

# Auszüge Masterarbeit

priska sacher, ma/msc sd, designerin fh, architektin, 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.

## 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"**

eingereicht an der Philosophisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Basel  
von Priska Sacher, Matrikelnummer 08-067-035, p.sacher@gmx.ch

**Hauptbetreuerin:** Prof. Dr. Patricia Holm  
Leiterin des Instituts Mensch Gesellschaft Umwelt (MGU)  
Departement Umwelt Naturwissenschaften, Universität Basel

**Co-Betreuer:** PD Dr. Heiko Gebauer  
Sozialwissenschaftliche Innovationsforschung CIRUS, Eawag Dübendorf  
Lehrbeauftragter der Universität St. Gallen

Eingereicht am 6. Februar 2012, ergänzte Fassung Juli 2012.

---

## DANK

Prof. Dr. Patricia Holm und PD Dr. Heiko Gebauer danke ich für die Betreuung und die wertvollen Anregungen auf dem Weg zum Ziel, der Eawag, insbesondere der Abteilung CIRUS, für die finanzielle Unterstützung, Birgit Althaler für das Korrektorat.

Im Weiteren gibt es eine Reihe von Personen, die mir vor, während und nach der Datenerfassung für die Fallstudie Red und Antwort standen. Dies sind die Gesprächspartner für die Expertengespräche, die Bezugspersonen für die Pilotprojekte, welche auch die Erfassungsbögen ausfüllten, sowie jene Personen (Behördenvertreter, Hersteller etc.), die mir Fragen bezüglich der Umsetzung von Pilotprojekten beantworteten. Ohne sie wäre diese Arbeit nicht zustande gekommen.

Ferner ist auch den Personen rund um meinen Arbeitsplatz in der Abteilung MGU zu danken, sei es für die technische oder wissenschaftliche Beratung, für Übersetzung oder nur für die Mitleidenschaft. Und nicht zuletzt meinen Liebsten für ihre Unterstützung und ihr entgegengebrachtes Verständnis für das fokussieren auf diese Arbeit.



---

## 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.

*Based on 16 pilot projects with decentralized wastewater treatment mainly in Central Europe, six different types of material flow separation systems are investigated in this research paper to explore if the new sanitation systems are suitable for hotels. An analysis of the characteristics of the material flow systems has been completed. Based on a data collection, comparison values on the parameters of water consumption, energy consumption, land use, construction costs, operating costs and water costs are calculated and compared. For the research and applied projects, detailed documents are available within this work. In addition, expert opinions of Swiss designers are incorporated in the paper. The hypothesis that hotels are suitable for a commercial launch of decentralized wastewater systems can be confirmed only partially. A perspective shows how this could be done.*

---

# INHALTSVERZEICHNIS

<b>DANK</b> .....	<b>2</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>3</b>
<b>INHALTSVERZEICHNIS</b> .....	<b>4</b>
<b>ABKÜRZUNGEN</b> .....	<b>7</b>
<b>1 EINLEITUNG</b> .....	<b>9</b>
1.1 PROBLEMSTELLUNG .....	9
1.2 STAND DES WISSENS.....	12
1.3 MOTIVATION.....	13
1.4 FORSCHUNGSFRAGE.....	14
1.5 METHODE.....	16
1.5.1 <i>Literaturrecherche</i> .....	16
1.5.2 <i>Architektenbefragung und Recherche zu Gebäudezertifizierung</i> .....	17
1.5.3 <i>Experteninterviews</i> .....	17
1.5.4 <i>Analyse der Stoffstromsysteme</i> .....	17
1.5.5 <i>Vergleichende Fallstudie mit Pilotprojekten</i> .....	18
1.5.6 <i>Recherche zum Thema Hotel</i> .....	20
1.5.7 <i>Einschränkung der Fragestellung</i> .....	20
1.5.8 <i>Ergänzte Version der Masterarbeit</i> .....	21
<b>2 THEORIE</b> .....	<b>22</b>
2.1 BEGRIFFE .....	22
2.2 BEZUG ZU NACHHALTIGKEIT .....	26
2.3 ABWASSER .....	27
2.3.1 <i>Definition Abwasser</i> .....	27
2.3.2 <i>Häusliches Abwasser</i> .....	27
2.3.3 <i>Menge des häuslichen Abwassers/Wasserverbrauch</i> .....	28
2.3.4 <i>Zusammensetzung der Stoffströme</i> .....	28
2.4 ABWASSERBEHANDLUNG .....	30
2.4.1 <i>Zentrale Abwasseraufbereitung</i> .....	30
2.4.2 <i>Dezentrale Abwasserbehandlung</i> .....	31
2.4.3 <i>Behandlung von Grauwasser</i> .....	32
2.4.4 <i>Behandlung von Schwarz- und Braunwasser</i> .....	33

---

2.4.5	<i>Behandlung von Fäkalien aus Trockentoiletten</i>	34
2.4.6	<i>Behandlung von Urin, Urintrennung</i>	34
2.4.7	<i>Mikroschadstoffe</i>	35
<b>3</b>	<b>ERGEBNISSE</b>	<b>36</b>
3.1	LITERATURRECHERCHE	36
3.2	ARCHITEKTENBEFRAGUNG	38
3.3	EXPERTENINTERVIEWS	38
3.4	DIE SANITÄRSYSTEME	41
3.4.1	<i>Die Systematik</i>	41
3.4.2	<i>Aufbau der Stoffstromsysteme und die Zielprodukte</i>	43
3.4.3	<i>System 1: 1-Stoffstromtrennung</i>	44
3.4.4	<i>System 2: Schwarzwasser 2-Stoffstromtrennung</i>	44
3.4.5	<i>System 3: Urintrennung 2-Stoffstromtrennung</i>	45
3.4.6	<i>System 4: Urintrennung 3-Stoffstromtrennung</i>	45
3.4.7	<i>System 5: Fäkalien 2-Stoffstromtrennung mit Trockentoiletten</i>	48
3.4.8	<i>System 6: Urintrennung 3-Stoffstromtrennung mit Trockentoiletten</i>	50
3.4.9	<i>Platz und Kosten für zusätzliche Leitungen</i>	50
3.5	PILOTPROJEKTE: DATENERHEBUNG	52
3.6	PILOTPROJEKTE: PROJEKTBSCHRIEBE	53
3.7	PILOTPROJEKTE: AUSWERTUNG DER DATEN	54
3.7.1	<i>Aufbau der Pilotprojekte</i>	54
3.7.2	<i>Berechnungsgrundlagen für die Vergleichswerte (Benchmarks)</i>	55
3.7.3	<i>Gegenüberstellung der Vergleichswerte</i>	56
3.7.4	<i>Lehren aus den Pilotprojekten</i>	59
3.7.5	<i>Akzeptanz der Nutzer</i>	60
3.8	MERKMALE VON HOTELS	62
3.8.1	<i>Der Zweck von Hotels</i>	62
3.8.2	<i>Einflussfaktoren für den Wasserverbrauch für Hotels</i>	62
3.8.3	<i>Renovations- und Umbauzyklus</i>	65
3.8.4	<i>Verwendungszwecke von Produkten aus der Stoffstromtrennung</i>	65
3.8.5	<i>Anreize zum Einbezug von Nachhaltigkeitsaspekten in der Hotelbranche</i>	65
<b>4</b>	<b>ANALYSE UND DISKUSSION</b>	<b>66</b>
4.1	ANALYSE DER RESULTATE	66
4.2	EIGNUNG DER SYSTEME FÜR HOTELS	69

---

4.3	HINDERNISSE .....	75
4.4	HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN .....	76
4.4.1	<i>Geeignete Systeme für Hotels</i> .....	76
4.4.2	<i>Empfehlungen für Projektbeteiligte</i> .....	77
4.4.3	<i>Entwicklungsperspektive</i> .....	79
4.5	ÜBERPRÜFUNG DER ARBEITSHYPOTHESE .....	80
<b>5</b>	<b>SCHLUSSTEIL .....</b>	<b>81</b>
5.1	ZUSAMMENFASSUNG .....	81
5.2	SCHLUSSFOLGERUNGEN .....	83
<b>6</b>	<b>QUELLENVERZEICHNISSE .....</b>	<b>85</b>
6.1	LITERATURVERZEICHNIS .....	85
6.2	ABBILDUNGSVERZEICHNIS .....	89
6.3	TABELLENVERZEICHNIS .....	89
<b>7</b>	<b>ANHANG A (ALLGEMEIN) .....</b>	<b>91</b>
<b>8</b>	<b>ANHANG B (EXPERTENINTERVIEWS) .....</b>	
<b>9</b>	<b>ANHANG C (ERFASSUNGSBÖGEN) .....</b>	

---

## ABKÜRZUNGEN

Die Erklärungen zu den Begriffen sind in Kap. 2.1 (Begriffe) zu finden.

Anm.	Anmerkung
Anz.	Anzahl
ARA	Abwasserreinigungsanstalt
AOX	Adsorbierbare organische Halogenverbindungen
B1–B7	Befragter 1–7 (für die Interviews)
Ben.	Benutzer
Bew.	Bewohner
BL	Basel-Landschaft
BSB <sub>5</sub>	biochemischer Sauerstoffbedarf (5 Tage)
CSB	chemischer Sauerstoffbedarf
d	Tag (day)
DIN	Deutsche Industrienorm
Ecosan	"Ecological Sanitation"
EW	Einwohner
ETH	Eidgenössische Technische Hochschule
FH	Fachhochschule
HRAR	"High Rate Anaerobic Reactor"; anaerobes biologisches Hochlastverfahren
HTL	Höhere Technische Lehranstalt
K	Kalium
l	Liter
MBR	Membranbioreaktor
N	Stickstoff
NASS	Neuartige Sanitärsysteme
NH	Nachhaltigkeit
oTS	organische Trockensubstanz
P	Phosphor
p	Person
Proj.	Projekt
P X.X	Projekt X.X (Projektnummer, Kurzbezeichnung für die Pilotprojekte)
PKA	Pflanzenkläranlage
ps	Kürzel der Autorin

---

S	Schwefel
SBR	"Sequencing Batch Reactor"
Sx	System x (Kurzbezeichnung für die Stoffstrom-Trennsysteme)
TOC	Gesamter organischer Kohlenstoff (total organic carbon), Summenparameter
UV	ultraviolett
Ü	Übernachtung
Vol	Volumen/Volumenstrom
VSA	Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute
VT	Vakuumtoiletten
WE	Wohneinheiten

# 1 EINLEITUNG

## 1.1 Problemstellung

Ohne Wasser kein Überleben, dessen sind wir uns alle bewusst. Weniger bekannt ist, dass Phosphor ebenso lebenswichtig und eine endliche Ressource<sup>1</sup> ist (Cordell et al., 2009, 13).

### Vom Einweg- zum Kreislaufsystem

Täglich werden Unmengen von Wasser eingesetzt, um Abfälle (Fäkalien) durch das Kanalsystem in die Abwasserreinigungsanlage zu spülen. Dabei dient Wasser nur als Transportmedium für den Abfall. Das verwendete Wasser ist in den meisten Fällen vor dem Spülen des WCs Trinkwasser. In der ARA werden verschiedene Abwässer vermisch (siehe Abb. 1) und unter Anwendung aufwändiger Verfahren aufgetrennt, um möglichst gereinigt dem Ökosystem übergeben werden zu können. In der ARA kann abhängig von der Reinigungsleistung jedoch nur ein Teil der eingetragenen Nährstoffe und Mikroverunreinigungen eliminiert werden, der Rest gelangt mit dem gereinigten ARA-Abwasser in die Gewässer. Diese Verunreinigungen können Einwirkungen auf die Wasserlebewesen und über die Nahrungskette auch auf den Mensch haben. Bei mit ARA-Abwässern vermishtem Flusswasser beispielsweise wurde aufgrund von endokrinen Disruptoren<sup>2</sup> Verweiblichung bei Fischmännchen festgestellt (Burkhardt-Holm, 2010). Die sich in den Gewässern akkumulierenden Nährstoffe Phosphor und Stickstoff führen zu Eutrophierung in Seen und Meeren.

Das Vermischen der unterschiedlichen Abwässer führt zur Verunreinigung des Klärschlammes mit diversen Schad- und Risikostoffen<sup>3</sup>. Dies weckte zunehmend Bedenken bezüglich Lebensmittelsicherheit, Gesundheit und Umweltauswirkungen, was zum politischen Entscheid führte, die Verwendung von Klärschlamm zu beschränken<sup>4</sup>. (Kupper, 2008) Das Ausbringverbot für Klärschlamm führte somit von einem (teilweisen) Kreislaufsystem zu einem Durchflusssystem. Der Klärschlamm wird seither verbrannt, die Nährstoffe verbleiben in der Schlacke und werden anschlies-

<sup>1</sup> Je nach Quelle wird prognostiziert, dass die Phosphorreserven in den nächsten 50 bis 100 Jahren erschöpft sein werden

<sup>2</sup> Hormonähnliche Stoffe.

<sup>3</sup> Schwermetalle, BSE-Erreger sowie diverse organische Schadstoffe: polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe; (PAK; Produkte aus unvollständigen Verbrennungsprozessen von Kohlenstoffwasserstoffen), polychlorierte Biphenyle (PCB; Weichmacher für Kunststoffe), Organochlor-Pestizide (OPC; u.a. Lindan, DDT sowie auch "Persistant Organic Pollutants", POPs), Phtalate (Weichmacher), UV-Filter (in Sonnenschutzmitteln und Kunststoffprodukten), Biozide, polyzyklische Moschus-Verbindungen (PMV; synthetische Duftstoffe), polybromierte Flammschutzmittel, Nonylphenolpolyethoxylate (NPnEO). (Kupper, 2008)

<sup>4</sup> 1992 wurde die Verwendung von Klärschlamm auf Dauergrünflächen, Obst- und Gemüsebauflächen in Deutschland, 2003 in der Schweiz verboten. Ab 1997 war Klärschlamm für die Bioproduktion nicht mehr zugelassen, ab 2006 wurde die Verwendung des Klärschlammes als Dünger aufgrund nicht kalkulierbarer gesundheitlicher und ökotoxikologisch abschätzbarer Risiken (Lebensmittelsicherheit, Gesundheit und Umweltauswirkung) gänzlich verboten. (Kupper, 2008)

send deponiert. Die Rückgewinnung von Phosphor aus der Klärschlammmasche wird erforscht, ist aber noch nicht reif für die grossmassstäbliche Umsetzung.

### Getrennt aufbereiten statt vermischen und wiederverwenden

Umso stärker verdünnt eine Lösung ist, umso schwieriger und aufwändiger wird es, die gelösten Stoffe zurückzugewinnen respektive zu eliminieren. So auch bei Abwasser. Einfacher ist es, die Stoffe gar nicht erst mit Wasser zu vermischen, denn wesentliche Anteile des vom Menschen ausgeschiedenen Stickstoffes und des Phosphors sind im Urin enthalten. Beispielsweise könnte Urin vor dem Vermischen mit dem Abwasser separiert und zu Dünger aufbereitet werden. Gleichzeitig würden dadurch auch die Mikroschadstoffe im ARA-Abwasser reduziert, denn durchschnittlich zwei Drittel der pharmazeutischen Produkte, die wir einnehmen, werden mit dem Urin wieder ausgeschieden. (Larsen/Lienert, 2007) Das Einbringen von Mikroschadstoffen in den Boden ist noch wenig erforscht. Es wird jedoch davon ausgegangen, dass ihr Eintrag in den Boden weniger problematisch ist, als ins Wasser, da diese Substanzen in aeroben, biologisch aktiven Bodenschichten (in hohen Konzentrationen und mit langer Aufenthaltsdauer) besser abgebaut werden als in Gewässern (mit relativ niedrigen Konzentrationen und kurzer Aufenthaltsdauer). (Von Münch, 2009) Die Urinentrennung ist ein Ansatz unter weiteren der neuartigen Sanitärsystemen.

### Knappe Ressourcen

Das Bevölkerungswachstum führt zur Verknappung verschiedener Ressourcen, insbesondere von sauberem Wasser zum Trinken und zur Nahrungsproduktion. Längst basiert die Lebensgrundlage vieler Menschen auf Grundwasserreserven, welche immer stärker genutzt werden. Wird mehr Wasser entnommen, als nachfließt, besteht die Gefahr, dass sich der Wasserspeicher entleert oder in Küstenregionen mit salzhaltigem Meerwasser auffüllt und damit unbrauchbar wird. Verunreinigungen der Süsswasserreserven (Flüsse, Seen, Aquifere) durch verunreinigtes Wasser sowie die Klimaerwärmung verschärfen die Ressourcenknappheit. Ein geringer Wasserverbrauch hält die Probleme wie auch die dadurch entstehenden Kosten in Grenzen.

Zur Nahrungsmittelproduktion braucht es neben Wasser und Boden auch Nährstoffe (N, P, K). Stickstoff kann unter hohem Energieeinsatz aus der Luft gewonnen werden. Phosphor hingegen kommt in der Erdkruste mehrheitlich in gebundener Form als Phosphat vor. Die grössten Vorkommen sind in Marokko, China und USA. Verschiedene Studien zeigen auf, dass die Phosphorreserven in den nächsten 50 bis 100 Jahren erschöpft sein werden. (Cordell et al., 2009)



### Einschränkungen des konventionellen Abwassersystems

Um Abwasser mit dem herkömmlichen System aufzubereiten, braucht es eine entsprechende Infrastruktur: die ausreichende Versorgung mit fließendem Spülwasser, eine funktionstüchtige, richtig dimensionierte<sup>5</sup> ARA und ein wasserdichtes Kanalnetz, das alle Abwassererzeuger anbindet.

Eine ARA wird auf eine erwartete Abwassermenge ausgelegt und hat eine obere Kapazitätsgrenze. Wenn ein Stadtteil unkontrolliert und schnell wächst, wie dies bei informellen Siedlungen oft der Fall ist, ist möglicherweise die Kapazität der Infrastruktur bereits vor Fertigstellung der Anlage zu klein. Einen Stadtteil im Nachhinein an eine ARA anschließen, ist aufwändig und mit hohen Kosten verbunden. Um das Leitungsnetz wasserdicht zu erhalten, muss es fortlaufend gewartet werden, was ebenfalls Kosten verursacht. Gerade in Ländern mit hohem Zuwachs fehlt es jedoch meist an Geld, an Wasser oder an beidem um ein solches Abwasserinfrastruktursystem zu erstellen. Folglich fließt das ungereinigte Abwasser in offenen Gräben in den nächsten Fluss oder versickert vorweg, was oft zu Verschmutzung, Eutrophierung, Hygieneproblemen und folglich zu Krankheiten führt.

Gegen unten gibt es die Grenze der Wirtschaftlichkeit. Bei sinkenden Einwohnerzahlen in schrumpfenden Regionen (beispielsweise im Osten Deutschlands) wird die Wasseraufbereitung immer teurer, da die Kosten<sup>6</sup> unter immer weniger Einwohnern aufgeteilt werden müssen.

### Grundvoraussetzungen

Die Voraussetzungen zum Einsatz einer Technologie in einem Industrie- oder Entwicklungsland sind unterschiedlich. In einem Entwicklungsland muss eine Anlage günstig und einfach zu betreiben und robust sein, in einem Industrieland können teurere Technologien mit einem höheren Wartungs- und Überwachungsaufwand eingesetzt werden. Geografische, klimatische und kulturelle Bedingungen müssen ebenso beachtet werden.

### Gebäudetyp/Nutzung

Die Wahl des Gebäudes spielt eine entscheidende Rolle dabei, ob eine dezentrale Abwasseraufbereitungsanlage effizient betrieben werden kann. Je nach Grösse und Nutzung variiert die Zusammensetzung und Menge des anfallenden Wassers sowie der Fokus auf die Produkte zur Wiederverwendung. Eher als beim Kleinverbraucher kann sie bei einem Grossverbraucher kostendeckend eingesetzt werden. Ein Hotel beispielsweise weist einen hohen Wasserverbrauch auf. Einerseits verbraucht der Gast im Hotel (300–600 l) (Ronstedt/Frey, 2011) weit mehr Wasser zur Körperhygiene als Zuhause (140–180 l), andererseits gehören mit steigender Sternenzahl Anlagen mit hohem Wasserverbrauch zur Hotelinfrastruktur, wie beispielsweise Saunen, Pools oder Grünflächen. Nicht jede

<sup>5</sup> Nicht zu gross, nicht zu klein: Die Durchflussmenge für einen optimalen Betrieb entspricht der Anzahl der angeschlossenen Einwohner.

