

# Auszüge Masterarbeit

priska.sacher, ma/msc.sd, designerin.fh, architekthin, dorfstrasse.26, 4057.basel, +41.61.6924675, p.sacher@gmx.ch

## **Dezentrale Sanitärsysteme – Eine vergleichende Fallstudie von Pilotprojekten mit Stoffstromtrennung unter Einbezug von Hotelbauten.**

Masterarbeit zur Erlangung des akademischen Grades:  
"Master of Arts and Science in Sustainable Development"

Autorin: Priska Sacher, Basel, 08–067–035, p.sacher@gmx.ch  
Eingereicht: Basel, 6. Februar 2012  
Betreuer: Prof. Dr. Patricia Holm, Universität Basel  
PD Dr. Heiko Gebauer, Eawag Dübendorf/Zürich

### **Abstract**

Anhand von 16 Pilotprojekten mit dezentraler Abwasseraufbereitung, mehrheitlich in Mitteleuropa werden sechs unterschiedliche Arten von Stoffstromtrennung untersucht. Gefragt wird, welche neuartigen Sanitärsysteme für Hotels geeignet sind. Es erfolgt eine Analyse über die Charakteristika der Stoffstromsysteme. Auf einer Datenerhebung basierend, werden Vergleichswerte zu den Parametern Wasserverbrauch, Energieverbrauch, Flächenverbrauch, Erstellungskosten, Betriebskosten und Wasserkosten berechnet und verglichen. Für die Forschungs- und angewandten Projekte liegen detaillierte Unterlagen vor. Daneben fliessen Expertenmeinungen von Schweizer Planern in die Diskussion ein. Die Hypothese, dass Hotels für eine kommerzielle Markteinführung von dezentralen Abwassersystemen geeignet sind, kann nur teilweise bestätigt werden. Ein Ausblick zeigt, wie dies erfolgen könnte.

### **Zusammenfassung**

Das konventionelle Abwassersystem hat seine Wurzeln in der Industrialisierung, als die Städte immer dichter und der Gestank des Abfall-/Abwassergemischs immer unerträglicher wurden. Damals war es eine Verbesserung, die Abfälle und Fäkalien mit der Schwemmkanalisation aus der Stadt zu befördern. Die prognostizierte mit dem Klimawandel einhergehende Wasserknapp-

heit war damals noch kein Thema. Als aufgrund der anfallenden Abwassermengen Probleme entstanden (eutrophe Gewässer), wurden Abwasserreinigungsanlagen errichtet.

In der Zwischenzeit ist man zur Erkenntnis gekommen, dass, anstelle Abfälle mit Trinkwasser wegzuschwemmen und danach unter aufwändigen "End-of-pipe"-Verfahren wieder aufzutrennen, die Abwässer besser getrennt gesammelt und aufbereitet würden. Seit der gesetzlichen Regulierung über die Ausbringung von Klärschlamm<sup>1</sup> hat sich das öffentliche Abwassersystem von einem Kreislauf- zu einem Einwegsystem gewandelt. Die mit der Nahrung aufgenommenen und den Fäkalien wieder ausgeschiedenen Nährstoffe werden mit dem konventionellen Abwassersystem nicht zurück in den Boden gebracht, sondern verbrannt und deponiert. Dieses Vorgehen ist nicht nachhaltig, vor allem wenn man bedenkt, dass der Vorrat an Phosphor gemäss Schätzungen in den nächsten 50 bis 100 Jahren erschöpft sein wird. Auch wenn heute 97 % der Abwasserverursacher an eine ARA angeschlossen sind, gelangen vorwiegend durch kleine ARAs Fremdstoffe (Nährstoffe, Mikroschadstoffe) in die Gewässer, was bei Wasserlebewesen bereits zu Effekten geführt hat. Bei dezentralen Sanitärsystemen werden die Abwässer möglichst unvermischt gesammelt und direkt aufbereitet. Dies ermöglicht die Wiederverwendung von gereinigtem Abwasser vor Ort als Brauchwasser und/oder die Rückführung von Nährstoffen auf die Felder.

