanitärkonzepte erprobt. Bei einem Konzept wurden Schwerkrafttrenntoiletten und beim anderen Konzept Vakuumtrenntoiletten verwendet.

Der Umfang dieses Manuskriptes erlaubt lediglich eine kurze Übersicht zu diesem Projekt, mehr Details können den Literaturangaben in der Literaturliste und der Homepage dieses Projektes entnommen werden [1].

Material und Methoden

VORSTUDIE

Vor dem Beginn des Demonstrationsprojektes ab 2003 wurde zunächst eine Vorstudie von Dezember 2000 bis Ende 2001 durchgeführt. Ab 2002 wurde ein Pilotprojekt begonnen, das von 2003 bis 2006 umfangreich als EU-Demonstrationsvorhaben weitergeführt wurde. Die Vorstudie umfasste eine Literatur- und Patentrecherche sowie Sammlung von Informationen durch Besichtigungen von bestehenden Projekten in Deutschland, Schweden und Dänemark.

Es wurde eine Kostenvergleichsrechnung zwischen einem konventionellen Sanitärsystem und neuen Sanitärkonzepten durchgeführt. Das Ergebnis zeigte, dass nicht nur ökologische sondern auch ökonomische Vorteile mit den neuen Sanitärkonzepten zu erwarten sind [2].

Die Ergebnisse der Vorstudie erhöhte die Motivation für die Durchführung eines Pilotprojektes bzw. des EU-Demonstrationsprojektes.

DEMONSTRATIONSPROJEKT

Ziele

Mit diesem Demonstrationsprojekt wurde das Ziel verfolgt neue Sanitärkonzepte zu entwickeln, die signifikante Vorteile in ökologischer und ökonomischer Hinsicht bieten im Vergleich zum konventionellen Sanitärsystem (end-of-pipe-system). Diese neuen Sanitärkonzepte sollen relevante Lösungen für folgende Anwendungsfälle bzw. Themen darstellen:

- entfernt liegende Siedlungen, wo der Abwasseranschluss an ein zentrales System technisch und ökonomisch ungünstig ist;
- schnell zusammenwachsende Stadtgebiete, vor allem in Entwicklungsländern;
- Länder mit knappen Wasserressourcen;
- nachhaltige Entwicklung für Wasser- und Nährstoff-Recycling.

Dieses Demonstrationsprojekt sollte ferner dazu dienen das Wissen in Bezug

- auf die Sanitärtechnologie, insbesondere der Trenntechnik, Installation und Kosten sowie
- hinsichtlich Erfahrungen mit dem Betrieb derartiger Sanitärkonzepte mit unterschiedlichen Techniken und unter verschiedenen Bedingungen

zu erhöhen.

Projekteinrichtungen

Die neuen Sanitärkonzepte für die separate Ableitung und Behandlung von Gelbwasser (Urin), Braunwasser (Fäzes und Toilettenspülwasser) und Grauwasser (Küche, Bad) wurden in bestehenden Gebäuden (Betriebsgebäude und Wohngebäude) auf dem Gelände des Klärwerks Stahnsdorf bei Berlin realisiert. Das neue Sanitärkonzept im Betriebsgebäude wurde 2002/2003 im Rahmen der Gebäudesanierung installiert und wurde im Frühjahr 2005 auf das Wohngebäude erweitert (Abb. 1).

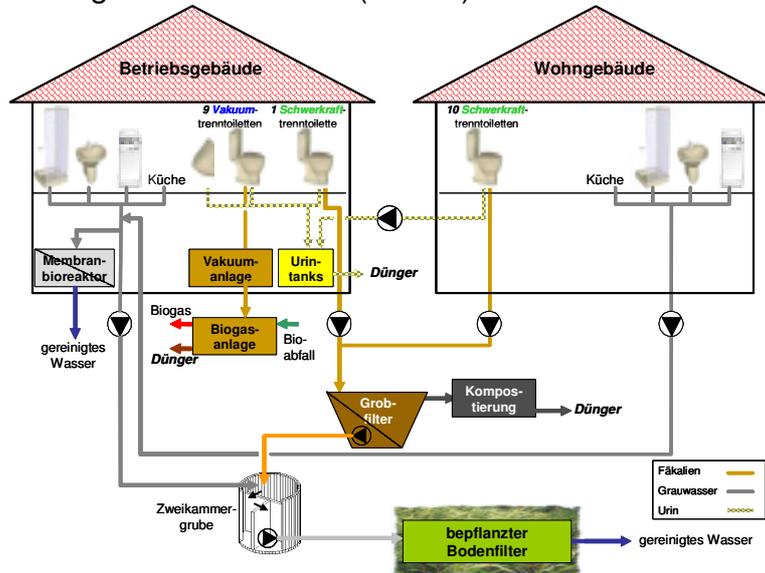


Abb. 1: Erprobte Sanitärkonzepte (links: *Vakuumentrenntoiletten*, rechts: *Schwerkrafttrenntoiletten*)

