

# **Bieten neue Sanitärkonzepte verbesserte Exportchancen für die deutsche Wirtschaft?**

Christine Werner, Florian Klingel, Heinz-Peter Mang, Arne Panesar

Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH  
Postfach 5180, 65726 Eschborn, Tel: +49-6196-79-4221

## **1 Einleitung**

Seit 2001 fördert die GTZ, finanziert durch das Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ), die Entwicklung und Verbreitung von ökologischen Abwasserkonzepten durch das überregionale Forschungs- und Entwicklungsprojekt ecosan. Damit reagierte die deutsche Entwicklungszusammenarbeit auf den sich weltweit abzeichnenden Bedarf für den Einsatz von neuen ganzheitlichen Abwasserkonzepten, die auf der Idee einer konsequent stoffstromorientierten Kreislaufwirtschaft beruhen.

Eine wichtige Erkenntnis der bisherigen Arbeit des Sektorprojektes ist, dass solch neuartige Sanitärkonzepte nicht nur ein enormes Potenzial zur Lösung der weltweiten Wasserkrise darstellen, sondern dass sich damit auch ein ganz neuer Markt für Technologie und Serviceleistung zu entwickeln beginnt. Die Bereitstellung moderner Lösungen für diesen neu entstehenden Markt ist sowohl eine bedeutende Herausforderung als auch eine große Chance für die deutsche Exportwirtschaft.

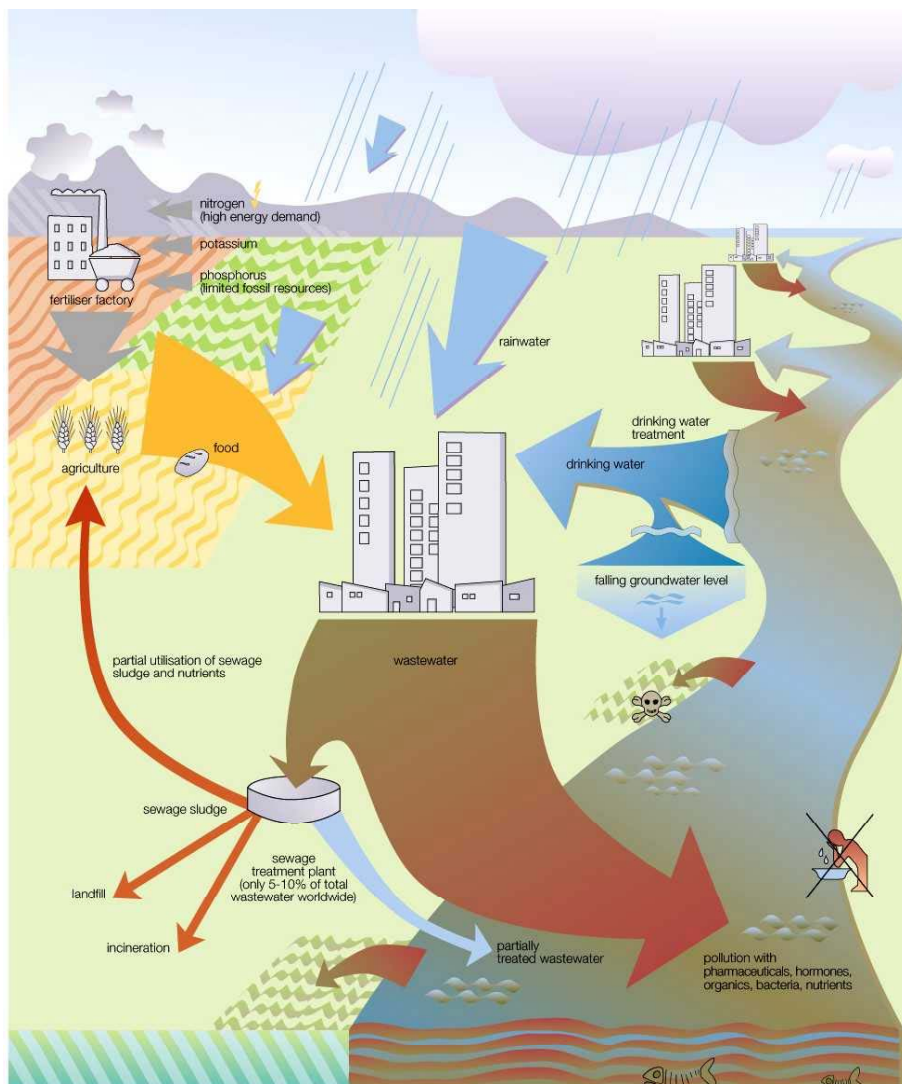
## **2 Was sind neuartige Sanitärkonzepte?**

### **2.1 Problematik der konventionellen Abwasserentsorgung**

Herkömmliche Formen der zentralen Abwasserentsorgung, d.h. Schwemmkanalisationen mit nachgeschalteten mehrstufigen Abwasserreinigungsanlagen, werden in den entwickelten Industriestaaten heute noch als Standard betrachtet. Diese Verfahren sind jedoch aus ökologischen und ökonomischen Gründen einer wachsenden Kritik ausgesetzt. Steigende Investitionskosten, hohe Betriebs- und Wartungskosten und hoher Wasserverbrauch durch die Verschwendung von kostbarem Trinkwasser zu bloßen Transportzwecken stellen derartige Verfahren sowohl hierzulande als auch erst recht als flächendeckende Lösung für Entwicklungsländer in Frage.

Auch konventionelle dezentrale Entsorgungssysteme wie z.B. Latrinen und Sickergruben stellen vor dem Hintergrund zunehmender Bevölkerungsdichten und aufgrund der resultierenden Grundwasserverschmutzung keine Alternative dar. Besonders für aride und semiaride Zonen ist die Suche nach angepassten Lösungen zu einem vorrangigen Problem geworden. Trotz großer Anstrengungen vieler internationaler

und lokaler Organisationen, die Wasserver- und –Entsorgung in Entwicklungsländern zu verbessern, sterben hier jährlich 2,2 Mio. Menschen, meist Kinder, an den Folgen von Krankheiten, die durch verschmutztes Trinkwasser und mangelnde Sanitärversorgung und Hygiene verursacht werden. Darüber hinaus führen herkömmliche Abwasserentsorgungssysteme aber auch direkt zu einer Minderung der Bodenfruchtbarkeit, da die wertvollen, in den menschlichen Ausscheidungen enthaltenen Nährstoffe und Spurenelemente in der Regel nicht in die Landwirtschaft zurückgeführt werden. Selbst bei einer landwirtschaftlichen Nutzung der Klärschlämme wird nur ein kleiner Teil der Nährstoffe in die belebte Bodenschicht zurückgeführt, der größte Teil der Nährstoffe wird entweder vernichtet (z.B. Stickstoffelimination) oder in den Wasserhaushalt eingetragen, wo er dann zu einer Belastung für die Umwelt wird. Häufig ist die Nutzung von Klärschlämmen aus zentralen Abwassersystemen zudem problematisch, da zu hohe Konzentrationen an Schwermetallen und andern Schadstoffen vorliegen, die in der Regel Resultat einer Vermischung von Haushalts- mit Gewerbe- und Industrieabwässern sowie mit Regenwasser von verschmutzten Straßen ist.