In dieser Arbeit wurden anhand von 16 Pilotprojekten mit dezentraler Abwasseraufbereitung sechs unterschiedliche Sanitärsysteme mit Stoffstromtrennung untersucht. Gefragt wurde, welche neuartigen Sanitärsysteme für Hotels geeignet sind. Es erfolgte eine Analyse über die Charakteristika der Stoffstromsysteme. Aufgrund einer Datenerhebung, wurden Vergleichswerte zu den Parametern Wasserverbrauch, Energieverbrauch, Flächenverbrauch, Erstellungskosten, Betriebskosten und Wasserkosten berechnet. Darauf basierend konnten die Technologien verglichen werden. Die Stoffstromsysteme wurden auch auf ihre Eignung für einen Einsatz in Hotels geprüft.

---

<sup>1</sup> Reduzierter Einsatz in Deutschland ab 1992, beziehungsweise Ausbringverbot in der Schweiz ab 2006.

Im Vorfeld der Arbeit wurde der Wissensstand bei Fachpersonen anhand einer Umfrage bei Architekten ausgelotet. Gespräche mit Experten gaben Einblick in persönliche Einstellungen, Meinungen und weiterführende Aspekte zum Thema. Mehrere Experten waren der Meinung, dass vor dem Einbezug von dezentralen Sanitärsystemen die Potenziale zum Wassersparen, welche auf bis 40 % geschätzt wurden, ausgeschöpft werden sollten. Zur Planung von Projekten unter Einbezug eines schonenden Umgangs mit Wasser wurden folgende vier Massnahmen vorgeschlagen: 1.) effizienter Einsatz von Trinkwasser, 2.) Ressourcenschutz, 3.) Energie- bzw. Wärmerückgewinnung und 4.) Substitution von Trinkwasser. Der punktuelle Einsatz von Stoffstrom-Trennsystemen für Grossverbraucher wurde jedoch als sinnvoller Weg bezeichnet, um von "End-of-pipe"-Lösungen wegzukommen. Die praktische Erfahrung mit Trennsystemen war bei den Experten noch eher klein, da zur Zeit das durch öffentliche Fördergelder stimulierte Energiesparen im Fokus liegt. Neben zu tiefen Wasserpreisen wurden zu beantragende Sonderbewilligungen und unklare Zuständigkeiten der Behörden zwischen Bund, Kanton und Gemeinde für Pilotprojekte als Hindernis bezeichnet.

Bei den sechs untersuchten Systemen (S1 bis S6) handelte es sich um die folgenden<sup>2</sup>: S1) 1-Stoffstromtrennung (Schmutzwasser), S2) Schwarzwasser 2-Stoffstromtrennung (Grauwasser, Schwarzwasser), S3) Urintrennung 2-Stoffstromtrennung (Urin, Braun- und Grauwassergemisch), S4) Urintrennung 3-Stoffstromtrennung (Urin, Grau- und Braunwasser), S5) Fäkalien 2-Stoffstromtrennung, (Fäkalien aus Trockentoiletten und Grauwasser), S6) Urintrennung 3-Stoffstromtrennung (Urin und Fäzes aus Trockentoiletten und Grauwasser). Die Studie hat ergeben, dass für die Bestimmung einer geeigneten Technologie der zur Wiederverwendung beabsichtigte Stoff<sup>3</sup> ausschlaggebend ist.

Für S1 und S2 liegen Technologien vor, welche bereits gut entwickelt sind und sich auf dem Markt etabliert haben. Vom Benutzer wird keine Verhaltensänderung gefordert. Dies erleichtert ihren Einsatz in Hotels. S1 und S2 können als geeignete Systeme für Hotels betrachtet

---

<sup>2</sup> Struktur der Bezeichnung: SX) Kurzname des Systems, danach offizieller Name des Systems, danach in Klammer die separat geführten Stoffströme.

