

Andere Länder – andere Toiletten: Sind unsere Sanitärsysteme auf Afrika übertragbar?

Dipl.-Ing. Franziska Meinzingler MAppIsc, Prof. Dr.-Ing. Ralf Otterpohl
Institut für Abwasserwirtschaft und Gewässerschutz
Technische Universität Hamburg-Harburg, Eissendorfer Str. 42, 21071 Hamburg
Tel.: 040/42878 2416, Email: f.meinzingler@tuhh.de

1 Einleitung

Die Vereinten Nationen haben seit langem die weltweite Wasser- und Abwasserproblematik im Visier. So wurde bereits 1981 bis 1990 zur ersten Internationalen Wasserdekade deklariert mit dem Ziel, eine 100%ige Wasserver- und -entsorgung zu erreichen. Dieses Ziel einer weltweit flächendeckenden Versorgung konnte jedoch nicht erreicht werden und insbesondere im Bereich der Hygiene und Abwasserentsorgung blieb die Situation in vielen Ländern sehr unbefriedigend. Inzwischen befinden wir uns in der zweiten Internationalen Dekade „Water for Life“ (2005-2015). Während dieser Zeit soll der Wassersektor verstärkt in der Planung internationaler Projekte und Programme berücksichtigt werden, um die Zahl der Personen, die keinen Zugang zu adäquater Wasserversorgung und Sanitäreinrichtungen haben, zu halbieren. Dieses Ziel ist auch in den so genannten Millenniumszielen (MDGs) der Vereinten Nationen aufgenommen worden, die im Jahr 2000 verabschiedet wurden und 2002 um den Bereich *sanitation* ergänzt wurden (UN, 2006a). Die bisherigen Bemühungen reichen jedoch noch nicht aus, um dieses Ziel zu erreichen. So waren im Jahr 2006 noch immer 1,1 Milliarden Menschen ohne Zugang zu sauberem Trinkwasser und 2,6 Milliarden Menschen hatten keinen Zugang zu sanitären Einrichtungen (WHO & UNICEF, 2006). Um das Ziel der Vereinten Nationen zu erreichen wäre es nötig, jeden Tag mehr als 300,000 Menschen neu mit Toiletten auszustatten. Aus diesem Grund und im Hinblick auf das im Jahr 2008 bevorstehende „International Year of Sanitation“ müssen nun neue Wege begangen werden, um die weltweite Wasser- und Abwasserkrise zu überwinden. Das Ziel dieses Artikels ist es, die Dimension der bestehenden Problematik insbesondere in Afrika zu verdeutlichen, bisherige Lösungsansätze aufzuzeigen und Vorschläge für angepasste Technologien und Konzepte darzustellen, um im Abwasserbereich eine nachhaltige Entwicklung zu erreichen.

2 Die Problematik

Von den weltweit über 2,6 Milliarden Menschen ohne angemessene Sanitäreinrichtungen leben fast eine halbe Milliarde in den subsaharischen Ländern Afrikas. Nur 37% der Bevölkerung haben dort Zugang zu einer Toilette (siehe Abb. 1). Dies entspricht dem niedrigsten Prozentsatz weltweit. Auf Grund der fehlenden Einrichtungen schaffen neben dem Gang hinter das nächste Gebüsch häufig so genannte „flying toilets“ Abhilfe. Dies sind Plastiktüten, in die defäkiert wird und die anschließend in Straßen oder Gräben geworfen werden. Neben der Gefahr einer direkten Ansteckung durch frische Fäkalien, werden durch unkontrollierte Abwasserentsorgungen Trinkwasserressourcen gefährdet.

Welche Bedeutung Hygiene und eine angemessenen Abwasserentsorgung hat, wird beim Blick auf die Gesundheitsstatistiken sichtbar. Neben Untergewicht und dem Risiko von sexuell übertragbaren Krankheiten stellen in Afrika wasser- und abwasserbedingte Krankheiten den größten Anteil der in dem Indikator DALY (Disability-Adjusted-Life-Year) zusammengefassten Beeinträchtigungen des Gesundheitszustandes dar (WHO, 2002). 1,8 Millionen Menschen sterben jedes Jahr auf Grund von Durchfallerkrankungen. Und auch wenn laut Angaben von UNICEF die Zahl der durchfallbedingten Todesfälle abnimmt, so bedeuten Krankheiten doch immer Einschränkungen und wirtschaftliche Belastungen.

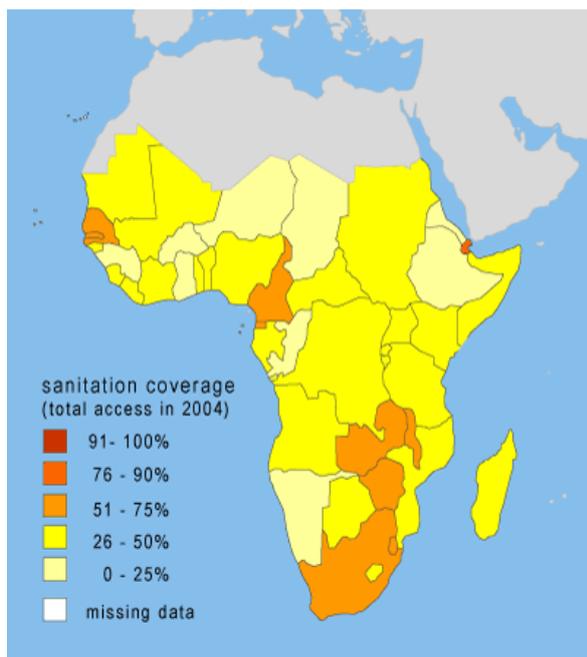


Abbildung 1: Zugang zu angemessenen Sanitäreinrichtung im sub-saharischen Afrika (Quelle: WHO & UNICEF, 2006)

