

## **ENTWICKLUNG ANGEPASSTER WASSERTECHNOLOGIEN FÜR MEGASTÄDTE AM BEISPIELVON LIMA METROPOLITANA**

**Oliver Kehl, Marc Wichern, Manfred Schuetze, Jens Alex, Stefania Paris,  
Daniel Gregarek, Christian Leon, Harald Horn,**

### **Einleitung**

Im Jahr 2000 wurden von den Vereinten Nationen die bekannten „Millenium Development Goals“ (MDG's) veröffentlicht. Die 191 Mitgliedsstaaten verpflichteten sich, alle Maßnahmen zu ergreifen, um bis zum Jahr 2015 diese Ziele zu erreichen. Nicht zuletzt auch an den Wassersektor stellt diese Vereinbarung enorme Anforderungen. Orientiert man sich an diesen Zielen, so soll bis 2015 die Anzahl der Menschen halbiert werden, die keinen Zugang zu Trinkwasser und angemessenen Sanitäreinrichtungen haben [Wilderer 05]. Ausgehend von einer aktuellen Schätzung, nach der ca. 1,2 Milliarden Menschen keinen Zugang zu sicherem Trinkwasser haben (Schätzung 2005), heißt dies, dass jedes Jahr durchschnittlich ca. 60 Millionen Menschen an entsprechende Wasserversorgungssysteme angeschlossen werden müssen. Geht man von 300 Arbeitstagen im Jahr aus, so müssen durchschnittlich jeden Tag Wasserwerke und Verteilungssystem für ca. 200000 Menschen gebaut und in Betrieb genommen werden.

Die Situation in Bezug auf den Bau entsprechender Abwassersysteme stellt sich noch dramatischer dar. Bei den geschätzten 10% der Weltbevölkerung, die an vernünftig funktionierende Abwassersysteme angeschlossen sind, müssen im Durchschnitt seit 2005 jeden Tag für rund 900 000 Menschen geeignete Abwasserreinigungseinrichtungen erstellt werden [Wilderer 05]. Angesichts dieser Zahlen ist klar, dass diese enorme Herausforderung an Arbeitskraft und finanziellen Ressourcen mit den klassischen Trinkwasser- und Abwasserreinigungskonzepten, wie sie seit vielen Jahren in den Industrienationen angewandt wird, kaum zu bewältigen ist. Die typischen Wasser und Abwassersysteme, wie sie in den Industrieländern angewendet wurden und immer noch werden sind meist durch lineare Wasser- und Stoffströme geprägt. Diese Konzepte haben sich in den Industrienationen bisher auch durchaus bewährt. In Entwicklungsländern jedoch, deren Situation oft durch Knappheit an finanziellen Mitteln und an Wasserressourcen geprägt ist, scheint dieses Konzept sehr fraglich. Auch ist zu bedenken, dass Lösungen für Trinkwasser- und Abwasserreinigungsaufgaben in den Industrienationen über einen langen Zeitraum entwickelt und angepasst werden konnten, was die kurzfristige finanzielle Last deutlich schmälerte [Wilderer 05].

In Anbetracht des hohen Verstädterungsgrades und Bevölkerungswachstums, die derzeit zu einem rapiden Ansteigen der Bevölkerung in urbanen Gebieten und dem Wachstum von Megastädten, vor allem auch in Entwicklungsländern, führen, scheint ein Erreichen der Milleniumziele und eine nachhaltigere zukünftige Entwicklung zu einem großen Teil von der Entwicklung in den Megastädten abzuhängen. Neue Lösungsansätze für urbane Ballungszentren sind unumgänglich. Sozio-kulturelle, ökonomische, klimatische und andere Unterschiede in den Rahmenbedingungen der verschiedenen Städte machen zudem unweigerlich eine angepasste und integrierte Herangehensweise notwendig. Mehr noch, die stark ausgeprägte Heterogenität innerhalb einzelner Großstädte selbst, läßt eine einheitliche Standardlösung auch innerhalb der einzelnen Megastädte unmöglich erscheinen. Dieses Problem kann nur mit angepassten und integrierten Konzepten, die an die jeweiligen lokalen Rahmenbedingungen angepasst sind, gelöst werden. Die Notwendigkeit einer Lösung, die langfristig wirksam ist, macht zudem nachhaltige konzeptionelle Ansätze nötig, die einen effizienten Ressourceneinsatz innerhalb klar definierter Grenzen ermöglichen.