Beim Sanitärkonzept unter Verwendung von Schwerkrafttrenntoiletten (Abb. 2) wurde das Braunwasser mittels Schwerkraft abgeleitet, in einem Grobfilter entwässert und eingedickt.

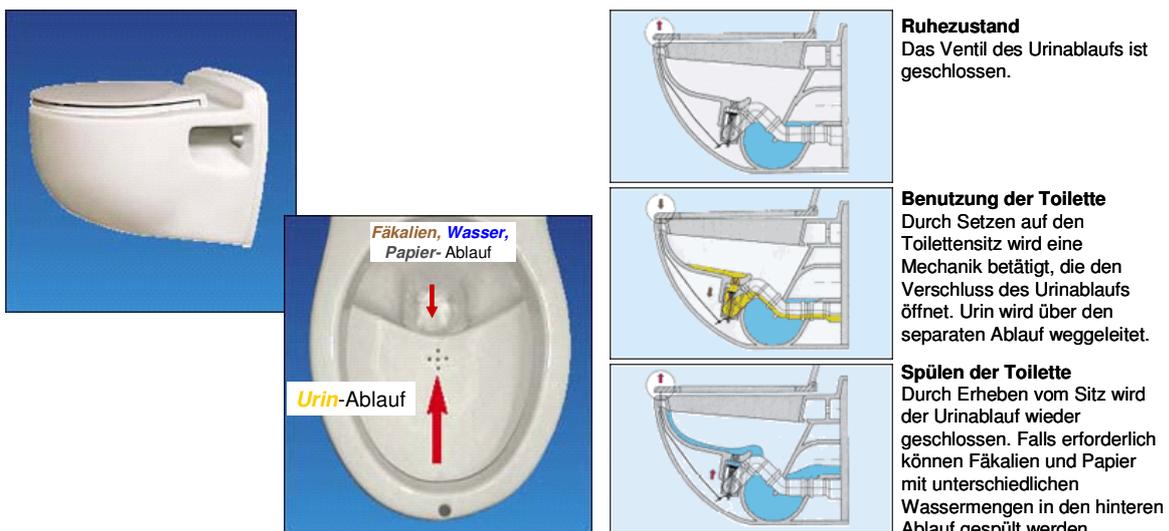


Abb. 2: Schwerkrafttrenntoilette (No Mix-Toilette) der Fa. Roediger [3]

Die eingedickten Feststoffe wurden kompostiert und das Filtrat in die Vorklärung (Zweikammergrube) geleitet. Das Grauwasser wurde ebenfalls in die Vorklärung zur mechanischen Reinigung gefördert. Das Gemisch aus mechanisch gereinigtem Grauwasser und Fäkalienfiltrat wurde in einem bepflanzten Bodenfilter biologisch gereinigt. Parallel dazu

wurde die biologische Reinigung des Grauwassers mit einem Membranbioreaktor erprobt. Das gereinigte Grauwasser aus beiden Anlagen kann z.B. für Bewässerungszwecke genutzt werden; dies wurde in dem Projekt allerdings nicht untersucht. Das Gelbwasser wurde über eine separate Leitung abgeleitet und in Tanks gespeichert. Im Rahmen dieses Projektes erfolgten damit Düngeversuche durch die Humboldt Universität zu Berlin (HUB). Parallel hierzu wurden technische Verfahren zur Gelbwasserbehandlung (Vakuumverdampfung, Dampfstrippung, Fällung, Ozonierung, UVC-Bestrahlung und Verfahrenskombinationen) zur Gewinnung von vermarktbareren Produkten an der Technischen Universität Hamburg-Harburg (TUHH) untersucht.