Eine weitere ökonomische Bedeutung besitzt die fehlende Abwasserentsorgung im Bereich des Tourismus und der Landwirtschaft, wenn verschmutztes Wasser und Gewässer untauglich für landwirtschaftliche Nutzung oder Erholungszwecke werden. Abwasserbedingte Verschmutzungen können so die wirtschaftliche Entwicklung von Ländern bremsen. Die fehlende Abwasserentsorgung ist besonders gravierend in so genannten Slum-Gebieten. Die Problematik in diesen Gebieten wird verstärkt durch ein hohes Bevölkerungswachstum, eine zunehmende Urbanisierung und Vergrößerung der Slums. Die UN schätzt, dass etwa ein Drittel der Weltbevölkerung in Slums wohnt. Insbesondere in Schwarzafrika liegt der Anteil der Slumbewohner an der städtischen Bevölkerung bei hohen 72% (UN Habitat, 2003). Es wird angenommen, dass bis zum Jahr 2030 etwa die Hälfte der Afrikaner in Städten wohnen wird (UN, 2006b).

Ein großes Hemmnis für die Verbesserung der Abwassersituation in afrikanischen Ländern ist die fehlende Wirtschaftskraft. So rangieren die Länder Afrikas südlich der Sahara bei den meisten der Indikatoren des von der Weltbank aufgestellten „Entwicklungsindex“ (in den z.B. das Bruttoinlandsprodukt pro Kopf einfließt) auf den hinteren Rängen. In Ländern wie Nigeria, Mali und Sambia haben über 90% der Bevölkerung weniger als US\$ 2 pro Tag zur Verfügung (UNDP, 2006). Hinzu kommen nationale Schulden und Misswirtschaft, die eine Investition in nachhaltige Infrastrukturversorgung verhindern. Es gibt Schätzungen, nach denen insgesamt 2,3 Billionen Dollar an Kapitalinvestitionen notwendig wären, um in den nächsten 20 Jahren weltweit funktionierende städtische Wasser- und Abwassersysteme zu errichten (Johnson, 2007).

Nach Angaben der Weltbank können realistischere ca. 3% des Bruttonettoproduktes eines Landes für Belange des Umweltschutzes verwendet werden. Gijzen (2001) schätzte daher die Zeit, die bestimmte Länder zur Erreichung der europäischen Standards im Abwasserbereich benötigen würden, wenn sie 1,5% ihres Bruttonettoproduktes investieren würden. Die Ergebnisse in Tabelle 1 zeigen deutlich, dass es für einige Länder unter diesen Annahmen unrealistisch ist, auf konventionelle Weise diese Ziele zu erreichen.

Tabelle 1: Abschätzung der erforderlichen Zeit um EU Abwasser-Standards zu erreichen (verändert nach Gijzen, 2001)

Land	Notwendige Investitionen um EU Standards zu erreichen [US \$ / Einwohner]	Benötigte Jahre bei 1,5% BIP / Jahr
Rumänien	1422	58
Mexiko	3750	92
Ägypten	4000	259
Kenia	4500	1034

3 Konventionelle Lösungen

3.1 Dezentrale Technologien

Die einfachste und wohl am weitesten verbreitete Sanitäre Lösung in afrikanischen Ländern sind so genannte Grubenlatrinen (engl.: pit latrines oder ventilated pit latrines VIP). Diese Toiletten besitzen den Vorteil, dass kein Wasser zur Spülung benötigt wird und die Konstruktion sowie der Unterhalt sehr kostengünstig sind. Nachteile neben möglicher Geruchs- und Fliegenbelästigung sind die regelmäßig notwendige Entleerung, die zumeist unter sehr unhygienischen Umständen erfolgt, die Gefahr der Überflutung sowie des Einsturzes der Latrinen. Da die Gruben im Normalfall nicht abgedichtet sind, besteht durch Abwasserinfiltrationen das Risiko der Verschmutzung von Grundwasserressourcen durch Nitrat und pathogene Keime (siehe z.B. Jacks et al., 1999; Banks et al., 2002).

Ähnliche Nachteile bringen so genannte „Septic Tanks“ mit sich. Diese Ausfaulgruben dienen dem Absetzen und Ausfaulen von Feststoffen, die nach Entleerung weiter behandelt werden müssen. Die Reinigungsleistung der Ausfaulgruben ist relativ beschränkt und in den meisten Fällen versickert das Abwasser aus den undichten Gruben ohne nennenswerte Reinigung.

3.2 Zentrale Konzepte

Nach Angaben von WHO und UNICEF sind etwa 13% der afrikanischen Bevölkerung an einen Kanal angeschlossen, 2% der Städte im Afrika südlich der Sahara besitzen eine Abwasserbehandlung. In den meisten Fällen gelangt das abgeleitete Abwasser jedoch mit nur unzureichender oder sogar ohne Behandlung in die Umwelt. In vielen Fällen existieren am Ende des Kanals keine Anlagen zu Behandlung¹. Und auch dort, wo technische Anlagen nach dem Vorbild europäischer oder amerikanischer Kläranlagen gebaut worden sind, findet man häufig einen desolaten Zustand der Ausrüstung. Gründe hierfür sind neben dem Mangel an Ersatzteilen häufig Fehler bei Betrieb und Überwachung und zu wenig und schlecht ausgebildetes Personal. 1996 kam eine Studie zu dem Schluss, dass nur 30% der afrikanischen Anlagen zufrieden stellend betrieben werden (UNESCO IHP, 1996)

Ein Grossteil des abgeleiteten Abwassers geht bereits auf dem Weg zur zentralen Kläranlage über Leckagen im Kanal verloren. Auf der anderen Seite führen Infiltration und Fehlan schlüsse häufig zu einer hohen Verdünnung des Abwassers. So hat z.B. eine Studie in Addis Abeba ergeben, dass bei Trockenwetter knapp 60% des an der Kläranlage ankommenden Abwassers aus Fremdwasser stammt. Dies führt u.a. dazu, dass sich während der Regenzeit die Menge des Abwassers verdoppelt und teilweise Zulaufkonzentrationen in Bezug auf organische Verschmutzungen erreicht werden, die keiner weiteren Behandlung bedürften (Beale, 2002).