#### Nachteile konventioneller Abwasserentsorgung

- Unbefriedigende Reinigung bzw. unkontrollierte Ableitung von 95% der weltweiten Abwässer
- Im Falle organisierter Entsorgung Bevorzugung zentraler Mischsysteme
- Verbrauch kostbaren Wassers zu Transportzwecken
- hoher Investitions-, Energie-, Betriebs- und Wartungsaufwand
- Oft Subventionierung wohlhabender Gebiete, Vernachlässigung armer Siedlungen
- Verschmutzung der Gewässer durch Nähr-, Schadstoffe, Krankheitserreger, Medikamentenrückstände, Hormone etc.
- Verlust der in den Ausscheidungen enthaltenen nutzbaren Nährstoffe und Spurenelemente durch Einleitung in Gewässer
- Verarmung landwirtschaftlicher Böden, Abhängigkeit von Kunstdünger
- **Lineare end-of-pipe Technologie**

Abbildung 1: Nachteile konventioneller Abwasserentsorgung

Tatsächlich stellen unsere konventionellen Abwasseranlagen weitgehend lineare End-of-Pipe-Systeme dar, in denen Trinkwasser dazu missbraucht wird, Schmutzfrachten in den Wasserkreislauf einzutragen, wo sie zu Umweltschäden und hygienischen Risiken führen.

## **2.2 Vorteile einer ökologischen stoffkreislauforientierten Abwasserwirtschaft**

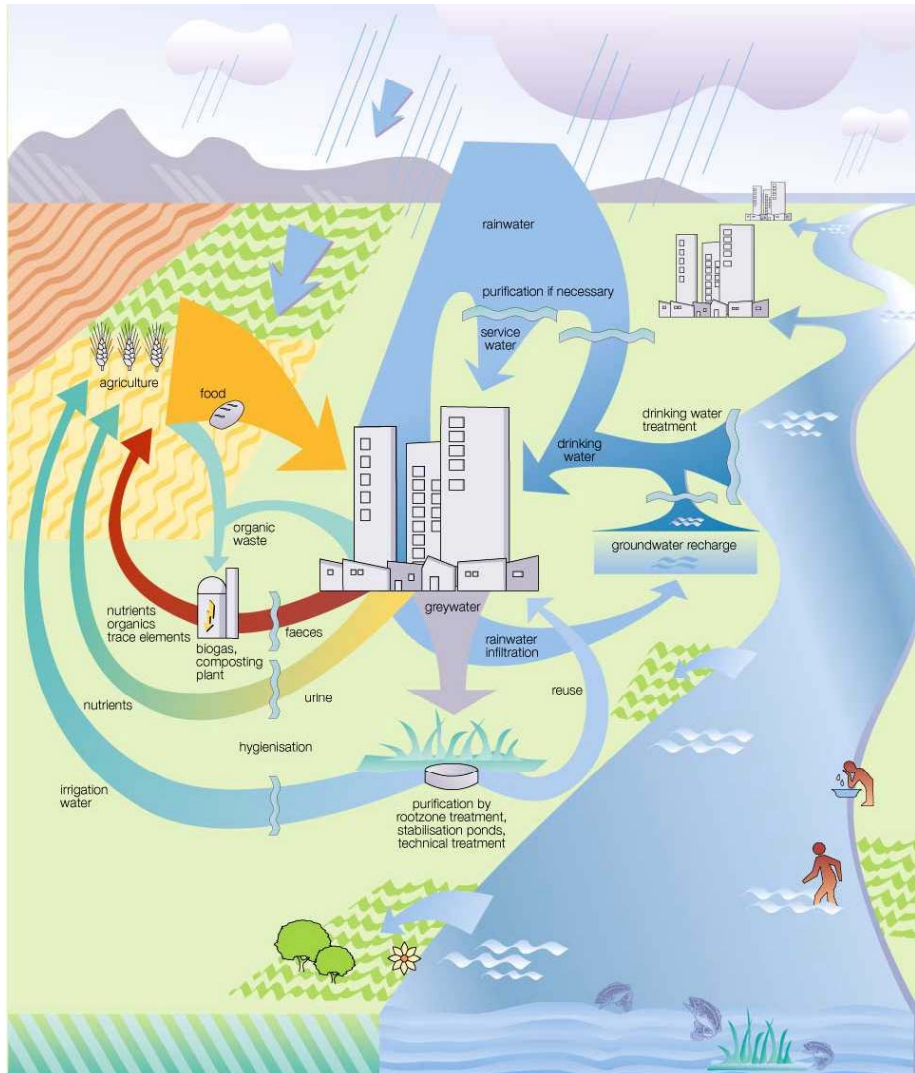
Neuartige Konzepte einer ökologisch, ökonomisch und sozial nachhaltigen Abwasserwirtschaft (kurz: ecosan) beruhen auf einer ganzheitlichen Betrachtung der mit der Siedlungswasserwirtschaft gekoppelten Stoffströme mit dem dreifachen Ziel der hygienisch sicheren Sanitärversorgung der Bevölkerung, des Schutzes der Umwelt und der Gewässer vor der Verschmutzung durch Schadstoffe und Krankheitserreger sowie der optimierten Verwertung der unterschiedlichen Abwasserteilströme.

Ökologische Sanitärsysteme favorisieren nicht eine bestimmte Technologie, sondern repräsentieren vielmehr eine neue Philosophie im Umgang mit den Stoffen, die wir in der Vergangenheit lediglich als zu beseitigende Abwässer und Schmutzfrachten betrachtet haben. Auf diesem Ansatz beruhende Systeme dienen der systematischen Schließung lokaler Stoffkreisläufe und ermöglichen damit letztlich Kreislaufwirtschaftssysteme wie sie im Bereich der festen Abfälle bereits verbreitet sind. Sie dienen auch der Wiederherstellung eines bemerkenswerten natürlichen Gleichgewichts, nämlich zwischen der von einem Menschen pro Jahr ausgeschiedenen und der zur Erzeugung seiner Nahrung notwendigen Nährstoffmenge (7,5 kg Nitrat, Phosphor und Kalium für ca. 250 kg Getreide [13]). Im Idealfall ermöglichen ecosan-Systeme eine nahezu vollständige Rückgewinnung aller in häuslichen Abwässern enthaltenen Nährstoffe, organischen Stoffe und Spurenelemente und - nach entsprechender Behandlung - deren Nutzbarmachung in der Landwirtschaft. Damit tragen sie zur Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit und zur langfristigen Ernährungssicherung bei. Nach überschlägigen Schätzungen könnten durch die Nutzbarmachung der in den menschlichen Ausscheidungen enthaltenen Nährstoffe mindestens 40 % des aktuellen weltweiten Verbrauchs an Kunstdünger substituiert werden. Durch die Abtrennung und Verwertung der Nährstoffe kann auf eine dritte Reinigungsstufe in den Kläranlagen weitgehend verzichtet werden, was sich günstig auf die Investitionen und den Energieverbrauch der Anlagen auswirkt. Durch die anaerobe Behandlung der organischen Stoffe oder Wärmetauscher lässt sogar sich zusätzlich Energie erzeugen.