<sup>6</sup> Fixkosten und laufende Kosten werden aufgeteilt, wobei vor allem die Fixkosten (jene Kosten, die unabhängig von der behandelten Wassermenge anfallen) ins Gewicht fallen.

Wassernutzung benötigt Trinkwasserqualität, und so ist die Idee naheliegend, in Hotels Wasser zur Zweitnutzung aufzubereiten. Ferienhotels befinden sich grösstenteils in Ländern mit wenig Niederschlag und oft an ökologisch sensiblen Standorten. Sie sind jedoch auf die Verfügbarkeit von Frischwasser angewiesen. Der Einsatz von neuartigen Sanitärsystemen kann helfen, den Frischwasserverbrauch zu reduzieren und damit negative Umwelteinflüsse wie auch die Konkurrenz gegenüber anderen Nutzungen zu reduzieren.

### Lösungsansatz dezentrale Systeme

Dem konventionellen System der ARA stehen dezentrale Systeme gegenüber, welche in kleinen Einheiten eigenständig funktionieren und das Abwasser vor Ort zur Wiederverwendung aufbereiten. Mittels unterschiedlicher Systeme und Verfahren werden die Teilströme des häuslichen Abwassers (meist nur einer) zur Wiederverwendung einzelner Inhaltsstoffe aufbereitet. In letzter Konsequenz zielen dezentrale Systeme auf die vollständige Unabhängigkeit der Abwasserentsorgung, wozu es jedoch kaum Projektbeispiele gibt.

## 1.2 Stand des Wissens

### Wissensdiffusion

In Fachkreisen sind alternative Sanitärsysteme seit längerem ein Thema. Bei Planern und in der breiten Öffentlichkeit sind sie jedoch noch wenig bekannt, Massnahmen zum Wassersparen hingegen schon. In der Gebäudezertifizierung für nachhaltiges Bauen (LEEDS, DGNB, BREEAM etc.) sind bezüglich der Ressource Wasser der Wasserverbrauch sowie der Einsatz von Systemen zur Wasserwiederverwendung die am häufigsten eingesetzten Prüfkriterien. Von Experten wurde in den Interviews die Relevanz des Wassersparens neben dem vorrangigen Thema des Energiesparens bestätigt, ihre Erfahrung mit solchen Projekten in der Praxis ist jedoch noch spärlich.

### Erfahrung in der Praxis

Bisher wurden diverse Pilotprojekte mit Stoffstromtrennung umgesetzt und Erfahrungen daraus gesammelt. Die Erfahrungen reichen von Aufbereitungsverfahren einzelner Stoffströme im Labor bis zur gesamten Verarbeitungskette des Abwassers eines Stadtquartiers. Im Internet ist diverse Literatur über die Notwendigkeit des Wassersparens, das Schliessen der Ressourcenkreisläufe (Wasser, Nährstoffe), die Geschichte der Abwasserwirtschaft und von Sanitärprodukten sowie über Aufbereitungstechniken zu finden. In den Entwicklungsländern überwiegen Erfahrungen zu Low-Cost Ecosan-Projekten, in den Industrieländern, vorwiegend in Deutschland, befindet sich eine grosse Zahl an Pilotprojekten auf einem höheren Technologiestand, wozu meist umfangreiche Forschungsberichte vorliegen, siehe dazu auch Kap. 3.1 (Literaturrecherche).

Die quantitative Beschreibung der Projekte wird selektiv vorgenommen und ist daher für Vergleiche oft nur lückenhaft vorhanden. Die Erhebung von Vergleichsparametern<sup>7</sup> dient dazu, Projekte zu vergleichen und bei der Auswahl von Technologien gezielt einsetzen zu können.

Die Akzeptanz ist entscheidend für eine erfolgreiche Einführung von neuartigen Sanitärsystemen. Diese hängt von mehreren Faktoren ab. Ob beispielsweise Verhaltensänderungen für die Benützung des WCs in Kauf genommen werden, ob Produkte aus menschlichen Fäkalien als Dünger für die Nahrungsmittelproduktion akzeptiert werden, ist nicht zuletzt eine Frage kultureller Gepflogenheiten und definiert, welche Ressourcen aufbereitet werden sollen. Dazu liegen für viele Forschungsprojekte Ergebnisse aus Begleitstudien zur Akzeptanz vor. Die erfragten Themen sind jedoch heterogen und für vergleichende Studien schwer verwendbar.

### Forschungslücke

Die heterogene Datenlage sollte verbessert werden, um Vergleiche zu ermöglichen.

Diverse Forschungsergebnisse sind vorhanden für:

- einzelne Pilotprojekte ausgerichtet auf eine bestimmte Technologie oder eine Kette von Verarbeitungsprozessen
- Vergleiche zwischen Systemen mit Stoffstromtrennung und dem konventionellen System, vorwiegend bezogen auf ökonomische, teilweise auch ökologische oder soziale Parameter
- neue Verfahren im Bereich der Nährstoffrückgewinnung, viele davon als erste Laborerfahrungen

Noch wenig erforscht sind:

- spezifische Gebäudetypen/Nutzungen mit hohem Wasserverbrauch
- ganze Verarbeitungsketten inkl. der Wiederverwendung

Fehlend sind:

- Fallstudien, bei denen mehrere Projekte untereinander verglichen werden
- Standardisierte Parametersets, welche sich an der Nachhaltigkeitsbewertung<sup>8</sup> orientieren und zum Vergleich von Projekten, Systemen, Komponenten und Endprodukten dienen
- standardisierte Kernfragen zur Erfassung der Akzeptanz
- Datenbanken, die solche Parameter erfassen und zum Vergleich anbieten

## 1.3 Motivation

Die Gestaltung der Sanitärprozesse ist ein Schlüssel zum Schutz des sauberen Wassers, zur Sicherung der Nahrungsmittelproduktion und zu einer hygienischen Umwelt, die Krankheiten verhindert. Die Reduktion des Wasserverbrauchs durch den Einsatz von wassersparenden Sanitärzubehör ist ein erster Schritt. Ein zweiter Schritt ist die Wiederverwendung von Produkten aus der Abwasser-

<sup>7</sup> Erstellungskosten, Unterhaltskosten, Energieverbrauch, Platzverbrauch etc.

<sup>8</sup> zu den Dimensionen Ökonomie, Ökologie, Soziales, Technik (siehe auch Anhang A, Nr. 9–12).

aufbereitung vor Ort, die das Schliessen von Kreisläufen (Wasser und Nährstoffe) ermöglicht und somit das Ökosystem entlastet.

Die Erfahrungen und Erkenntnisse aus Forschungsprojekten zur Dezentralisierung von Abwasserprozessen sollten einem grösseren praxisorientierten Fachpublikum (Architekten, Planern, Bauherren Investoren und Politikern) nähergebracht werden<sup>9</sup>, um den Einsatz dezentraler Systeme zu fördern. Anhand von Vergleichsparametern aus bestehenden Pilotprojekten sollten dezentrale Sanitärsysteme untereinander verglichen und auf ihre Eignung für Hotels geprüft werden.

## 1.4 Forschungsfrage

### Hypothese

Vor dem Hintergrund der beschriebenen Problemstellung stellt sich die Frage, wie der Einsatz von dezentralen Sanitärsystemen gefördert werden könnte, da ohne entsprechende Nachfrage auch keine guten Produkte entwickelt werden. Die Hypothese geht davon aus, dass das Hotel aufgrund der hohen Wasserverbrauche und der spezifischen Standorte ein geeigneter Gebäudetypus ist, um dezentrale Sanitärsysteme nutzbringend einzubauen.

**WENN DEZENTRALE ABWASSERSYSTEME KOMMERZIELL AUF DEM MARKT EINGEFÜHRT WERDEN SOLLEN, SIND HOTELS DAFÜR GEEIGNET.**

### Hauptfragestellung

Überzeugend umgesetzte Beispielprojekte können die Marktnachfrage steigern und dadurch einer Technologie zum Durchbruch verhelfen. Daher ist es von Interesse herauszufinden, welche Technologien sich für eine spezifische Nutzung am besten eignen, da ihre Chancen, sich am Markt zu etablieren, am grössten sind.

**WELCHE NEUARTIGEN SANITÄRSYSTEME SIND GEEIGNET FÜR DEN EINSATZ IN HOTELS?**

### Teilfragestellungen

Um die Hauptfragestellung beantworten zu können, ist es hilfreich, sie in Teilfragestellungen zu unterteilen. Die Teilfragestellungen A sollen dazu beitragen, die Vielfalt von neuartigen Abwassersystemen zu kategorisieren und generelle Fragen zu klären, um eine Übersicht über die verschiedenen Systeme zu schaffen.

**A: WELCHE DEZENTRALEN ABWASSERSYSTEME GIBT ES UND WELCHE EIGENSCHAFTEN BRINGEN SIE MIT SICH?**

**A1: WELCHE CHARAKTERISTIKA WEISEN DIE DEZENTRALEN SYSTEME AUF?**

**A2: WELCHE VOR- UND NACHTEILE BRINGEN DIESE SYSTEME MIT SICH?**

**A3: WO SIND MÖGLICHE EINSATZFELDER?**

---

<sup>9</sup> Die Autorin, aus ihrer früheren Tätigkeit selbst Architektin, kennt dieses Umfeld der Planer.

**A4: WELCHE EINFLÜSSE HABEN DIE EINZELNEN SYSTEME AUF DIE UMWELT?**

Die Teilfragestellungen B gehen auf die Praxiserfahrungen ein, da diese als Entscheidungsgrundlage für den Einsatz weiterer Projekte in Zukunft hilfreich sein können. Die Teilfragestellungen A und B dienen dazu, Vergleiche zwischen den Systemen respektive den Projekten herzustellen.

**B: WELCHE ERFAHRUNGEN WURDEN IN DER PRAXIS MIT DEZENTRALEN ABWASSERSYSTEMEN GEMACHT?**

**B1: WIE WURDEN DIE SYSTEME UMGESETZT UND WO FINDEN SIE VERWENDUNG?**

**B2: WELCHE VERGLEICHSWERTE ERGEBEN SICH AUS DEN UNTERSUCHTEN PILOTPROJEKTEN?**

**B3: WELCHE LEHREN KÖNNEN AUS DEN PILOTPROJEKTEN GEZOGEN WERDEN?**

**B4: WIE WAR DIE AKZEPTANZ DER NUTZER GEGENÜBER DEN NEUARTIGEN SANITÄRSYSTEMEN?**

Die Teilfragestellungen C dienen zur Überprüfung der allgemeinen Aussagen für den spezifischen Einsatz von Sanitärsystemen in Hotels.

**C: AUS WELCHEN GRÜNDEN KÖNNEN DEZENTRALE ABWASSERSYSTEME FÜR HOTELBETRIEBE VON INTERESSE SEIN?**

**C1: WAS IST DER ZWECK VON HOTELS UND WELCHE HOTELARTEN GIBT ES?**

**C2: FÜR WELCHE ZWECKE KANN DEZENTRAL AUFBEREITETES WASSER WIEDERVERWENDET WERDEN UND WELCHE SPEZIFISCHEN VERBRAUCHSMENGEN SIND IN HOTELS ZU ERWARTEN?**

**C3: WELCHE ANREIZE BESTEHEN FÜR HOTELIERS ZUR VERBESSERUNG DER NACHHALTIGKEIT IHRES BETRIEBES?**

**C4: WELCHE EIGENSCHAFTEN DER NEUARTIGEN SANITÄRSYSTEME WEISEN FÜR HOTELS VORTEILE (NACHTEILE) AUF?**

## 1.5 Methode

Die Idee eine vergleichende Fallstudie mit Versuchsprojekten zu machen entstand bereits zu Beginn der Arbeit. Teil des Arbeitsprozesses war die Erlangung detaillierter Kenntnisse über das Thema zur Formulierung einer Forschungsfrage. Dies erfolgte einerseits durch das Einlesen in die Grundlagenliteratur andererseits anhand von Experteninterviews. Danach wurden Daten zu 16 Pilotprojekten mittels Erfassungsbogen für die vergleichende Fallstudie gesammelt, ausgewertet und verglichen. Gleichzeitig sollten aus der Erhebung Informationen gezogen werden können, um gemachte Erfahrungen zu teilen sowie Folgerungen und Handlungsempfehlungen bezüglich Hotels herleiten zu können.

### 1.5.1 Literaturrecherche

Die Literaturrecherche wurde vorerst auf die Suche nach Berichten zu Pilotprojekten mit Stoffstromtrennung sowie nach Grundlagenliteratur zum Thema ausgerichtet. Bei der Ausleuchtung bestimmter Themen während der Arbeit wurde weitere spezifische Literatur verwendet, siehe dazu auch Kap. 3.1 (Ergebnisse Literaturrecherche).

#### Grundlagenliteratur

Bibliothekskataloge wurden nach Basiswerken (Schlagworte: dezentrale Abwassersysteme, nachhaltige Wasserwirtschaft, Siedlungswasserwirtschaft, Wasser- und Abwasserbehandlung, Abwassertechnik, Grauwasseranlagen, Ecological Sanitation, Cleantech etc.) durchsucht. Ein Gang in Freihand-Fachbibliotheken (Empa-Eawag-Bibliothek und Grüne Bibliothek der ETHZ) ergab weitere Treffer zum Einlesen ins Thema.

Im Internet wurde nach folgenden Informationen zum Thema gesucht:

- Informationsplattformen
- Herstellerfirmen von Produkten für neuartige Sanitärsysteme
- Forschungs- und Bildungsinstitute
- wichtige (prägende, zentrale) Personen
- Pilotprojekte generell, detaillierte Suche nach interessanten Projekten
- wissenschaftliche Texte, Masterarbeiten und Dissertationen

#### Pilotprojekte

Auf unterschiedlichen Recherchepfaden (Referenzlisten von Sanitärherstellern, Übersichtslisten von Literatur zu NASS und nachhaltiger Architektur) wurde gesucht. Geeignete Projekte wurden in eine Liste aufgenommen. Es sollte eine umfassende Sammlung aus Pilotprojekten erstellt werden als Grundlage für die Auswahl für die vergleichende Fallstudie. Aus der Liste von über 50 Pilotprojekten wurde eine Auswahl getroffen, über die eine Erhebung anhand eines Erfassungsbogens erstellt

wurde. Ziel war es, aus den einzelnen Projekten vergleichbare Werte zu erhalten und diese in Relation zu stellen.

### 1.5.2 Architektenbefragung und Recherche zu Gebäudezertifizierung

Um den Wissensstand bei praktizierenden Architekten bezüglich dezentraler Sanitärsysteme abzuklären, wurde anfänglich eine kleine Umfrage mit zehn Architekten durchgeführt. Eine weitere kleine Recherche anhand Ebert et al. (2010) fand statt, um zu sehen, inwiefern das Thema Wasser in der NH-Bewertung und Zertifizierung einbezogen wird. Zu beiden Themen sind eine Auswertung sowie ein kurzer Text im Anhang A (Nr. 1–3 und 6–7) zu finden.

### 1.5.3 Experteninterviews

Die Experteninterviews sollten einen Überblick über den Informationsstand in Fachkreisen verschaffen sowie Einstellungen und Meinungen von Experten gegenüber dem Thema dezentrale Sanitärsysteme aufzeigen, als Ergänzung zum Einstieg über die Literatur. Dazu wurden sechs semistrukturierte Leitfadeninterviews mit explorativem und teilweise themenorientiertem Charakter anhand offener Fragen geführt. Die Gespräche fanden im Arbeitsumfeld der Befragten (Besprechungszimmer, Büro) statt und dauerten zwischen ein und zwei Stunden. Die Gespräche wurden aufgezeichnet, transkribiert und den Befragten zum Korrekturlesen vorgelegt. Die rund 100 Seiten Transkript wurden mit einer Software für die sozialwissenschaftliche Analyse von Datenmaterial<sup>10</sup> nach bestimmten Fragestellungen (Codes) ausgewertet.

Die Fragen bezogen sich auf die Personen selbst, auf ihre Meinungen bezüglich der knappen Ressource Wasser, möglicher Massnahmen zu deren Linderung sowie zu dezentralen Sanitärsystemen. Der Bezug zu nachhaltigem Bauen und Energie wurde erfragt, Vorschläge zu politischen Massnahmen und die Verbreitung des Themas in der Lehre wurden ausgelotet. Die themenorientierten Fragen bezogen sich auf Inhalte zu denen sich die Autorin bereits Wissen angeeignet hatte und suchten nach Argumenten für und gegen neuartige Sanitärsysteme.

### 1.5.4 Analyse der Stoffstromsysteme

Die Stoffstromsysteme aus DWA (2008) wurden auf ihre Eigenschaften hin untersucht (Aufbau, primären Anwendungszielen, Vor- und Nachteilen, Umwelteinflüssen und Einsatzbereichen). Aus diesem Profil wurden Folgerungen bezüglich der Eignung für Hotels hergeleitet.

---

<sup>10</sup> MAXQda.

### 1.5.5 Vergleichende Fallstudie mit Pilotprojekten

#### Kategorisierung

Um sich einen Überblick zu verschaffen, wurden die rund 50 recherchierte Pilotprojekte mit dezentralen Sanitärsystemen in einer Liste festgehalten, mit Angaben zu Standort, Baujahr, Zweck, Grösse, Projektpartner, Technologien und Quellen. Gleichzeitig wurde ein Kurzbeschrieb erstellt. Nachdem ein geeignetes System zur Kategorisierung der Projekte (anhand der Stoffstromtrennung) bestimmt worden war, wurden die erfassten Pilotprojekte sortiert. Davon wurden zu jedem System mindestens zwei, insgesamt 15 Projekte für die vergleichende Fallstudie ausgewählt. Für die Auswahl der Projekte, die im Folgenden mit Px.x bezeichnet werden, galten folgende Kriterien:

- Wohngebäude wurden Bürogebäuden vorgezogen, bei sonst vergleichbaren Kriterien
- Projekte im Raum Deutschland wurden anderen vorgezogen, da die Datenvergleichbarkeit von Projekten aus derselben Region wurde als besser beurteilt als von internationalen Projekten mit unterschiedlichen (kulturellen, politischen, klimatischen) Bedingungen. Ebenso war hier die Auswahl gross und die Reisedistanz für eine geplante Exkursion klein.
- ältere Projekte wurden aufgrund ihrer längeren Bewährungsfriste und Erfahrung bevorzugt
- Forschungsprojekte wurden angewandten Projekten vorgezogen, da aufgrund der wissenschaftlichen Begleitung eine bessere Datenverfügbarkeit erwartet wurde
- Hotel-ähnliche Projekte, wurden nach Möglichkeit einbezogen

#### Erfassungsbogen

In einem zweiten Schritt wurde ein Erfassungsbogen erstellt, der dazu diente, systematisch erfasste, möglichst aktuelle und vergleichbare Daten zu den Projekten zu erhalten. Dies erfolgte mittels eines Word-Files, welches danach in ein bearbeitbares PDF-Formular konvertiert wurde. Der Erfassungsbogen wurde einem Sanitärplaner zum Feedback vorgelegt und einem Pretest unterzogen, um die Kompatibilität auf Windows und Mac OS X zu prüfen.

#### Erfassung der Parameter

Einerseits wurden Stammdaten allgemein zum Projekt wie Gebäudetyp, Baujahr, Gebäudenutzung, Grösse erhoben. Andererseits sollten Stammdaten zur Abwasseraufbereitungs- resp. Sanitäranlage wie Einbaujahr, Typ der Anlage mit den einzelnen Prozesskomponenten, Art der Stoffstromtrennung etc. erfasst werden. Weiter wurden der Energie-, der Material- und der Flächenverbrauch sowie Daten zu den resultierenden Endprodukten abgefragt. Die Erstellungs-, Betriebs- und Unterhaltskosten wurden ebenfalls erfasst. Ein weiterer Teil des Erfassungsbogens widmete sich den Produktdaten wie beispielsweise der resultierenden Wasserqualität. Schlussendlich wurden auch Fragen zur Akzeptanz der Nutzer gegenüber der Anlage respektive der Benutzerschnittstelle gestellt.



Es war im Voraus schwer abzuschätzen, zu welchen Fragen Daten vorhanden sein würden, weshalb eine umfangreiche Anzahl an Angaben erfragt wurde. Die Fragen im Erfassungsbogen wurden unter anderem in Anlehnung an die Indikatorensets (Anhang A, Nr. 9–12) zusammengestellt. Anhang A, Nr. 8 zeigt den Bezug der Fragen zu den Dimensionen der Nachhaltigkeit.