Als Anlagentypen in zentralen Systemen kommen sowohl extensive Verfahren wie Teiche als auch flächensparende, intensive Verfahren wie Tropfkörper und das Belebungsverfahren zum Einsatz. Für letzteres muss im afrikanischen Kontext besonders der Energieeinsatz berücksichtigt werden. In vielen Städten ist keine konstante Energieversorgung möglich. Es kommt häufig zu Stromausfällen, von denen bei ungenügender Vorsorge auch das Funktionieren der technischen Abwasseranlagen betroffen sein kann.

Anders als in Europa, wo die Einzugsgebiete der Kläranlagen häufig über mehrere Jahrzehnte gewachsen sind, stehen Entscheidungsträger und Planer in Entwicklungsländern häufig vor der Aufgabe, eine komplette Stadt neu zu entsorgen. Die Kosten für zentrale

¹ An dieser Stelle sei erwähnt, dass auch in Europa nach Angaben der Europäischen Kommission im Jahr 2003 über 4% der Abwässer nicht behandelt wurden. In 17 Städten mit mehr als 150.000 Einwohnern in der EU fand keine Abwasserbehandlung statt (EC, 2007).

Systeme erlauben es in den meisten Fällen nicht, bei Planungen oder Erweiterungen das gesamte Gebiet zu berücksichtigen. So kann die Anlage von Dschibuti auch nach Erweiterung nur das Abwasser von ca. 6% der Einwohner behandeln. Auch das Teichsystem in Addis Abeba ist nur für ca. 3 % aller Einwohner ausgelegt. Die provisorische Anlage von Abudja, der Hauptstadt Nigerias mit über 1 Millionen Einwohnern hat eine Kapazität von 50.000 Einwohnern (UNEP IETC, 2002). Dies zeigt, dass häufig hohe Investitionen getätigt werden um zentrale Anlagen zu errichten, die dann jedoch nur einem kleinen Teil der Stadt dienen. Das flächendeckende Abwasserproblem kann damit nicht gelöst werden (siehe auch Tabelle 1).

Zusammenfassend lassen sich für afrikanische Länder folgende Nachteile einer Einführung von zentralen wasserbasierten Sanitärsystemen (d.h. unter Verwendung von Spültoiletten) darstellen:

- **Hoher Wasserverbrauch für die Spülung**
Abbildung 2 zeigt, dass viele afrikanische Länder mit Wasserengpässen zu kämpfen haben. Die Priorität bei der Wassernutzung sollte daher bei produktiven Nutzungen liegen anstatt das Wasser für den Transport von Abfall, d.h. Fäkalien, zu verschwenden und zu verunreinigen. Die Kosten des Spülwassers stellt für viele Haushalte eine zusätzliche Belastung dar.
- **Abhängigkeit von einer permanenten Wasserversorgung**
Oftmals können Toiletten mehrere Tage nicht gespült werden, da die Wasserversorgung auf Grund von maroden Systemen unterbrochen ist.
- **Ausreichender Wasserfluss für den Kanalbetrieb notwendig**
Aus Gaborone wird z.B. berichtet, dass nur ca. 50% des konsumierten Wassers über den Kanal entsorgt wird, was den Kanalbetrieb beeinträchtigt (UNEP/IETC, 2002).
- **Hohe Kosten für den Bau und die Sanierung der Kanalisation**
- **Hohe Kosten für den Betrieb**
In Botswana sind die Kosten für den Betrieb einer Spültoilette acht Mal so hoch wie für eine Latrine ohne Spülung (UNEP IETC, 2002)
- **Große Menge an potenziell gefährlichem Abwasser**
Durch das Vermengen von Fäkalien mit Wasser muss eine größere Menge behandelt werden und Schadstoffe und Krankheitserreger können sich über das Wasser ausbreiten.

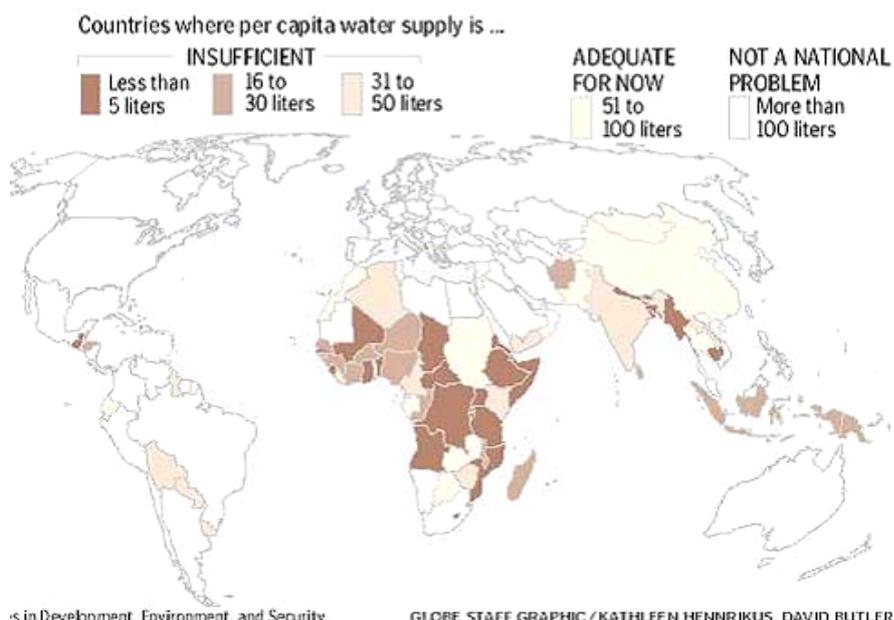


Abbildung 2: Weltweite Wasserversorgung pro Einwohner (Quelle: Pacific Institute for Studies in Development, Environment, and Security)