Praktisch betrachtet können mit ecosan-Konzepten etwa durch die Separation und getrennte Aufbereitung von Fäkalien, Urin und Grauwasser der Verbrauch wertvollen Trinkwassers minimiert und die separierten Abwässer mit geringerem Aufwand behandelt und einer Wiederverwendung zur Bodenverbesserung, Düngung oder etwa als Brauch- oder Bewässerungswasser zugeführt werden.

Hier können technologisch sehr unterschiedliche Ansätze - von einfachsten Lowtech bis zu anspruchsvollen Hightech Systemen - zum Tragen kommen. Die Spannweite reicht derzeit von Komposttoiletten oder urinseparierenden Trocknungstoiletten über

wassersparende Vakuumkanalisation mit ggf. getrennter Sammlung und anschließender Behandlung von Urin, Fäkalien und Grauwasser, bis hin zum Einsatz von Membrantechnologie zur Stofftrennung und Hygienisierung. Grundsätzlich werden angepasste modulare und dezentrale oder semizentrale Lösungen favorisiert, in sehr dicht besiedelten Gebieten könnten aber auch weiterhin zentrale Anlagen erforderlich sein.



#### Vorteile von ecosan Systemen

- **Wiederverwertung** (hygienisch sichere Gewinnung und Nutzung von Nährstoffen, Spurenelementen, Wasser und Energie)
- **Ressourcenschutz** (verringertes Wasserverbrauch, Substitution von Kunstdünger, Minimierung von Gewässerverschmutzung)
- Bevorzugung modularer, dezentraler teilstromorientierter Systeme
- angepasste, kostengünstige Lösungen
- Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit,
- Ernährungssicherung
- Ganzheitliche, interdisziplinäre Herangehensweise (Siedlungswasserwirtschaft, Ressourcenschutz, Umweltschutz, Stadtplanung, (urbane) Landwirtschaft, Bewässerung, Ernährungssicherung, Kleingewerbe-förderung, Hygiene)
- **Stoffstromkreislauf statt Entsorgung**

Abbildung 2: Vorteile von ecosan Systemen

Als ganzheitliche Alternativen zeichnen sich ecosan-Ansätze auch durch interdisziplinäre Herangehensweisen aus, die über die engeren siedlungswasserwirtschaftlichen und technologischen Aspekte hinaus etwa Fragestellungen der landwirtschaftlichen Nutzung, Soziologie, Hygiene, Gesundheit, Stadtplanung, Ökonomie, Kleingewerbe-förderung, Verwaltung etc. in die Systementwicklung integrieren.

Auch innovative Logistikkonzepte für den Rücktransport der Nährstoffe in die landwirtschaftlichen Gebiete, Marketingstrategien für die rückgewonnenen Recyclingprodukte und Anleitungen für deren sichere Ausbringung und Anwendung in der Landwirtschaft oder in anderen Wirtschaftssektoren haben eine wesentliche Bedeutung.

Ebenso sind die Etablierung von Service-Unternehmen und damit einkommensschaffender Maßnahmen, die den Bau und den sicheren und für die Nutzer komfortablen Betrieb der Installationen gewährleisten sowie die Sammlung, Aufbereitung und Vermarktung der Recyclate übernehmen, ggf. als Teil neuartiger ecosan-Konzepte zu betrachten.

Eine Schließung lokaler Nährstoffkreisläufe durch die Rückgewinnung und Nutzung von in Exkrementen enthaltenem Stickstoff, Phosphor, Kalium, Spurenelementen und organischen Bestandteilen gewinnt auch aufgrund der Nachteile von Kunstdüngern an Bedeutung. Zum einen sind diese in vielen Teilen der Welt zu teuer oder für die lokalen Bauern nicht verfügbar und ihre Auswirkungen auf Boden- und Nahrungsqualität umstritten. Zum anderen werden für ihre Produktion hohe Mengen von Energie und endliche Ressourcen verbraucht. Beispielhaft sei hier der Phosphor erwähnt, dessen abbauwürdige Vorkommen bei gleichbleibendem Verbrauch nach derzeitigen Schätzungen in ca. 60 Jahren erschöpft sein werden. Die Nutzung des Energiegehalts von Fäkalien durch anaerobe Vergärung und Biogasnutzung trägt ebenso zur Schonung der fossilen Ressourcen bei. Ecosan ist auch vor diesem Hintergrund ein entscheidender Faktor des Umwelt- und Ressourcenschutzes, einer nachhaltigen Sicherung der Nahrungsmittelproduktion sowie der Stabilisierung der Ernährungs- und Gesundheitssituation in der Zukunft.

In verschiedenen Ländern existieren bereits einzelne erfolgreiche und vielversprechende Beispiele ökologischer Entsorgungskonzepte und eine zunehmende Anzahl von Forschungseinrichtungen und Fachleuten arbeitet an diesem Themengebiet. Dennoch ist noch ein hohes Maß an weiterer Forschungs- und Entwicklungsarbeit erforderlich, bis sich ecosan international als Lösungsansatz für die unterschiedlichsten Rahmenbedingungen etabliert haben wird. Außerdem konzentrieren sich bisherige Anwendungen eher auf den ländlichen Raum, wohingegen die Erfahrungen in Bezug auf urbane und periurbane Gebiete noch sehr unzureichend sind. Angesichts weltweiter rapider Urbanisierung sind Konzepte für verdichtete Räume jedoch dringend erforderlich.

### **2.3 Projekte in Deutschland**

Neuartige Abwasserkonzepte in denen die Prinzipien der Stoffstromtrennung und Kreislaufführung, sowie moderne Sanitärtechnik zur Anwendung kommen, gibt es mittlerweile an mehreren Orten in Deutschland. Einige der bekannteren Beispiele sollen im Folgenden vorgestellt werden.

In **Berching, Bayern**, hat die Hans Huber AG ihr neues Verwaltungsgebäude in mit einem Abwassersystem ausgerüstet, das nach dem Kreislauf- und Stoffstromtrennungsprinzip funktioniert. Die Stoffströme Gelbwasser, Braunwasser und Grauwasser werden an der Quelle getrennt und sollen jeweils spezifisch, und daher kostengünstig, aufbereitet und wiederverwertet werden. Mit diesem Projekt möchte die Firma die Machbarkeit moderner Abwassersysteme in ihren eigenen Gebäuden de-

monstrieren und modulare Systembausteine für ein modernes dezentrales ökologisches Abwassermanagement entwickeln, die international vermarktbar sind [4].