### Ausfüllen der Erfassungsbogen

Der Erfassungsbogen sollte im Idealfall von einer Bezugsperson ausgefüllt werden, welche stark in das Projekt involviert war und Zugriff auf die erfragten Daten hatte. In erster Linie sollten die Sanitärplaner dafür angefragt werden. In typischen Forschungsprojekten war es jedoch meist Mitglied des Forschungsteams welches Auskunft gab. Weitere mögliche Kontaktpersonen waren Architekten, Hausmeister oder Kommunikationsverantwortliche. Die Personen wurden im Voraus telefonisch kontaktiert und zur Teilnahme angefragt.

### Das Prozedere

Nachdem eine geeignet und gewillte Bezugsperson gefunden worden war, wurde der Erfassungsbogen per Mail zugestellt. Vorgesehen war eine Bearbeitungszeit innert Wochenfrist. Das PDF-Formular sollte mit möglichst vielen Angaben ausgefüllt und retourniert werden. Klar war, dass für diese Studie nur vorhandene Daten erfasst und keine neuen Daten erhoben werden konnten. Somit war mit Lücken zu rechnen. In allen Fällen musste der Erfassungsbogen nachbearbeitet werden, mussten offene Fragen geklärt und meist weitere Quellen oder Personen konsultiert werden, um eine möglichst gute Datenbasis zu erhalten. Da zu den Projekten P 2.1, P 2.2 und P 6.1 keine Bezugsperson gefunden werden konnte und die Zeit für eine vertiefte Recherche fehlte, wurden die drei Projekte für Tab. 4 (Aufbau der Stoffstromsysteme) und Tab. 8 (Aufbau der Pilotprojekte) in einer Schnellaktion von der Autorin erfasst.

### Vergleichbarkeit

Aufgrund der erfassten Daten wurde ein kurzer Projektbescrieb erstellt.<sup>11</sup> Die Hauptinformation zum späteren Vergleich sollte aus folgenden Untersuchungsparametern herausgezogen werden können: 2.3 Wasserverbrauch, 2.5 Energieverbrauch, 2.7 Flächenbedarf für die Anlage, 2.6 Materialverbrauch, 6.1 Erstellungskosten, 6.5 jährliche Betriebskosten, 6.7 Mehr-/Minderkosten Bau. Weiter sollten Erfahrungen der Nutzer und Planer aufgearbeitet sowie die Nutzerakzeptanz der einzelnen Systeme (7.0) ausgewertet werden können. Schlussendlich sollte zu jedem Projekt ein Datenblatt erstellt werden können mit einem Kurzbescrieb und Bildmaterial (Fliessschema, wichtige Grundrisse, Schnitte etc.). Anhand der erfassten Parameter sollten einfache Vergleiche zwischen den Werten vorgenommen werden können.

---

<sup>11</sup> Auf den Erfassungsbogen jeweils unter "9.0 Weitere Bemerkungen" sind die Quellen für die erhobenen Daten erfasst.

## Interpretation

Die erhobenen Daten wurden zur Erleichterung der Interpretation und dem Vergleich in eine Übersichtsmatrix (Excel-File) übertragen. Daraus wurden thematische Auszüge erstellt, siehe Kap. 3 Ergebnisse (Tab. 4; Aufbau der Stoffstromsysteme, Tab. 8; Aufbau der Pilotprojekte, Tab. 9; Gegenüberstellung der Vergleichswerte). Aus denen konnten darauffolgend Handlungsempfehlungen abgeleitet werden.

### 1.5.6 Recherche zum Thema Hotel

Das Kap. 3.8 (Merkmale von Hotels) entstand aufgrund einer Literaturstudie. Da das Thema dezentrale Sanitärsysteme für Hotels noch kaum untersucht ist, war die Ausbeute an fachspezifischer Literatur mager. Nur eine vertiefte Recherche kann gegebenenfalls Forschungslücken schliessen. Trotzdem wurde anhand des aufgefundenen Materials versucht, die Forschungsfrage C zu beantworten. Als Grundlagen dafür diente das Buch zur Hotelplanung von Ronstedt/Frey (2011), der ausführliche Bericht von Keysers et al. (2008) über das Hotel am Kurpark (P. 2.5) sowie weitere Studien zu Wasserverbrauch, Umbauzyklus, und zur Entwicklung von Ökohotels. (Quellen sind in 3.8 Merkmale von Hotels erwähnt).

### 1.5.7 Einschränkung der Fragestellung

Das Thema "dezentrale Sanitärsysteme" ist sehr breit und komplex. Im Rahmen dieser Arbeit konnten nicht auf alle Themengebiete eingegangen werden. Der Schwerpunkt liegt auf der vergleichenden Fallstudie mit den Pilotprojekten. Der Theorieteil soll als Grundlage und für das bessere Verständnis der Ergebnisse dienen.

- Ziel der Arbeit war es, eine erste Übersicht und Handlungsempfehlungen für Architekten und Fachplaner zum Thema dezentrale Sanitärsysteme zu erarbeiten. Es war nicht die Absicht, eine vollständige Nachhaltigkeitsbewertung der Projekte durchzuführen, das hätte den Rahmen dieser Arbeit gesprengt.
- Der Fokus der Arbeit liegt in Mitteleuropa. Es sollten Projekte, welche hier zum Einsatz kommen, einbezogen werden, keine Ecosan-Projekte, die in der Regel auf einen tieferen volkswirtschaftlichen Entwicklungsstand ausgerichtet sind.
- Der Fokus liegt bei der räumlichen und technischen Konzeption. Auf die verfahrenstechnischen Prozesse zur Aufbereitung von Abwasser wird nicht im Detail eingegangen, sondern nur, soweit es für das Verständnis der Arbeit notwendig ist.
- Gegenstand der Betrachtung ist häusliches Abwasser, nicht Industrieabwässer, landwirtschaftliche Abwässer etc., auch nicht die Frischwasserversorgung.
- Regenwasserbewirtschaftung ist nicht Gegenstand dieser Arbeit, obwohl es ein wichtiges Thema für den schonenden Umgang mit Wasser ist und einige Berührungspunkte zu dezentralen Abwassersystemen hat.
- Energiesparen ist kein Hauptaugenmerk und wird nur dort mitberücksichtigt, wo es im Zusammenhang mit Wasser von Bedeutung ist. Der Energieverbrauch der untersuchten Projekte wird jedoch ausgewertet und diskutiert.
- Die Betrachtungen beziehen sich vorwiegend auf die Projektebene und nicht auf einen weiteren Rahmen wie Gemeinde, Stadt etc.

### 1.5.8 Ergänzte Version der Masterarbeit

Mit der Arbeit wurden zwei Ziele verfolgt, einerseits die Beantwortung einer Forschungsfrage zur Erlangung des akademischen Grades des Masters, andererseits die Erarbeitung eines Grundlagenwerks über Projekte mit dezentralen Abwassersystemen als Einstiegshilfe für Bauherren, Architekten und Planer von Gebäuden. Beide Ziele im Rahmen der Masterarbeit zu erfüllen, war nicht möglich. Daher wurden einige Kapitel inhaltlich und zur besseren Verständlichkeit für ein breiteres Publikum ergänzt und strukturiert. Folgende Kapitel wurden überarbeitet: 1.1 Problemstellung (strukturiert, ergänzt), 1.3 Motivation (ergänzt), 3.1 Literaturrecherche (ergänzt), 4.2 Eignung der Systeme für Hotels (strukturiert, ergänzt), 4.4 Handlungsempfehlungen (neu), 5.1 Zusammenfassung (neu), 5.2 Schlussfolgerungen (strukturiert, ergänzt), Anhang A (Nr. 28–27) Projektbeschriebe der Pilotprojekte (ergänzt).

## 2 THEORIE

### 2.1 Begriffe

Aerob	mit Sauerstoff
Anaerob	ohne Sauerstoff
Apparat	auch Sanitärapparat, wie WC-Schüssel, Lavabo etc.
Armaturen	auch Sanitärarmatur, wie Mischbatterie
Belebtschlammverfahren	auch "Activated Sludge": Zur Reinigung von Abwasser werden Mikroorganismen eingesetzt, welche unter Zugabe von Sauerstoff das Wasser von organischen Verunreinigungen befreien. Die organischen Verunreinigungen dienen den Bakterien als Nahrung, die sich laufend vermehren.
Benchmark	Bezugswert zum Vergleich von Ergebnissen
Brauchwasser	auch Betriebswasser: "[...] gewerblichen, industriellen, landwirtschaftlichen oder ähnlichen Zwecken dienendes Wasser mit unterschiedlichen Güteeigenschaften, worin Trinkwassereigenschaft eingeschlossen sein kann" (DIN DIN_4046). Die Anforderungen sind niedriger als bei Pflegewasser.
Braunwasser	Fäzes und Spülwasser ohne Urin respektive Gelbwasser
BSB <sub>5</sub>	Biochemischer Sauerstoffbedarf: Summenparameter, der angibt, wie viel gelöster Sauerstoff (mg/l) innerhalb von fünf Tagen bei 20 °C für den biologischen Abbau (mit Bakterien und Kleinstlebewesen) der organischen Abwasserinhaltsstoffe benötigt wird (Bauhaus-Universität, 2009)
CSB	Chemischer Sauerstoffbedarf: Summenparameter, der angibt, wie viel Sauerstoff zur vollständigen Oxidation der organischen Stoffe durch Chemikalien benötigt wird (Bauhaus-Universität, 2009)
Dezentrale Abwasseraufbereitung	Für dieses Konzept kursieren verschiedene Begriffe in der Literatur wie dezentrale Sanitärsysteme, neuartige Sanitärsysteme (NASS), dezentrale Sanitärkonzepte, innovative Sanitärkonzepte, "Ecological Sanitation" (Ecosan), "Decentralised Sanitation and Reuse" (DESAR), "Resource oriented Sanitation", "Sustainable Sanitation", "On-site-Technologies" (OST)

Ecosan	steht in dieser Arbeit für dezentrale Sanitärsysteme im Low-Cost-Bereich, wie sie in Ländern mit niedrigerem ökonomischen Entwicklungsstand zu finden sind
Einleiten direkt	Einleiten in Gewässer
Einleiten indirekt	Einleiten in das Kanalnetz (Herbst, 2008, 13)
Fäkalien	Urin und Fäzes
Fäzes	Kot; feste menschliche Ausscheidung
Fremdwasser	nicht verschmutztes Wasser aus externen Quellen (Grundwasser, Brunnen, Drainagen etc.), das unerwünscht in die Kanalisation gelangt
Gelbwasser	Urin mit oder ohne Spülwasser, Abwasser aus Trenntoiletten, Urinalen
Grauwasser	Abwasser aus Lavabo, Dusche, Badewanne (Küchenspüle, Waschmaschine und Geschirrspüler)
Häusliches Abwasser	bei Trennsystem: Gemisch aus Urin, Fäzes, Spülwasser, Grauwasser bei Mischsystem: wie bei Trennsystem plus Regenwasser
"High Rate Anaerobic Reactor" (HRAR)	anaerobes biologisches Hochlastverfahren, das für die Behandlung von hoch belastetem Abwasser in der Industrie (Zuckerrohr, Blut etc.) entwickelt wurde. Es benötigt keine Sauerstoffzufuhr, ist preisgünstig und robust. Die Temperatur sollte nicht unter 10 °C fallen (Balkanwaste)
Indikator	Anzeiger, Hinweiszeichen, aus dem ein bestimmter Sachverhalt abgelesen werden kann
Konventionelles System	das heute am weitesten verbreitete Abwassersystem mit Schwarzwasserleitungen, Kanalanschluss und Aufbereitung in der ARA
NoMix-Toilette	Toilette mit Trennsystem
Membranbioreaktor (MBR)	Im MBR wird das Abwasser biologisch gereinigt mittels einer Kombination von Belebtschlammverfahren und Membranfiltration (Mikro- oder Ultrafiltration).
Mikroschadstoffe	auch Mikroverunreinigungen s. Kap. 2.4.7 (Mikroschadstoffe)
Organisch	von lebenden Organismen gebildet
Parameter	charakterisierende Eigenschaft, eine Kenngröße oder Kennzahl
Pflanzenkläranlage	bepflanzter Bodenfilter zur Reinigung von schwach belastetem Abwasser

Pflegewasser	auch Weisswasser, Klarwasser: "Wasser mit hohen Güteanforderungen unterhalb des Trinkwasserniveaus für hohe Nutzungsansprüche" (DWA, 2008); Qualität ausreichend für Wäschewaschen, Baden, Duschen
Produkte aus der Stoffstromtrennung	Ergebnis aus der Behandlung der Stoffströme; Brauchwasser, Flüssigdünger, Kompost etc.
Prozess	Ablauf (spezifisch: gesamter Ablauf von der Erfassung bis zum Endprodukt bestehend aus einzelnen Teilschritten zur Behandlung eines Stoffstromes)
Recycling	auch Wiederverwertung: erneute Nutzung für gleiche oder andere Zwecke (DWA, 2008)
Reinwasser	auch Reinstwasser
Rieselkörper	durchlässiger Bodenfilter, über den das Abwasser verrieselt wird. Die Inhaltsstoffe des verunreinigten Wassers setzen sich am Bodenfilter fest und werden durch sessile aerobe Mikroorganismen abgebaut
Rotationstrauchtropfkörper	auch Tauchtropfkörper: Die Reinigung erfolgt durch halb in vorgereinigtes Wasser eingetauchte Scheiben oder Walzen aus wasserdurchlässigem Strukturmaterial wie Lavaschlacke oder Kunststofffüllkörpern, auf denen Mikroorganismen, sessile Bakterien, wachsen. Durch die Drehung des Rotationstropfkörpers werden die Mikroorganismen kontinuierlich mit Nährstoffen aus dem Abwasser und Sauerstoff aus der Luft versorgt und bauen gleichzeitig die Nährstoffe ab.
Schmutzwasser	Gemisch aus Urin, Fäzes, Spülwasser und Grauwasser
Schwarzwasser	Gemisch aus Urin, Fäzes und Spülwasser inkl. Toilettenpapier
"Sequencing Batch Reactor" (SBR)	Im SBR werden im selben Tank zyklisch folgende Prozessphasen durchgeführt: auffüllen, belüften/umrühren, nachbelüften/rühren, Sedimentation, Klarwasser abpumpen, Schlammabzug
sessil	feststehend
Stoffstromtrennung	Trennung des Abwassers an der Quelle und separate Leitungsführung für die einzelnen Stoffströme (z. B. Urin, Braunwasser, Grauwasser)
Struvit	Produkt, das unter Zugabe von Magnesium durch Fällung aus dem Urin gewonnen werden kann. Ein weisser, pulverartiger Stoff, der aus einer kristallartigen Verbindung aus Magnesium, Ammonium und

---

	Phosphat (MAP) in einem Molarverhältnis vom 1:1:1 besteht (Ronteltap et al., 2007).
Substitution	Ersatz eines Stoffes durch einen anderen (beispielsweise von Trinkwasser durch Brauchwasser)
Toilette	WC, jedoch auch ohne Wasserspülung; im Text wird generell der Begriff Toilette verwendet
Urinal	Vorrichtung zum Auffangen des Urins beim Urinieren im Stehen
Verfahren	Behandlung eines Produktes (Teil des Behandlungsprozesses)
Verschmutztes Abwasser	Abwasser, das ein Gewässer, in das es gelangt, verunreinigen kann (GSchG, 2006)
Verunreinigung	Nachteilige physikalische, chemische oder biologische Veränderung des Wassers (GSchG, 2006)
Vermikompostierung	Wurmkompostierung, Kompostierung mithilfe von Würmern, z. B. mit <i>Eisenia fetida</i> , <i>Eisenia hortensis</i> .
Wassersparen	unscharfer Ausdruck womit gemeint ist: sparsamer Umgang mit Trinkwasser, Wasser wiederverwenden, wenig Abwasser verursachen
WC	"Water Closet", eine mit Wasser gespülte Toilette

## 2.2 Bezug zu Nachhaltigkeit

Das Verständnis von Nachhaltigkeit<sup>12</sup> basiert auf der Definition von Gro Harlem Brundtland, wie sie dem sogenannten Brundtland-Bericht (WCED, 1987, 54) zu entnehmen ist:

*Sustainability is "to ensure that it meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs".*

Demnach ist eine nachhaltige Entwicklung dann gewährleistet, wenn die heutige Generation ihre Bedürfnisse befriedigen kann, und dabei die Möglichkeit der zukünftigen Generationen, ihre eigenen Bedürfnisse zu befriedigen, nicht beeinträchtigt wird.

Das Kapitalstockmodell schafft einen konkreteren Zugang zum Konzept der Nachhaltigkeit. Es besagt, dass das vorhandene Kapital, unterteilt in die drei Kapitalstöcke Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft, nicht aufgebraucht werden darf, sondern kontinuierlich erneuert werden muss (ARE, 2008). Um zu messen, ob eine Entwicklung nachhaltig ist, kann eine Nachhaltigkeitsbewertung durchgeführt werden. Dies wird mit Hilfe eines Nachhaltigkeits-Bewertungssystems erstellt, wobei immer alle drei Dimensionen (manchmal auch weitere) möglichst gleichwertig einbezogen werden.

### Einbindung der Parameter in die Nachhaltigkeit

Für diese Arbeit wurde zwar keine Nachhaltigkeitsbewertung erstellt, die Auswahl der Parameter wurde aber angelehnt, an Bewertungskriterien aus Lange/Otterpohl (2000, 207) und an Indikatoren-Sets zur Nachhaltigkeitsbewertung von dezentralen Sanitärsystemen, welche aus der Literatur entnommen wurden (Flores, 2010; Freiberger, 2007; Longdong, 2009; Van der Vleuten-Balkema, 2003)(siehe Anhang A, Nr. 9–12). Die drei Dimensionen der Nachhaltigkeit, Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft, werden mit technischen Parametern ergänzt.

---

<sup>12</sup> In der Umgangssprache wird Nachhaltigkeit oft mit dauerhaft oder langwierig gleichgesetzt. Das hier verwendete Verständnis von Nachhaltigkeit geht jedoch weiter, wie oben beschrieben.



## 2.3 Abwasser

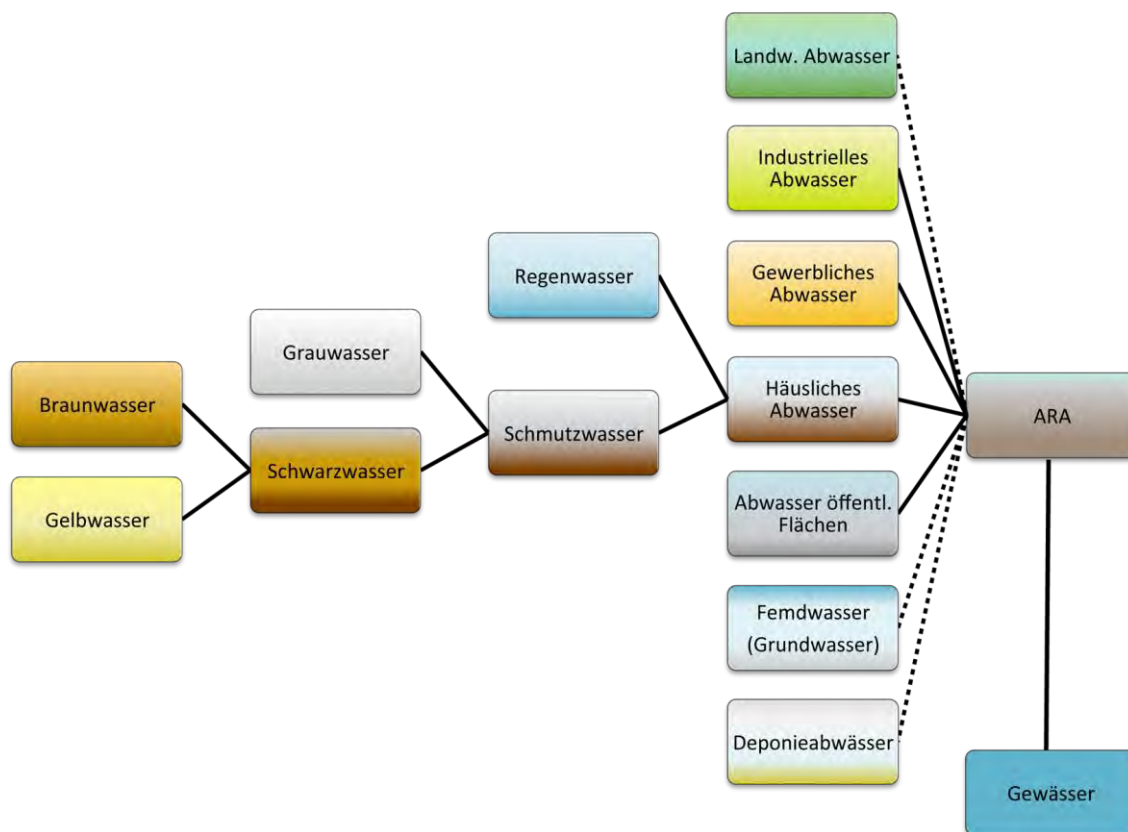
### 2.3.1 Definition Abwasser

Definition: "Das durch häuslichen, industriellen, gewerblichen, landwirtschaftlichen oder sonstigen Gebrauch veränderte Wasser, ferner das in der Kanalisation stetig damit abfließende Wasser [unbestimmbarer Herkunft] sowie das von bebauten oder befestigten Flächen abfließende Niederschlagswasser." (GSchG, 2006)

### 2.3.2 Häusliches Abwasser

Das häusliche Abwasser besteht aus vermischten Teilströmen. Braun- und Gelbwasser, welche im herkömmlichen System in der Toilette erfasst wird, fällt als Schwarzwasser an, mit Grauwasser vermischt entsteht Schmutzwasser. Sofern das Regenwasser nicht separat erfasst und abgeführt wird, bildet es mit dem Schmutzwasser das häusliche Abwasser. An der Parzellengrenze geht das häusliche Abwasser in die Obhut der Gemeinde (Stadt) über und wird über die Kanalisation zur ARA geleitet, wo es zur Einleitung ins Gewässer gereinigt wird. Auf dem Weg zur ARA kommen weitere Abwässer hinzu, so dass sich das ARA-Abwasser schlussendlich bezüglich Verdünnung und Inhaltsstoffen vom häuslichen Abwasser unterscheidet.