4 Ressourcenmanagement im Bereich Abwasserwirtschaft

Insbesondere in Ländern mit knappen Wasserressourcen ist die Bedeutung einer Wiederverwendung von Abwasser offensichtlich. Jedoch nur in wenigen Fällen nimmt dies geplante und kontrollierte Ausmaße an wie z.B. in Namibia, wo das behandelte Abwasser Windhoeks wieder direkt für einen Teil der Wasserversorgung der Stadt verwendet werden kann. Häufig handelt es sich bei der Nutzung von Abwasser um unkontrollierte Verwendungen des nicht oder nur unzulänglich behandelten Wassers für Bewässerungszwecke. Die Landwirtschaft stellt in vielen Entwicklungsländern mit bis zu 80% den größten Wasserkonsumenten, so dass die Bedeutung der Wasserquelle „Abwasser“ deutlich wird. Stedman (2007) berichtet, dass ca. ein Zehntel der weltweit angebauten pflanzlichen Erzeugnisse mit Abwasser bewässert werden.

Abwasser wird jedoch nicht nur wegen seiner Zwecke als Bewässerungswasser genutzt. Auch die darin enthaltenen Nährstoffe stellen für viele afrikanische Bauern ein wertvolles Gut dar. Wie notwendig es für die afrikanische Landwirtschaft ist, Nährstoffe aus anderen Quellen als importiertem Mineraldünger zu erhalten, zeigt ein Überblick über den weltweiten Düngerverbrauch (siehe Abb. 3). Steigende Düngerpreise auf dem Weltmarkt auf Grund von knapper werdenden und immer stärker mit Cadmium belasteten Phosphorreserven sowie energieintensive Herstellungsverfahren lassen die Bedeutung von organischem Dünger und recycelten Nährstoffen immer größer werden. Hinzu kommt eine generelle Bodendegradation durch Erosion und Nährstoffauslaugung. Die im Abwasser einer Person enthaltenen Nährstoffe reichen theoretisch aus, um den jährlichen Dünger für eine Fläche von 200 m² bis 400 m² (je nach Bodenart und Frucht) bereitzustellen.

Um bei der landwirtschaftlichen Abwassernutzung das hohe Risiko durch Krankheitserreger für Produzenten und Konsumenten zu reduzieren, schlagen neuere Entwicklungen eine Trennung der Abwasserströme vor. Da ein Großteil der Nährstoffe über den hygienisch unbedenklichen Urin ausgeschieden wird, bietet es sich an, diesen Strom getrennt zu sammeln und einer Nutzung zuzuführen. Die separat gesammelten Faezes können dann entsprechend behandelt werden, um Krankheitserreger abzutöten, und können anschließend als Bodenverbesserer genutzt werden. Hinweise zur Nutzung von Urin, Faezes und Grauwasser sowie zur Risikoreduzierung finden sich in den neu herausgebrachten Richtlinien der Weltgesundheitsorganisation (WHO, 2006).

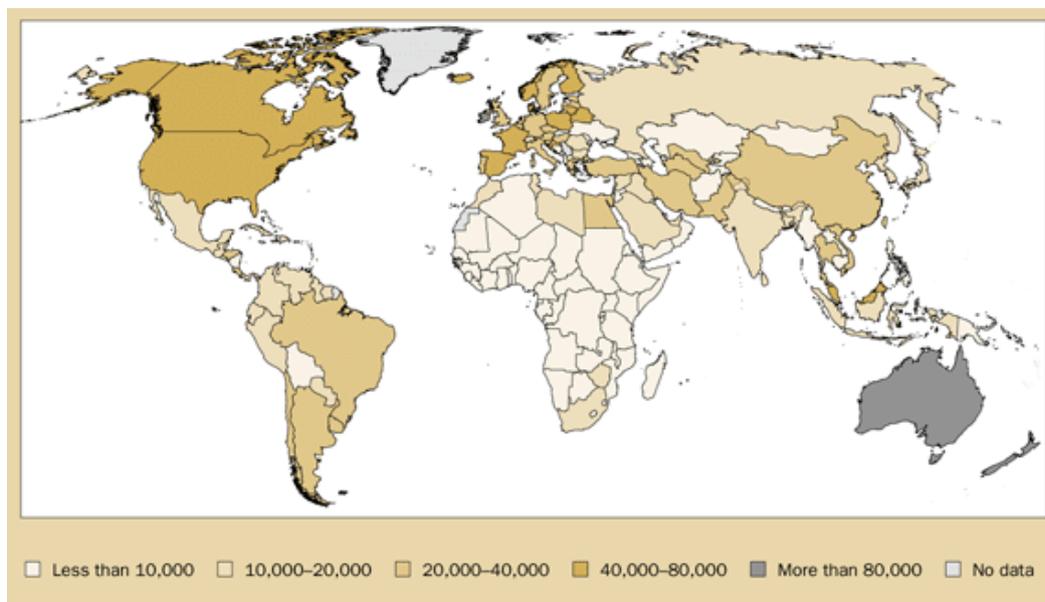


Abbildung 3: Düngerverbrauch in Tonnen pro Mio. EW (Quelle: World Bank)

5 Neue Ansätze

Im folgenden Abschnitt sollen einige Beispiele aufgeführt werden, wie mit angepassten Mitteln die Ressourceneffizienz der afrikanischen Abwasserwirtschaft verbessert werden kann.

