

REPORT

Contract : LIFE03ENV/D/000025

Cicerostr. 24
D-10709 Berlin
Germany
Tel +49 (0)30 536 53 800
Fax +49 (0)30 536 53 888
www.kompetenz-wasser.de

Sanitärkonzepte zur separaten Behandlung von Urin, Fäkalien und Grauwasser (SCST) – Layman Report Project acronym: SCST

by

Anton Peter-Fröhlich (Berliner Wasserbetriebe)
Alexandre Bonhomme (Berlin Centre of Competence for Water)
Martin Oldenburg (Otterwasser GmbH)

Bezüglich des Inhalts zum Membranbelebungsreaktor:
Regina Gnirß (Berliner Wasserbetriebe)
Boris Lesjean (Berlin Centre of Competence for Water)

for

Kompetenzzentrum Wasser Berlin gGmbH

Preparation of this report was financed in part through funds provided by Veolia Water
and Berliner Wasserbetriebe



Berlin, Germany

2007

Important Legal Notice

Disclaimer: The information in this publication was considered technically sound by the consensus of persons engaged in the development and approval of the document at the time it was developed. KWB disclaims liability to the full extent for any personal injury, property, or other damages of any nature whatsoever, whether special, indirect, consequential, or compensatory, directly or indirectly resulting from the publication, use of application, or reliance on this document.

KWB disclaims and makes no guaranty or warranty, expressed or implied, as to the accuracy or completeness of any information published herein. It is expressly pointed out that the information and results given in this publication may be out of date due to subsequent modifications. In addition, KWB disclaims and makes no warranty that the information in this document will fulfill any of your particular purposes or needs.

The disclaimer on hand neither seeks to restrict nor to exclude KWB's liability against all relevant national statutory provisions.

Wichtiger rechtlicher Hinweis

Haftungsausschluss Die in dieser Publikation bereitgestellte Information wurde zum Zeitpunkt der Erstellung im Konsens mit den bei Entwicklung und Anfertigung des Dokumentes beteiligten Personen als technisch einwandfrei befunden. KWB schließt vollumfänglich die Haftung für jegliche Personen-, Sach- oder sonstige Schäden aus, ungeachtet ob diese speziell, indirekt, nachfolgend oder kompensatorisch, mittelbar oder unmittelbar sind oder direkt oder indirekt von dieser Publikation, einer Anwendung oder dem Vertrauen in dieses Dokument herrühren.

KWB übernimmt keine Garantie und macht keine Zusicherungen ausdrücklicher oder stillschweigender Art bezüglich der Richtigkeit oder Vollständigkeit jeglicher Information hierin. Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die in der Publikation gegebenen Informationen und Ergebnisse aufgrund nachfolgender Änderungen nicht mehr aktuell sein können. Weiterhin lehnt KWB die Haftung ab und übernimmt keine Garantie, dass die in diesem Dokument enthaltenen Informationen der Erfüllung Ihrer besonderen Zwecke oder Ansprüche dienlich sind.

Mit der vorliegenden Haftungsausschlussklausel wird weder bezweckt, die Haftung der KWB entgegen den einschlägigen nationalen Rechtsvorschriften einzuschränken noch sie in Fällen auszuschließen, in denen ein Ausschluss nach diesen Rechtsvorschriften nicht möglich ist.

Abstract (Deutsch)

>SCST<

Dauer:	1/2003 bis 12/2006
Volumen:	2,22 Mio €
Vertragspartner:	TUHH, TUB, HUB
Kontakt im KWB:	Anton Peter-Fröhlich (Berliner Wasserbetriebe)

Zentrale, konventionelle Wasserver- und Abwasserentsorgungskonzepte, in industrialisierten Ländern seit Jahrzehnten entwickelt und angewandt, sind aufgrund hoher Kosten, hohen Wasserverbrauchs und geringer Wiederverwendung von Nährstoffen nicht hinreichend nachhaltig, insbesondere nicht für den Einsatz in Entwicklungsländern. Zielvorstellungen der nachhaltigen Konzepte sind eine weitgehende Wiederverwendung des gereinigten Abwassers, sowie der Nährstoffe, verbunden mit einem geringeren Energiebedarf bzw. einer Produktion von Energie. Alternative Konzepte und Techniken stehen bereits seit einiger Zeit zur Verfügung und werden auch angewendet, dennoch sind weitere Entwicklungen und Plausibilitätsprüfungen erforderlich.