Abb. 1 Schicksal der Teilströme des häuslichen Abwassers



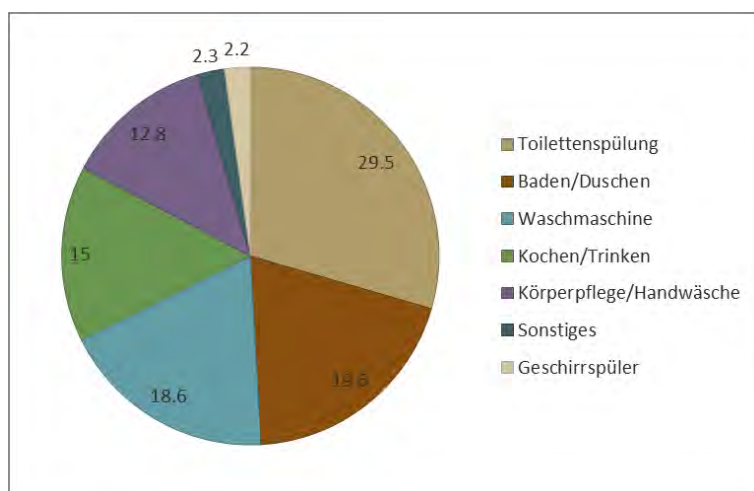
Quelle: Erweiterte Darstellung aus Pinnekamp/Günthert (2010, 23) nach DIN 4045.

Einige Gemeinden erfassen Schmutz- und Regenwasser getrennt, um Regenwasser direkt in den Vorfluter zu leiten. 85 % der Schweizer Gemeinden sind jedoch mit einem Mischwassersystem<sup>13</sup> ausgestattet, was bei grossen Regenereignissen zur Überlastung der ARA führt. Wenn die Rückhaltebecken die kurzfristig anfallenden Wassermassen nicht mehr halten können, wird das ungereinigte Abwasser in den angrenzenden Fluss geleitet.

### 2.3.3 Menge des häuslichen Abwassers/Wasserverbrauch

Abwasser entsteht unmittelbar durch den Verbrauch, durch Verunreinigung des Wassers. Ausnahmen sind Trinken, Essenszubereitung, Pflanzengiessen und Verdunstungsverluste.

Abb. 2 Durchschnittlicher privater Wasserverbrauch pro Person



Tab. 1 Anteile am durchschnittlichen Wasserverbrauch pro Person und Tag

Spez. Verbrauch	Privat	
	l/d*p	%
Toilettenspülung	47.7	29.5
Baden/Duschen	31.7	19.6
Waschmaschine	30.2	18.6
Kochen/Trinken	24.3	15.0
Körperpfl./Handw.	20.7	12.8
Sonstiges	3.8	2.3
Geschirrspüler	3.6	2.2
Gesamtverbrauch	162.0	100.0

Prozentuale Anteile des Verbrauchs am durchschnittlichen gesamten Wasserverbrauch einer Person pro Tag. Quelle: Eigene Darstellung nach Daten aus (Frei, 2002).

Die grössten Anteile an einem durchschnittlichen Wasserverbrauch (162 l)<sup>14</sup> einer Person pro Tag sind die Toilettenspülung und die Körperpflege inkl. Baden und Duschen mit je rund 30 %. Der Grauwasseranteil liegt bei 53 % (86 l) und setzt sich aus 32 % (52 l) schwach belastetem Grauwasser (aus Lavabo, Dusche, Badewanne) und 21 % (34 l) aus stark belastetem Grauwasser (Küchenspüle, Waschmaschine und Geschirrspüler)<sup>15</sup> zusammen. Das Schwarzwasser macht einen Anteil von 30 % (48 l), Sonstiges, Kochen und Trinken rund 17 % (28 l) aus. Berechnung siehe Anhang A (Nr. 13).

### 2.3.4 Zusammensetzung der Stoffströme

Die Teilströme unterscheiden sich aufgrund ihrer Zusammensetzung. Wie Abb. 3 verdeutlicht, ist Urin reich an Nährstoffen (N, K, P). Fäzes bestehen vor allem aus organischen Stoffen, die viel Sauerstoff (BSB<sub>5</sub>, CSB) zur Oxidation benötigen. Grauwasser bildet volumenmässig den grössten Anteil

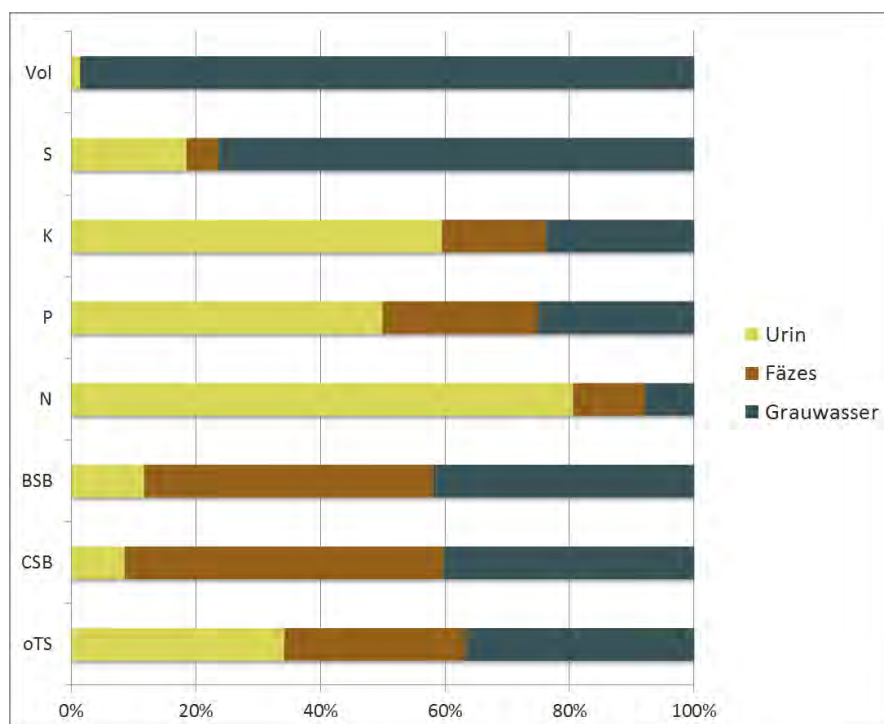
<sup>13</sup> 15 % Trennwassersystem, 85 % Mischwassersystem (Schlupe et al., 2006).

<sup>14</sup> Es kursieren unterschiedliche Zahlen zum Wasserverbrauch in der Schweiz. Der Wert von 162 l ist der am häufigsten verwendete, er taucht auch in den Schriften der Bundesämter auf und stammt aus den statistischen Erhebungen des Schweizerischen Vereins des Gas- und Wasserfaches (SVGW), das Jahr der Erhebung ist der Autorin nicht bekannt.

<sup>15</sup> Fette, Öle, Waschmittel, möglicherweise Fäkalien aus Windeln.

und enthält somit am meisten Wasser. Bei den hier dargestellten Daten<sup>16</sup> aus DWA (2008, 29–30) wurden Fäzes und Urin ohne Spülwasser gemessen. Die hier verwendeten Daten aus der Literatur sind aus aggregierten Messwerten zusammengestellt und können daher als repräsentativ angesehen werden. Essgewohnheiten, die Spülmenge (abhängig von Apparaten und Armaturen) sowie kulturelle Gewohnheiten (u.a. Verbrauchsmenge und Art der Reinigungsmittel) beeinflussen die Zusammensetzung der Stoffströme, was zu unterschiedlichen Angaben in der Literatur führen kann. Im Urin sind 50 % des Phosphors und 80 % des Stickstoffs der in der gesamten täglich anfallenden Menge der drei Teilströme enthalten (Tab. 2, S. 30). Durchschnittlich werden 64 % von Pharmazeutika wieder über den Urin ausgeschieden (Larsen/Lienert 2007).

Abb. 3 Pro Person täglich anfallende Frachten für die Teilströme Urin, Fäzes und Grauwasser



Auf der x-Achse sind die prozentualen Anteile von Urin, Fäzes und Grauwasser der pro Person täglich anfallenden Frachten aufgetragen. Auf der y-Achse sind tägliches Gesamtvolumen und tägliche Gesamtmengen an Schwefel, Kalium, Phosphor, Stickstoff, biochemischem und chemischem Sauerstoff und organischer Trockensubstanz aufgetragen.

Urin enthält die grössten Nährstofffrachten, in den Fäzes überwiegen die organischen Stoffe, zu deren Abbau grosse Mengen an Sauerstoff verbraucht werden (BSB5, CSB). Grauwasser stellt den grössten Volumenstrom dar. Die unterschiedliche Beschaffenheit einzelner Stoffströme wird hiermit verdeutlicht. Quelle: Eigene Darstellung nach Daten aus DWA (2008).

<sup>16</sup> Spezifische Frachten als Anteil der Teilströme am gesamten Anfall pro Person und Tag. Die Angaben, auf deren Grundlage Abb. 2 und Abb. 3 erstellt wurden, stammen nicht aus derselben Quelle, daher stimmen die absoluten Zahlen nicht überein. Der Grauwasserstrom in Abb. 2 beträgt 86 l/d\*p (siehe Anhang A, Nr. 13), in Abb. 3 108 l/d\*p (siehe Tab. 2). Die prozentualen Anteile sind dennoch aussagekräftig.

Tab. 2 Pro Person täglich anfallende Frachten für die Teilströme Urin, Fäzes und Grauwasser

Spezifische Frachten der Teilströme										
	Einh.	Urin		Fäzes		Grauwasser		Gesamtmenge		
Volumenstrom	l/p*d	1.4	1.3 %	0.1	0.1 %	108.0	98.6 %	109.5	100 %	
oTS	g/p*d	41.0	34.2 %	35.0	29.2 %	44.0	36.7 %	120.0	100 %	
BSB <sub>5</sub>	g/p*d	5.0	11.6 %	20.0	46.5 %	18.0	41.9 %	43.0	100 %	
CSB	g/p*d	10.0	8.5 %	60.0	51.3 %	47.0	40.2 %	117.0	100 %	
N	g/p*d	10.4	80.6 %	1.5	11.6 %	1.0	7.8 %	12.9	100 %	
P	g/p*d	1.0	50.0 %	0.5	25.0 %	0.5	25.0 %	2.0	100 %	
K	g/p*d	2.5	59.5 %	0.7	16.7 %	1.0	23.8 %	4.2	100 %	
S	g/p*d	0.7	18.4 %	0.2	5.3 %	2.9	76.3 %	3.8	100 %	

Absolute und relative Werte der Stofffrachten in den Teilströmen Urin, Fäzes und Grauwasser. Urin und Fäzes sind ohne Spülwasser angegeben, daher ergibt die Gesamtmenge des Volumenstroms weniger als die durchschnittlich verbrauchte Wassermenge pro Person und Tag aus der vorangehenden Darstellung zum Wasserverbrauch. Quelle: Eigene Darstellung nach DWA (2008).

## 2.4 Abwasserbehandlung

### 2.4.1 Zentrale Abwasseraufbereitung

Die Reinigung in Kläranlagen geschieht in drei Stufen. Bei jeder Reinigungsstufe ändert sich die Verfahrensart. Zuerst werden mechanische Verfahren wie Siebung, Abscheidung, Sedimentation etc. zur Trennung von ungelösten Feststoffen und flüssiger Phase eingesetzt. Danach folgen die biologischen Verfahren, wo unter Zufuhr von Sauerstoff organisches Material abgebaut und Stickstoff umgewandelt wird. In einem weiteren Schritt werden die Nährstoffe N und P durch Denitrifikation und Simultanfällung verfestigt (chemisches Verfahren) und zum Absinken gebracht. Die flüssige Phase, das weitgehend geklärte Abwasser, wird anschliessend ins Gewässer eingeleitet. Der grösste Teil der Nährstoffe befindet sich nun im abgesetzten Klärschlamm. Dieser wird anaerob stabilisiert, wobei Faulgas, eine Mischung aus Methan und Kohlendioxid (Biogas), entsteht, welches zur Wärme- und Energieerzeugung genutzt werden kann. Der stabilisierte Klärschlamm wird entwässert, um thermisch oder stofflich verwertet<sup>17</sup> werden zu können (Kluge/Libbe, 2010, 52). Bis 2006 wurde der Klärschlamm in der Schweiz auf Feldern verwendet. Seit dem Ausbringverbot für Klärschlamm ist aus dem Kreislaufsystem ein lineares System geworden. Pro Jahr fallen rund 204'000 Tonnen Klärschlamm mit rund 5'000 Tonnen Phosphor an (Laube/Vonplon, 2004, 16-17), welche deponiert werden müssen.

<sup>17</sup> Landschaftsbau, Verwertung in der Zementindustrie als Brennstoff und Rohstoffersatz (Laube/Vonplon, 2004, 22).

### Zustand und Investitionsbedarf der Schweizer Abwasserentsorgung (2007)

Der Anschlussgrad an die kommunalen Kläranlagen liegt heute bei 96–97 % (Laube/Vonplon, 2004). Der Ausbau der Abwasserinfrastruktur erfolgte gestaffelt, zuerst die städtischen Gebiete, danach die Agglomerationen und schlussendlich die ländlichen Gebiete. Bis 1960 waren die Hälfte der städtischen Gebiete, 25 % der Agglomeration und 15 % der ländlichen Regionen angeschlossen. Der grösste Teil der Anschlüsse in ländlichen Gebieten ist weniger als 40 Jahre alt (Herlyn/Maurer, 2007). Ein grosser Teil der Anlagen wird nun zur Sanierung fällig. Aufgrund von undichten Leitungen exfiltriert in der Schweiz zwischen 1 und 11 % des Abwassers bei Trockenheit aus undichten Kanälen (Schlupep et al., 2006).

Die Abwasserentsorgung verursacht hohe Kosten und bindet langfristig Kapital für die Anlagen, was die Flexibilität gegenüber der Nutzung einschränkt. Die 759 zentralen Kläranlagen und das Kanalisationsnetz von 47'400 Kilometer haben einen Wiederbeschaffungswert von 65.3 Mrd. Fr. (öffentlich 66 %). Dazu kommen 42'000 Kilometer Leitungen der Liegenschaftsentwässerung sowie die gebäudeinternen Abwasserleitungen und Sanitärinstallationen mit einem Wert von 34.2 Mrd. Fr (nicht öffentlich 34 %). Dies ergibt zusammen rund 100 Mrd. Fr. (13'600 Fr/EW). Die laufenden Kosten pro Jahr betragen 1'694 Mio. Fr., pro Einwohner sind dies 232 Fr. Der durchschnittliche Sanierungs- und Erneuerungsbedarf pro Jahr beträgt 670 Mio Fr.

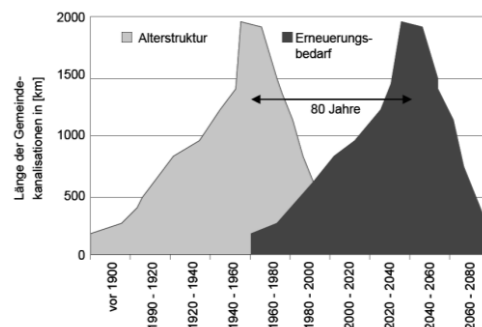
Nicht alle Anlagen sind gleich beteiligt an der Reinigungsleistung. Die grossen Anlagen<sup>18</sup> mit einer Kapazität von über 50'000 Einwohner sind im Schnitt bis auf 85 %, kleine Anlagen nur bis auf 60 % ausgelastet. Das heisst, der grösste Anteil des Abwassers (62 %) wird von einer kleinen Anzahl grosser Anlagen (11 % aller Schweizer Anlagen) gereinigt. (Herlyn/Maurer, 2007). Für grosse Abwasserreinigungsanlagen gelten schärfere Anforderungen an die Abwasserqualität als für kleinere. Daher und aufgrund der schlechteren Auslastung ist eher die Zukunft kleiner Anlagen zu überdenken.

#### 2.4.2 Dezentrale Abwasserbehandlung

##### Systemdefinition

Die Abwassernetze können eingeteilt werden in zentrale, semizentrale und dezentrale Strukturen. Die zentrale Struktur besteht aus einem Misch- oder Trennsystem und ist voll an die ARA ange-

Abb. 4 Erneuerungszyklus der Kanalisation



Innert ca. 80–100 Jahren wird die Kanalinfrastruktur zur Erneuerung fällig. In den nächsten 30 Jahren werden die Sanierungskosten massiv steigen. Quelle: Schlupep et al. (2006, 186)

<sup>18</sup> Kläranlagen werden in verschiedene Grössenkatgorien eingeteilt: < 1'000 EW, 1'000–10'000 EW, 10'000–50'000 EW, > 50'000 EW.

geschlossen. Demgegenüber stehen die dezentralen Anlagen, welche autark und mit Eigenversorgung funktionieren und möglicherweise die Stoffströme zur Wiederverwendung deren Produkte trennen. (Koziol et al., 2006, 75) Die meisten Projekte aus der Fallstudie liegen irgendwo dazwischen, erfassen das Abwasser getrennt, bereiten einzelne Stoffströme auf und versorgen sich selbst mit den entstehenden Produkten. Die meisten Projekte verfügen jedoch über einen Kanalanschluss und sollten streng genommen als semi-dezentral bezeichnet werden. In dieser Arbeit werden jedoch der Einfachheit halber alle Projekte, welche nicht über ein konventionelles System verfügen, dezentral genannt.

#### Dezentrale Abwassersysteme

*"Abwasserbehandlung vor Ort unter Vermeidung größerer Vermischungen und langer Kanäle. Entsorgung der nicht an die zentrale Kanalisation angeschlossenen Gebiete.*

*[Auch:] Mobile Entsorgung von Fäkalschlamm aus Hauskläranlagen und von Fäkalwasser aus abflusslosen Gruben. Behandlung erfolgt in der Regel in der zentralen Kläranlage."*

(Wasserwissen, 2011)

Ein weiterer Aspekt, welcher durch neuartige Sanitärsysteme hinzukommt ist die Möglichkeit der Verwendung von Produkten aus der dezentralen Behandlung wie Kompost als Bodenverbesserer, Urindünger oder Brauchwasser.

#### Separierung und Kreisläufe schliessen

Wie beim Abfall geht es bei der separierten Sammlung der Abwasserströme darum, die Inhaltsstoffe der Stoffströme wieder in den Kreislauf zurückzuführen. Je mehr unterschiedliche Stoffe vermischt werden, umso schwieriger wird die nachträgliche Auftrennung und Verwertung. Dies trifft auch auf die Verdünnung mit Wasser zu. Das Ziel von Trennsystemen ist es, die Stoffe separiert und in konzentrierter Form zu sammeln um danach gezielt auf ihre Inhaltsstoffe bezogen behandeln zu können.