5.1 Innovationen im Bereich der Kanalisation

Konventionelle Entwässerungssysteme erfordern in der Regel sehr hohe Investitionskosten und können bis zu 80-90% der Gesamtkosten für die Abwasserentsorgung vereinnahmen. Daher wurden in den letzten Jahren verschiedene Kanalsysteme mit einer veränderten Bemessung und Bauweise entwickelt (siehe u.a. Bakalian et al., 1994). Dabei handelt es sich um so genannte low-cost oder small-bore-sewer-Systeme, die mit reduzierten Durchmessern von ca. 10 cm sowie einer geringeren Verlegungstiefe (25-50cm) gebaut werden. Diese Kanäle aus PVC oder anderem leicht verfügbaren Material werden nicht unter Straßen verlegt, sondern verlaufen unter Gehwegen oder privaten Grundstücken. Die Bemessung erfolgt nach hydraulischen Gesichtspunkten (Schubspannung bzw. Schleppkraftprinzip). Ein Nachteil der small-bore-sewer-Systeme ist, dass sie relativ leicht durch Materialien wie Plastiktüten verstopfen können. Es zeigt sich jedoch, dass eine aktive Beteiligung der Bevölkerung und evtl. ein Management des Systems durch Zusammenschlüsse von Bewohnern dieses Problem lindern können. In einigen Ländern werden small-bore-Systeme auch im Anschluss an dezentrale Absetzbecken eingesetzt, um das vorbehandelte Abwasser abzuleiten.

Diese Systeme wurden v.a. in Brasilien und anderen lateinamerikanischen Ländern erfolgreich getestet und inzwischen auch schon in verschiedenen Ländern Afrikas wie Sambia, Botswana und Südafrika eingesetzt. Die Erfahrungen zeigten, dass durch die reduzierten Durchmesser und geringeren Erdarbeiten zwischen 10-50% der Kosten für den Bau einer Kanalisation eingespart werden konnten.

Small-bore Kanäle können insbesondere in Gebieten mit hoher Bevölkerungsdichte eine Alternative zu teureren konventionellen Kanalsystemen sein. Probleme wie einen hohen Wasserbedarf oder die Gefahr einer Verbreitung von Krankheitserregern durch das Wasser lösen sie jedoch nicht.

5.2 Sanitäre Systeme zur Nährstoff- und Energiegewinnung

Auf Grund von knappen Wasserressourcen sowie um Verunreinigung von Wasser durch fäkale Krankheitserreger zu vermeiden, stellen Toiletten, die ohne Wasserspülung funktionieren, eine angepasste Alternative für den afrikanischen Kontext dar. Im Folgenden werden verschiedene Alternativen vorgestellt, wie die in Fäkalien enthaltenen Nährstoffe für die Landwirtschaft zur Verfügung gestellt werden können.

5.2.1 Arbor Loos

Die einfachste Variante die Fäkalien für die Pflanzenproduktion zu nutzen stellen die so genannten arbor loos dar (von lat. „arbor“= Baum). Dabei handelt es sich um flache Gruben, die für ca. 1 Jahr mit entsprechender Plattform oder Sitz als Toiletten benutzt werden (Abb. 4 und 5). Nach jedem Toilettengang wird etwas Erde oder Asche zugegeben, um das Material möglichst trocken zu halten. Nach der Füllzeit wird die Grube mit Erde aufgefüllt und ein Baum in die ehemalige Toilette gepflanzt (siehe auch Morgan, 2007). „Arbor loos“ haben zwar den Nachteil, dass jedes Jahr eine neue Grube gegraben werden muss, die gesteigerten Erträge und die Verwandlung des Gartens in eine kleine Obstplantage hat jedoch schon

viele Familien von den Vorteilen überzeugt. Um die Infiltration von Stickstoff zu vermeiden und ihn gleichzeitig gezielt für die Düngung einsetzen zu können, kann zusätzlich ein einfaches Urinal gebaut werden und der Urin in Kanistern gesammelt werden. Da die Grube im Gegensatz zu den konventionellen Grubenlatrinen sehr flach ist, wird oftmals von dem Vorteil berichtet, dass auch Frauen diese Art von Toilette bauen können.



Abbildung 4: Arbor loo mit Avocadobäumen auf den Toiletten vergangener Jahre



Abbildung 5: Konstruktion der Toilettenaufbauten für neue arbor loos

Durch ihre einfache und billige Bauweise sowie ihren Beitrag zur Nahrungsmittelproduktion haben arbor loos in einigen Ländern Afrikas besonders auf dem Land eine weite Verbreitung gefunden. So berichtet die Hilfsorganisation CRS aus Äthiopien vom Bau von mehr als 10.000 arbor loos innerhalb des Jahres 2006.

5.2.2 Urinseparierende Toiletten

Über 80% des Stickstoffs und mehr als 50 % des Phosphors und Kaliums im Abwasser werden über den Urin ausgeschieden. Um diese Nährstoffe direkt zur Verfügung stellen zu können, werden urinseparierende Toiletten eingesetzt. Dabei handelt es sich um Toiletten, die sowohl einen Ablauf für Urin als auch eine Öffnung für Fäkalien haben, so dass eine Vermischung und damit Kontamination des Urins mit pathogenen Keimen vermieden wird. Bereits seit einigen Jahren werden solche Modelle von europäischen Firmen angeboten. Da diese jedoch meist zu kostspielig sind, findet man in vielen Ländern eine eigene Produktion solcher Toiletten aus einfachen, lokal erhältlichen Materialien. Abbildungen 6 und 7 zeigen eine Sitztoilette sowie eine Hocktoilette (ca. 35 Euro) aus glasfaserverstärktem Kunststoff, die in Äthiopien hergestellt werden.