Bild 1: Beispiele für die heterogenen Rahmenbedingungen in Lima

### Lima Metropolitana

Lima, ist eine heranwachsende Megastadt mit einer derzeitigen Bevölkerung von ca. 8 Millionen Einwohnern. Die Stadt hat bereits jetzt mit Problemen zu kämpfen, die für die größten Städte mit 10 und mehr Millionen Einwohnern dieser Welt charakteristisch sind. Die Situation in Bezug auf die Wasserproblematik ist als besonders dramatisch einzuschätzen: Lima ist mit nur ca. 9mm Niederschlägen pro Jahr die zweittrockenste Stadt weltweit!

### Trinkwassersituation in Lima

Die Stadt weist eine extrem heterogene Struktur auf (Bild 1). Während die Innenstadt sehr europäisch wirkt, sind die armen Randbezirke durch illegale Zuwanderung aus den ländlichen Regionen und entsprechende provisorische Strukturen geprägt. Diese Situation lässt sich folglich auch auf die Wasserver- und Entsorgungssituation der Stadt übertragen. Der Innenstadtbereich weist hohe Anschlußgrade an das Wasserversorgungsnetz und die Kanalisation auf. Im Gegensatz dazu werden die Randbezirke, die sich durch die illegale Besiedlung oft in nur schwer zugänglichen Gebieten befinden, kaum über öffentliche Netze versorgt und entsorgt (Bild 2). Das derzeitige Wasser- und Abwassersystem in Lima führt zu linearen Wasser- und Stoffflüssen, von denen nur ein kleiner Teil einer Wiederverwendung zugänglich gemacht wird. Die Hauptwasserressource für Lima stellt der Fluss Rimac dar, der Wasser aus der Andenregion in das in einer Wüstenregion am Meer gelegene Lima transportiert. Als zusätzliche Wasserquellen

stehen die Flüsse Chillón und Lurín zur Verfügung. Stark schwankende Abflüsse, die den Rimac kennzeichnen, stellen die Wasserversorgung in Lima dabei vor enorme Probleme. Da das Wasser von Reservoirs in den Anden stammt, hängt die Wasserführung des Flusses hochgradig von saisonalen Variationen der Niederschläge ab. Im Jahr 2004 hat dies bereits zu signifikanten Problemen und Wasserrationierungen geführt [Céspedes 04, Retrepo et al. 04] und ähnliche Probleme bezüglich der Wasserreservoirs zeichneten sich auch 2006 ab. Um diesem Problem entgegenzuwirken, wurden in der Vergangenheit eine Anzahl neuer Reservoirs und Wasserspeicher in Lima gebaut. Daneben stellen auch Grundwasserspeicher eine wichtige Wasserversorgungsquelle dar. Aus rund 600 Brunnen wird Wasser für die Stadt entnommen. Geringe Niederschläge und die stark ansteigende Bevölkerung führen jedoch auch hier zu einem starken Absinken des Grundwasserspiegels. Neben der Wasserquantität stellen Arsen sowie Schwermetalle aus den Minen in den Anden und die Einleitung von industriellem und kommunalem Abwasser entlang des Rimac (175 kommunale und industrielle Einleiter) ein weiteres Problem für die Wasserqualität dar. Die anschließende Verteilung des Trinkwassers ist nicht minder problembehaftet. Nur ca. 86% der Bevölkerung sind an das Trinkwassernetzwerk angeschlossen. Die Bewohner der finanzschwachen Stadtrandgebiete sind deshalb oft auf eine Versorgung über Lastwagen angewiesen. Noch dazu übersteigt der Preis des Wassers, das über Lastwagen in die armen Regionen verteilt wird, den Wasserpreis des über das Netzwerk verteilten Wassers um ein Vielfaches. Die Wasserqualität des Tankwagenwassers ist oft als kritisch einzustufen und verschlechtert sich in den häuslichen Tanks noch weiter. Wasserverluste im Verteilungsnetz, die aus Leckagen aber nicht zuletzt auch aus illegalen Entnahmen herrühren, führen zudem zu erheblichen Problemen bei der Wasserversorgung der Stadt. In Anbetracht der genannten Punkte und des hohen Bevölkerungswachstums in Lima ist davon auszugehen, dass es in Zukunft unweigerlich vermehrt zu Unregelmäßigkeiten, Verknappungen und Qualitätsproblemen in der Wasserversorgung kommen wird, wenn nicht eine grundlegende Verbesserung durch neue Konzepte herbeigeführt wird.