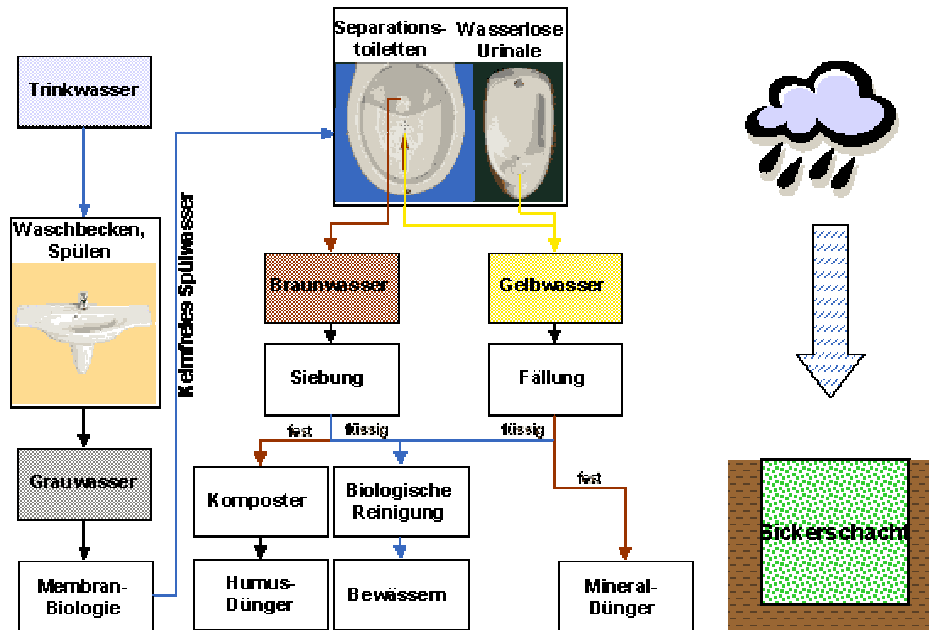


Abbildung 3: Konzept für einen vollständigen Wasser- und Nährstoffkreislauf im neuen HUBER-Verwaltungsgebäude [4]



Abbildung 4: Vakuumpumpe in der KfW [10]

In **Frankfurt** ist der Neubau der KfW Bankengruppe nach neuesten Konzepten der Sanitärtechnik mit Vakuumtechnik und einer Grauwasseraufbereitungsanlage ausgestattet. Durch den Einsatz von Vakuumtoiletten wird die Spülmenge auf nur noch ca. einen Liter reduziert und damit der Wasserverbrauch erheblich gesenkt. Die Auf-

teilung der Abwasserströme in Grau- und Schwarzwasser erlaubt eine Wiederaufbereitung des Grauwassers mittels einer Membranbiologie und die Weiterverwendung als Toilettenspülwasser. Nach Umrüstung auch der bestehenden Verwaltungsgebäude und entsprechender Erhöhung des Abwasseraufkommens ist auch der Einsatz einer Anaerobanlage für die Behandlung des Schwarzwassers vorgesehen. Die KfW ist hierbei Vorreiter und Vorbild gerade auch für Ihre ausländischen Partner und demonstriert dabei neue effiziente Abwasserlösungen für Regionen, die unter Wasserknappheit leiden [10].

Ein integriertes Sanitärkonzept wurde in der Ökosiedlung **Lübeck–Flintenbreite** realisiert. Das 3,5 ha große Areal ist nicht mit einer Kläranlage verbunden. 350 Personen werden in diesem Stadtteil mit richtungsweisendem Modell-Charakter leben. In drei getrennten Sammelsystemen werden Schwarzwasser, Grauwasser und Oberflächenwasser gesammelt. Das Schwarzwasser wird zusammen mit Bioabfall in einem Biogasreaktor aufbereitet. Der anfallende geruchsneutrale Schlamm kann als Dünger auf die Felder verbracht werden. Das Grauwasser wird kostengünstig in dezentralen bewachsenen Bodenfiltern behandelt, das Regenwasser lokal versickert [10].

In Deutschland existieren flächendeckend Sammel- und Behandlungssysteme für organischen Abfälle (Biomüll). Zum Beispiel werden in **Freiburg** die organischen Abfälle von etwa 400.000 Einwohnern separat gesammelt, unter Gewinnung von Biogas vergoren, und als Kompost bzw. als Bodenverbesserer wieder in die Landwirtschaft zurückgeführt. Die in organischen Abfällen enthaltenen Ressourcen werden so vollständig verwertet [1]. Die in diesem Bereich existierenden Erfahrungen könnten durchaus auf die Sammlung und die Verarbeitung von Schwarzwasser aus Vakuumtoiletten oder Fäkalien aus Trenntoiletten übertragen werden.

Auch bei der **Hamburger Stadtentwässerung** hat man begonnen, über die Umsetzungschancen alternativer Entsorgungssysteme in einer deutschen Großstadt nachzudenken. Dabei setzt man vor allem auf die Urinseparation, da "jegliche aus dem System ausgekoppelte Gelbwassermenge die heutige Abwasserbehandlung bereits sinnvoll entlasten" würde [8]. Hierbei spielen auch Energieverbrauchsaspekte eine große Rolle: Die Nährstoffelimination verschlingt heute mit ca. 25 kWh pro Person und Jahr etwa die Hälfte der Abwasserbehandlungsenergie. Eine Separation des Urins bereits am Entstehungsort durch Trenntoiletten und wasserlose Urinale würde im Verbund mit einer minimierten Spülwassermenge eine erleichterte separate Behandlung des fast unverdünnten Urins und die relevant verminderte Auslegung der Stickstoffelimination erlauben, wodurch Kläranlagen weitgehend energieautark gefahren werden könnten

## 2.4 Projekte in Entwicklungsländern

In Entwicklungsländern gibt es neben unzähligen traditionellen Recyclingsystemen inzwischen auch zahlreiche Beispiele von ecosan-Projekten in denen moderne Technologie und weiterentwickelte Konzepte umgesetzt wurden.

In **China** hat sich die jahrtausendealte Tradition der Verwertung menschlicher Fäkalien besonders positiv auf die Entwicklung und Verbreitung auch moderner stoffkreislauforientierter Sanitärkonzepte ausgewirkt. So hat sich ein 1997 erstmals von der schwedischen Entwicklungshilfe und UNICEF unterstütztes Projekt, in dem der Bau von 70 Urinseparationstrocknungstoiletten gefördert wurde mittlerweile zu einem Programm in 17 Provinzen unter chinesischer Regie ausgeweitet, in dem die Anzahl der gebauten ecosan-Toiletten in 2003 bereits mehr als 685.000 Stück erreicht hatte. Als Erfolgsfaktoren wurden hierbei die kulturelle Akzeptanz, politische Unterstützung, technische Flexibilität, geringe Kosten, Schaffung von Einkommen, der Leidensdruck durch den bestehenden Wassermangel und die Wasserverschmutzung sowie professionelle Öffentlichkeitsarbeit und Marketing ermittelt.

Mehrere Großprojekte sind derzeit in Planung, bei denen untersucht wird, ganze Stadtviertel mit Wohnblocks für mehrere 10.000 Einwohner die neu gebaut werden sollen, mit entsprechender Technik zur getrennten Erfassung der Stoffströme und gezielten Aufbereitung und Verwertung auszurüsten.