Beim Sanitärkonzept unter Verwendung von Vakuumtrenntoiletten wurden Gelb- und Grauwasser ebenfalls mittels Schwerkraft abgeleitet, während das Braunwasser mittels Vakuum transportiert wurde. Das Gelbwasser wurde wie oben beschrieben behandelt. Das Braunwasser aus den Vakuumtrenntoiletten wurde in einer zweistufigen thermophilen Biogasanlage behandelt, wobei zeitweise auch Bioabfälle zugegeben wurden. Der ausgefaulte Schlamm aus dieser Biogasanlage kann grundsätzlich als Dünger verwendet werden. Die Nutzung des Biogases wurde in diesem Projekt nicht untersucht.

Das Sanitärkonzept mit Schwerkrafttrenntoiletten wurde zunächst in einer Vorabphase von Oktober 2003 bis April 2005 im Betriebsgebäude erprobt. Dazu wurden 10 Schwerkrafttrenntoiletten und fünf wasserlose Urinale drei verschiedener Hersteller installiert. Auf der Basis der hier gewonnenen Erfahrungen wurden in 10 Wohnungen des Wohngebäudes im Frühjahr 2005 Schwerkrafttrenntoiletten eingebaut. Zeitlich parallel wurden seit Oktober 2003 in mehreren Etappen die Schwerkrafttrenntoiletten im Betriebsgebäude durch Vakuumtrenntoiletten ersetzt.

Begleitet wurde das Projekt durch eine an der Technischen Universität Berlin erstellten Ökobilanz, die zeigen sollte, ob ökologische Vorteile gegenüber dem konventionellen Abwassersystem, vorhanden sind. Alle relevanten Prozesse innerhalb der Sanitärsysteme wurden mit einer Ökobilanzsoftware modelliert, wobei die erforderlichen Daten aus Pilotprojekten, Literatur oder Datenbanken entnommen wurden [4]. Neben dem Betrieb der Sanitärsysteme wurden auch die baulichen Aufwendungen mitbilanziert. Das entstandene Stoffstrommodell für energetische Ressourcen, Nährstoffe und Schwermetalle wurde über eine Reihe von Umweltindikatoren ausgewertet [5].

Zur wirtschaftlichen Betrachtung wurde eine Kostenvergleichsrechnung zwischen einem konventionellen und den untersuchten neuen Sanitärkonzepten vorgenommen. Die Berechnungen wurden nach den Deutschen Richtlinien der "Dynamischen Kostenvergleichsrechnungen" des Ländarbeitskreises Wasser (LAWA) durchgeführt [6]. Als Fallbeispiel wurde eine existierende Siedlung in Berlin betrachtet, die konventionell erschlossen ist.

Die verschiedenen Elemente des Projekts sind in der folgenden Tab. 1 gegenübergestellt. Diese wurden in verschiedenen Phasen zu unterschiedlichen Zeitpunkten und in diversen Kombinationen getestet.

Tab. 1: Struktur und Elemente des Projekts

		Stoffströme		
		Gelbwasser	Braunwasser	Grauwasser
Technische Konzeption	Sanitär- technik	Schwerkrafttrenntoiletten Vakuumentrenntoiletten Wasserlose Urinale	Schwerkrafttrenntoiletten Vakuumentrenntoiletten	
	Transport	Schwerkraftleitung Druckleitung	Schwerkraftleitung Vakuumeleitung Druckleitung	Schwerkraftleitung Druckleitung
	Behandlungs- anlagen	Speicher Vakuumverdampfung Strippung Fällung etc.	Grobfiltration Sedimentation Biogasanlage	Sedimentation und Bepflanzter Bodenfilter Membran-Bioreaktor
Verwer- tung		Landwirtschaftliche Verwertung		
Bewer- tung		Life Cycle Assessment und Kostenvergleichsrechnung		

Ergebnisse

Sanitärtechnik

Verstopfungen am Gelbwasserauslass infolge von Ausfällungen ergaben sich an sechs von zehn Toiletten des Wohngebäudes. Diese Verstopfung führt nicht zu einem Ausfall der Toilette, sondern es findet nunmehr keine getrennte Ableitung von Gelb- und Braunwasser statt. Für eine weitere Verbreitung der Schwerkrafttrenntoiletten als Alternative zu konventionellen Spültoiletten sind Optimierungsarbeiten hinsichtlich Geometrie und Spülung erforderlich.

Bei der Bewertung der Vakuumentrenntoiletten muss berücksichtigt werden, dass es sich dabei um modifizierte Schwerkrafttrenntoiletten handelt, die mit einem Vakuumventil am reduzierten Abfluss ausgestattet sind. Es handelt sich dabei um Einzelfertigung, die noch als Prototyp bezeichnet werden muss. Die installierten Toiletten haben einen Spülwasserverbrauch von 1 – 2 Liter je Spülung; bei Serienfertigung der Toilette sollte die Spülwassermenge unter 1 Liter liegen.