Bild 2: Abdeckung des Trinkwasserbedarfs in Lima [4]

### **Abwasserreinigung in Lima**

Die Situation der Abwasserreinigung in Lima ist als genauso dramatisch anzusehen. Das lineare Wassermanagementkonzept in Lima führt zu unnötigen zusätzlichen Problemen in einer Stadt mit extrem geringen Niederschlägen, die ohnehin schon mit Wasserproblemen zu kämpfen hat. Teuer gereinigtes Trinkwasser wird beispielsweise für den Transport von Urin und Fäkalien verwendet, für das Wasser weit geringerer Qualität ausreichend wäre. Handelt es sich bei dem Wasser, das für Bewässerungszwecke verwendet wird, dann nicht um kostbares Trinkwasser, so wird oft ungenügend gereinigtes Abwasser hierfür benutzt. Die hygienischen Gefahren, die hieraus resultieren liegen auf der Hand. Ähnlich wie im Trinkwasserbereich liegt auch der Anschlussgrad bezüglich der Abwasserableitung nur leicht über 80%. Die Situation in Bezug auf den Anteil tatsächlich gereinigten Abwassers stellt sich noch problematischer dar: Nur ca. 9% des Abwassers werden tatsächlich gereinigt. Darüber hinaus ist davon auszugehen, dass nur ein Teil hiervon einer tatsächlich adäquaten Reinigung unterliegt. 18 Abwasserreinigungsanlagen sind derzeit in Betrieb. Dabei handelt es sich neben Belebungsanlagen in erster Linie um Abwasserteichanlagen, sowie um zwei Anlagen mit rein mechanischer Reinigung. Mehr als 90% der ca. 18,4 m<sup>3</sup>/s an Abwasser werden unbehandelt in den Pazifik geleitet!

Es ist offensichtlich, dass die Stadt zukünftig in weitere Schwierigkeiten bezüglich der Wasserver- und Entsorgung geraten wird, wenn die derzeitige Entwicklung anhält. Dies muss zu der Schlussfolgerung führen, dass das derzeit angewandte Wasser- und Abwasserkonzept der Großstadt einer gründlichen Revision bedarf. Auf der Seite der Wasserversorgung werden die steigende Bevölkerungszahl, die Knappheit der lokalen Trinkwasserressourcen und die unregelmäßigen Niederschläge in der Andenregion zusammen mit dem Finanzierungsproblem größerer neuer Wasserreservoirs ernsthafte Probleme bereiten. Auf der Abwasserseite ist hingegen mit Problemen in Bezug auf Umwelt und Hygiene zu rechnen, die indirekt oder direkt auch wieder die Wasserversorgungssituation beeinflussen. Neue holistische, integrierte anpassungsfähige und flexible Konzepte sind deshalb nötig. Wasser- und Stoffkreisläufe müssen jetzt und zukünftig geschlossen und dabei die zukünftige Bevölkerungsentwicklung und die dynamischen komplexen Beziehung innerhalb der Stadt berücksichtigt werden.