Eine sehr interessante chinesische Entwicklung ist z.B. auch das sogenannte „four in one“ Model, bei dem stadtnahe kleine Standardgehöfte mit einem integrierten Konzept bestehend aus Gewächshaus, Wohnhaus, Schweinestall und Biogasanlage ausgestattet sind. Die Stoffflüsse aus den Toiletten, Schweinehaltung, Biogasreaktor und Gewächshaus sind hierbei in eine geschlossene Einheit integriert, um so eine direkte Kreislaufführung der Nährstoffe und Energieträger zu ermöglichen. Dieses Model wurde bereits mehr als 1 Million Mal im Umfeld der chinesischen Megastädte gebaut [16]

In **Botswana** wurden in Zusammenarbeit mit der GTZ in 3 Dörfern Urinseparationslatrinen eingeführt und Kompostierungsverfahren erprobt, um die Fäkalien aus den Latrinen zu hygienisieren. Die Wirkung von Urin-Wasser Gemischen auf das Pflanzenwachstum wurde auf Versuchsflächen untersucht, Schulen und Bauern beteiligen sich an der Demonstration der Urinnutzung im Landbau. Die Bauweise der Latrinen wurde, kontinuierlich an die Bedürfnisse der Menschen bezüglich Nutzung und Unterhaltung, angepasst und verbessert, und die Behörden erwägen derzeit dieses Konzept nun auch auf enger besiedelte städtische Gebiete zu übertragen [7].

Ebenfalls in Botswana ist inzwischen die erste Vakuumentwässerung einer gesamten Siedlung in Afrika in Betrieb. Die Behörden wollen dort die Eignung von Vakuumkanalisation und Schwemmkanalisation unter den herrschenden Bedingungen (hoher Wasserpreis, sehr flaches und steinigtes Gelände) vergleichen. Bei Erfolg soll die Technologie in größerem Maßstab zum Einsatz kommen. Über die GTZ soll die ge-

trennte Behandlung und Verwertung der verschiedenen Stoffströme gefördert werden.

In **Kuba** wurde mit Unterstützung der GTZ untersucht, wie die bereits verbreitete Praxis des Gemüseanbaus im innerstädtischen Bereich mit Nährstoff- und Wasserrecycling aus Fäkalien und Abwasser zu einem integrierten Kreislaufkonzept verbunden werden kann. Die in Kuba ebenfalls bereits weit verbreitete Anaerobtechnologie könnte auch verstärkt zur Nutzung der Ressourcen aus Fäkalien zum Einsatz kommen.

In **Südafrika** hat die Regierung begonnen, intensiv in die Verbesserung der Sanitärversorgung der überwiegend armen Bevölkerung zu investieren, bis zum Jahre 2011 soll die Anzahl der Menschen ohne Zugang zu geregelter Abwasserentsorgung halbiert werden. Konventionelle Technologie basierend auf Schwemmkanalisation und Abwasserbehandlung sind hier, bedingt durch die herrschende Wasserknappheit und das Ziel, mit den vorhandenen Mitteln möglichst viele Haushalte mit einer geregelten Fäkalien- oder Abwasserentsorgung auszustatten, in den meisten Fällen keine geeignete Lösung. Hier sind alternative Lösungen gefragt. Und tatsächlich hat der entstehende Markt bereits zu zahlreichen innovativen Entwicklungen von verschiedensten Fertigteil-Trockentoilettensystemen durch südafrikanische Unternehmen geführt, welche die Behandlung und Verwertung von Urin und Fäkalien ermöglichen.

Der Einsatz von Spitzentechnologie war in Windhoek in **Namibia** erforderlich, wo die Wasserversorgung der Stadt, in einer der trockensten Regionen der Erde gelegen, nicht mehr mit den vorhandenen Ressourcen sichergestellt werden konnte. Um den Trinkwasserbedarf mittelfristig zu decken, wurde eine weltweit einzigartige Aufbereitungsanlage errichtet, die Abwasser bis zur Trinkwasserqualität aufbereitet. Die Kapazität der Abwasserrückgewinnungsanlage beträgt 21.000 m<sup>3</sup>/Tag und entspricht knapp 50 % des Gesamtverbrauchs der Stadt. Das häusliche Abwasser der Region wird in zwei mehrstufigen Kläranlagen (Nitrat- und Phosphatelimination) gereinigt, und dann in einem aufwendigen sogenannten Multi-Barrier-Verfahren zu einwandfreiem Trinkwasser mit hoher Qualität aufbereitet [11]. Gefördert durch die GTZ wird derzeit auch der Einsatz von verschiedenen ökologischen Trockentoilettensystemen untersucht.

### **3 Neue Sanitärkonzepte - Chancen der deutschen Exportwirtschaft**

#### **3.1 Neue Sanitärkonzepte - Schwerpunkt in Forschung und Entwicklung**

Die Bedeutung und das Zukunftspotential kreislauforientierter Sanitärkonzepte wird zunehmend in der deutschen Forschungslandschaft erkannt. Zahlreiche deutsche Institute, Universitäten und auch private Unternehmen nähern sich verstärkt diesem Thema aus verschiedenen Richtungen. So forscht man an der TU Hamburg Harburg, an der TU Darmstadt, an der TU München, an der RWTH Aachen, am Fraunhofer

Institut IGB in Stuttgart und anderen an der Entwicklung von dezentral einsetzbaren Technologien zur Aufbereitung von Abwasserstoffströmen. An der Universität Bonn und an der Bauhaus Universität Weimar widmet man sich der Nutzbarmachung von Nährstoffen aus Abwasser für die Landwirtschaft. Die AKWA 2100 Studie, geleitet vom Fraunhofer Institut ISI in Karlsruhe, untersuchte Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit von dezentralen und semi-dezentralen Zukunftsszenarien im Wassersektor. Neben dieser unvollständigen Auflistung gibt es zahlreiche weitere Aktivitäten deutscher Forschungseinrichtungen im Bereich neuer, dezentraler Sanitärkonzepte. Eine Reihe von städtischen Wasserver- und -entsorgungsgesellschaften beteiligt sich ebenfalls aktiv an der Entwicklung von neuartigen Abwasserkonzepten und hat zum Teil auch eigene Pilotmaßnahmen umgesetzt. Zahlreiche meist kleine und mittelständische Firmen und Ingenieurbüros bieten ein großes Know-how an innovativen Technologien im Bereich dezentraler Anlagentechnik. Insbesondere zu benennen sind hierbei Grau- und Brauchwasseraufbereitung, dezentrales Regenwassermanagement, Biogastechnologien, Membranverfahren, Vakuumhaustechnik und – Kanalisation, naturnahe Abwasserreinigungs- und Schlammbehandlungsverfahren wie z.B. bewachsene Bodenfilter, Teiche, Vererdungsanlagen und vieles mehr.