Aus diesem Grund hat das Kompetenzzentrum Wasser Berlin (KWB) zusammen mit den Berliner Wasserbetrieben (BWB) und Veolia Water ein entsprechendes EUDemonstrationsprojekt (Sanitation Concepts for Separate Treatment (SCST)) durchgeführt.

Hierbei wurden zwei unterschiedliche Sanitärkonzepte in Gebäuden der BWB auf dem Gelände des Klärwerks Stahnsdorf erprobt.

Ziel dieses Projektes war es zu erproben, ob diese neuen Sanitärkonzepte sowohl in ökologischer als auch in ökonomischer Hinsicht signifikante Vorteile gegenüber den konventionellen Sanitärsystemen mit Schwemmkanalstation und Kläranlage (end-of-pipe- system) bieten.

Layman Report

EU-Demonstrations Projekt

Sanitärkonzepte zur separaten Behandlung von Urin, Fäkalien und Grauwasser (SCST)

Dauer des Projektes
1. Januar 2003 bis 31. Dezember 2006

erstellt von

Anton Peter-Fröhlich (Berliner Wasserbetriebe)
Alexandre Bonhomme (Kompetenzzentrum Wasser Berlin)
Martin Oldenburg (Otterwasser GmbH)

Bezüglich des Inhalts zum Membranbelebungsreaktor:

Regina Gnirß (Berliner Wasserbetriebe)
Boris Lesjean (Kompetenzzentrum Wasser Berlin)

Mai 2007

This demonstration project is being
co-financed in the framework of the
LIFE programme of the European
Commission (LIFE03 ENV/D/000025)



Projektumfang und Ziele

Zentrale, konventionelle Wasserver- und Abwasserentsorgungskonzepte, in industrialisierten Ländern seit Jahrzehnten entwickelt und angewandt, sind aufgrund hoher Kosten, hohen Wasserverbrauchs und geringer Wiederverwendung von Nährstoffen nicht hinreichend nachhaltig, insbesondere nicht für den Einsatz in Entwicklungsländern. Zielvorstellungen der nachhaltigen Konzepte sind eine weitgehende Wiederverwendung des gereinigten Abwassers, sowie der Nährstoffe, verbunden mit einem geringeren Energiebedarf bzw. einer Produktion von Energie. Alternative Konzepte und Techniken stehen bereits seit einiger Zeit zur Verfügung und werden auch angewendet, dennoch sind weitere Entwicklungen und Plausibilitätsprüfungen erforderlich.

Aus diesem Grund hat das Kompetenzzentrum Wasser Berlin (KWB) zusammen mit den Berliner Wasserbetrieben (BWB) und Veolia Water ein entsprechendes EU-Demonstrationsprojekt (Sanitation Concepts for Separate Treatment (SCST)) durchgeführt. Hierbei wurden zwei unterschiedliche Sanitärkonzepte in Gebäuden der BWB auf dem Gelände des Klärwerks Stahnsdorf erprobt.

Ziel dieses Projektes war es zu erproben, ob diese neuen Sanitärkonzepte sowohl in ökologischer als auch in ökonomischer Hinsicht signifikante Vorteile gegenüber den konventionellen Sanitärsystemen mit Schwemmkanalisation und Kläranlage (end-of-pipe-system) bieten.

Techniken/Methodologien

Die neuen Sanitärkonzepte für die separate Ableitung und Behandlung von Gelbwasser (Urin), Braunwasser (Fäkalien ohne Urin zzgl. 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 (**Bild 1**).

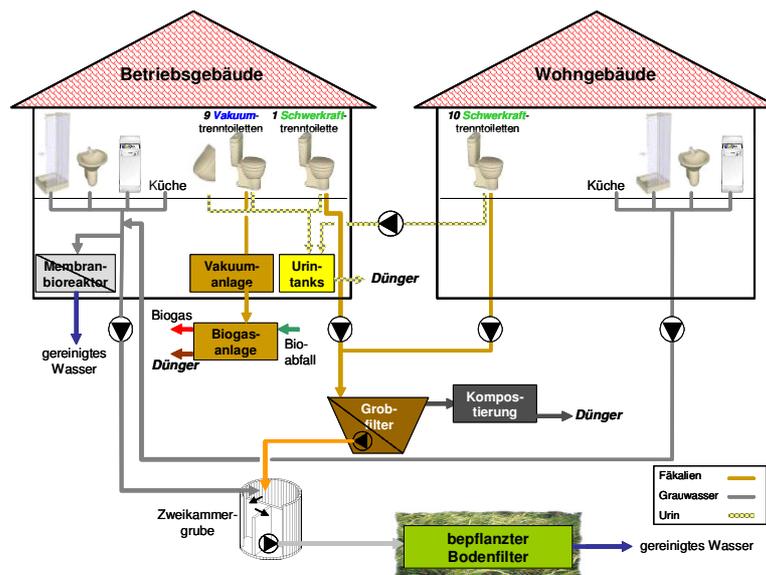


Bild 1: Erprobte Sanitärkonzepte (links: *Vakuumentrenntoiletten*, rechts: *Schwerkrafttrenntoiletten*)