Im Folgenden wird auf einige Verfahren zur Behandlung der einzelnen Stoffströme eingegangen und auf die Projekte verwiesen, in welchen sie Anwendung finden.

#### 2.4.3 Behandlung von Grauwasser

Nach DIN 4045 ist Grauwasser "häusliches Abwasser ohne fäkale Feststoffe und Urin" (VSA, 2012). Es wird zwischen stark belastetem und schwach belastetem Grauwasser unterschieden.

*Ziel:* Grauwasserbehandlung wird eingesetzt, um entweder das gereinigte Abwasser als Brauchwasser für Bewässerung, als Toilettenspülwasser oder als Teilnutzung für Wasch- und Geschirrspülmaschinen zu verwenden oder es in das Gewässer einzuleiten. Dazu werden gesundheits- und umweltschädliche Substanzen und Schwebestoffe beseitigt, um die nachträgliche Nutzung zu ermöglichen.

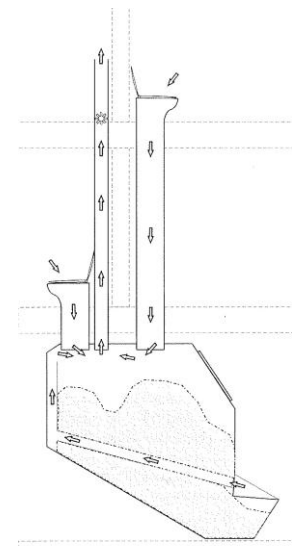
*Technische Möglichkeiten:* Grauwasser kann in einem horizontal oder vertikal durchströmten, bewachsenen Bodenfilter aufbereitet werden (P 2.1, P 3.1, P 4.1, P 5.1, P 6.2). Bakterien, welche sich im Bereich der Wurzeln ansiedeln, ernähren sich von den im Abwasser vorbeifliessenden Nährstoffen. Ferner gibt es die Biofilmverfahren wie Rotationstauchtropfkörper (P 2.4) oder Wirbelbettreaktoren, welche sessile<sup>19</sup> Biomasse einsetzen. Bei den Membranbelebungsverfahren wird das Abwasser unter Verwendung von suspendierter<sup>20</sup> Biomasse und Ultrafiltrationsmembranen gereinigt (P 2.5, P 2.2). All diese Verfahren arbeiten unter aeroben Bedingungen. Für die häusliche Wiederverwendung wird meist eine UV-Entkeimung nachgeschaltet. Die Frage, ob mittels einer Pflanzenkläranlage aufbereitetes Wasser zur Wiederverwendung als Toilettenspülwasser verwendet werden kann, konnte nicht eindeutig beantwortet werden. Grundsätzlich sollte es möglich sein, ein Hersteller von solchen Anlagen riet jedoch ab<sup>21</sup> und entsprechende Praxisbeispiele konnten von der Autorin nicht gefunden werden.

#### 2.4.4 Behandlung von Schwarz- und Braunwasser

*Ziel:* Durch die Behandlung von Schwarzwasser können Nährstoffe oder Energie gewonnen werden.

*Technische Möglichkeiten:* Nährstoffrückgewinnung aus Schwarzwasser ist technisch aufwändig und wurde noch wenig untersucht. Braun- oder Schwarzwasser ist höher konzentriert als das Schmutzwasser<sup>22</sup> und kann über Schwerkraft oder Vakuumentwässerung<sup>23</sup> abgeleitet werden. Unterschiedliche Spülmengen bei den Toiletten liefern unterschiedlich dichte (flüssige) Schwarzwässer. Für die nachträgliche Verwertung wird das Braun- oder Schwarzwasser in der Regel in eine feststoffarme und eine feststoffreiche Phase aufgetrennt. Dies kann beispielsweise mittels Hydrozyklon<sup>24</sup> erreicht werden. Die feststoffreiche Phase kann danach kompostiert (Thermokompostierung, Wurmkompostierung P 2.2, P 4.1) oder mittels anaeroben Verfahren (Biogasreaktor P 1.1, P 2.1, P 4.1, HRAR; P 1.4) vergärt werden. Die feststoffarme Phase kann in einer Pflanzenkläranlage gereinigt werden (DWA,

Abb. 5 Schemaschnitt durch Trockentoilette mit Kompostcontainer



Die Pfeile stellen die Richtung der Luftbewegung dar.  
Quelle: Berger/Lorenz-Ladener (2008).

<sup>19</sup> Bakterien, welche auf einem Substrat festsitzen.

<sup>20</sup> Frei im Wasser schwebende Bakterien.

<sup>21</sup> Herr Herrmann von Aqua Nostra schreibt, dass er von über 400 von der Firma erstellten Pflanzenkläranlagen nur von einer weiss, von welcher das Wasser zur WC-Spülung genutzt wird. Er rät davon ab, da er ein Risiko mit möglicherweise unzufriedenen Kunden nicht eingehen möchte (persönliches Mail vom 27.12.2011).

<sup>22</sup> Mischung aus Schwarz- und Grauwasser.

<sup>23</sup> Vor- und Nachteile zu Vakuumentwässerung siehe Herbst (2008).

<sup>24</sup> Dies ist eine Art Zentrifuge, bei der tangential einströmendes Mischwasser eine Wirbelströmung im Abscheider verursacht, wodurch die schwereren Partikel an den Rand und nach unten gedrängt, die feineren nach oben abgeführt werden. Das Verfahren wird auch Wirbelabscheider genannt, siehe Bild im Anhang A, Nr. 18.

2008). Eine weitere Behandlungsmöglichkeit bietet der Membranbelebungsreaktor (auch Kleinkläranlage), der bei der Grauwasserbehandlung bereits erwähnt wurde (P 1.2).

#### 2.4.5 Behandlung von Fäkalien aus Trockentoiletten

*Ziel:* Aus Fäzes oder Fäkalien, welche im Kompostbehälter einer Trockentoilette (s. Abb. 5) gelagert werden, kann Kompost gewonnen werden.

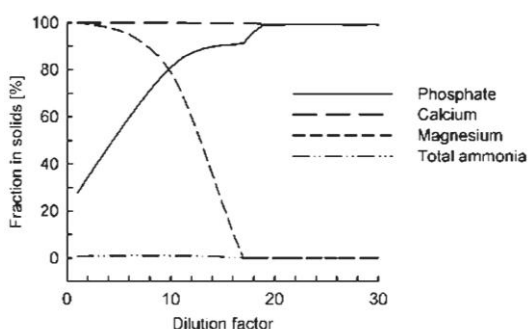
*Technische Möglichkeiten:* Mikroorganismen bauen das organische Material ab.

Die Qualität des Kompostes (Prozessgeschwindigkeit, Temperatur, Hygienisierung) hängt ab von der Sauerstoffmenge, der Feuchtigkeit und dem C/N-Verhältnis. Fäzes (ohne Urin) haben bessere Voraussetzungen für die Kompostierung. Für einen optimalen Prozess muss kohlenstoffreiches Strukturmaterial wie Holzschnitzel oder Sägemehl sowie Küchen- oder Gartenabfälle zugegeben werden. Eine gute Abzugslüftung ist notwendig, um einerseits den Kompostierungsprozess durch Sauerstoffzufuhr zu fördern und um andererseits Gerüche abzuleiten. Bisher wurde dieses System nur in maximal viergeschossigen Häusern eingesetzt. Grund dafür ist der Platzverlust durch die Fall- und die Lüftungsrohre der oberen Wohnungen, welche auch brandschutztechnischen Anforderungen (Abschottung) genügen müssen (Berger/Lorenz-Ladener, 2008). Die Abwesenheit von Spülwasser ermöglicht einen Betrieb unabhängig von einem Abwassernetz, wenn das Grauwasser in einer Pflanzenkläranlage aufbereitet wird. Diese Art von Kompostierung wird bei P 5.1, P 5.2, P 6.1 und P 6.2 praktiziert.

#### 2.4.6 Behandlung von Urin, Urintrennung

*Ziel:* Rückgewinnung von Phosphor ist ein Hauptgrund für die Sammlung von Urin. Ebenso können

**Abb. 6 Löslichkeitsverhalten von Phosphor und Calcium**



Anteil der eliminierten gelösten Stoffe, welche durch Leitungswasser mittlerer Härte bei einem Verdünnungsfaktor von 1 bis 10 ausgefällt werden. Mit zunehmender Verdünnung von Urin mit Leitungswasser nimmt der Anteil an gefällten Phosphaten zu. Quelle: Udert et al. (2006)

durch die direkte Abtrennung von Urin Nährstoffe sowie Medikamentenrückstände vor dem Eintrag ins Wasser ferngehalten werden. Dies reduziert die Eutrophierung der Gewässer und die Belastung aquatischer Organismen mit Schadstoffen.

*Technische Möglichkeiten:* Es gibt zahlreiche Verfahren für die Behandlung. Das einfachste Verfahren ist die Lagerung, wobei nach sechs Monaten bei 20 °C pathogene Keime so stark reduziert sind, dass der Urin als Pflanzendünger verwendet werden kann (Maurer et al., 2006). Ein weiteres Verfahren ist die Ausfällung von Struvit, welche unter Zugabe von



Magnesium ausgelöst wird. Struvit wie auch flüssiger Urin können als Dünger eingesetzt werden.<sup>25</sup> Urintrennung wird bei folgenden Projekten angewendet: P 3.1, P 3.3, P 3.4, P 4.1, P 4.6, P 6.1, P 6.2.

*Eigenschaften von Urin:* Durch mineralstoffhaltiges Wasser können spontane Fällungsreaktionen im Urin stattfinden. Je mehr Urin mit Leitungswasser verdünnt wird, umso mehr Phosphat geht in die feste Phase über (Udert et al., 2006)(siehe Abb. 6). Die Fällungsprodukte setzen sich in den Leitungen fest und können zu Verkrustungen oder Leitungsverstopfungen führen. Daher ist es sinnvoll, Urin ohne Spülwasser zu sammeln oder allenfalls mit geringen Mengen an Regenwasser zu spülen.

*Bauliches:* Der Ammoniakausgasung aus dem Lagerurin sollte durch Sicherheitsvorkehrungen Rechnung getragen werden sollte. Ammoniak ist ein Reizgas, das auf Haut und Schleimhäute ätzend wirkt. Stickstoffverlust kann vermieden werden, indem der Urintank nicht entlüftet wird. Ammoniak wirkt korrosiv und gelagerter Urin hat basische Eigenschaften, worauf bei der Materialwahl der Anlage eingegangen werden sollte. Die Verwertung von Urin bedingt einen sparsamen Umgang mit Reinigungsmitteln. Die Erfassung von Urin erfolgt via Trenntoilette oder Urinal. Urin ohne Spülwasser ist vermischtem Urin gegenüber vorzuziehen.<sup>26</sup> Eine Sitztoilette zu entwickeln, aus welcher purer Urin gewonnen werden kann, stellt eine Herausforderung dar für die Sanitärindustrie.<sup>27</sup>

#### 2.4.7 Mikroschadstoffe

Als Mikroverunreinigungen wird eine grosse Gruppe organischer Stoffe bezeichnet, welche in Kleinstmengen<sup>28</sup> auftritt (Schluep et al., 2006). Dazu gehören Körperpflege-, Desinfektions- und Schmerzmittel, hormonaktive Substanzen, synthetische Moschusduftstoffe und Industriechemikalien (Hillenbrand, 2009). Ihre Auswirkungen auf die Umwelt ist noch wenig erforscht. Es bestehen Bedenken, dass aufgrund von urinbasierten, mit Mikroschadstoffen versetzten Düngestoffen Substanzen im Boden akkumulieren oder in die aquatische Umwelt gelangen, welche nachteilige Effekte auf die Umwelt und die menschliche Gesundheit haben könnten. Bei der Fällung von verunreinigtem Urin verbleiben jedoch 98 % der Hormone und Arzneimittel in der Lösung. Eine weitere potenzielle Gefahr stellen Schwermetalle dar. Im Urin sind jedoch nur sehr kleine Mengen davon enthalten. Mit der MAP-Fällung kann ein Produkt erzeugt werden, in dem die meisten organischen Mikroverunreinigungen eliminiert sind und das nur einen Bruchteil an den bereits geringen Mengen an Schwermetall aus dem Urin enthält. (Ronteltap et al., 2007)

<sup>25</sup> Flüssiger Urindünger hat den Vorteil, dass er einfach herzustellen ist. Trockener Urindünger (in Form von Struvit) hat den Vorteil, dass bei der Ausbringung keine Ammoniakausgasung stattfindet und dadurch keine Gerüche entstehen.

<sup>26</sup> Für eine optimale Rückgewinnung von Phosphat in Form von Struvit ist es wichtig, durch eine Minimierung von magnesium- und kalziumhaltigem Spülwasser Phosphatfällung während der Lagerung zu verhindern (Ronteltap et al., 2007).

<sup>27</sup> Das in den Fallstudien eingesetzte Produkt weist nach Aussagen mehrerer Bezugspersonen noch diverse Mängel auf und muss weiter entwickelt werden, bevor es in einem grösseren Rahmen eingesetzt werden kann. Ein weiteres Problem ist, dass die Ergonomie dieser Trenntoilette nicht auf Kinder angepasst ist. Für Kinder unter 1.40 Metern Körpergrösse ist das genannte Modell nicht geeignet.

<sup>28</sup> Kleiner als eins in einer Million.

## 3 ERGEBNISSE

### 3.1 Literaturrecherche

#### Literatur zu Pilotprojekten mit Stoffstromtrennung

Die Internetrecherche verfolgte primär das Ziel, Literatur zu Pilotprojekten mit Stoffstromtrennung zu finden. Anfänglich war es schwierig, überhaupt Pilotprojekte zu finden. Als hilfreiche Quelle für den Einstieg dienten verschiedene Auflistungen. Einerseits die Internetseite der "Sustainable Sanitation Alliance" (SuSanA), auf der unter anderem eine umfangreiche Sammlung von über 300 Ecosan-Pilotprojekten zu finden ist (Von Münch, 2012). Hier bestand die Schwierigkeit, aus der Fülle an Ecosan-Projekten jene herauszupicken, welche für eine Anwendung in europäischen Industrieländern in Frage kamen. Andererseits Projektlisten mit Kurzbeschreibung enthalten in Lange (2000, 11), Lange/Otterpohl (2000, 236-239), Rudolph/Schäfer (2001, 74-78) und Villeroy\_&\_Boch et al. (2009, 11-13). Etwas ausführlichere Projektbeschreibungen sind enthalten in DWA (2008, 231-233), Lüthi et al. (2011, 108-115), Berger/Lorenz-Ladener (2008, 127-177) sowie auf Ecologic\_Architecture (2011). Anhand dieser Listen konnte nach detaillierten Unterlagen (Schlussberichte der Forschungsprojekte) zu den einzelnen Projekten gesucht werden. Auf der Internetseite von SuSanA () werden sogar Datenblätter zu ausgewählten Projekten bereitgestellt. Die umfassende Recherche hat zu einer Vorauswahl von rund 50 Projekten geführt. Sie ist im elektronischen Anhang zu finden. Oft handelte es sich um Forschungsprojekte mit Partnern aus der Industrie, die meisten aus dem Raum Deutschland. Aus der Hotelbranche waren vereinzelte Grauwasserprojekte zu finden.

#### Grundlagenliteratur

Die parallele Suche (in Fachbibliotheken und Internet, siehe Methode) nach Grundlagenliteratur zu dezentralen Sanitärsystemen brachte eine sehr umfangreiche Menge an Literatur zum Vorschein, welche in verschiedene Themenbereiche einzuordnen ist. Werke wie DWA (2008), Herbst (2008), Lange/Otterpohl (2000), Schlesinger (2003), Larsen/Lienert (2007), Eawag (2007) und Longdong (2009)<sup>29</sup> fanden vorwiegend im Theorieteil, Kap. 2 Verwendung. Weiter für diese Arbeit von Nutzen war die Literatur zu Aufbereitungstechnologien des häuslichen Abwassers (Berger/Lorenz-Ladener, 2008; DWA, 2008; Lange/Otterpohl, 2000; SuSanA) und zum Ausblick auf die Transformation des Abwassersektors (Koziol et al., 2006; Rothenberger, 2003; Störmer et al., 2010).

---

<sup>29</sup> Dieses Lehrbuch der Bauhaus-Universität Weimar, Abteilung Siedlungswasserwirtschaft, wurde mir freundlicherweise vom Autor zur Verfügung gestellt.

### Ergänzende Fachliteratur

Begleitend wurden im Internet ergänzende Quellen zu spezifischen Themen (Pilotprojekte, Hotels, Wasserverbrauch, Nachhaltigkeit und Tourismus etc.) welche sich aus der Arbeit ergaben gesucht. Zu den meisten Pilotprojekten wurden umfangreiche Forschungsberichte erstellt (Hiessl/Hillenbrand, 2010; Peter-Föhlich et al., 2007; Villeroy\_&\_Boch et al., 2009) (P 0.1, P 4.1, P 2.2). Für autarke Standorte wurde das kompakte High-Tech-Konzept Sanbox (2011) mit Solarenergienutzung, Abwasserrecycling und Nährstoffrückgewinnung entwickelt. Mit Hotels gab es wenig Versuchsprojekte und mehrheitlich solche mit Grauwasseraufbereitung. Ein vielversprechendes Projekt integrierte auch Hotelabfälle in die Abwasseraufbereitung (Steinbach et al., 2007), auf das in der Diskussion eingegangen wird. Eine Studie untersuchte die Möglichkeiten zur Entwicklung innovativer Wassermanagementkonzepte für das Hotel- und Gaststättengewerbe (Pinnekamp/Günthert, 2010). Zum Thema der dezentralen Abwasserwirtschaft gibt es eine wachsende Anzahl an Masterarbeiten und Dissertationen unterschiedlichster Ausrichtungen (Life Cycle Analysis, Nachhaltigkeitsbewertung sowie ökonomische Vergleichsstudien). Eine spannende Arbeit beschreibt die Entwicklung von Sanitärprodukten (Möllring, 2003).

### Überblick: Pilotprojekte in der Schweiz

Für die Schweiz wurden unter Einbezug des Abschlussberichtes von Novaquatis (Larsen/Lienert, 2007) folgende Pilotprojekte mit Stoffstromtrennung erfasst:

Ab 1997: Einzelne Versuche mit NoMix-WC an der Eawag. 2001: In der Siedlung Kraftwerk 1 Zürich werden zur Untersuchung der Akzeptanz im Haushalt in vier Privatwohnungen NoMix-WC eingebaut. 2002–2004: Drei NoMix-WC und sechs wasserlose Urinale an der FHNW (Larsen/Lienert, 2007). 2004: Unter dem Titel Aquamin wird in Solothurn während drei Jahren ein Einfamilienhaus mit einem MBR betrieben. Der separat gesammelte Urin wird zu Struvit verarbeitet (Abegglen, 2005). Die Anlage wurde wieder abgebaut.<sup>30</sup> 2005: Volle Implementierung der NoMix-Technologie in der Kantonsbibliothek BL in Liestal mit einer Begleitforschung zur Aufbereitung des Urins zu Dünger: Das Amt für Industrielle Betriebe BL erhielt vom Bundesamt für Landwirtschaft eine provisorische Bewilligung zur Verwendung des Düngers, der in Feldversuchen durch das Forschungsinstitut für biologischen Landbau in Frick (FiBL) getestet wurde (Larsen/Lienert, 2007). Die NoMix-Toiletten wurden wegen Akzeptanzproblemen<sup>31</sup> wieder ausgebaut und durch konventionelle WCs ersetzt. 2006: Im Neubau Forum Chriesbach werden 37 NoMix-WC und 7 wasserlose Urinale eingebaut (P 3.4). Diese sind heute noch in Betrieb.

<sup>30</sup> Persönliche Mitteilung von Herrn Abegglen, wissenschaftlicher Begleiter der Anlage, aufgrund einer telefonischen Anfrage vom 07.08.2011.

<sup>31</sup> Telefonnotiz in der Masterarbeit von Bienz Septinus (2009).