Die Befragungen der Benutzer ergaben, dass diese Trenntoiletten grundsätzlich akzeptiert werden, jedoch ist wie o.g., bei beiden Toilettentypen eine Verbesserung der Spülung erforderlich.

Gelbwassersammlung

Das Gelbwasser (Urin) der Benutzer der Toiletten im Betriebsgebäude wurde im Keller in vier Tanks gesammelt und wurde von hier für die Versuche zur landwirtschaftlichen Verwertung bzw. der technischen Behandlung abgepumpt. Die mittlere Gelbwassermenge aus dem Betriebsgebäude betrug 7 L/d und die des Wohngebäudes lag bei ca. 60 L/d. Die Konzentrationen für Stickstoff, CSB etc. lagen, insbesondere beim Gelbwasser aus dem Wohngebäude, deutlich unterhalb bekannter Literaturwerte. Ursachen können die Verdünnung des Gelbwassers mit Spülwasser durch evtl. nicht vollständig geschlossene Ventile des Urinablaufs der Trenntoiletten oder auch die Mehrfachspülung durch die Nutzer aufgrund des schlechten Toilettenpapiertransports in der Toilettenschüssel sein. Untersuchungen zu Verunreinigungen mit pharmazeutischen Rückständen wurden ebenfalls durchgeführt. Aufgrund der nicht repräsentativen Benutzergruppe sind die gefundenen Konzentrationen sehr niedrig. Bei dem Transport von Gelbwasser in einer Druckleitung

traten während des ca. 1,5-jährigen Betriebs keine Probleme infolge Ausfällungen oder Verstopfungen in der Leitung auf. Auf eine detaillierte Darstellung der Ergebnisse wird hier verzichtet und auf den umfangreichen Abschlussbericht verwiesen [1].

Grauwasserbehandlung

In der Tab. 2 sind Zu- und Ablaufwerte des bepflanzten Bodenfilters von zwei Betriebsperioden aufgeführt.

Tab. 2: Zu- und Ablaufwerte des bepflanzten Bodenfilters

Parameter		Einheit	Grauwasser vom Betriebs- und Wohngebäude			
			mit Fäkalienfiltrat		ohne Fäkalienfiltrat	
			29.6.2005 - 1.7.2006		1.9. - 16.11.2006	
			Zulauf	Ablauf	Zulauf	Ablauf
Volumstrom	Q	L/d	5.191		4.334	
Chemischer Sauerstoffbedarf	CSB	mgO ₂ /L	402	27,6	318	18,6
Gesamtposphat-Phosphor	Pges	mgP/L	6,7	1,7	4,7	0,5
Gesamtstickstoff	Nges	mgN/L	33,4	19,6	11,0	3,5
Ammoniumstickstoff	NH ₄ -N	mgN/L	20,4	2,6	5,8	0,1

In einer Periode wurde die Anlage mit Grauwasser vom Betriebs- und Wohngebäude incl. Fäkalienfiltrat und in der anderen Periode ohne Fäkalienfiltrat betrieben. Der Volumenstrom lag in der ersten Periode über und in der zweiten Periode unter der vorgesehenen Menge von 4.580 L/d. Bei der Betrachtung der Zu- und Ablaufkonzentrationen der verschiedenen chemischen Größen wie CSB, Pges etc. ist der Einfluss des Fäkalienfiltrates zu erkennen. In der ersten Periode lagen die Konzentrationen deutlich höher als in der zweiten Phase. Die CSB-Konzentrationen im Ablauf sind aber in beiden Fällen niedriger als z.B. bei den Berliner Klärwerken wo sie bei 40 – 50 mg/L liegen.

Bei der Reinigung des Grauwassers mit der Membranbelebungsanlage wurden ähnliche Ablaufkonzentrationen erzielt wie mit dem bewachsenen Bodenfilter in der zweiten Periode. Zusätzlich wurde jedoch noch eine Hygienisierung des Grauwassers bewirkt.