Ähnliche Probleme bestehen weltweit auch in anderen Großstädten. Die Forderung nach nachhaltigeren, angepassten und integrierten Konzepten in der Vergangenheit, nicht zuletzt auch im Zusammenhang mit den Großstädten dieser Welt, führte in den 90er Jahren zu einer Vielzahl von technischen Konzeptvorschlägen in Bezug auf verbesserte und nachhaltigere Abwasserreinigungssysteme. Meist basierten und basieren diese Konzepte auf einer Trennung der verschiedenen Abwasserströme, da dies erlaubt, die Wasser- und Nährstoffkreisläufe weitgehend zu schließen und sie dadurch als Ressource zurück zu gewinnen. Wichtige Beiträge wurden in dieser Beziehung vor allem beigesteuert von [Larsen und Gujer 96], [Otterpohl et al. 97], [Vanhuizen 97], [Wilderer und Schreff 00], [Zeeman et al. 00], [Wilderer und Koetzle 02], [Ingerle 98], [Otterpohl und Oldenburg 98]. Die Trennung und separate Behandlung der Abwasserströme von Braunwasser, Gelbwasser, Schwarzwasser, Grauwasser und Grünwasser und die stark unterschiedlichen Konzentrationen der verschiedenen Abwasserkomponenten in diesen Teilströmen erlaubt eine effizientere Rückgewinnung wertvoller Inhaltsstoffe als in klassischen Mischkonzepten. Um diese nachhaltigeren Abwasserkonzepte auf effiziente Art und Weise technisch zu realisieren, wurden in der Vergangenheit verschiedene technologische Optionen diskutiert. In diesem Zusammenhang wurden oft auch die Vor- und Nachteile von zentralen und dezentralen Systemen gegenübergestellt [Harremoes 97], [Otterpohl 97], [Butler und Parkinson 97], [Ho 05], und viele mehr. In vielen Fällen wird dabei der dezentrale Ansatz als die nachhaltigere Lösung bezeichnet. Die Behandlungsmethoden, die im Zusammenhang mit dezentralen (on-site) Systemen diskutiert wurden, unterscheiden sich dabei im Ausmaß der Trennung der fünf genannten Abwasserteilströme, den spezifischen Technologien zur Behandlung der verschiedenen Abwasserströme, der Wiedereinführung der Behandlungsprodukte in die Stoffkreisläufe sowie in der Größenordnung. Technische Lösungsansätze werden sowohl mit dem Fokus auf Abwässern aus einzelnen Haushalten, als auch auf ganzen Apartmentkomplexen, Industrieparks oder kompletten Wohnsiedlungen

diskutiert [Wilderer 04]. Obwohl on-site Systeme meist mit dem Konzept der Abwasserteilstromtrennung assoziiert werden, ist grundsätzlich auch eine Klassifizierung in Systeme zur Behandlung von Teilströmen und Systeme zur Behandlung von gemischten Abwasserströmen möglich [Ho 05]. Im letzteren Fall werden die Teilströme hauptsächlich wie in zentralisierten Systemen behandelt und weisen den Vorteil auf, dass keine neuen Toilettensysteme konzipiert werden müssen. In den meisten Fällen ist davon auszugehen, dass durch die Abwasserstromtrennung, die Stickstoff- und Phosphorkonzentrationen besonders effizient behandelt werden können.

Die enorme Anzahl möglicher Kombinationen und Lösungen, die für die technische Realisierung einer nachhaltigeren Abwasserbehandlung in Lima zur Verfügung steht, macht eine strukturierte Konzeptionierungs- und Evaluierungsmethodik basierend auf entsprechenden Prinzipien und Kriterien sowie die Verwendung entsprechender unterstützender Entscheidungstools unumgänglich. Eine umfassende Analyse bezüglich der derzeit zur Verfügung stehenden on-site Systeme führte zutage, dass mindestens 70 verschiedene Technologien existieren [Green und Ho 05, Ho 05]. Eine mögliche Kombination dieser Technologien wurde in dieser Studie noch nicht einmal mit eingeschlossen. Otterpohl et al (1997 ws 35) diskutieren einige mögliche Optionen für ökonomisch und technisch machbare Sanitärkonzepte und Kombinationen um zu einer nachhaltigeren Abwasserbehandlung zu gelangen. Als das wichtigste Tool zur wird dabei das Toilettensystem selbst genannt. [Paris und Wilderer 02] geben einen guten Überblick über verschiedene bereits angewandte Konzepte mit Orientierung auf einer Teilstromtrennung. Oft wird der separaten Erfassung und Behandlung von Gelbwasser (Urin) große Bedeutung zugemessen. [Drangert 03], [Lienert und Larsen 03], [Oldenburg et al. 03], [Vinneras und Jönson 03], [Larsen und Gujer 96] führen einige Optionen auf, die zur Urintrennung plus Wiederverwendung geeignet scheinen. Eine nahe liegende Nutzung von Grauwasser als Toilettenspülwasser wird von mehreren Autoren erwähnt [Wilderer 04], [Wilderer und Schreff 00] u.a. Entsprechend der Vielzahl theoretischer Betrachtungen folgte weltweit bereits eine Realisierung mehrere Konzepte in Pilotstudien und zeigen deren grundsätzliche praktische Umsetzbarkeit [Otterpohl 02], [Lange und Otterpohl 00], [Skjelhaugen 98], [Oldenburg et al. 02], [Paris et al. 06].