### 3.2 Architektenbefragung

Befragt wurden zehn Personen aus dem Bekanntenkreis der Autorin, Architekten (ETH, HTL, FH, Dipl.-Ing.), eine Innenarchitektin und ein Bauführer, die bis auf eine Person zum Zeitpunkt der Befragung alle in der Architektur tätig waren. Im ersten Teil der Umfrage mussten sie Vorschläge machen zum sparsamen Umgang mit Wasser und die effizientesten Möglichkeiten dazu nennen. Die meistgenannten Vorschläge waren Regenwassernutzung (7 x), Spararmaturen (5 x), Wassersparapparate (3 x) und die Wiederverwendung von Wasser (2 x). Als effizienteste Möglichkeit zum Wassersparen wurden dieselben Technologien und das Benutzerverhalten genannt.

Im zweiten Teil der Umfrage mussten die Befragten aus einer Auswahl an aufgelisteten Begriffen jene anwählen, die ihnen bekannt waren, und Beispiele dazu nennen.

Stoffstromtrennung und dezentrale Abwassertechnologien waren am wenigsten bekannt, Wasserspardüsen, Regenwassernutzung, Vakuumtoiletten, Kleinkläranlagen und Durchflussreduzierer am meisten. Sechs von zehn Personen kannten NoMix-WCs. Die Umfrage bestätigte die Vermutung der Autorin, dass das Thema dezentrale Abwassertechnologien noch nicht sehr weit verbreitet ist bei Architekten, auch wenn vereinzelt Wissen vorhanden ist. Der Fragebogen und die Auswertungen sind im Anhang zu finden.

### 3.3 Experteninterviews

Für einen praxisbezogenen Zugang zum bearbeiteten Thema wurden Gespräche mit folgenden Personen durchgeführt:

- Herr Maurice Jutz, Biologe lic. phil. nat. und Umweltingenieur MSc, Professor am Institut für Ecopreneurship an der FHNW und Inhaber der Effizienzagentur Schweiz AG
- Herr Walter Locher, dipl. Sanitärtechniker TS und Geschäftsführer der Firma Locher, Schwittay, Gebäudetechnik GmbH, Basel
- Herr Willi Haldemann, Geschäftsführer der Firma Haldemann Basel, Ingenieurbüro für Sanitärtechnik
- Frau Barbara Buser, Architektin ETH/SIA, NDS Energie, Geschäftsführerin des Baubüros Insitu, Basel
- Herr Roland Stulz, dipl. Arch. ETH/SIA, Planer FSU, Geschäftsführer von "Novatlantis – Nachhaltigkeit im ETH-Bereich", bis 2009 Mitglied des Verwaltungsrats und der Geschäftsleitung von Amstein und Walthert, Zürich
- Herr Felix Frei, dipl. Natw. ETH, Consultant im Bereich Wasser bei Amstein und Walthert, Zürich
- Herr Renato Bomio, Arch. FH, Projektleiter bei der Liegenschaftsverwaltung der Stadt Bern, Projektleiter des Projektes Stöckacker, Bern

Die thematisch gegliederten Auszüge aus den Gesprächen geben einen Eindruck über die Gesprächsinhalte liegen der gedruckten Arbeit bei. Die Angaben in den Fussnoten (wie: B0 #00:00:00-0#<sup>32</sup>)

---

<sup>32</sup> B0 steht für den Befragten, #00:00:00-0# bezieht sich auf die Stelle im zeitlichen Ablauf des Interviews.

dienen der Auffindbarkeit der herausgezogenen Textstellen im Transkript. Anschliessend folgt eine Zusammenfassung der Ergebnisse aus den Gesprächen.

### Wassersparen

Wassersparen wurde als ein in der Schweiz allgemein bekanntes Thema bezeichnet. Beim Bauen wurde Warmwassersparen in Zusammenhang mit Energie als wichtigstes, Abwasser hingegen als unbeachtetes Thema genannt.<sup>33</sup> Es war von einem Einsparpotenzial bei Trinkwasser von bis zu 40 % die Rede, das zuerst ausgeschöpft werden sollte, bevor Massnahmen zur Substitution von Trinkwasser<sup>34</sup> ergriffen würden.<sup>35</sup> Neben Wasserspararmaturen wurden wasserlose Urinale<sup>36</sup>, die Reduktion von Leitungsquerschnitten<sup>37</sup> und spezielle Techniken für Armaturen<sup>38</sup> und Leitungssysteme<sup>39</sup>, welche neben Wasser auch Energie sparen, vorgeschlagen. Weiter wurde eine kompakte Bauweise, welche die Ausstossverluste<sup>40</sup> verringert, und die Reduktion der Anzahl Wasserstellen im Haus<sup>41</sup> genannt. Als Ansatz für die Planung wurde das Vier-Säulen-Prinzip<sup>42</sup> genannt, welches auf 1.) effizienten Einsatz von Trinkwasser, 2.) Ressourcenschutz, 3.) Energie bzw. Wärmerückgewinnung und 4.) Substitution achtet.

### Argumente zu dezentralen Sanitärsystemen (pro, contra, Chancen, Hindernisse)

Die Notwendigkeit für dezentrale Sanitärsysteme wurde von den Befragten bezweifelt, da die Schweiz über ein gut ausgebautes Abwassernetz verfügt. Anwendungsfelder wurden eher in dünn besiedelten oder an Wasser knappen Regionen gesehen.<sup>43</sup> Dennoch wurde Stoffstromtrennung als sinnvolles Prinzip erachtet, um das Abwassersystem nachhaltiger zu gestalten und "End-of-pipe"-Lösungen zu verhindern.<sup>44</sup> Es wurde darauf hingewiesen, dass mit einzelnen punktuellen Lösungen in der Industrie mit verhältnismässig kleinem Aufwand viel erreicht werden kann, wobei es unvergleichbar aufwendiger ist, denselben Effekt mit Privathaushalten zu erreichen.<sup>45</sup> Es bestanden auch Bedenken, dass dezentrale Systeme gegenüber dem konventionellen System mehr Energie und

<sup>33</sup> B4 #00:22:23-8#.

<sup>34</sup> Ersatz von Trinkwasser welches für niedrigere Zwecke verwendet wird durch (aufbereitet aus Abwasser) Brauchwasser.

<sup>35</sup> B3 #00:41:05-5#, B3 #00:40:51-9#.

<sup>36</sup> B4 #00:09:08-4#.

<sup>37</sup> Volumenstrom 6 L/min statt 12 L/min, B2 #00:41:23-4#.

<sup>38</sup> Das Problem des Einhebelmischers, dass immer Warmwasser mitgeführt wird, ohne dass man explizit Warmwasser braucht, B2 #00:43:46-5#, Problem bei "Jrgumat", der durch ständige Zumischung von Kaltwasser eine konstante Höchsttemperatur hält, B3 #00:53:54-4#, bessere Alternative "Taconova-Mischer" B3 #00:55:42-8#.

<sup>39</sup> Rohr-in-Rohr-System, B3 #01:09:10-2#.

<sup>40</sup> Wasserverluste in Zusammenhang mit der Wartezeit nach dem Öffnen des Hahns, bis Warmwasser aus dem Hahn fliesst. Die Ausstossverluste sind gekoppelt an die Distanz zwischen Wasserentnahmestelle und Steigleitung.

B2 #00:57:35-1#.

<sup>41</sup> B4 #00:31:09-1#.

<sup>42</sup> B6 #01:04:36-1#.

<sup>43</sup> B2 #00:10:16-4#, B3, #00:28:19-1#, für ein Hotel in der Sahara, statt Grundwasser hochpumpen, B4 #00:23:47-9#,

B4 #00:15:45-3#, B6 #00:35:51-7#.

<sup>44</sup> Beispielsweise Urinentrennung, B5 #00:45:10-0#, Trennen an der Quelle, B6 #00:40:15-0#.

<sup>45</sup> B6 #01:43:31-6#.

Platz brauchen, mehr Kosten verursachen würden und die Verantwortlichkeiten für den Unterhalt und Betrieb, den Besitz und die Sorge um für Reststoffe unklar lassen würden.<sup>46</sup>

Als Chancen für dezentrale Abwassersysteme wurden die anstehenden Erneuerungen der Abwassersysteme und deren hohen volkswirtschaftlichen Kosten, (durch Klimaveränderung ausgelöst) die Verknappung der Ressource Wasser, der zunehmende Druck auf die Behörden und mehr Verantwortungsbewusstsein der Politiker gegenüber der Umwelt genannt.<sup>47</sup> Ausser mit Industrieprojekten waren die Erfahrungen der Befragten mit dezentralen Sanitärsystemen spärlich, da der Fokus aktuell in der Planung beim Energiesparen liegt. Daneben sollten vor der Substitution von Trinkwasser die Potenziale für Wassersparen ausgeschöpft werden. Mehrfach wurde über den hindernden Einfluss der Behörden und ARA-Betreiber<sup>48</sup> sowie unklare Zuständigkeiten zwischen Bund, Kanton und Gemeinden berichtet.<sup>49</sup>

Als Hindernis für die Einführung von dezentralen Sanitärsystemen wurden das Ausbringverbot für Klärschlamm sowie der Anschlusszwang ans öffentliche Netz, welcher nach einer Ausnahmegewilligung für dezentrale Systeme verlangt, genannt.<sup>50</sup> Der zu tiefe Wasserpreis wurde als Hauptgrund für das Desinteresse an neuartigen Sanitärsystemen genannt.<sup>51</sup> Weiter wurden Mikroverunreinigungen im Urin, Bildung von Urinstein wie auch die zu erwartenden höheren Kosten für Pilotprojekte genannt.<sup>52</sup> Die Wichtigkeit des Einbezugs der Themen Wassersparen und dezentrale Sanitärsysteme in der Lehre<sup>53</sup> wurde betont, wobei vor allem bei den Architekten (ETH) Handlungsbedarf zu bestehen scheint.<sup>54</sup> Die Erhöhung des Wasserpreises<sup>55</sup> als Anreiz neben Förderbeiträgen wurde als mögliches Steuerungsinstrument erwähnt, wodurch der Einsatz weiterer Pilotprojekte und damit eine stufenweise Veränderung Richtung Stoffstromtrennung möglich würde.<sup>56</sup>

---

<sup>46</sup> Energie und Platz, B1 #00:20:52-9#, Verantwortlichkeit, B2, #00:47:33-2#.

<sup>47</sup> Kanalsanierungen B6 #00:36:34-6#, B6 #00:51:08-2#, B6 #00:53:05-7#, Verantwortung der Politik B7 #01:53:56-6#.

<sup>48</sup> B2 #01:48:03-9#, B6 #00:33:19-2#, B6 #00:34:06-1#, B6 #00:35:26-1#, B6 #00:38:08-1#, B7 #01:19:50-9#.

<sup>49</sup> B7 #01:20:21-1#, B7 #01:00:04-3#.

<sup>50</sup> B3 #00:41:48-1#, B4 #00:16:55-6#, B7 #00:59:40-1#, B7 #01:00:41-2#.

<sup>51</sup> B2 #00:24:40-5#, B3 #00:14:42-4#, B3 #00:24:16-1#, B4 #00:19:13-5#, B4 #00:20:20-3#.

<sup>52</sup> B7 #01:08:40-4#, B7 #01:06:44-2#, B7 #01:07:34-0#, B7 #00:32:42-6#, B6 #00:48:38-4#.

<sup>53</sup> Die Dokumentation Zukunft zu dezentralen Wassertechnologien (Störmer et al., 2010, 57) bestätigt diese Aussage für Deutschland: "Hochschulen und Ausbildungseinrichtungen beschäftigen sich zu wenig integriert mit der Frage der Hauswassertechnik. Hochschulinstitute für Sanitärtechnik fehlen ganz. "

<sup>54</sup> Konzepte zum Thema knappe Ressourcen Wasser sollten in die Lehre der Architekten einfließen, B4 #00:45:06-7#, an der ETH ist es kein Thema, an der FH schon, B6 #01:26:29-7#.

<sup>55</sup> Der Wasserpreis ist ein zentraler Faktor, ob Wasserrecycling-Technologien ökonomisch rational installiert werden können (Störmer et al., 2010, 57).

<sup>56</sup> B3 #01:17:11-9#, B6 #00:36:37-4#, B3 #01:28:56-3#, B4 #00:35:38-3#, B4 #00:39:28-5#, B7 #00:34:45-8#, B7 #01:49:08-7#.

### 3.4 Die Sanitärsysteme

In diesem Kapitel wird folgenden Fragen nachgegangen:

**A: WELCHE DEZENTRALEN ABWASSERSYSTEME GIBT ES UND WELCHE EIGENSCHAFTEN BRINGEN SIE MIT SICH?**

**A1: WELCHE CHARAKTERISTIKA WEISEN DIE DEZENTRALEN SYSTEME AUF?**

**A2: WELCHE VOR- UND NACHTEILE BRINGEN DIESE SYSTEME MIT SICH?**

**A3: WO SIND MÖGLICHE EINSATZFELDER?**

**A4: WELCHE EINFLÜSSE HABEN DIE EINZELNEN SYSTEME AUF DIE UMWELT?**

#### 3.4.1 Die Systematik

Abwasser durchläuft von der Entstehung bis zur Deponie verschiedene Prozessschritte: Erfassung, Sammlung und Lagerung, Behandlung, Transport und schlussendlich Verwendung oder Deponie. Bei jedem dieser Schritte gibt es verschiedene Möglichkeiten der Behandlung (des Verfahrens). Gesucht ist eine Systematik, die hilft sich Überblick zu verschaffen über die grosse Anzahl an Verfahren.

Ein Ansatz zur Kategorisierung ist die Stoffstromtrennung. Hier kann anhand der Zusammensetzung und den Eigenschaften des Ausgangsproduktes (Schwarzwasser, Braunwasser, Gelbwasser, Grauwasser) ein entsprechendes Aufbereitungsverfahren ausgewählt werden. Andererseits kann (sozusagen von hinten) anhand eines gewünschten Endproduktes (Brauchwasser, Kompost, Urindünger) die Art der Stoffstromtrennung und die Verfahren gewählt werden.

Die Illustration im Anhang A, Nr. 19/20 zeigt die Systemvorlage und ein Anwendungsbeispiel nach Tilley et al. (2008), Nr. 18–23 zeigt eine Übersicht anhand der Darstellung der sechs Systeme der Stoffstromtrennung nach DWA (2008). Diese Systematik, die auch für diese Arbeit verwendet wird, ist einfach nachzuvollziehen, da es dafür kein vertieftes Verständnis der Verfahrenstechnik braucht. Sie ist gut überblickbar, da sie lediglich zwischen sechs Systemen unterscheidet.

Da die Systeme lange Bezeichnungen haben, werden im Folgenden nur noch die Abkürzungen verwendet (S1, S2 ...). Anhand von Tab. 3 (siehe unten) ist ersichtlich, welche Stoffströme für das jeweilige System einzeln geführt werden. Die Trennung hat Konsequenzen auf die Steigzonen und das Leitungsnetz. Die Zuleitungen sind aus Gründen der Vollständigkeit ebenfalls aufgeführt. In Anhang A, Nr. 24 ist eine Übersicht über die Einsatzmöglichkeiten der einzelnen Produkte aus der Stoffstromtrennung zu finden.

Tab. 3 Überblick über die sechs Systeme anhand der Teilströme

Nr.	Name System	Einzelne Teilströme	Ableitungen	Zuleitungen
S1:	1-Stoffstromtrennung	Schmutzwasser	Schmutzwasser	Warmwasser Kaltwasser (Brauchwasser)
S2:	Schwarzwasser 2-Stoffstromtrennung	Grauwasser Schwarzwasser	Grauwasser Schwarzwasser	Warmwasser Kaltwasser Brauchwasser
S3:	Urintrennung 2-Stoffstromtrennung	Urin Braun- + Grauwasser- gemisch	Gelbwasser Braun- + Grauwasser	Warmwasser Kaltwasser (Brauchwasser)
S4:	Urintrennung 3-Stoffstromtrennung	Urin Grauwasser Braunwasser	Gelbwasser Grauwasser Braunwasser	Warmwasser Kaltwasser (Brauchwasser)
S5:	Fäkalien 2-Stoffstromtrennung (Trockentoiletten)	Fäkalien Grauwasser	Fäkalien (Abwurf) Grauwasser	Warmwasser Kaltwasser
S6:	Urintrennung 3-Stoffstromtrennung (Trockentoiletten)	Urin Fäzes Grauwasser	Gelbwasser Fäzes (Abwurf) Grauwasser	Warmwasser Kaltwasser

Die Systeme mit ihren Teilströmen und den dafür benötigten Installationsleitungen (Zu- und Ableitung). Die Anzahl der Teilströme und der Ableitungen entspricht der Bezeichnung im Namen des Systems. Quelle: DWA (2008), ergänzt.

#### Die einzelnen Prozessschritte eines Sanitärsystems, ("Functional Groups")

Um die Prozessschritte, die ein Stoffstrom von der Erfassung bis zum Endverbrauch durchläuft, strukturiert darzustellen, wird auf die Systematik von Tilley et al. (2008) zurückgegriffen, wo die einzelnen Prozessschritte ("Functional Groups") beschrieben werden, siehe Anhang A 19/20.

1. Benutzerschnittstelle (U "User Interface")
2. Sammlung und Lagerung/Behandlung dezentral (S "Collection and Storage/Treatment")
3. Beförderung (C "Conveyance")
4. Behandlung semizentral oder zentral (T "Semi Centralized Treatment")
5. Verwendung/Deponie (D "Use and/or Disposal")

#### Unterschiedliche Herangehensweisen, um den Kreislauf zu schliessen

Hinter den sechs Systemen stehen unterschiedliche Ansätze, wie unser bestehendes Abwassersystem in ein Kreislaufsystem transformiert werden kann. Die Konzepte basieren auf unterschiedlichen Zielsetzungen: einerseits der blossen Elimination von Verunreinigung, um Wasser in die Umwelt zurückzuführen oder wieder zu verwenden, andererseits der Nutzung von bestimmten Stoffen aus den Abwasserströmen.



Nutzstoff und Reststoff, Anbindung an ARA

Bei jedem System gibt es meistens einen Nutzstoff, der verwendet wird und Reststoffe, die der ARA übergeben werden. Abhängig von der Absicht, aus welcher die Stoffstromtrennung angelegt ist, können diese variieren.

3.4.2 Aufbau der Stoffstromsysteme und die Zielprodukte

Aus Tab. 4 geht hervor, wie die Stoffstromsysteme aufgebaut sind. Es ist ersichtlich, welche Benutzerschnittstellen für die einzelnen Systeme verwendet werden, welche Leitungen zur Ver- und Entsorgung notwendig sind (Platzverbrauch Steigzonen) und welche Produkte aus den Systemen hervorgehen. Optionen sind in Klammer gesetzt. Beispielsweise kann bei S1–S4 ein Vakuumsystem eingesetzt werden. Der Einsatz eines Vakuumsystems kann besonders bei S2 und S4 von Vorteil sein, da durch die Abtrennung des Grauwassers der Schwarzwasserstrom dickflüssiger ist. Bei allen Systemen kann Regenwasser als Brauchwasser eingesetzt werden, wozu ein separates Brauchwassernetz benötigt wird.

Anschliessend werden die Charakteristika der sechs Systeme beschrieben, Tab. 4 (siehe unten) liefert einen kompakten Überblick über die zu den Systemen zugehörigen Komponenten. Sie basieren auf einer Analyse der Systeme anhand der Pilotprojekte und dienen als Ergänzung zu den Systembeschreibungen Kap. 3.4.3 bis Kap. 3.4.8.