Braunwasserbehandlung

Das Braunwasser aus den Schwerkrafttrenntoiletten floss jeweils im freien Gefälle in Schächte und wurde von dort mit Schneiradpumpen zum Fäkalienseparator (Grobfilter) zur Entwässerung und Eindickung gepumpt. Die Grobfilter sind Polyethylen-Filtersäcke, die freihängend in einem Schacht installiert wurden. In den Grobfiltern wurde der größte Teil der abfiltrierten Stoffe (79 %) des Braunwassers vom Wohngebäude zurückgehalten. Da dennoch die Konzentration der abfiltrierbaren Stoffe im Ablauf (Fäkalienfiltrat) noch sehr hoch war (246 mg/L), wurde es zeitweise in die Zweikammergrube geleitet, zusammen mit dem Grauwasser mechanisch vorgereinigt und anschließend mit dem bepflanzten Bodenfilter biologisch gereinigt.

Bezüglich des Betriebes und der Handhabung des Fäkalienseparators ist festzuhalten, dass diese Art der Fäkalienentwässerung nur für niedrige Anschlussgrößen geeignet ist. Für größere Siedlungen ist eine kontinuierlich laufende Einrichtung erforderlich, mit der die Konzentration der abfiltrierbaren Stoffe im Fäkalienkonzentrat möglichst noch weiter verringert werden kann.

Für die Erzeugung von Kompost aus den eingedickten Fäkalien wurden jeweils *Eisenia fetida*-Würmer zu den Fäkalien in den Filtersäcken zugegeben und bei ca. 20 °C in einem Raum über mehrere Monate (4 – 6) mit einem sehr zufrieden stellendem Ergebnis kompostiert (Vermikompostierung). Dieser Kompost wurde für Düngeversuche an der Humboldt Universität zu Berlin verwendet.

Die zweistufige thermophile Biogasanlage für die Behandlung des Braunwassers aus den Vakuumtrenntoiletten konnte erst im Juli 2006 in Betrieb genommen werden. Aufgrund der kurzen Versuchszeit konnten mit dieser Anlage lediglich orientierende Ergebnisse erzielt werden. Bei einer Faulzeit von 7 Tagen wurden ähnliche Faulgasmengen erreicht wie bei der Faulung von Schlamm aus kommunalen Kläranlagen.

Bilanzierung der Stofftrennung

Mittels einer Stoffbilanz wurde die Verteilung der Inhaltsstoffe auf die verschiedenen Teilströme (Gelb-, Braun- und Grauwasser) ermittelt und Literaturwerten gegenübergestellt. Beispielhaft sind die Ergebnisse für den Gesamtstickstoff in der Tab. 3 zusammengestellt.

Tab. 3: Vergleich der gemessenen Stickstoffanteile mit Literaturwerten von Gelb-, Braun- und Grauwasser

			Gelbwasser		Braunwasser		Grauwasser		Summe
Wohngebäude	Nges	%	33	<i>87</i>	57	<i>10</i>	10	3	100
Betriebsgebäude	Nges	%	41	<i>87</i>	40	<i>10</i>	19	3	100

kursiv = Literaturwerte

Bei der Betrachtung der Werte vom Gelbwasser (Urin) ist zu erkennen, dass der Anteil des Nges im Urin der Benutzer der Toilettenanlagen vom Wohngebäude sehr viel niedriger ist als in der Literatur aufgeführt. Dahingegen sind die Werte im Braunwasser deutlich höher als die Literaturwerte. Dies trifft auch bei Grauwasser zu. Da die Bewohner des Wohnhauses sich nach eigenen Angaben zum Urinieren auf die Toilette setzen, scheidet eine fehlerhafte Benutzung mit hoher Wahrscheinlichkeit aus. Ursache scheint vielmehr die nicht ausreichende Trennwirkung der Toilette zu sein; verschlechtert wird diese durch Ausfällungen am Ventil des Urinablaufs. Zur Behebung der Verstopfungen mussten deshalb bisher an sechs von zehn Toiletten die Ventile ausgetauscht werden.

Bei den im Betriebsgebäude getesteten Schwerkrafttrenntoiletten war die Trennwirkung ähnlich wie im Wohngebäude, jedoch war der Anteil des Gesamtstickstoffs im Urin deutlich höher. Die Ursache dafür dürfte der Sachverhalt sein, dass der Urin der männlichen Personen überwiegend mittels wasserloser Urinale gesammelt wurde.

Verwertung

Für die Ermittlung der Düngewirkung von Urin, Fäkalienkompost sowie unbehandelten Fäkalien wurden von der Humboldt Universität Berlin entsprechende Topf- und Feldversuche durchgeführt. Beispielhaft sind in Abb. 3 Ergebnisse von Sommerweizen aus Topfversuchen dargestellt, der mit Mineraldünger oder mit Gelbwasser gedüngt und einer Kontrolle gegenübergestellt wurde.