Die hochgradig heterogene Struktur Limas lässt, wie in anderen Megastädten auch, einzelne Standardkonzepte wirkungslos erscheinen. Benötigt werden integrierte Konzepte, die langfristig Erfolg versprechen. Der Vergleich dezentraler und zentraler Konzepte spielt auch in Lima eine große Rolle. Auch wenn viele Nachhaltigkeitsaspekte für dezentrale Systeme sprechen, so hängt die Auswahl des passenden Konzepts letzten Endes doch stark sowohl vom derzeitigen Entwicklungsniveau und den verfügbaren Ressourcen und deren Kapazitäten, als auch von der prognostizierten zukünftigen Entwicklung ab. Nicht zuletzt spielt deswegen auch die Übergangsphase, die zu einem nachhaltigeren Konzept führen soll, eine große Rolle. Langfristige nachhaltige Lösungen können nur erreicht werden, wenn die entwickelten Konzepte die Eigenschaft aufweisen, dass sie flexibel, ausbau- und anpassungsfähig an die sich verändernden Begebenheiten sind. Für die unterschiedlichen Gebiete der Stadt sind hier entsprechende Szenarien zu entwerfen und aufeinander abzustimmen. Entsprechende Möglichkeiten für bereits bestehende Infrastrukturen in Bezug auf eine mögliche Abwasserstromseparierung bestünden hier z.B. in der sukzessiven Anpassung der derzeitigen Abwasser-Infrastruktur über alle neuen und renovierungsbedürftigen Wohnkomplexe in diesen Bereichen. Denkbare Szenarien könnten z.B. die nachträgliche sukzessive Einführung von urinseparierenden Toiletten mit dezentralen oder zentralen Speichern auf ein System mit weitgehender Nährstoffnutzung darstellen, wie in [Otterpohl und Oldenburg 02] vorgeschlagen. Eine zeitgesteuerte Entleerung von Hausspeichern in den frühen Morgenstunden mit Abfangen an der Kläranlage wird von [Larsen und Gujer 96] vorgeschlagen. Bei einer weitgehenden separaten Urinsammlung, benötigt die Kläranlage dann keine gezielte N-Elimination mehr. Ein konventionelles System kann dadurch eine relativ gute Ressourceneffizienz für Nährsalze erreichen. Die sukzessive Abkoppelung der Toiletten und ihr Ersatz durch geeignete Schwarzwassersysteme würde dazu führen, dass eine Kläranlage über die Jahre zu einer reinen Grauwasseranlage würde [Otterpohl und Oldenburg 02]. Speziell in Städten wie Lima mit