<sup>3</sup> Die Wiederverwendung von Wasser und/oder die Rückgewinnung von Nährstoffen.

werden. Das mit einem "High Rate Anaerobic Reactor" (HRAR) betriebene Projekt P 1.4 wies auffallend viele Vorteile auf, ist aber für häusliche Abwässer in Mitteleuropa noch nicht erprobt. Die Sanitärprodukte und die Aufbereitungstechnologien für S3 und S4 stehen noch am Anfang der Entwicklung. Für deren Gebrauch werden Verhaltensänderungen verlangt (Urinieren im Sitzen, "zielen" bei der Fäkalienabgabe etc.). Viele Systemkomponenten befinden sich erst in der Pilotphase und müssen sich noch in der Praxis in einem grösseren Rahmen etablieren. Für S5 und S6 sind gut funktionierende Sanitärprodukte auf dem Markt. Allerdings werden auch bei trockenen Systemen Verhaltensänderungen vom Nutzer verlangt. Auch sind sie im Unterhalt arbeitsintensiver als Toiletten mit Wasserspülung. Um langfristig die Akzeptanz der Nutzer zu erhalten braucht es für den Einsatz von trockenen Systemen das Einverständnis der Nutzer. S5 und S6 sind allenfalls denkbar für stark auf die Natur ausgerichtete Projekte wie beispielsweise Waldhotels. Die Hypothese, dass Hotels für eine kommerzielle Markteinführung von dezentralen Abwassersystemen geeignet sind, konnte somit nur teilweise bestätigt werden.

## **Schlussfolgerungen**

### **Neuartige Sanitärsysteme für Hotels**

Es hat sich gezeigt, dass Hotels aufgrund ihres hohen Wasserverbrauchs grundsätzlich geeignet sind für den Einsatz von dezentralen Abwassersystemen. Aufgrund ihrer Ausrichtung auf den Kunden als Dienstleister verhalten sich Hoteliers jedoch eher risikoscheu und sind gegenüber neuen Entwicklungen im Sanitärbereich konservativ eingestellt. Daher sind für diese Branche vor allem Technologien zur Reduktion des Frischwasserverbrauchs von Interesse bei denen keine Komforteinbussen für den Hotelgast entstehen. Dies sind in erster Linie Wassersparmassnahmen, in zweiter Linie Aufbereitungsverfahren zur Wiederverwendung von Wasser (S1, S2). Für grosse Projekte kommen für diesen Zweck Membranbelebungs- und Biofilmverfahren in Frage, für kleine Projekte Pflanzenkläranlagen, HRARs und Hydrozyklone mit anschliessender Kompostierung der Feststoffe. Die Verwertung der Nährstoffe stellt für den Einsatz in Hotels zum heutigen Zeitpunkt noch eher ein Hindernis dar, da die benötigten

Technologien und Sanitärprodukte noch nicht voll ausgereift sind. Auch können solche Anlagen bisher nicht wirtschaftlich betrieben werden.

#### **Das Umfeld**

Um die Marktreife voranzutreiben, braucht es Übungsfelder für die neuen Technologien. Pilotprojekte können das Sammeln von Erfahrungen bei der Umsetzung solcher Systeme in der Praxis ermöglichen und helfen, Anfangsschwierigkeiten einer Technologie auszubessern. Dazu braucht es ein (durch den Staat gelenktes) förderliches Umfeld, welches einen flexibleren Umgang mit den gesetzlichen Bestimmungen ermöglicht als bisher. Es braucht ein klar definiertes, reibungsloses Prozedere zur Beantragung von Sonderbewilligungen und öffentliche Fördergelder zur Stimulierung solcher Pionierprojekte, da diese in der Regel teurer sind als konventionelle und somit kein Anreiz besteht solche Systeme einzusetzen. Weiter braucht es innovative Unternehmen, die es wagen, mit Produkten für die Stoffstromtrennung und mit Technologien zur Aufbereitung der Abwässer neue Wege zu begehen. Gleichzeitig braucht es mutige Bauherren und Planer, die bereit sind, Produkte einzusetzen, die noch in der Entwicklung stecken. Ebenfalls notwendig ist die Integration des Diskurses über dezentrale Abwassersysteme in der Lehre.