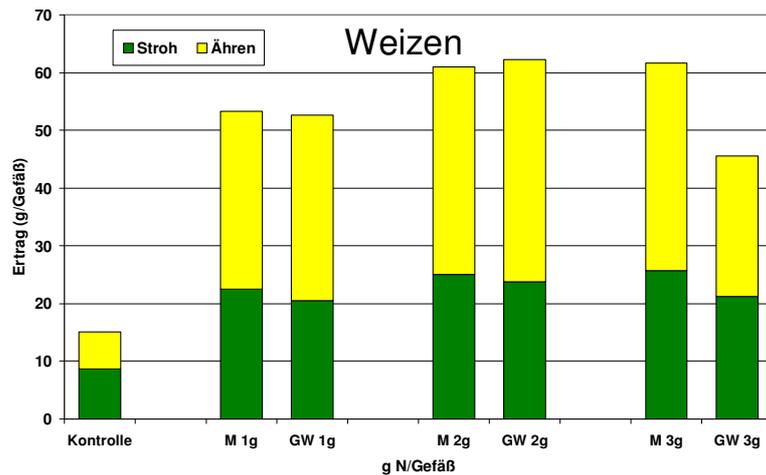


Abb. 3: Ernteerträge von Sommerweizen bei Düngung mit Mineraldünger (M) und Gelbwasser (GW) (1 - 3 g N/Gefäß)

Wie diese Ergebnisse zeigen, sind die Erträge des Sommerweizens, der mit Gelbwasser gedüngt wurde, ähnlich wie bei der Verwendung von Mineraldünger. Dieses Beispiel zeigt das hohe Düngepotenzial von Gelbwasser. Eine Abschätzung ergab, dass mit dem Gelbwasser der Einwohner von Berlin und Brandenburg 40 % des derzeit in Brandenburg aufgebrauchten Stickstoffs ersetzt werden könnte. Die Höhe des durch Gelbwasserdüngung substituierbaren Phosphors liegt sogar bei 75 % der im Wirtschaftsjahr 2003/2004 applizierten Düngermenge [7].

Die Untersuchungen der TU Hamburg-Harburg zur Urinbehandlung zeigten, dass alle erprobte Verfahren grundsätzlich anwendbar sind. Zum Beispiel wurde mit der Dampfstrippung eine mehr als 15 %ige Ammoniaklösung erzielt. Bei der Eindampfung konnten 20 L Konzentrat pro m³ Urin produziert werden, was einer 50-fachen Aufkonzentrierung entspricht. Der im Konzentrat vollständig enthaltene Phosphor kristallisierte bei anschließender Lagerung aus. Strippung und Aufkonzentrierung bewirkten bei nachfolgender Fällung keine nennenswerte Veränderung der Fällungseffizienz. Pharmarückstände konnten mittels Ozonierung vollständig entfernt werden.

Ökobilanz

Die von der Technischen Universität Berlin durchgeführte Ökobilanz ergab, dass die neuen Sanitärkonzepte weniger umweltbelastend sind als das konventionelle Sanitärsystem. Dieses Ergebnis ist in Abb. 4 dargestellt.

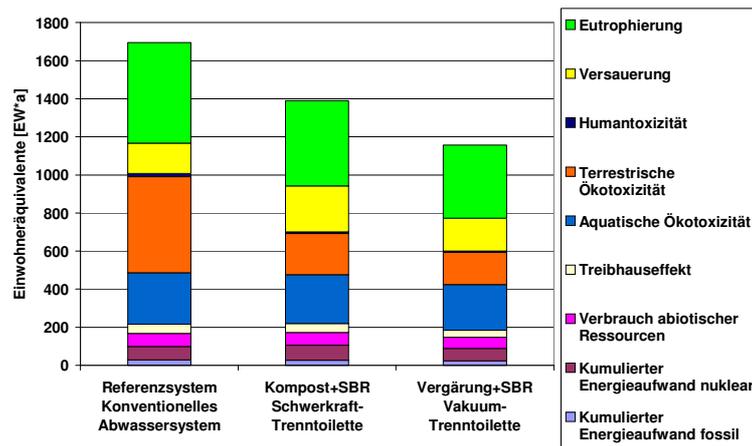


Abb. 4: Normalisierte ökologische Profile als Einwohneräquivalente (Umweltbelastung) des konventionellen Sanitärsystems und der beiden getesteten neuen Sanitärkonzepte