Abbildung 6: Urinseparierende Sitztoilette



Abbildung 7: Urinseparierende Hocktoilette

Der Urin wird normalerweise in Containern gesammelt und kann nach einer empfohlenen Lagerung als Dünger eingesetzt werden. In vielen Projekten zeigt sich, dass in Afrika anders als im asiatischen Raum zunächst große Skepsis bezüglich des Einsatzes von Urin als Dünger herrscht. Daher wird häufig in kleineren ersten Versuchen gezeigt, dass der Urin bei richtiger Dosis keine schädlichen Auswirkungen auf die Pflanze hat, sondern zum Pflanzenwachstum beiträgt. Mehrere Universitäten und andere Einrichtungen in Afrika, u.a. die Makerere University in Uganda, die Arba Minch University in Äthiopien und die University of Zimbabwe forschen zur Zeit an der Verwendung von Urin als Dünger.

Die Faezes werden in Behältern oder Kammern unterhalb der Toilette gesammelt. Um das Material möglichst trocken zu halten werden i.d.R. Asche oder trockene Erde nach jedem Toilettengang dazugegeben. Dies beugt der Geruchsbildung und Insekten vor, und fördert gleichzeitig die Hygienisierung der Faezes. Für die Sammlung der Faezes können so genannte Ein-Kammer-Systeme verwendet werden, bei denen die Behälter mit den Fäkalien nach Befüllung entfernt werden, oder so genannte Zwei-Kammer-Systeme, bei denen nach Füllung der ersten Kammer nach ca. 6-12 Monaten eine benachbarte zweite verwendet wird. Normalerweise werden die Kammern oder Behälter zur besseren Entleerung ebenerdig gebaut, so dass die Toiletten meist über einige Stufen zu erreichen sind (siehe Abb. 8). Durch die Trocknung der Fäkalien findet eine Deaktivierung der Krankheitserreger statt, so dass die Handhabung der Faezes sicherer und hygienischer wird. Pro Person fallen jährlich etwa 50 Liter Faezes an, die zusammen mit Bioabfällen nachkompostiert werden können und anschließend als Bodenverbesserer zur Verfügung stehen.

In einem gegenwärtigen Projekt, an dem die Autoren dieses Artikels beteiligt sind, werden die Möglichkeiten der Integration von wasserlosen, urinseparierenden Toiletten in mehrstöckige Gebäude in Äthiopien untersucht. Erste überschlägige Berechnungen haben deutliche Einsparung über die gesamte Nutzungsdauer der Anlage im Vergleich zu einem wasserbasierten System mit Spültoiletten und Ausfallgruben ergeben.

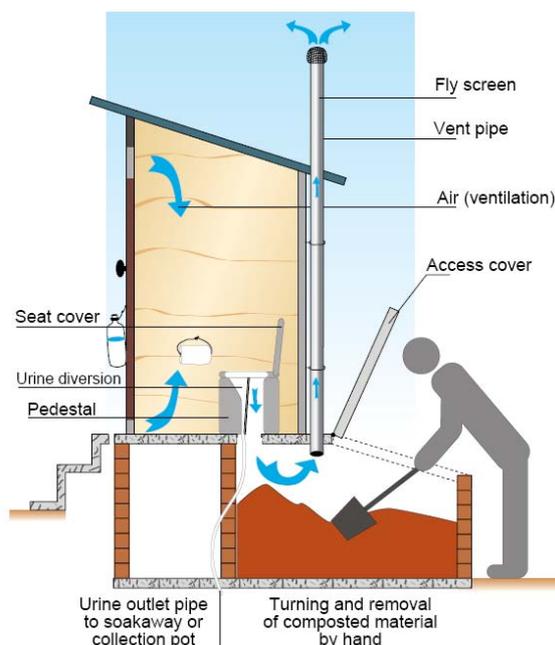


Abbildung 8: Schema einer Urinseparationstoilette (Quelle: DWAF, 2002)

Je nach vorhandenem Budget gibt es verschiedene Optionen der Installation sowie des Managements urinseparierender Toiletten. So finden sich zum Einen einfache Systeme, die auf Eigenbau und Betrieb durch den Nutzer basieren, zum Anderen müssen für Gebiete wie Apartmentsiedlungen Systeme angeboten werden, die den Komfort wasserbasierter Sanitärsysteme bieten und gleichzeitig einen reibungslosen Betrieb durch externe Serviceanbieter gewährleisten. Daher werden zur Zeit verstärkt verschiedene Optionen des Betriebs und Managements für solche Stoffstrom-trennende Systeme untersucht. Die Kosten urinseparierender Toiletten hängen insbesondere von der Wahl des Aufbaus sowie des verwendeten Toilettensitzes ab. Die einfachste Variante der Toilettensitze aus Beton kann bereits für zu geringen Kosten lokal angefertigt werden. Importierte Trenntoiletten z.B. aus China kosten ca. US\$ 7 (ohne Transport).

5.2.3 Biogasanlagen

Um das energetische Potential des Abwassers zu nutzen, kann konzentriertes Schwarzwasser (d.h. Toilettenabwasser) in anaeroben Anlagen vergärt werden. Dieser Prozess ist temperaturabhängig und funktioniert ohne externe Erwärmung am besten in beständig warmen Klimaten. Das Toilettenabwasser, das nur mit sehr wenig Spülwasser verdünnt sein sollte (z.B. durch so genannte pour flush Toiletten) kann zusammen mit anderen organischen Abfällen wie Tierdung oder Küchenabfällen in dezentral installierten Vergärungsanlagen stabilisiert werden und kann anschließend z.B. kompostiert werden, um als Dünger eingesetzt zu werden. Das Schema einer solchen Anlage ist in Abbildung 9 dargestellt.