Tab. 4 Aufbau der Stoffstromsysteme (Prozessschritte/Komponenten)

Aufbau der Systeme (Prozessschritte)		1. Benutzerschnittstelle						3. Beförderung: Leitungssysteme										5. Verw./Deponie: Zielprodukt							
System Nr.	Systemtyp	WT	NM	TT	WU	TU	S	V	A	K	W	B	A	V	F	B	G	U	A	S/B	G	S	U	F	R
		Wassergespülte Toilette	Trenntoilette (NoMix)	Trockentoilette	Wassergespültes Urinal	Wasserloses Urinal	Schwerkraftsystem	Vakuumsystem	Anschluss Kanalisation notwendig	Zuleitung Kaltwasser	Zuleitung Warmwasser	Zuleitung Brauchwasser	Ableitung Schwarzwasser	Vakuum-Ableitung Schwarzwasser	Vertikaler Fallschacht Fäzes (+ Urin)	Ableitung Brauchwasser	Ableitung Grauwasser	Ableitung Urin	Abluft	Schwarz-/Braunwasserentwertung	Verwertung Grauwasser	Verwertung Schwarzwasserfiltrat	Urinverwertung	Fäkalienverwertung trocken (Kompost)	Verwertung Regenwasser
S1:	1-Stoffstromtrennung Schmutzwasser	WT	-	-	(WU)	TU	S	(V)	(A)	K	W	(B)	S	(V)	-	-	-	-	A	S	-	(S)	-	-	(R)
S2:	2-Stoffstromtrennung Grauwasser, Schwarzwasser	WT	-	-	(WU)	TU	S	(V!)	A	K	W	B	S	(V)	-	-	G	-	A	S	G	-	-	-	(R)
S3:	2-Stoffstromtrennung Urin, Braun- + Grauwasser	-	NM	-	-	TU	S	(V)	A	K	W	(B)	S	(V)	-	-	-	U	A	S	-	(S)	U	-	(R)
S4:	3-Stoffstromtrennung Urin, Grauwasser, Brauchwasser	-	NM	-	-	TU	S	(V!)	A	K	W	(B)	-	(V)	-	B	G	U	A	B	G	-	U	-	(R)
S5:	2-Stoffstromtrennung Fäkalien, Grauwasser	-	-	TT	-	TU	S	-	(A)	K	W	(B)	-	-	F	-	G	-	A	-	G	-	-	F	(R)
S6:	3-Stoffstromtrennung Urin, Fäzes, Grauwasser	-	-	TT	-	TU	S	-	-	K	W	(B)	-	-	F	-	G	U	A	-	G	-	U	F	(R)

(X) = Option

(X!) = empfohlene Option

Übersicht über die Systemkomponenten und die Endprodukte der Systeme. Quelle: Eigene Darstellung, Herleitung aus den Pilotprojekten.

### 3.4.3 System 1: 1-Stoffstromtrennung

*Aufbau des Systems:* S1 mit ARA-Anschluss stellt das in den europäischen Ländern herkömmliche System dar. Als dezentrales Sanitärsystem wird es meist dann eingesetzt, wenn das Gebäude autark funktionieren muss. Es zielt nicht in erster Linie auf die Rückgewinnung von Stoffen ab, vielmehr basiert es (wie die Kläranlage) auf der Idee, das Abwasser zu reinigen, bevor es in die Umwelt (Gewässer) zurückgeführt wird.

*Charakteristika:* Alle häuslichen Abwässer werden gemischt und gemeinsam weiterverarbeitet.

*Vor- und Nachteile:* S1 hat den Vorteil, dass es im Bestand eingebaut werden kann, da nichts an der Leitungsinfrastruktur verändert, also kein zusätzlicher Platz für doppelte Leitungsführung vorgesehen werden muss.

*Einsatzgebiete:* Bei Projekten, welche ohne Kanalanschluss auskommen müssen und wo keine Wiederverwendung für die Nährstoffe besteht. S1 ist für Hotels problemlos einsetzbar.

*Umwelteinflüsse:* Je nach Einsatz der Technologie kann der Energieaufwand gross sein.

### 3.4.4 System 2: Schwarzwasser 2-Stoffstromtrennung

*Aufbau des Systems:* Bei S2 werden Grauwasser getrennt von Schwarzwasser in zwei Leitungssystemen geführt.

*Charakteristika:* Das in grösseren Mengen anfallende, jedoch weniger stark verschmutzte Grauwasser wird recycelt, um für Zwecke mit niedrigerer Qualitätsanforderung (kein Trinkwasser) eingesetzt werden zu können. Das aufbereitete Grauwasser wird oft für WC-Spülung, Reinigung oder Pflanzenbewässerung verwendet. Wenn der Schwarzwasserstrom, wie dies bei P 2.4 und P 2.5 der Fall ist, der Kanalisation übergeben wird, kann dieses System streng genommen nur als semizentral bezeichnet werden.

*Vor- und Nachteile:* Ein Vorteil ist, dass bei grossen Wasserverbrauchern grosse Mengen an Trinkwasser eingespart werden können. Ein Nachteil sind die zusätzlichen Leitungen, die eingebaut werden müssen, wobei dies für alle Systeme ausser S1 gilt. Sie verursachen Kosten und brauchen Platz. Für die Betreiber der ARA wird die Konsistenz des Schwarzwassers, welches eine reduzierte Fließqualität aufweist, als Nachteil gesehen. Da die Kanäle mangels des rückgewonnenen Grauwassers weniger gut durchspült werden, können leichter Ablagerungen entstehen.

*Einsatzgebiete:* Der Einsatz von S2 ist sinnvoll bei Projekten mit einem hohen Anfall an Grauwasser und einem grossen Bedarf an Brauchwasser wie beispielsweise bei Hotels, Sporthallen, Kasernen, Campingplätzen oder Ferienwohnsiedlungen, überall, wo die Körperpflege ein wesentlicher Teil der Wassernutzung ausmacht.

*Umwelteinflüsse:* Der Gewinn für die Umwelt liegt im kleineren Verbrauch von Frischwasser durch die Wiederverwendung von Brauchwasser für qualitativ niedrigere Anforderungen. Nährstoffe und

Mikroverunreinigungen befinden sich im übrigen Abwasser, wodurch das Potenzial zu dessen Eintrag in die aquatische Umwelt gegenüber dem konventionellen System unverändert ist.

#### 3.4.5 System 3: Urintrennung 2-Stoffstromtrennung

*Aufbau des Systems:* Bei S3 wird Urin resp. Gelbwasser vom übrigen Braun- und Grauwassergemisch in einer Trenntoilette separat erfasst, durch ein Schwerkraftsystem in einen Tank vor Ort geleitet und dort gelagert. Später kann er von dort entnommen und weiterverarbeitet werden.

*Charakteristika:* S3 ist ähnlich S1, jedoch mit der Erweiterung der Urintrennung zur Eliminierung oder Rückgewinnung von Nährstoffen. Meist wird das Braun-Grauwasser-Gemisch der ARA übergeben, es kann jedoch auch dezentral aufbereitet werden.

*Vor- und Nachteile:* Die grosse Nährstofffracht, die im Urin enthalten ist, wird an der Quelle abgetrennt, die andern Stoffströme werden konventionell behandelt. Dieses System bedingt eine technisch ausgereifte, gut funktionierende Trenntoilette. Die auf dem Markt vorhandenen Sanitärkomponenten müssen weiter entwickelt werden, wie die Untersuchung der Pilotprojekte ergeben hat. Der Nutzer muss sich an die separierte Abgabe von Urin und Fäzes auf der Trenntoilette gewöhnen, mitunter ist der Griff zur Bürste unerlässlich. Benutzeranweisungen helfen und zusätzliche Erläuterungen zur Motivation für die Urintrennung verbessert die Akzeptanz beim Benutzer. Anhand der Trenntoilette kann vom Anbieter ein umweltbewusstes Image kommuniziert werden.

*Einsatzgebiete:* Dieses System ist geeignet für Gebäude mit hoher Nutzerfrequenz der Toilettenanlagen wie Büros, Restaurants, Messegebäude, Konferenzräume, Universitäten etc. wie auch für mobile Anlagen (z. B. „Open Air“-Veranstaltungen).

*Umwelteinflüsse:* Der grosse Gewinn dieses Systems ist einerseits die Reduktion des Eintrags von Nährstoffen und Mikroschadstoffen in der aquatischen Umwelt unter Einbezug der Infrastruktur der ARA, andererseits können die Nährstoffe für die Nahrungsmittelproduktion zurückgewonnen werden.

#### 3.4.6 System 4: Urintrennung 3-Stoffstromtrennung

*Aufbau des Systems:* Bei S4 werden Gelbwasser, Grauwasser und Braunwasser einzeln behandelt. Urin wird analog zu S3 in einer Trenntoilette erfasst und weiterverarbeitet, Grauwasser wird analog zu S2 behandelt.

*Charakteristika:* S4 kann als Kombination der beiden Systeme S2 und S3 bezeichnet werden, wobei die Spezialisierung zur Behandlung der Stoffströme hier ein Schritt weitergetrieben wird. Das Ziel ist, aus Grauwasser und aus Urin Brauchwasser und Nährstoffe zu gewinnen. Das Braunwasser kann der ARA übergeben oder aber aufbereitet werden, was nur bei P 4.1 und P 4.6 zu Forschungszwecken so umgesetzt wurde.

Tab. 5 Gegenüberstellung der Eigenschaften der Systeme

Charakteristika der Systeme					
Nr.	Systemtyp	Primäres Ziel	Charakteristika	Vorteile	Nachteile
S1:	1-Stoffstromtrennung Schmutzwasser  Zuleitung: - Warm- und Kaltwasser Ableitung: - Schmutzwasser	- Eliminierung von Schmutzstoffen zur Einleitung in Gewässer/Umwelt	- Alle Stoffströme werden gemischt und gemeinsam aufbereitet - abhängig von der verwendeten Technologie zur Aufbereitung des Abwassers	- Einbau im Bestand möglich ohne Änderung am Leitungssystem - keine doppelte Leitungsführung - als autarkes System möglich/erprobt	- je nach System erhöhter Energieverbrauch - kein gezieltes Nährstoffrecycling möglich
S2:	2-Stoffstromtrennung Grauwasser, Schwarzwasser  Zuleitung: - Warm- und Kaltwasser - Brauchwasser Ableitung: - Grauwasser - Schwarzwasser	- Wiederverwendung von Brauchwasser mit dem Ziel, weniger Frischwasser zu verbrauchen	- Grauwasser wird separiert und für niedrigere Gebrauchszwecke aufbereitet - restliches Schwarzwasser muss auch aufbereitet werden, meist durch ARA - Kombination mit Biogasproduktion möglich (dann Vakuumsystem notwendig)	- nur weniger stark verschmutztes Wasser wird vor Ort aufbereitet - grosse Trinkwassereinsparungen sind möglich - bedingt keine Verhaltensänderung für den Endnutzer - Stoffstromtrennung bleibt für Endnutzer unsichtbar (auch Nachteil)	- zweifaches Leitungsnetz Abwasser - zusätzlich Brauchwasserzuleitung - reduzierte Fliessqualität des Schwarzwassers
S3:	2-Stoffstromtrennung Gelbwasser, Braun- + Grauwasser  Zuleitung: - Warm- und Kaltwasser Ableitung: - Gelbwasser - Braun-/Grauwasser	- Nutzung von Urin oder Urinprodukten - Zurückhalten resp. Eliminieren der Nährstoffe aus dem Urin - Entlasten des ARA-Abwassers	- Gelbwasser wird getrennt von Schwarzwasser in der Trenntoilette erfasst - daneben mit System 1 vergleichbar - restliches Braun- + Grauwasser muss auch aufbereitet werden, meist durch ARA	- grosse Nährstofffracht aus dem Urin wird nicht in ARA eingetragen - Reduktion des Eutrophierungspotenzials	- braucht gut funktionierende Trenntoilette - braucht Gebrauchsanweisung - Nutzer muss sich an Trenntoilette gewöhnen (Verhalten, Ästhetik) - zweifaches Leitungsnetz Abwasser
S4:	3-Stoffstromtrennung Gelbwasser, Grauwasser, Braunwasser  Zuleitung: - Warm- und Kaltwasser (- Brauchwasserleitung) Ableitung: - Gelbwasser - Grauwasser - Braunwasser	- Nutzung von Urin oder Urinprodukten - Zurückhalten resp. Eliminieren der Nährstoffe aus dem Urin - Entlasten des ARA-Abwassers - Wiederverwendung von Grauwasser - Eliminierung oder Nutzung der Nährstoffe aus dem Schwarzwasser	- alle drei Stoffströme werden separat erfasst und aufbereitet - die Produkte der drei Stoffströme können einzeln verwertet werden	- Grosse Nährstofffracht aus dem Urin wird nicht in ARA eingetragen - Reduktion des Eutrophierungspotenzials - Alle Stoffströme können einzeln effizient aufbereitet werden	- braucht gut funktionierende Trenntoilette - braucht Gebrauchsanweisung - Gewöhnung an Trenntoilette - reduzierte Fliessqualität des Schwarzwassers - dreifaches Leitungsnetz für Abwasser braucht Platz und verursacht Kosten - zusätzlich Brauchwasserzuleitung - im Umbau nur mit grossen Eingriffen in Bausubstanz möglich
S5:	2-Stoffstromtrennung Fäkalien, Grauwasser  Zuleitung: - Warm- und Kaltwasser (- Brauchwasser) Ableitung: - Fäkalienabwurf - Grauwasser	- Nutzung von Kompost aus Fäkalien und Küchenabfällen - Reduktion von Frischwasserverbrauch - Reduktion von Abwasser	- bedingt Verhaltensänderung - wenig Grauwasserverbrauch - daher Grauwasseraufbereitung nur zur Reinigung und Übergabe an Gewässer - vertikaler Abwurfschacht für Fäkalien notwendig - bisher Einsatz nur bis 4 Geschosse erprobt - vollständige Internalisierung der Entsorgung von Fäkalien - Unterdruck im Kompostraum verhindert Gerüche auch im Bad	- kein Spülwasser für Toilette notwendig - kein Schwarzwasser entsteht - Küchenabfälle können mit abgeworfen werden, dies verbessert den Kompostierungsprozess - Verwertung der eigenen Fäkalien; Erleben des Kreislaufprozesses	- Gewöhnung an Trockentoilette (Verhalten, Ästhetik) - für Wartung körperlicher Einsatz notwendig (1x pro Monat Kompost umwälzen, 1x pro Jahr entnehmen) - es können Gerüche entstehen - Platzbedarf für Fallrohr, keine Etagierung möglich - Platzbedarf für Kompostbehälter im UG und Kompostlagerfläche im Freien - System nur bis 4 Geschosse erprobt - im Umbau nur mit grossen Eingriffen in Bausubstanz möglich
S6:	3-Stoffstromtrennung Urin, Fäzes, Grauwasser  Zuleitung: - Warm- und Kaltwasser (- Brauchwasser) Fallstrang: - Gelbwasser - Fäzesabwurf - Grauwasser	- (Landwirtschaftliche) Nutzung von Urin - Nutzung von Kompost aus Fäkalien und Küchenabfällen - Reduktion von Frischwasserverbrauch - Reduktion von Abwasser	- bedingt Verhaltensänderung - wenig Grauwasserverbrauch - daher Grauwasseraufbereitung nur zur Reinigung und Übergabe an Gewässer - vertikaler Abwurfschacht für Fäkalien notwendig - bisher Einsatz nur bis 4 Geschosse erprobt - vollständige Internalisierung der Entsorgung von Fäkalien - Unterdruck im Kompostraum verhindert Gerüche auch im Bad	- kein Spülwasser für Toilette notwendig - kein Schwarzwasser entsteht - Küchenabfälle können mit abgeworfen werden, dies verbessert den Kompostierungsprozess - Verwertung der eigenen Fäkalien; Erleben des Kreislaufprozesses - spezifische Verwendung als Bodenverbesserer und Dünger	- Trenntoilette notwendig - Gewöhnung an Trockentoilette - für Unterhalt körperlicher Einsatz notwendig (1x pro Monat Kompost umwälzen, 1x pro Jahr entnehmen) - es können Gerüche entstehen - Platzbedarf für Fallrohr, keine Etagierung möglich - Platzbedarf für Kompostbehälter im UG und Kompostlagerfläche im Freien - System nur bis 4 Geschosse erprobt - im Umbau nur mit grossen Eingriffen in Bausubstanz möglich
Der Systemtyp zielt in erster Linie auf das zuerst genannte Produkt ab.					

Synthese aus den Ergebnissen der Pilotprojekte und der Literatur. Quelle: Eigene Zusammenstellung.

Tab. 6 Gegenüberstellung der Eigenschaften der Systeme, Teil 2

Nr.	Umwelteinflüsse *	Einsatzbereiche	Eignung für Hotels	Bemerkungen
S 1:	- Abgabe von gereinigtem Abwasser an Umwelt - abhängig von der Technologie und/oder der Stufe zur Elimination der Verunreinigung und der Nährstoffe - je nach System grosser Energieverbrauch möglich	- überall dort einsetzbar, wo die Nährstoffe nicht explizit verwendet werden sollen - wasserautarke Gebäude	- problemlos einsetzbar bei Hotels, da der Kunde von der Anlage nichts mitbekommt - sinnvoll in abgelegenen Orten, ökologisch sensiblen Gebieten - jedoch keine direkte Imagebildung zum Thema Umweltbewusstsein	- die Eigenschaften sind bei diesem System teilweise von der verwendeten Aufbereitungstechnologie abhängig
S 2:	- Reduktion von Frischwasserverbrauch - das restliche Abwasser wird dichter - keine zusätzliche Elimination von Nährstoffen	- für Gebäude mit hohem Grauwasseranfall (Duschen) und hohem Brauchwasserbedarf	- problemlos einsetzbar bei Hotels, da der Kunde von der Anlage nichts mitbekommt - sinnvoll, da grosse Ersparnis beim Frischwasserverbrauch erzielt werden kann	- durch die dichtere Konsistenz des Abwassers wäre eine Kombination mit Biogaserzeugung aus dem Schwarzwasser vorteilhaft
S 3:	- durch die Abtrennung von Urin wird ein grosser Teil der Nährstoffe (ca. 80 % N, 50 % P) vor der Einleitung in die ARA abgezweigt und belastet somit das ARA-Abwasser weniger - Reduktion des Eutrophierungspotenzials - Reduktion von Schäden an der aquatischen Umwelt durch Mikroverunreinigungen	- für Gebäude mit hoher Nutzungsfrequenz der Toiletten	- nicht besonders geeignet, da nicht auf grossen Wasserverbrauch eingegangen wird, trotzdem denkbar - problematisch bei Hotels mit der Ausrichtung auf Kinder, da Ergonomie der Trenntoilette nur bedingt kindertauglich ist - Trenntoilette nutzbar als Aufhänger zur Kommunikation/Imagepflege zum Thema Umweltbewusstsein - Ästhetik der Trenntoilette einbeziehen	- bislang wenige Projekte umgesetzt - fehlende Produkte für Trenntoilette - Kombination mit Regenwasserspülung günstig, da weniger Bildung von Urinstein - Verwendung von Urin selten umgesetzt, da bewilligungspflichtig
S 4:	- durch die Abtrennung von Urin wird ein grosser Teil der Nährstoffe (ca. 80 % N, 50 % P) vor der Einleitung in die ARA abgezweigt und belastet somit das ARA-Abwasser weniger - Potenzial zur Schliessung der Wasser- und Nährstoffkreisläufe - Reduktion des Eutrophierungspotenzials - Reduktion von Schäden an der aquatischen Umwelt durch Mikroverunreinigungen	- eher für Wohnprojekte geeignet - wenn als erweitertes System 2 betrachtet, dann auch für Gebäude mit hohem Grauwasseranfall geeignet - jedoch mit dem Aspekt der Umweltbildung oder zur Imagepflege - wenn alle drei Stoffströme verwertet werden, Einsatz auch in Gegenden ohne Kanalanschluss möglich	- sinnvoll, da grosse Ersparnis beim Frischwasserverbrauch bei Grauwasserwiederverwendung - Trenntoilette nutzbar als Aufhänger zur Kommunikation/Imagepflege zum Thema Umweltbewusstsein - denkbar, jedoch problematisch bei Hotels mit der Ausrichtung auf Kinder, da Ergonomie der Trenntoilette nur bedingt kindertauglich ist	- bislang wenige Projekte umgesetzt, nur Forschungsprojekte - fehlende Produkte für Trenntoilette - Kombination mit Regenwasserspülung günstig, da weniger Bildung von Urinstein - Verwendung von Urin selten umgesetzt, da bewilligungspflichtig
S 5:	- Reduktion des Frischwasserverbrauchs, da keine Spülung notwendig - Wiederverwenden von Nährstoffen - Reduktion des Eutrophierungspotenzials - Reduktion von Schäden an der aquatischen Umwelt durch Mikroverunreinigungen - tiefer Energieverbrauch	- Regionen mit Frischwassermangel - eher für ländliche Gegenden oder Quartiere mit genügend Grünfläche geeignet, wo Endprodukte direkt verwendet werden können - Einsatz auch in Gegenden ohne Kanalanschluss möglich (autark), da kein Abwasser entsteht, nur Kompost - eher für Eigentümer als für Mieter geeignet	- denkbar in stark naturorientierten Projekten wie einem Waldhotel, Naturerfahrungscamps etc. - Trockentoilette nutzbar als Aufhänger zur Kommunikation/Imagepflege zum Thema Umweltbewusstsein - sonst eher schwierig aufgrund ästhetischer Gesichtspunkte - eher problematisch aufgrund Akzeptanzproblemen gegenüber Trockentoiletten	- System benötigt keinen Kanalanschluss - gesparte Infrastrukturkosten verursachen private Kosten in Form von körperlicher Arbeit als Eigenleistung - Abwasser kann in Pflanzenkläranlage aufbereitet werden zur Einleitung ins Gewässer
S 6:	- Reduktion des Frischwasserverbrauchs, da keine Spülung notwendig - Wiederverwenden von Nährstoffen - Reduktion des Eutrophierungspotenzials - Reduktion von Schäden an der aquatischen Umwelt durch Mikroverunreinigungen - tiefer Energieverbrauch - Mikroverunreinigungen	- Regionen mit Frischwassermangel - eher für ländliche Gegenden oder Quartiere mit genügend Grünfläche geeignet, wo Endprodukte direkt verwendet werden können - Einsatz auch in Gegenden ohne Kanalanschluss möglich (autark), da kein Abwasser entsteht, nur Kompost - eher für Eigentümer als für Mieter geeignet	- denkbar in stark naturorientierten Projekten wie einem Waldhotel, Naturerfahrungscamps etc. - Trockentoilette nutzbar als Aufhänger zur Kommunikation/Imagepflege zum Thema Umweltbewusstsein - sonst eher schwierig aufgrund ästhetischer Gesichtspunkte - eher problematisch aufgrund Akzeptanzproblemen gegenüber Trockentoiletten - Urinentrennung ist hier eine zusätzliche Erschwernis	- System benötigt keinen Kanalanschluss - gesparte Infrastrukturkosten verursachen private Kosten in Form von körperlicher Arbeit als Eigenleistung - Abwasser kann in Pflanzenkläranlage aufbereitet werden zur Einleitung ins Gewässer

\* Unter der Bedingung, dass Mikroschadstoffe so weit eliminiert werden können, dass für die Umwelt kein Schaden entsteht.