#### **Beitrag zum Thema**

Erstmals wurden 16 Pilotprojekte mit sechs unterschiedlichen Stoffstromsystemen erfasst und anhand von quantitativen Parametern verglichen. Die Sanitärsysteme wurden auf ihre Eignung für Hotels überprüft, Handlungsempfehlungen wurden erarbeitet, wobei auch Nutzererfahrungen und Expertenmeinungen eingeflossen sind. In dieser Arbeit konnten einige Vergleichsparameter erhoben und ausgewertet<sup>4</sup>, weitere sollten erst noch ausgewählt<sup>5</sup> und beschrieben<sup>6</sup> werden. Weitere<sup>7</sup> könnten aus den Instrumenten zur Nachhaltigkeitsbewertung von dezentralen Abwassersystemen abgeleitet werden. Homogene Vergleichsdaten in den Projekten zu finden

---

4 Ausgewertete Parameter: Wasserverbrauch, Energieverbrauch, Flächenverbrauch, Erstellungskosten, Betriebskosten und Wasserkosten.

5 Zusätzliche Parameter: Wasser- und Energieverbrauch, Erstellungs- und Unterhaltskosten.

6 Beispielsweise die Beschreibung der Kostenstruktur, der Aufgliederung, was inklusive/exklusive sein soll.

7 Standardisierte Parameter zur Beurteilung der Wasserqualität und Fragen zur Akzeptanz.

erwies sich als schwierig.

Diese Arbeit ist als Vermittlungsbeitrag zwischen Forschung/Entwicklung und der Praxis zu sehen. Die Resultate könnten für Planer und Berater, aber auch für Politiker als Entscheidungsgrundlage dienen bei der Gestaltung zukünftiger Abwassersysteme. Das Ziel, möglichst authentische Informationen direkt bei Projektbeteiligten einzuholen, konnte nicht überall erreicht werden. Einige Antworten für die Erfassungsbogen mussten durch Literaturrecherchen gefunden werden, andere Fragen blieben offen. Insgesamt konnten alle Forschungsfragen beantwortet werden, die Ergebnisse sind jedoch nur als erste Annäherung zu betrachten und sind durch weitere Vergleichsstudien zu überprüfen. Besser als nur die Parameter zu vergleichen, wäre die Erstellung einer Nachhaltigkeitsbewertung gewesen, die aber den Rahmen dieser Arbeit gesprengt hätte.

### **Ausblick Wissenschaft**

Vergleichsparameter und standardisierte Kernfragen zur Bewertung und Beschreibung von Pilotprojekten sind für weitere Vergleichsstudien noch zu definieren. Um vergleichbare Daten zu generieren, sollte in Zukunft bei allen Pilotprojekten ein Basis-Set an Parametern, welche mit projektspezifischen Parametern ergänzt werden können, erhoben werden. Von grossem Nutzen wäre eine Datenbank, anhand welcher Systeme und Technologien untereinander vergleichbar werden. Bei Forschungsprojekten ist die Erhebung und Veröffentlichung möglichst vieler Vergleichsdaten (der oben erwähnten Parametersets), die der Transparenz im weitläufigen Feld der dezentralen Abwassersysteme dienen wünschenswert. Für Nutzungen mit hohem Wasserverbrauch (z. B. für Hotels) sind weitere Forschungsprojekte notwendig. Ebenso sind praktische Konzepte für die, der dezentralen Abwasseraufbereitung nachgelagerten Schritte notwendig wie die Verteilung und Wiederverwendung der Nährstoffe.