ausgeprägter Wasserknappheit könnte dadurch die Kläranlage auch eine gute Qualität an höherwertig wiederverwendbarem Wasser erzeugen. Die technischen Möglichkeiten sind vielfältig. Deren Potenzial reicht theoretisch bis hin zur direkten Wiederverwendung von Abwasser zu Trinkwasserzwecken, gerade auch in Städten wie Lima, die von Wasserknappheit geprägt sind, am Meer liegen und eine Einleitung in Flüsse für eine nachfolgende Nutzung flussabwärts nicht erfolgt [Wilderer 05]. Die immense Anzahl an technischen Realisierungsmöglichkeiten wird im konkreten Fall immer wieder hohe Anforderungen bezüglich einer übergreifenden Abschätzung der Wirkung dieser Konzepte abverlangen. Andererseits stellt die große Zahl an technologischen Optionen aber auch ein großes Potenzial für die Anwendung entsprechender angepasster und integrierter Technologien dar. Die Auswahl eines geeigneten technologischen Konzepts für Lima kann deshalb nur auf einer gründlichen Analyse der derzeitigen und zu erwartenden Rahmenbedingungen, der Ursache-Wirkungs-Beziehungen, sowie des Potenzials der Technologie innerhalb eines holistischen übergreifenden Gesamtkonzepts fußen. Dieses muss neben den technischen auch geeignete ökonomisch und sozio-kulturell angepasste Lösungsansätze umfassen. Mathematische Hilfswerkzeuge wie die Modellierung der Stoffströme in der Stadt und die damit verbundene Hilfestellung bei der Abschätzung der Wirkmechanismen verschiedener Konzepte spielen dabei in Lima ebenso eine Rolle wie entsprechende partizipative Verfahren um entsprechende Interessengruppen in die Entscheidung aktiv mit einzubinden. Entsprechende Managementmodelle müssen die ökonomische Nachhaltigkeit gewährleisten. Geeignete Schulungs-, Ausbildungs-, Erziehungs- und Sensibilisierungsprogramme auf allen Ebenen, angefangen in den Kindergärten bis hin zur universitären Ausbildung sind nötig, um eine Basis für mögliche Veränderungen zu schaffen. Integrierte, nachhaltige und angepasste Konzepte werden immer auf einer Zusammenarbeit von Ingenieuren in Zusammenarbeit mit den anderen Sektoren unserer Gesellschaft basieren müssen [Wilderer 05], [Harremoes 97], [Jeffrey et al. 97], [Schertenleib 05], [Butler and Parkinson 97], [Wilderer 04], Rouse et al. 05], [Asano 05], und viele andere. Speziell in Megastädten mit ihren komplexen Wechselwirkungen können nur eine interdisziplinäre Zusammenarbeit bei der Konzeptentwicklung und entsprechende holistische sektorübergreifende Konzepte langfristig den erfolgreichen Einfluss auf die Wirkungsmechanismen gewährleisten.

[1] P.A. Wilderer, P.A., UN water action decade: a unique challenge and chance for water engineers, *Water Science & Technology* (51) 8, 99–107, (2005).

[2] J. Céspedes Alarcón, Cambios climáticos y el recurso agua para el abastecimiento de Lima Metropolitana, in "*Ingeniería & Medio Ambiente*", No 4 Mayo-Junio, 22-24, (2004).

[3] P. Restrepo, J. Salas, J. Campos, Evaluación de los recursos de agua disponibles en la Atarjea, in "*Ingeniería & Medio Ambiente*", N°3 Marzo-Abril, 12-20, (2004).

[4] Atlas Ambiental de Lima 2005, SEDAPAL, Lima, 2005

[5] T.A. Larsen, W. Gujer, Separate Management of Anthropogenic Nutrient Solutions (Human Urine), *Water Science & Technology* (34) 3-4, 87-94, (1996).

[6] R. Otterpohl, M. Grottker, J. Lange, Sustainable Water and Waste Management in Urban Areas. *Water Science & Technology* (35) 9, 121-133, (1997).

[7] G. Zeeman, W. Sanders, G. Lettinga, Feasibility of the on-site treatment of sewage and swill in large buildings. *Water Science & Technology* 41(1), 9–16, (2000).

[8] P.A. Wilderer, D. Schreff, Decentralized and centralized wastewater management: a challenge for technology developers. *Water Science & Technology*, 41(1), 1–8, (2000).