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

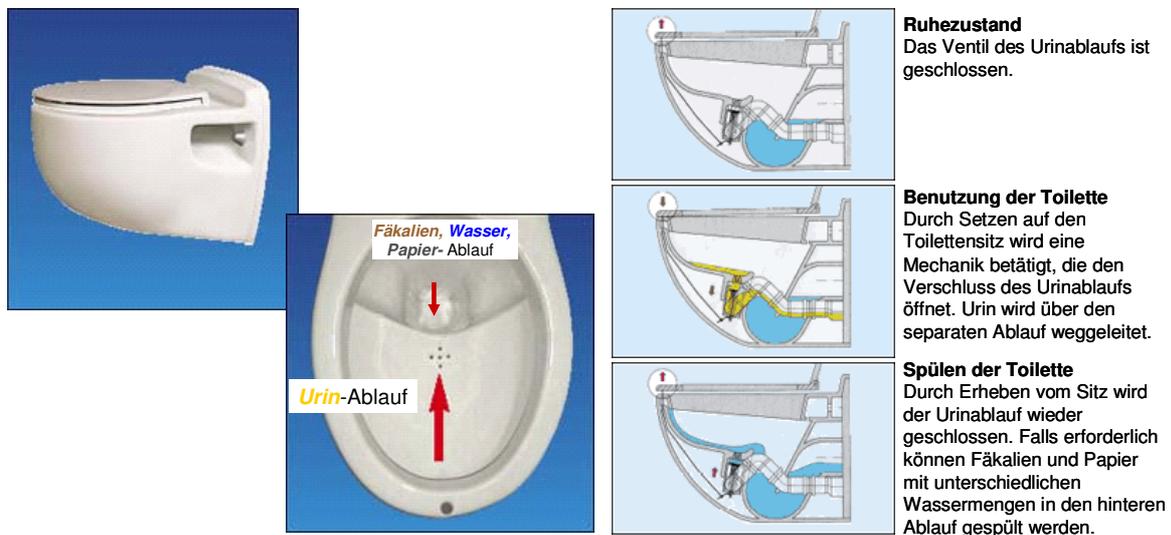


Bild 2: Schwerkrafttrenntoilette (No Mix-Toilette) der Fa. Roediger

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. 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 erstellte Ökobilanz, die zeigen sollte, ob ökologische Vorteile gegenüber dem konventio-

nellen 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. 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. 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. 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	Sanitärtechnik	Schwerkrafttrenntoiletten Vakuumtrenntoiletten Wasserlose Urinale	Schwerkrafttrenntoiletten Vakuumtrenntoiletten	
	Transport	Schwerkraftleitung Druckleitung	Schwerkraftleitung Vakuumleitung Druckleitung	Schwerkraftleitung Druckleitung
	Behandlungsanlagen	Speicher Vakuumverdampfung Strippung Fällung etc.	Grobfiltration Sedimentation Biogasanlage	Sedimentation und Bepflanzter Bodenfilter Membran-Bioreaktor
Verwertung		Landwirtschaftliche Verwertung		
Bewertung	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 Vakuumtrenntoiletten 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. 1,5jährigen 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 (www.kompetenz-wasser.de, Forschung, SCST).

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 Schneidradpumpen 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 vorgeeignet 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 Braun-

wasser 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 im **Bild 3** Ergebnisse von Sommerweizen aus Topfversuchen dargestellt, der mit Mineraldünger oder mit Gelbwasser gedüngt und einer Kontrolle gegenübergestellt wurde.