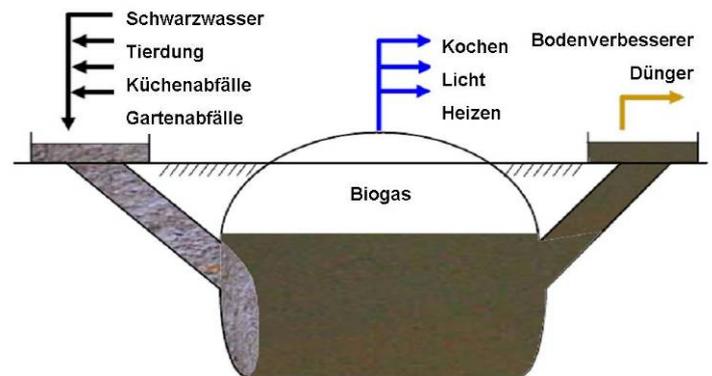


Abbildung 9: Prinzipskizze einer Biogasanlage

Das Gas, das durch die anaeroben Abbauprozesse gewonnen wird, kann für verschiedene Zwecke wie Kochen und Beleuchtung verwendet werden. In vielen Gebieten Afrikas werden durch die Nutzung von Feuerholz die natürlichen Holzressourcen gefährdet, so dass Biogas eine nachhaltige Alternative zur Energiegewinnung darstellt. Dabei darf jedoch nicht vergessen werden, dass die Energiegewinnung aus dem Schwarzwasser allein nicht ausreicht und zusätzliche Substrate wie z.B. Bioabfälle vergärt werden sollten. So können bezogen auf den afrikanischen Kontext das Biogas aus den Fäkalien einer Person lediglich ca. 5% des täglichen Feuerholzbedarfes ersetzen. Um die Energieausbeute zu optimieren, bietet es sich an, Gemeinschaftsanlagen zu installieren oder Biogasanlagen für größere Institutionen in Erwägung zu ziehen.

In Äthiopien wurden in den letzten Jahren ca. 600 bis 700 häusliche Anlagen gebaut. Dabei handelt es sich vor allem um landwirtschaftliche Anlagen, es gibt jedoch auch einige Anlagen, die speziell zur Behandlung von Schwarzwasser gebaut wurden. Bei einer Untersuchung von ca. 60 Anlagen stellte sich jedoch heraus, dass nur 40% funktionstüchtig waren (Eshete et al., 2006). Zum größten Teil lagen die Ursachen hierfür an fehlender oder unsachgemäßer Wartung und Problemen beim Betrieb (z.B. Trockenlaufen der Anlage, Undichtigkeiten etc.). Auch eine GTZ Studie zu Biogasanlagen in 16 verschiedenen Entwicklungsländern kam zu dem Schluss, dass die Benutzer bei kleineren Reparaturen oder Wartungsarbeiten meist auf externe - oftmals nicht vorhandene Hilfe - angewiesen sind (Gutterer & Sasse, 1993). Daher sollte bei der Implementierung von Biogasanlagen stets auf ausreichendes Training der Nutzer und Bewusstseinsbildung für den richtigen Umgang mit der Anlage geachtet werden.

5.3 Grauwassernutzung

Bei Verwendung von wasserlosen Toiletten oder Vergärung des Schwarzwasser in Biogasanlagen, muss eine separate Entsorgungsmöglichkeit für das Grauwasser, d.h. das Abwasser aus Küche und Bad, gefunden werden. In vielen Fällen wird das Wasser auf das Grundstück oder die Straße gegossen. Bei steigendem Wasserverbrauch sind jedoch Alternativen der Entsorgung notwendig. Hierfür bieten sich auf Grund des einfachen Betriebs kostengünstige (bepflanzte) Bodenfilter an. Anschließend kann das gereinigte Wasser für Bewässerung oder andere Zwecke eingesetzt werden. Eine direkte Verwendung des Wassers kann in so genannten Grauwassertürmen erreicht werden. Das Grauwasser wird

hierfür wie in Abbildung 9 und 10 dargestellt in Eimer geschüttet, durch die das Wasser in bepflanzte Erdtürme gelangt.



Abbildung 9: Prinzip der Grauwassertürme (Quelle: Crosby, 2005)

Abbildung 10: Neu angelegter Grauwasserturm in Äthiopien

6 Notwendige Veränderungen zum Erreichen der MDGs

Um die Millennium-Entwicklungsziele im Bereich Abwasser zu erreichen, sind jedoch nicht nur Veränderungen bei den angewendeten Technologien notwendig, sondern auch ein Umdenken bei der Einführung, der Verbreitung und dem Betrieb von Abwassersystemen. Viele der bisher umgesetzten Projekte und Programme im Abwasserbereich hatten die Implementierung einer bestimmten Technologie zum Ziel. Die Erfahrungen haben jedoch gezeigt, dass es notwendig ist, verstärkt nachfrageorientiert zu handeln. D.h. der Bedarf muss realistisch abgeschätzt und verstanden werden und neue Implementierungen mit aktiver Partizipation der Bevölkerung geplant und umgesetzt werden. Um die Verbreitung von nachhaltigen Entsorgungssystemen voranzutreiben ist es notwendig, angepasste und finanziell tragbare Technologien anzubieten sowie einen gesellschaftlichen Bewusstseinswandel herbeizuführen. Dies kann erreicht werden, z.B. durch Vermarktungstechnologien wie „social marketing“, durch die Prioritäten erkannt und gezielt adressiert werden sollen.

Ein weiterer Faktor ist die Einbeziehung des privaten Sektors für die Umsetzung und den Betrieb von Abwassersystemen. In vielen Städten hat man bereits erkannt, dass privatwirtschaftlich arbeitende Kleinbetriebe einen wichtigen Beitrag zur Abwasserentsorgung darstellen. Insbesondere beim Betrieb von kleinen und dezentralen Anlagen sind geschulte Kleinbetriebe wichtig. Dies kann zudem Arbeitsplätze schaffen und Einkommensmöglichkeiten bieten. Sollen ressourcenorientierte Abwasserkonzepte, die eine Rückgewinnung von Nährstoffen und Energie ermöglichen, großflächig in afrikanischen Städten umgesetzt werden, wird der Erfolg wesentlich von der Einbeziehung des Privatsektors abhängen, um Aufgaben der Implementierung, des Betriebs sowie der Vermarktung zu übernehmen.