Die geringere Umweltbelastung resultiert bei den neuen Sanitärkonzepten vor allem aus der geringeren Eutrophierung der Gewässer und der geringeren Belastung der Böden mit Schwermetallen (Terrestrische Ökotoxizität) durch Verwendung von Urin, Fäkalienkompost und ausgefaultem Braunwasser anstelle von Mineraldünger. Bei diesen Ergebnissen wurde davon ausgegangen, dass der Urin zur Düngung nicht aufbereitet wird. Sollte eine Aufbereitung mit diversen Verfahren zur Konzentrierung der Nährstoffe wie Phosphor und Stickstoff sowie eine Entfernung von Mikroverunreinigungen (Arzneimittel, Steroide) erforderlich werden, würden sich die in Abb. 4 dargestellten beiden rechten Säulen im ungünstigsten Fall um jeweils ca. 100 Einwohneräquivalente erhöhen. Damit wären die neuen Sanitärkonzepte immer noch deutlich weniger umweltbelastend. Weiterhin wurde davon ausgegangen, dass sich mit den Trenntoiletten 75 % Urin trennen lassen. Dieser Trenngrad ist mit den in diesem Projekt verwendeten Toiletten nicht möglich. Es wurden Trenngrade von ca. 30 – 40 % erzielt. Eine Verbesserung der Toilettentechnik ist daher für eine erfolgreiche Verbreitung unabdingbar.

Kosten

Die im Rahmen dieses Projektes durchgeführte Kostenvergleichsrechnung von Otterwasser GmbH (Berater für dieses Projekt) ergab, dass die Kosten stark von den Rahmenbedingungen einer betrachteten Siedlung abhängig sind. So können sich Kostennachteile, -vorteile oder Kostengleichheit im Vergleich zum konventionellen Sanitärsystem ergeben. Für das betrachtete System konnte eine Kostengleichheit unter den für Berlin herrschenden Randbedingungen lediglich für Systeme mit zwei Teilströmen aufgezeigt werden. Deutlich negativ wirken sich dabei die hohen Investitionskosten für die mehrfachen Leitungssysteme aus. Die Betriebskosten sind jedoch geringer bei den neuen Sanitärkonzepten, was übereinstimmt mit anderen Untersuchungen [8]. Für Gebiete mit hohen Abwassergebühren ergeben sich deutliche Kostenvorteile für die neuen Sanitärkonzepte. Sind die Kosten gleich, haben diese neuen Sanitärkonzepte den Vorteil, dass sie weniger umweltbelastend sind als das konventionelle Sanitärsystem.

Zusammenfassung

Die Ergebnisse dieses Projektes zeigen insgesamt, dass die erprobten Sanitärkonzepte grundsätzlich funktionieren und Entwicklungspotential vorhanden ist. Für einen Einsatz in

größerem Maßstab sind Verbesserungen erforderlich. Dies betrifft vor allem die Trenntoiletten und die Entwässerung und Eindickung des Braunwassers (Fäkalien plus Spülwasser). Weiterhin sind Lösungen zu erarbeiten, wie Inkrustierungen in den Urinableitungen, insbesondere an den Sanitäreinrichtungen, vermieden bzw. minimiert werden können. Eine zusätzliche Problematik zeigt sich bei der Verwertung der unterschiedlichen Produkte (Urin, Fäkalienkompost, anaerob behandelte Fäkalien) als Dünger. Aufgrund von Mikroverunreinigungen (Arzneimittel, Steroide) in diesen Produkten, über deren Auswirkungen keine gesicherten Erkenntnisse vorliegen, wird es schwer sein eine Akzeptanz bzw. Genehmigung für die Verwendung dieser Produkte als Dünger zu erhalten. Viele Akteure, die sich mit neuen Sanitärkonzepten beschäftigen, schätzen jedoch den Nutzen dieser Produkte viel höher ein als der Schaden, der evtl. durch diese Mikroverunreinigungen entstehen könnte. Da die Themen Wassereinsparung, Wasserwiederverwendung, Nährstoffrecycling und Energieeinsparung immer wichtiger werden, sind weitere Arbeiten zu diesen Themenfeldern erforderlich, was auch an vielen anderen Stellen geschieht. Beispielsweise hat die DWA (Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.) 2005 einen Fachausschuss „Neuartige Sanitärsysteme“ gegründet, der das aktuelle Wissen zu dieser Thematik zusammenträgt und veröffentlicht. Beispiele für Anwendungen neuartiger Sanitärsysteme sind die Solar City in Linz (Österreich), Haus Griesbach der EAWAG (Schweiz) und in Deutschland neben dem SCST-Projekt in Stahnsdorf in der Siedlung Flintenbreite (Lübeck), bei der Fa. Hans-Huber (Berching), in der Lambertsmühle (Burscheid) und bei der GTZ (Eschborn). In Berlin sind z.Z. keine Anwendungen geplant, da vor allem noch oben angeführte Probleme bzw. Unklarheiten bestehen.