Das zunehmende Engagement deutscher Forschungsinstitute ist vor allem auch der Forschungspolitik zu danken, die zunehmend das Potential und die Bedeutung dezentraler und kreislauforientierter Abwasserkonzepte für den Wassersektor erkennt und fördert. So werden bereits zahlreiche Projekte in Deutschland und auch in Entwicklungsländern im Rahmen des Programms „Dezentrale Ver- und Entsorgung“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert. Ganz aktuell ist eine gemeinsame Ausschreibung des BMBF und dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) zur "Kreislaufwirtschaft für Pflanzennährstoffe, insbesondere Phosphor" [2]. Und nicht zuletzt fördert das Bundesministerium für Wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ) mit dem GTZ-ecosan Projekt die Weiterentwicklung von Kreislaufwirtschaftskonzepten insbesondere für den Abwassersektor in Entwicklungsländern.

Die Tendenz hin zur Entwicklung flexibler und dezentral einsetzbarer Technologien für Kreislaufwirtschaftskonzepte, und weg von der Optimierung herkömmlicher End-of-Pipe-Systeme wird sich bei der Forschungsförderung auch weiterhin in zunehmendem Maße bemerkbar machen. So wurde zum Beispiel auch im Futur-Forschungsdialog des BMBF beim Thema Wasser die Zukunftsthemen eindeutig bei dezentralen und modularen Systemen für eine stoffstromorientierte Kreislaufwirtschaft gesehen [3].

### **3.2 Neue Sanitärkonzepte - Steigendes Marktvolumen**

Die Verringerung der Kindersterblichkeit, Armutsbekämpfung und nachhaltige Ressourcenbewirtschaftung sind drei der zentralen Jahrtausendentwicklungsziele (Millennium Development Goals MDGs), die auf dem Umwelt- und Nachhaltigkeitsgipfel 2002 in Johannesburg beschlossen wurden. Nachhaltige Sanitärkonzepte nehmen bei der Erreichung der Jahrtausendziele eine Schlüsselstellung ein, denn fi-

nanzierbare hygienisch sichere Sanitäremaßnahmen sind Grundlage für ein menschenwürdiges Dasein, für Gesundheitsfürsorge, Armutsbekämpfung und Voraussetzung für wirtschaftliche Entwicklung. Aus diesem Grunde wurde auf dem Johannesburg-Gipfel von der Staatengemeinschaft das konkrete Ziel der Halbierung der Anzahl der Menschen ohne geregelte Trinkwasser- und Sanitärversorgung bis 2015 beschlossen.

Der Finanzbedarf zur Erreichung der Jahrtausendziele ist immens. Jährlich über 25 Milliarden Dollar so schätzte die Weltbank im Jahr 2002 werden gebraucht wenn bis 2015 die Ziele im Wasser- und Sanitärsektor umgesetzt werden sollen [14]. Im April 2003 nennt sie bereits Zahlen, die allein für den SanitärLösungsbereich einen Bedarf von über 25 Milliarden Dollar pro Jahr ausweisen [15].

Die Angaben zur Finanzierungslücke in diesem Bereich schwanken. Sicher ist aber: es werden bis 2015 jährlich Milliardenbeträge internationaler und nationaler Organisationen für die Lösung dieser wasserwirtschaftlichen Aufgaben mobilisiert und umgesetzt werden.

Neben Fragen des reinen Finanzbedarfs richtet sich die Aufmerksamkeit von Geberorganisationen weltweit zunehmend auch auf die Frage, wie die knappen Mittel am effizientesten zur Erreichung der MDGs eingesetzt werden können. Hier setzt sich langsam die Erkenntnis durch, dass Sanitärösungen basierend auf Schwemmkanalisation und zentraler Kläranlage bereits aus Kostengründen nicht zu Erreichung der MDGs geeignet sind. Neben dem enormen Investitionsbedarf für zentrale Kanalisationssysteme und Kläranlagen sind auch die Betriebskosten so hoch, dass solche Systeme allenfalls in wohlhabenden Gebieten und Zentren von Großstädten kostendeckend betrieben werden können. Dies führt dazu dass Investitionen im Wassersektor in Entwicklungsländern bislang vor allem den wohlhabenderen Schichten zugute kommen, während die ärmeren Bevölkerungsgruppen am Stadtrand bisher kaum mit Sanitärinfrastruktur versorgt wurden und häufig sogar unter der Verschmutzung ihrer Trinkwasserquellen leiden, die durch die Einleitung der ungeklärten Abwässer der reichen Wohngebiete zusätzlich verschmutzt wurden.

Es ist abzusehen dass in näherer Zukunft eine Verschiebung des Mitteleinsatzes stattfinden wird, weg von zentralen Systemen mit teurer End-of-Pipe-Technik, hin zu flexiblen, dezentralen oder semi-zentralen Lösungen mit effizienter Ressourcenausnutzung und Kreislaufführung. So ist zum Beispiel die neu aufgelegte EU Wasserfazilität mit einem Volumen von 500 Mio. Euro ein erster deutlicher Schritt in diese Richtung. Diese Fazilität beschreitet neue Wege bei der Förderung von Maßnahmen im Wassersektor in den AKP-Staaten (Afrika-Pazifik-Karibik), indem sie auch lokalen Verwaltungseinheiten und Nichtregierungsorganisationen die Beantragung von Mitteln gestattet, strikt nachfragerorientiert ist, innovative Finanzierungselemente beinhaltet und langfristig angelegte integrierte Lösungen für Wassermanagement fördert [5]. Die EU Wasserfazilität ist deutlich flexibler und innovativer ausgerichtet als bisher angewandte Finanzierungsinstrumente der EU, und wird daher insbesondere dezentralen und innovativen Lösungsansätze im Wassermanagement fördern.

### **3.3 Neue Sanitärkonzepte - was kann die deutsche Wirtschaft leisten?**

Die Nachfrage für Leistungen deutscher Unternehmen für den neu entstehenden Markt der dezentralen und kreislauforientierten Abwasserkonzept ist sehr vielfältig: Neben der Lieferung von Technologie und Ausrüstung sind auch Beratungs- und Serviceleistungen gefragt. Im Folgenden soll untersucht werden was mögliche Leistungen deutscher Unternehmen sein können, und wie sich die deutsche Wirtschaft in diesem Zukunftsmarkt mit ihren Stärken und Schwächen derzeit präsentiert.

#### **3.3.1 Beratung**

Die Anforderungen für Beratungsleistungen werden zukünftig im Vergleich zu klassischen Abwasserprojekten deutlich komplexer werden. Nachhaltige Lösungen der Sanitärprobleme verlangen die Integration verschiedenster Sektoren wie Landwirtschaft, Gesundheit, Stadtentwicklung und Wasser/Abwasser und anderer in allen Stadien der Projektplanung, sowie flexiblere interdisziplinäre Planungsmethoden die die Einbeziehung aller Beteiligten vorsehen. Ausbildung und Trainingsmaßnahmen für Fachkräfte in den Entwicklungsländern werden einen hohen Anteil an den nachgefragten Beratungsleistungen haben. Der Aufbau entsprechender Kompetenzen wird für die deutschen Consultingunternehmen für Ihre zukünftige Beteiligung in diesem Markt von herausragender Bedeutung sein. Da diese Kompetenzen über die Universitäten zurzeit noch sehr wenig vermittelt werden, ist hier in erster Linie der Wille zum Umdenken in den Unternehmen selbst gefragt.