7 Schlussfolgerung

Um auch den 40% der Weltbevölkerung, die derzeit noch keinen Zugang zu sanitären Anlagen haben, eine sichere Abwasserentsorgung zu bieten, sind in den nächsten Jahren verstärkte Anstrengungen insbesondere im städtischen Bereich notwendig. Dabei werden dezentrale Technologien einen wichtigen Bestandteil bilden. So haben im letzten Jahrzehnt mehr Menschen Zugang zu sanitären Systemen durch dezentrale Technologien erhalten als durch Anschlüsse an Kanalsysteme und zentrale Anlagen. Dieser Trend wird sich auf Grund der hohen Kosten für zentrale Systeme auch weiterhin fortsetzen. In diesem Artikel wurden daher alternative Systeme und Konzepte dargestellt, die neben einer Kosteneinsparung einen Beitrag zur effizienten Nutzung von Nährstoffen, Energie und Wasser leisten. Neben der Entwicklung und Umsetzung von angepassten und ressourceneffizienten Technologien werden in Zukunft verstärkt Aspekte im Bereich des Betriebs (z.B. Ausbildung von Personal), die Einbeziehung des privaten Sektors sowie eine Nachfrageorientierung Priorität gewinnen. Es wird notwendig sein, auch in den Teilen der Welt mit hohen Anschlussgraden neue Perspektiven wie die Stoffstromtrennung und die Nutzung von Abwasser als Ressource aufzugreifen, um Erfahrungen mit alternativen Konzepten zu gewinnen und neue Wege anbieten zu können.

8 Referenzen

- Bakalian, Alexander; Wright, Albert; Otis, Richard & Netto, Jose de Azevedo (1994): *Simplified Sewerage: Design Guidelines*. UNDP-World Bank Water and Sanitation Program, Washington, USA.
- Banks, D.; Karnachuk, O.V.; Parnachev, V.P., Holden, W. & Frengstad, B. (2002): Groundwater Contamination from Rural Pit Latrines: Examples from Siberia and Kosova. *Water and Environment Journal*, 16(2), 147-152.
- Beale, David (2002): *Addis Ababa Wastewater Masterplan Volume 2: Existing Situation*.
- Crosby, Charles (2005): Food from Used Water. *The Water Wheel*, January/February 2005, 10-13.
- DWAF (2002): *Sanitation Technology Options*. Department of Water Affairs and Forestry, South Africa. http://www.dwaf.gov.za/dir_ws/content/lids/PDF/Technical.pdf. (Stand 14.8.2007).
- EC (2007): *Towards Sustainable Water Management in the European Union*. 4th Commission Report on Implementation of the Urban Waste Water Treatment Directive. http://ec.europa.eu/environment/water/water-urbanwaste/implementation/implementationreports_en.htm
- Eshete, Getachew; Sonder, Kai & ter Heegde, Felix (2006): *Report on the feasibility of a national programme for domestic biogas in Ethiopia*. SNV Ethiopia Report.
- Gijzen, Huub J. (2001): *Low-Cost Wastewater Treatment and Potential for Re-Use*. Paper presented at the International Symposium on Low-Cost Wastewater Treatment and Re-use, 3-4 Februar, 2001, Kairo, Ägypten.
- Gutterer, Bernd & Sasse, Bernd (1993): *Biogas Survey 1992*. Endbericht, BORDA, Bremen.
- Jacks, G.; Sefe, F.; Carling, M.; Hammar, M. & Letsamao P. (1999): Tentative Nitrogen Budget for Pit Latrines – Eastern Botswana. *Environmental Geology*, Vol 38(3), 199-203.
- Johnson, Dominic (2007): *Reiche trinken aus der Flasche*. Die Tageszeitung, 13.8.2007, S. 3.

- Morgan, Peter (2007): *Toilets that make compost*. Stockholm Environment Institute. ISBN 978 9 197 60222 8.
- Stedman, Lis (2007): *Recognising the role of reuse*. Water 21. Juni 2007. 27-31.
- UN (2006a): *Millenium Development Goals Report 2006*.
<http://mdgs.un.org/unsd/mdg/Resources/Static/Products/Progress2006/MDGReport2006.pdf>. United Nations, New York. (Stand 8.8.2007).
- UN (2006b): *World Urbanization Prospects: The 2005 Revision Population Database*.
<http://esa.un.org/unup/>. (Stand 9.8.2007).
- UNDP (2006): *Human Development Report 2006*. Palgrave Macmillan, New York. ISBN 0-230-50058-7.
- UNEP IETC (2002): *International Source Book on Environmentally Sound Technologies*. United Nations Environment Program.
- UNESCO IHP (1996): *Water and Health*. IHP Humid Tropics Paper series No. 3.
- UN-Habitat (2003): *The Challenge of Slums: Global Report on Human Settlements*. United Nations Human Settlements Programme. London, Earthscan.
- WHO (2002): *World Health Report 2002: Reducing Risks, Promoting Healthy Life*. Genf.
http://www.who.int/whr/2002/en/whr02_en.pdf.
- WHO & UNICEF (2006): Meeting the MDG Drinking Water and Sanitation Target: The Urban and Rural Challenge of the Decade. http://www.wssinfo.org/pdf/JMP_06.pdf. ISBN 978 92 4 156325 3. (Stand 9.8.2007).
- Worldwatch Institute (2007): *State of the World 2007: Our Urban Future*. Worldwatch Institute, Washington, USA.