- [9] D. Vanhuizen, Paradigm shift: Decentralized wastewater systems may provide better management at less costs. *Water Environment & Technology*, Water Environment Federation, 49–52, (1997).
- [10] P.A. Wilderer, T. Koetzle, Novel Concepts of Urban Sanitation. In: *The Danube River Basin: Life Line of Greater Europe* (P.A. Wilderer, B. Huba and T. Koetzle, (eds)). *Annals of the European Academy of Sciences and Arts*, Vol 34. Georg Olms Verlag, Hildesheim (229–248), 2002.
- [11] K. Ingerle, Möglichkeiten zur Behandlung von Abwässern aus touristischen Anlagen im alpinen Bereich. In: *Dezentrale Abwasserbehandlung für ländliche und urbane Gebiete. Berichte aus Wassergüte- und Abfallwirtschaft*, TU München, 138, 69-83, 1998.
- [12] R. Otterpohl, M. Oldenburg, Separate Behandlung von Toilettenabwasser durch ein Vakuumsystem und gemeinsame Vergärung mit Bioabfällen – ein Weg zur integrierten Siedlungstechnik. *Berichte aus Wassergüte und Abfallwirtschaft*, TU München, Band 138, 1998.
- [13] P. Harremoës, Integrated Water and Waste Management. *Water Science & Technology* (35) 9, 11-20, (1997).
- [14] D. Butler, J. Parkinson, Towards Sustainable Urban Drainage. *Water Science & Technology* (35) 9, 53-63, (1997)
- [15] G. Ho, Technology for sustainability: the role of onsite, small and community scale technology. *Water Science & Technology* (51) 10, 15-20, (2005).
- [16] W. Green, G. Ho, Small scale sanitation technologies. *Water Science & Technology* (51) 10, 29-38, (2005).
- [17] P.A. Wilderer, Applying sustainable water management concepts in rural and urban areas: some thoughts about reasons, means and needs. The 2003 Stockholm Water Prize Lecture. *Water Science & Technology* (49) 7, 7-16, (2005).
- [18] S. Paris, P.A. Wilderer, P.A., Integrierte Ver- und Entsorgungskonzepte im internationalen Vergleich, GWA, Gewässerschutz, Wasser, Abwasser, Band 188, Aachen, 2002.
- [19] J.-O. Drangert, Requirements on sanitation systems - the flush toilet sets the standard for ecosan options. *Proc. 2nd International Symposium on ecological sanitation*, Lübeck. Session B, (2003).
- [20] J. Lienert, T.A. Larsen, Introducing urine separation in Switzerland: NOVAQUATIS, an interdisciplinary research project. *Proc. 2nd International Symposium on ecological sanitation*, Lübeck. Session E, (2003).
- [21] M. Oldenburg, J. Niederste-Hollenberg, A. Bastian, G. Schirmer, Nutrient utilization by urine separation - experiences from the Lambertsmühle project. *Proc. 2nd International Symposium on ecological sanitation*, Lübeck. Session C, (2003).
- [22] B. Vinnerås, H. Jönsson, Separation of faeces combined with urine diversion - function and efficiency. *Proc. 2nd International Symposium on ecological sanitation*, Lübeck. Session F, (2003).
- [23] R. Otterpohl, M. Oldenburg, Innovative Technologien zur Abwasserbehandlung in urbanen Gebieten. *Korrespondenz Abwasser*, 49. Jhrg., 10, (2002).

[24] J. Lange, R. Otterpohl, Abwasser. Handbuch zu einer zukunftsfähigen Wasserwirtschaft. Pfohren, Mallbeton Verlag, stark erweiterte Auflage, 2000

[25] O.J. Skjelhaugen, System for local reuse of blackwater and food waste, integrated with agriculture; Technik anaerober Prozesse, TUHH, Technische Universität Hamburg-Harburg, DECHEMA-Fachgespräch Umweltschutz, ISBN 3-926959-95-9, 1998.

[26] M. Oldenburg, A. Bastian, J. Londong, J. Niederste-Hollenberg, Nährstofftrennung in der Abwassertechnik am Beispiel der „Lambertsmühle“*gwf Wasser - Abwasser*, 143, 4, 314 - 319, (2002).

[27] S. Paris, F. Bischof, H. Huber, Reuse of Treated Wastewater. Bei 10th Japanese German Workshop on Water Technology, 09.-10.2006, (2006).

[28] P. Jeffrey, R. Seaton, S. Parsons, T. Stephenson, Evaluation Methods for the Design of Adaptive Water Supply Systems in Urban Environments. *Water Science & Technology* (35) 9 pp 45-51, (1997).

[29] R. Schertenleib, From conventional to advanced environmental sanitation. *Water Science & Technology* (51) 10, 7–14, (2005).

[30] M. Rouse, M. Blokland, R. Martin, P. Söderbaum, Workshop2 (synthesis): principles for management of urban water services. *Water Science & Technology* (51) 8, 59, (2005).

[31] T. Asano, Urban Water Recycling. *Water Science & Technology* (51) 8, 83-89, (2005).