#### **3.3.2 Betreiber**

Dezentrale Systeme der Fäkalienentsorgung und –verwertung werden völlig andere Service- und Unterhaltstrukturen verlangen als zentrale Systeme. Beispielsweise wird beim Einsatz von Trockentoiletten die Sammlung der Fäkalien, beim Einsatz von Urinseparationstoiletten die Sammlung des Urins notwendig sein. Die dafür erforderlichen Servicestrukturen sind durchaus den Strukturen vergleichbar, die in Deutschland zur getrennten Erfassung und Sammlung der verschiedenen Müllfraktionen flächendeckend eingeführt sind. Auch im Hinblick auf die Behandlung, Aufbereitung und Vermarktung der rückgewonnenen Rohstoffe sind neuartige Betreibermodelle gefragt. Deutschen Unternehmen wird hier gerade durch die langjährigen Erfahrungen im Festmüllbereich eine herausragende Rolle zukommen, falls das Potenzial der Übertragung bewährter Modelle auf den Bereich der Abwasserwirtschaft frühzeitig erkannt wird.

#### **3.3.3 Technologie**

Neuartige Sanitärkonzepte verlangen technologische Innovation. Zurzeit sind ausgereifte technische Lösungen, die modernen Ansprüchen genügen, nur für einzelne Bereiche vorhanden. Der Bedarf für innovative Lösungen wird weit über die reine Abwasserbehandlung hinausgehen, und Bereiche wie die Haustechnik, Transport und

Logistiksysteme, Verfahren zur Düngemittelproduktion, Landmaschinentechnik und andere umfassen. Einige Technologien mit besonderem Exportpotenzial sind zum Beispiel:

- Separations- und Wasserspartechnologien (Urinseparationstoiletten, wasserlose Urinale, Fest-Flüssigtrennverfahren, etc.),
- Vakuumhaustechnik und –kanalisation,
- Anaerobtechnologie (Nass und Trockenverfahren),
- Regen- und Grauwasseraufbereitung, Membrantechnologie,
- Hygienisierungsverfahren,
- Naturnahe Verfahren für die Aufbereitung von Abwasser, Grauwasser oder Schlamm (bewachsene Bodenfilter, Teichanlagen, Schlammvererdung, etc.).

Neben dem reinen Export von Technologie wird auch dem Technologietransfer und verschiedensten Kooperationen und Lizenzvergaben eine bedeutende Rolle zukommen.

### **3.4 Hemmnisse für die deutsche Wirtschaft**

Im deutschen und europäischen Kontext haben dezentrale, stoffstromtrennungs- und kreislaufwirtschaftsorientierte Konzepte bislang nur eine sehr geringe Bedeutung. Dies stellt eines der größten Hemmnisse für die Wirtschaft bei der Entwicklung und Vermarktung neuer Konzepte und Technologien dar, da im Heimatmarkt nur geringe Anreize für Innovationen entstehen, und für die Vermarktung in andere Länder entsprechende Referenzprojekte fehlen.

Die Gründe für die in Deutschland derzeit schwache Nachfrage für neuartige Sanitär-lösungen sind vielfältig. Zum einen wurde die Notwendigkeit eines Paradigmenwechsels in der Wasserwirtschaft von weiten Kreise in Behörden, Wissenschaft und Wirtschaft noch nicht in seinem vollen Ausmaß erkannt, zurzeit wird immer noch der bei weitem größte Anteil der Anstrengungen für die weitere Optimierung der konventionellen end-of-pipe Technologien aufgewendet. Zum anderen ist es gerade der hohe Standard in Deutschland mit einer nahezu kompletten Versorgung mit Kanalisation und Kläranlagen, der einen Systemwechsels so schwierig und unwirtschaftlich erscheinen lässt: Die bestehenden System sind sehr langfristig angelegt, Investitionen werden in der Regel für 50 oder mehr Jahre getätigt, durch die zentrale Auslegung sind die Systeme wirtschaftlich nur rentabel wenn ein möglichst hoher Anschlussgrad beibehalten wird. Selbst kleinräumige Umsetzungen neuer Sanitärkonzepte in neu erschlossenen Gebieten stoßen aufgrund der geltenden Gesetzeslage häufig auf große Schwierigkeiten. Der Anschluss- und Benutzerzwang erschwert autarke Lösungen, die landwirtschaftliche Verwertung abgetrennter Stoffe wie Urin, oder behandelte Fäkalschlämme ist rechtlich nicht klar geregelt, dazu kommen Akzeptanz-

problem durch Behörden, Landwirte und Konsumenten aufgrund der negativen Erfahrungen mit der landwirtschaftlichen Verwertung von mit End-of-Pipe-Technologie erzeugtem Klärschlamm.

Die meisten Unternehmen orientieren sich bei der Entwicklung von neuen Lösungen sehr stark an mitteleuropäischen Verhältnissen, wobei besonders in ariden und armen Ländern ganz andere Ansprüche an Konzepte und Technologien bestehen. Während bei uns der Gewässerschutz Priorität hat, und entsprechende strenge Einleitvorschriften mit teurem Technologieeinsatz erfüllt werden müssen, sind dort vor allem kostengünstige, wassersparende und hygienisch sichere Verfahren gefragt.

Ein weiteres sehr ins Gewicht fallendes Hemmnis für deutsche Firmen ist mangelnde Erfahrung und mangelndes Wissen zu ganzheitlichen stoffkreislauforientierten Konzepten, Technologien, Planung, Implementierung und Management. Es gibt derzeit nur eine sehr geringe Anzahl von Fachleuten, die derartige Konzepte kompetent entwickeln und umsetzen können. Das liegt nicht zuletzt daran, dass die Ingenieurausbildung an den deutschen Universitäten in diesem Bereich immer noch viel zu schwach ausfällt: Im besten Falle werden stoffstromtrennungs- und kreislauforientiertes Abwassermanagement in einigen wenigen Vorlesungen am Rande der klassischen Siedlungswasserwirtschaft behandelt. In den anderen Ausbildungsgängen spielen diese Ansätze noch weniger eine Rolle.

Die für die Bereitstellung neuer Sanitärlösungen erforderliche interdisziplinäre Vernetzung von Fachleuten aus unterschiedlichen Sektoren wie Wasser/Abwasser, Landwirtschaft, Stadtentwicklung etc. ist bei den meisten Firmen in der Regel äußerst schwach ausgeprägt. Die Spezialisierung vieler Firmen auf spezifische Sektoren wird so zum Haupthemmnis bei der Entwicklung neuer zukunftsfähiger Lösungen.