Abschließend soll nicht unerwähnt bleiben, dass ein großes Interesse an Informationen zu diesem Demonstrationsprojekt bestand bzw. weiterhin besteht. Bislang wurde dieses Projekt 76mal nationalen und internationalen Besuchern (ca. 550) vor Ort erläutert und gezeigt. Dies wurde nicht zuletzt durch die Internetpräsentation dieses Projektes durch das Kompetenzzentrum Wasser Berlin [1], durch Informationen in Fachzeitschriften und Rundfunk (17) und durch Vorträge auf nationalen und internationalen Konferenzen (39) bewirkt.

Dieses Demonstrationsprojekt wurde über das Finanzierungsinstrument LIFE der Europäischen Gemeinschaft unterstützt (LIFE03 ENV/D/000025)



Literatur

- [1] KWB: Demonstrationsprojekt - Sanitärkonzepte für die separate Erfassung und Behandlung von Urin, Fäkalien und Grauwasser. www.kompetenzwasser.de/SCST.22.0.html, 2007.
- [2] A. Peter-Fröhlich, I. Kraume, A. Lesouëf und M. Oldenburg, M.: Separate Ableitung und Behandlung von Urin, Fäkalien und Grauwasser – ein Pilotprojekt. Korrespondenz Abwasser (51), Nr. 1, S. 38 -43, 2004.
- [3] Roediger (2006): Roediger No Mix-Toilette. www.roevac.com, Vakuumsanitärtechnik, Separationstoiletten Ecosan, Datenblätter.
- [4] ISO 14040: Environmental management - Life Cycle Assessment - Principles and framework. International Standardisation Organisation, 1997.
- [5] Guinée, J. B., Gorree, M., Heijungs, R., Huppes, G., Kleijn, R., Wegener Sleeswijk, A., Udo de Haes, H. A., Bruijn, d., J.A., Duin, v., R., Huijbregts, M. A. J., Lindeijer, E., Roorda, A. A. H., Ven, v. d., B.L., and Weidema, B. P.: Handbook on Life Cycle Assessment - Operational Guide to the ISO Standards. Kluwer. Dordrecht, Boston, London, 2002.
- [6] LAWA: Leitlinien zur Durchführung dynamischer Kostenvergleichsrechnungen. Länderarbeitsgemeinschaft Wasser, Kulturbuchverlag Berlin GmbH, 1998.

- [7] Ellmer, F. und Sasse, A.: Einsatz von Urin als Wachstumsförderer für Nutzpflanzen in der Landwirtschaft – erste Forschungsergebnisse. Vortrag auf der 7. Wasserwerkstatt, Neuartige Sanitärkonzepte, Kolloquium des Kompetenzzentrums Wasser Berlin, in Berlin am 1.12.2005.
- [8] Dockhorn, T., Dichtl, N.: A Decision Support Tool for Implementing a Sustainable Resource Management in the Sector of Municipal Wastewater Treatment. . 2nd Leading-Edge Conference on Sustainability in Water-Limited Environments, 8 -10 November 2004 in Sydney, Australia, 2004.

Autoren

Dr.-Ing. Anton Peter-Fröhlich
Berliner Wasserbetriebe
Organisationseinheit Abwasserentsorgung
Neue Jüdenstraße 1, D 10864 Berlin
E-mail: anton.peter-froehlich@bwb.de

Dipl.-Ing. Ludwig Pawlowski
Kompetenzzentrum Wasser Berlin
Cicerostraße 24, D 10709 Berlin
E-mail: ludwig.pawlowski@kompetenz-wasser.de

Dipl.-Ing. Alexandre Bonhomme
Acciona Agua
Av. de Europa, 22. Parque Empresarial La Moraleja
E 28108 Alcobendas, Madrid
E-mail: alexandre.bonhomme@acciona.es
(ehem. Kompetenzzentrum Wasser Berlin)

Dr.-Ing. Martin Oldenburg
Otterwasser GmbH
Engelsgrube 81, 23552 Lübeck
E-mail: oldenburg@otterwasser.de