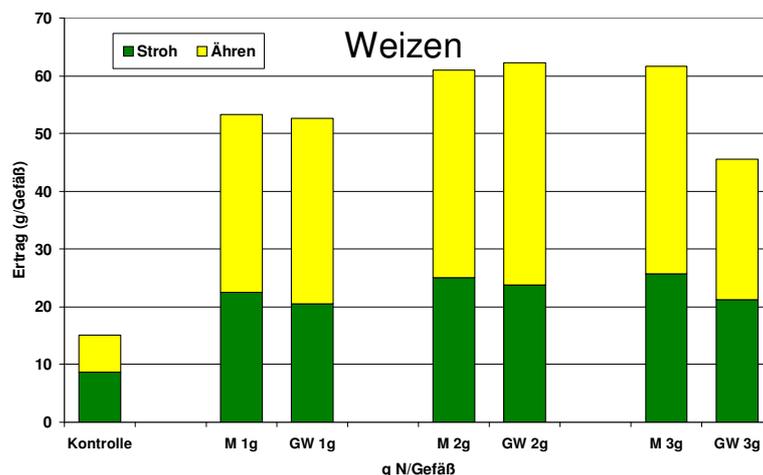


Bild 3: Ernteerträge von Sommerweizen bei Düngung mit Mineraldünger (M) und Gelbwasser (GW) (1 - 3 g N/Gefäß)

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.

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 **Bild 4** dargestellt.

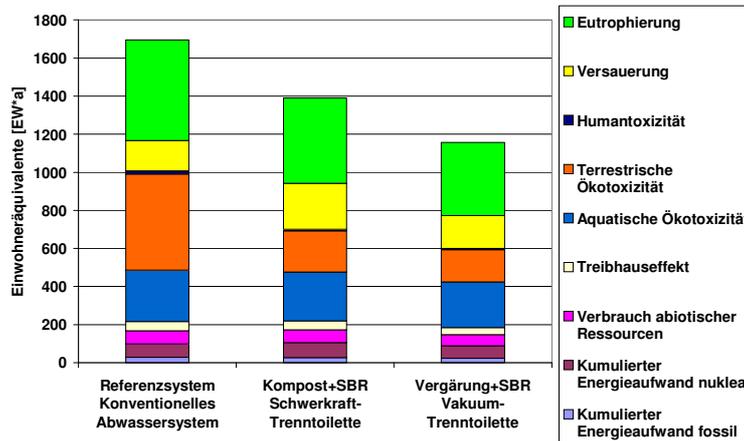


Bild 4: Normalisierte ökologische Profile als Einwohneräquivalente (Umweltbelastung) des konventionellen Sanitärsystems und der beiden getesteten neuen Sanitärkonzepte

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 **Bild 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 konnten Kostenvorteile lediglich für Systeme mit zwei Teilströmen aufgezeigt werden. Deutlich negativ wirken sich dabei die hohen Investitionskosten für die mehrfachen Leitungssysteme aus.

Wirkung auf die Umwelt

Die oben angeführten Ergebnisse der Ökobilanz zeigen, dass die beiden neuen Sanitärkonzepte die Umwelt weniger belasten als das konventionelle Sanitärsystem. Das Sanitärkonzept mit Schwerkrafttrenntoiletten verursacht etwa 20 % (12 % mit Urinbehandlung) und das mit Vakuumtrenntoiletten etwa 30 % (25 % mit Urinaufbereitung) weniger Umweltbelastung. Voraussetzung hierfür ist allerdings, dass mit den Trenntoiletten 75 % des anfallenden Urins getrennt werden kann. Diese hohe Trennwirkung konnte in der Praxis jedoch nicht erreicht werden (siehe oben). Hier ist eine deutliche Verbesserung der Trenntoiletten erforderlich.

Kosten-Nutzen

Wie bereits oben unter Ergebnisse, Kosten erwähnt, lassen sich keine eindeutigen Kostenvorteile nachweisen. Die Kosten sind sehr stark von der jeweiligen Situation abhängig. Dieser Sachverhalt macht es schwierig, eine eindeutige Kosten-Nutzen Analyse vorzunehmen. Die Investitionskosten für die Systeme mit mehreren Leitungssystemen sind höher, die Betriebskosten für die neuen Sanitärsysteme allerdings niedriger. Kostenvorteile lassen sich dabei nur für Systeme mit 2 Teilströmen erkennen. Sind die Kosten gleich, haben diese neuen Sanitärkonzepte den Vorteil, dass sie weniger umweltbelastend sind als das konventionelle Sanitärsystem. Insbesondere für Gebiete mit hohen Abwassergebühren lassen sich Kostenvorteile erkennen.

Übertragbarkeit der Projektergebnisse

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 68mal nationalen und internationalen Besuchern (ca. 500) vor Ort erläutert und gezeigt. Dies wurde nicht zuletzt durch die Internetpräsentation dieses Projektes durch das Kompetenzzentrum Wasser Berlin (www.kompetenzwasser.de\Forschung\SCST), durch Informationen in Fachzeitschriften und Rundfunk (17) und durch Vorträge auf nationalen und internationalen Konferenzen (31) bewirkt.