### **3.5 Stärken der deutschen Wirtschaft**

Die deutsche Wirtschaft hat aber auch sehr viele Stärken, die ihr eine gute Position im Wettbewerb um die zukünftigen Märkte für neue Sanitärlösungen sichern. An erster Stelle ist hier der gute Ruf zu nennen, den deutsche Umwelt- und Wassertechnologien international genießen. Dieser ist nicht zuletzt darauf zurückzuführen, dass Deutschland seit langem im eigenen Land den Umweltschutz auf hohem Niveau vorantreibt, und die deutsche Wirtschaft sich so einen internationalen Technologievorsprung erarbeiten konnte. Wenn es nun gelingt, auf den bereits vorhandenen Erfahrungen aufzubauen, und die Entwicklung von Lösungen in Richtung des Schließens der Stoffkreisläufe voranzutreiben, dann bestehen gute Chancen dass der gute Ruf deutscher Umwelttechnologie auch in diesem Bereich weiterwirkt und die deutsche Wirtschaft hiervon profitieren kann. Und in der Tat haben sich deutsche Unternehmen bereits in vielen Bereichen ausgezeichnet positioniert, so zum Beispiel bei der dezentralen und naturnahen Abwasserbehandlung, der Anaerobtechnologie, der Vakuumtechnologie, der Membrantechnologie, der Regenwasserbewirtschaftung, der Grauwasseraufbereitung und anderen.

Wie in Kapitel 3.1 bereits investiert auch die deutsche Bundesregierung zunehmend in diesen Zukunftssektor, mit dem direkten Ziel auch die deutsche Exportwirtschaft in diesem Sektor zu stärken.

Wenn auch derzeit die Referenzprojekte für ecosan in Deutschland noch sehr rar sind, so gibt es dennoch bereits einzelne durchaus beispielhafte Projekte, die als Referenzprojekte dienen können (siehe auch Kapitel 2.3 und 3.1). Besonders im Bereich der Regenwasserbewirtschaftung und der Grauwasseraufbereitung gibt es mittlerweile eine Vielzahl von interessanten Projekten in Deutschland.

Auch die Strukturen des deutschen Wassersektors, gekennzeichnet durch einen sehr guten Organisationsgrad der Fachvereinigungen (DWA, fbr, etc.), vielen international sehr bekannten Fachleuten, und einer dezentralen Struktur der Wasserwirtschaft, stellen bedeutende Vorteile für die deutsche Wirtschaft bei der Vermarktung moderner Sanitärlösungen dar. Nicht zuletzt steht Deutschland auch international an 2. Stelle, was die Förderung von Projekten der Entwicklungszusammenarbeit im Wassersektor betrifft.

#### 4 Schlussfolgerung

Um die 2002 in Johannesburg vereinbarten Jahrtausendziele der Halbierung der Menschen ohne Zugang zu Wasserversorgung und Sanitärlösungen bis 2015 zu erreichen, werden jährlich mehrstellige Milliardensummen in den Wasser- und Abwassersektor fließen. Dabei werden dezentrale Konzepte basierend auf Stoffstromtrennung und Kreislaufwirtschaft immer mehr als Alternative zu konventioneller Technologie herangezogen werden, da diese wesentliche Vorteile zur Lösung der globalen Wasserprobleme bieten, und zudem wesentlich günstiger sind. Deutsche Firmen haben sehr gute Chance ganz vorne in diesem Milliardenmarkt mitzuspielen.

#### Literatur

- |     |  |  |
|-----|--|--|
| [1] | <b>BKF Freiburg</b>  | Homepage der Fa. BKF: <a href="http://www.bkf-freiburg.de/pages_bkf/leistungen_technik.html">http://www.bkf-freiburg.de/pages_bkf/leistungen_technik.html</a>  |
| [2] | <b>BMBF, Projektträger Wasser, Forschungszentrum Karlsruhe</b> | <a href="http://www.fzk.de/stellent/groups/ptwte/documents/published_pages/ptwte_index.php#TopOfPage">http://www.fzk.de/stellent/groups/ptwte/documents/published_pages/ptwte_index.php#TopOfPage</a>  |
| [3] | <b>BMBF</b>  | Wertstoff Wasser für die Menschen im 21. Jahrhundert, Profilentwurf nach der Futur-Tagung (26./27. Oktober 2004)   |
| [4] | <b>Christ, O.</b>  | Stoffstromorientierte Abwasserbehandlung – Hochtechnologie für Bürohaus, Sonderdruck WWT Wasserwirtschaft, Wassertechnik, 2003<br>Download:<br><a href="http://www.huber.de/desar/sonderdruck_wwt_de">http://www.huber.de/desar/sonderdruck_wwt_de</a> |

sar\_d.pdf

- [5] **EuropeAid** ACP-EU Water facility  
[http://europa.eu.int/comm/europeaid/projects/water/index\\_en.htm](http://europa.eu.int/comm/europeaid/projects/water/index_en.htm)
- [6] **GTZ/IWA** ecosan – closing the loop, proceedings of the 2<sup>nd</sup> international symposium 7<sup>th</sup> –11<sup>th</sup> April 2003, ISBN 3-00-012791-7, Eschborn, 2004
- [7] **GTZ-ecosan Newsletter 10** <http://www.gtz.de/ecosan/deutsch/newsletter.htm>
- [8] **GTZ-ecosan Newsletter 6** <http://www.gtz.de/ecosan/deutsch/newsletter.htm>
- [9] **Panesar & Hoffmann (1997)** „Trinkwasserqualität - Internationaler Anspruch und asiatische Realität.“ - S. 118 - 131. In: Hoffmann [Ed.] “Wasser in Asien - elementare Konflikte”. 464 S. Secolo Verlag, Osnabrück.
- [10] **Roediger Vakuumtechnik** Homepage der Fa- Roediger:  
<http://www.roevac.de/html/german/news.htm>
- [11] **VA TACH WABAG** Homepage der Fa. VA TACH WABAG:  
[http://www.vatechwabag.com/view.php3?f\\_id=6577&LNG=DE](http://www.vatechwabag.com/view.php3?f_id=6577&LNG=DE)
- [12] **WINPENNY (2003)** “Financing Water For All” - Report of the World Panel on Financing Water Infrastructure, chaired by MICHEL CAMDESSUS.  
<http://www.gwpforum.org/gwp/library/FinPanRep.MainRep.pdf>
- [13] **Wolgast** Recycling System, WM Ekologen AB, Stockholm, 1993
- [14] **World Bank Group (2002)** Water - The Essence of Life,“ - Press release from 5/17/2002 (World Bank Group Website)
- [15] **World Bank Group (2003)** Addendum “Water Supply and Sanitation and the Millennium Development” of the “Progress Report and critical next steps in scaling up: Education for, Health, HIV/Aids, Water and sanitation.”, 1st April 2003
- [16] **Yao Xianjung** Integrated systems on biogas production, non-polluted agricultural production and sanitation in rural China, ecosan – closing the loop, proceedings of the 2<sup>nd</sup> international symposium 7<sup>th</sup> –

11<sup>th</sup> April 2003, ISBN 3-00-012791-7, Eschborn,  
2004