Synthese aus den Ergebnissen der Pilotprojekte und der Literatur. Quelle: Eigene Zusammenstellung.

*Vor- und Nachteile:* Die Vor- und Nachteile von S2 und S3 kumulieren sich.

*Einsatzgebiete:* Dieses System eignet sich eher für Wohnprojekte, Ferienwohnungen und Hotels, da bei Bürobauten zu wenig Grauwasser anfällt. Geht es nur um die Reinigung, nicht um die Wiederverwendung des Grauwassers zur nachträglichen Einleitung ins Gewässer, kann jeder Gebäudetyp mit diesem System ausgerüstet werden. Die Erstellung im Neubau ist aus logistischen Gründen einfacher als im Umbau.

*Umwelteinflüsse:* Der Nutzen für die Umwelt ist die Reduktion des Frischwasserverbrauchs sowie die Verhinderung des Eintrags von Nährstoffen und Mikroverunreinigungen ins Wasser. Die Nährstoffe können für die Landwirtschaft zurückgewonnen werden.

#### 3.4.7 System 5: Fäkalien 2-Stoffstromtrennung mit Trockentoiletten

*Aufbau des Systems:* Bei S5 werden die Fäkalien ohne Wasserspülung in einer Trockentoilette<sup>57</sup> gesammelt, mittels Schwerkraft in einem Fallrohr abgeleitet und darunter in einem Kompostcontainer gelagert. Anstelle der Wasserspülung werden Sägemehl oder Holzschnipsel abgeworfen. Neben dem üblichen Versorgungsnetz und dem Fäkalien-Fallrohr wird nur ein Grauwassernetz benötigt. Der Kompostcontainer muss mit Unterdruck versorgt werden, damit die entstehenden Gerüche abgesogen werden. Da die Trockentoilette kein Spülwasser benötigt, entfällt dieser sonst häufigste Nutzungszweck von aufbereitetem Grauwasser. Daher liegen bei diesem System die Qualitätsanforderungen an die Aufbereitung des Grauwassers tiefer. Wenn genügend Platz vorhanden ist, kann das Abwasser in einer Pflanzenkläranlage aufbereitet und für weitere untergeordnete Zwecke verwendet oder direkt ins Gewässer eingeleitet werden.

*Charakteristika:* S5 zielt durch das Weglassen der Wasserspülung bei der Toilette auf die Reduktion des Frischwasserverbrauchs ab, wodurch auch weniger Abwasser entsteht. Das System ist nicht auf einen Kanalanschluss angewiesen. Das Entsorgen der Fäkalien wird vollständig internalisiert<sup>58</sup>, der Eigentümer der Wohnung entsorgt seine Fäzes in Form von Kompost selber resp. führt sie zurück in die Umwelt. Bisher wurde dieses System nur für maximal vier Geschosse eingesetzt. Gründe dafür sind der Platzverlust durch die Fallrohre der oberen Wohnungen und eine aufgrund grosser Distanzen an ihre Grenzen stossende Unterdrucklüftung (s. Bsp. P 6.2).

*Vor- und Nachteile:* Zu den Vorteilen gehören der geringere Wasserverbrauch sowie das Fehlen von Schwarzwasser. Küchenabfälle können abgeworfen, mit den Fäkalien gemischt und zu Kompost verarbeitet werden, was die Sauerstoffzufuhr verbessert und damit die Umwandlung des Kompostes beschleunigt. Das nahe Erleben eines Kreislaufprozesses anhand der eigenen Fäkalien wird als

---

<sup>57</sup> Im bekannten Gebäude "Falling Water" von Frank Lloyd Wright wurde das System "Clivus Multrum" eingebaut. Da die Besuchertoiletten nicht an einen "Septic Tank" angeschlossen werden konnten, fiel der Entscheid auf ein wasserloses System, das im Naturreservat bedenkenlos eingesetzt werden konnte. Jährlich wird der Ort von 130'000 Personen besucht. Das System ist seit 1980 in Betrieb (Waggoner, 2011).

<sup>58</sup> Die Leistung vom Staat, die Abwasserentsorgung, geht in die Hand des Privaten über.

weiterer positiver Punkt gesehen. Da die Luft über die Kompostkammer, welche mit der Toilette direkt verbunden ist, abgesogen wird, entsteht auch ein Unterdruck im Bad, welcher die Verbreitung von Gerüchen verhindert. Der Energieverbrauch ist tief, es braucht nur Strom für den Abluftventilator. Auch die Infrastrukturkosten sind tief, wenn man das öffentliche Kanalnetz mit in den Betrachtungsperimeter einbezieht.

Zu den Nachteilen gehört der höhere Platzverbrauch für die Fallrohre, für den Kompostcontainer sowie für eine Lagerfläche zur Reifung und Hygienisierung des Kompostes nach der Entnahme ausserhalb des Gebäudes. Die Fallrohre, welche nebeneinander anzuordnen sind, müssen je nach Umsetzung der Brandschutzvorschriften in einem separaten, abgeschotteten Schacht geführt werden. Durch die "Internalisierung der Abwasserentsorgung" fällt für die Wohnungsbesitzer körperliche Arbeit an, der Kompost muss monatlich einmal umgearbeitet werden, um die Sauerstoffzufuhr zu gewährleisten. Weitere Nachteile sind die notwendigen Verhaltensänderungen (Abwurf von Trockenstreu statt Wasserspülung, WC-Deckel muss nach der Benutzung geschlossen werden (Luftzug), Verwendung von biologisch abbaubaren Reinigungsmitteln etc.). Weiter ist eine Anpassung an die Ästhetik notwendig, denn der Kompostbehälter liegt direkt unterhalb des WC wie bei einem Plumpsklo. Die Dunkelheit im Behälter und im Rohr (sowie die richtige Platzierung der Deckenleuchte) verhindern jedoch die Sicht auf die Fäkalien (Berger/Lorenz-Ladener, 2008). Der Toilettendeckel ist der einzige Sichtschutz, der beim Verlassen der Toilette geschlossen werden muss, um den Abzug der Raumluft zu stoppen. Es existieren Trockentoiletten mit Blickschutz, diese bringen den Nachteil mit sich, dass die Benutzung der Toilette komplizierter wird und womöglich mehr Reinigung benötigt.

*Einsatzgebiete:* Dieses System ist sinnvoll für Regionen mit Frischwassermangel. Es ist eher geeignet für ländliche Gegenden oder Quartiere mit genügend Grünfläche, da der Kompost ausgebracht werden muss. Es kann ohne Kanalanschluss (autark) eingesetzt werden. Wohnformen mit Eigentum sind bei diesem System besser geeignet, da bei Eigentum "jeder seinen eigenen Mist kehrt" und dafür verantwortlich ist. Für Umbauten ist das System aufgrund der Fallschächte, die ohne Etagierung eingebaut werden müssen, nur bei tiefgreifenden Veränderungen in die Gebäudestruktur möglich. S5 und S6 eignen sich nicht für den Einsatz in Hotels, es sei denn, es handelt sich um ein Projekt, welches explizit auf eine Kommunikation über Wassersparen, Ökologie, Umweltschutz setzen möchte, wie beispielsweise ein Naturhotel, das in einer sensiblen Umgebung gebaut ist (Naturschutzgebiet, Grundwasserschutzzone, Berghütte etc.).

*Umwelteinflüsse:* Der Nutzen von S5 und S6 ist neben dem tiefen Energie- und Wasserverbrauch das Fehlen von Einträgen aus menschlichen Exkrementen in die aquatische Umwelt. Nährstoffe und Mikroverunreinigungen werden dem System Boden übergeben.

#### 3.4.8 System 6: Urintrennung 3-Stoffstromtrennung mit Trockentoiletten

*Aufbau des Systems:* Bei S6 werden Urin, Fäzes und Grauwasser separat erfasst, gelagert und weiterverwendet. Der Aufbau ist ähnlich wie S5, jedoch mit zusätzlicher Urintrennung. In der Trockentrenntoilette wird der Urin erfasst und mittels Schwerkraft in den Urintank geleitet.

*Charakteristika:* S6 zielt wie S5 auf die Reduktion des Frischwasserverbrauchs ab, wodurch auch weniger Abwasser entsteht. Urin sowie Kompost aus Fäkalien und Küchenabfällen sollen separat genutzt werden können.

*Vor- und Nachteile:* Zu den bei S5 bereits genannten Vorteilen kommt der spezifische Einsatz von Urin als Dünger. Ein weiterer Nachteil zu S5 ist der zusätzliche Platz, der für den Urintank vorgesehen werden muss.

*Einsatzgebiete:* Die Einsatzgebiete entsprechen jenen von S5 mit einer stärkeren Ausrichtung der Produkte auf die Landwirtschaft.

#### 3.4.9 Platz und Kosten für zusätzliche Leitungen

S1, das bezüglich Installation von Zu- und Ableitungen dem konventionellen System entspricht, benötigt in den Steigzonen Platz für Kalt-, Warm- und Abwasserleitung sowie für die Abluft. Alle anderen Systeme benötigen für die Stoffstromtrennung weitere Leitungen und damit auch mehr Platz, was bei Sanierungen zu Platzmangel führen kann, wenn die Steigzonen knapp bemessen sind. Je nach System werden weitere Stränge benötigt für Brauchwasser, Grauwasser und Gelbwasser. Beim Betrieb mit Vakuum wird anstelle der Abwasserleitung eine luftdichte Vakuumleitung verlegt.



Tab. 7 Gängige Leitungsquerschnitte der einzelnen Zu- und Ableitungen

Zuleitungen	∅ innen	∅ gedämmt	Dämmungstyp
Kaltwasser	25 mm	ca. 75 mm	Diffusionsdämmung
Warmwasser	25 mm	ca. 90 mm	Wärmedämmung
Brauchwasser	25 mm	ca. 75 mm	Leitungsschutz
Ableitungen	∅ innen	∅ gedämmt	Dämmungstyp
Schwarzwasser Schwerkraft	101 mm	135 mm	Schalldämmung
Schwarzwasser Vakuum	50–57 mm	66–73 mm	Schalldämmung
Braunwasser	101 mm	120 mm	Schalldämmung
Grauwasser	101 mm	120 mm	Schalldämmung
Gelbwasser	101 mm	100–120 mm	Schalldämmung
Fäkalien Trockentoilette	200–300 mm	210–310 mm	Leitungsschutz
Abluft	180 mm	ca. 300 mm	Leitungsschutz

Leitungsquerschnitte zur Dimensionierung des Platzverbrauchs in den Steigzonen von dezentralen Sanitärsystemen. Quelle: Eigene Darstellung, Angaben durch Sanitärplaner<sup>59</sup> geprüft.

### Kosten

Das zusätzliche Leitungsnetz zeichnet sich auch in den Kosten durch den höheren Materialverbrauch für den Installationsaufwand ab. Bei P 3.1 wurde das doppelte Leitungsnetz für Urintrennung mit doppelten Kosten (Faktor 2) beziffert, bei P 4.6 bei einem dreifachen Leitungsnetz mit Faktor 1.5 beziffert<sup>60</sup>.

<sup>59</sup> Haldemann Basel.

<sup>60</sup> Berechnet ps: Faktor 1.45.

### 3.5 Pilotprojekte: Datenerhebung

#### Rücklauf der Erfassungsbögen

In den ersten drei Tagen retournierten zwei Kontaktpartner ihre Bögen mit einer mehr oder weniger gehaltvollen Kurzantwort. Drei weitere meldeten sich aufgrund des Umfangs der Fragen mit der Bitte, dass ich ihnen den selbst ausgefüllten Erfassungsbogen zur Kontrolle senden würde, einige schickten Unterlagen zum Projekt. Nach zehn Tagen wurde der Rücklauf der ausstehenden Antworten mit persönlichen Telefonanrufen angeregt. Insgesamt dauerte die Bearbeitung der Erfassungsbögen durch zusätzliche Eigenleistungen und Nachfragen anstelle der zwei geplanten sechs Wochen, bis eine ausreichende Datenbasis vorhanden war.

#### Anzahl Projekte

Von 15 ausgewählten Projekten wurden zu zweien (P 2.1, P 2.2) vorerst keine Daten erhoben, da die Bezugspersonen zwar ihre Zustimmung zur Teilnahme gaben, innert der gegebenen Frist aber keine Angaben machten. Bei Projekt P 6.1 erwies sich die Sprache als Hindernis.<sup>61</sup> Dafür ergab sich während der Erfassungsphase die Gelegenheit, ein weiteres Projekt (P 1.4) zu integrieren. Schlussendlich konnten zu 13 Projekten aus sechs Systemen detaillierte Daten erfasst werden. Die drei übrigen Projekte (P 2.1, P 2.2, P 6.1) wurden in einer Schnellaktion erfasst, um eine Übersicht über die Systemkomponenten aller 16 Projekte erstellen zu können (Tab. 8, S. 54). Zu S6 wurde somit nur ein Projekt näher angeschaut. Da S6 grosse Ähnlichkeiten mit S5 aufweist und für Hotelprojekte als zweitrangig eingestuft werden kann, wurde dies von der Autorin als unproblematisch bewertet.

#### Datenverfügbarkeit

Da erwartet wurde, dass der Datenzugang bei Forschungsprojekten einfacher wäre, wurden diese bei der Auswahl vorgezogen. Es zeigte sich jedoch, dass es bei angewandten Projekten einfacher war, eine Bezugsperson zu finden, die sich der Erfassung annahm. Keiner der Erfassungsbogen wurde vollständig ausgefüllt. Bei mehreren Projekten, mehrheitlich bei Forschungsprojekten, fehlten die Angaben zu Wasserverbrauch, Energieverbrauch und Kosten. Andererseits waren detaillierte Informationen vorhanden über technische Komponenten wie beispielsweise über die Beschaffenheit einer Membran, eines Filters oder die Abwasserqualität. Ebenfalls schwierig war, aufgrund der Angaben vergleichbare Werte zu den Kosten zu erhalten. Energieverbrauch und Kosten wurden am schlechtesten dokumentiert.

---

<sup>61</sup> Fehlende Schwedischkenntnisse der Autorin, ein Erfassungsbogen in Deutsch, welcher das Übersetzungsproblem nicht löste, und die Schwierigkeit, eine auskunftswillige Deutsch sprechende Person zu finden, führten schlussendlich dazu, dass für dieses Projekt keine Daten erhoben werden konnten.

### Schwierigkeiten bei der Datenerhebung

Im Voraus war nicht abschätzbar, welche Fragen aus den Erfassungsbogen beantwortet würden und in welcher Detailtiefe Informationen vorhanden sein würden. Daher wurde der Erfassungsbogen recht umfangreich gestaltet. Auch der zeitliche Aufwand für die Erfassung war schwer abschätzbar. Nur ein kleiner Teil der Daten wurde von Bezugspersonen der jeweiligen Projekte ausgefüllt, ein Grossteil der Daten wurde von der Autorin selbst erfasst. Bei den selbst erfassten Daten war es teilweise schwierig, aus der Menge an Informationen in den Forschungsberichten die gesuchten Angaben zu finden. Mangelnder Einblick in die Kostendetails und die unklare Aufspaltung bei aggregierten Kosten erschwerten die Erfassung und damit die Vergleichbarkeit der Daten. Vertraulichkeit war ein Grund für fehlende Daten, beispielsweise sollten bei P 1.1 die Forschungsergebnisse vor der Herausgabe von den Industriepartnern begutachtet werden. Bei anderen Projekten war dieser Aspekt nicht offen dargelegt, mag aber generell ein Grund sein für die Zurückhaltung bei Angaben zu bestimmten Daten. Teilweise wurden Schätzwerte angegeben oder die Genauigkeit der Werte war nicht deklariert. Daher wurden die erfassten Daten in: a (verlässlich), b (unsicher) kategorisiert. Weitere Schwierigkeiten neben fehlenden und heterogenen Daten waren zu viele, respektive noch nicht ausgewertete Daten (P 3.4) oder ganz einfach die fehlende Zeit für das Ausfüllen des Erfassungsbogens (P 2.1, P 2.2, P 2.4, P 2.5, P 4.1).

### 3.6 Pilotprojekte: Projektbeschriebe

Damit sich interessierte Leser in kurzer Zeit ein Bild über die 16 bearbeiteten machen können, wurde von jedem Projekt ein Datenblatt mit Kurzbeschreibung und Fliessschema erstellt (Anhang A, Nr. 24-65). Weitere Details sind den Erfassungsbögen zu entnehmen (Anhang C). Folgende Projekte wurden bearbeitet:

- 1.1 Wohnsiedlung "DEUS 21", D-Knittlingen bei Pforzheim
- 1.2 "NMRH", Neue Monte Rosa Hütte SAC, CH-Zermatt
- 1.4 Wohnkolonie "Laughing Waters", Bangalore, Indien
- 2.1 Ökologische Siedlung Flintenbreite, D-Lübeck
- 2.2 Mietwohnungen "KOMPLETT", D-Oberhausen
- 2.4 Hotel Arabella, D-Offenbach
- 2.5 Hotel am Kurpark Späth, D-Bad Windsheim
- 3.1 Überbauung "Solar City" in Pichling, A-Linz
- 3.3 Stranddorf Augustenhof, D-Grube
- 3.4 "Forum Chriesbach", Eawag, CH-Dübendorf
- 4.1 "SCST", Wohnhaus, Klärwerk Stahnsdorf, D-Berlin
- 4.6 "SANIRESCH", Bürogebäude der GIZ, D-Eschborn
- 5.1 Ökosiedlung Allermöhe, D-Hamburg
- 5.2 Waldquellesiedlung, D-Bielefeld
- 6.1 Gemeinschaftswohnheim "Gebers", S-Orhem
- 6.2 Ecotown Erdos, Dongsheng Distrikt, Innere Mongolei, China

### 3.7 Pilotprojekte: Auswertung der Daten

Anhand der Pilotprojekte sollen die Praxiserfahrungen aufgezeigt und die folgenden Fragen beantwortet werden:

**B: WELCHE ERFAHRUNGEN WURDEN IN DER PRAXIS MIT DEZENTRALEN ABWASSERSYSTEMEN GEMACHT?**

**B1: WIE WURDEN DIE SYSTEME UMGESETZT UND WO FINDEN SIE VERWENDUNG?**

**B2: WELCHE VERGLEICHSWERTE ERGEBEN SICH AUS DEN UNTERSUCHTEN PILOTPROJEKTEN?**

**B3: WELCHE LEHREN KÖNNEN AUS DEN PILOTPROJEKTEN GEZOGEN WERDEN?**

**B4: WIE WAR DIE AKZEPTANZ DER NUTZER GEGENÜBER DEN NEUARTIGEN SANITÄRSYSTEMEN?**

#### 3.7.1 Aufbau der Pilotprojekte

Tab. 8 verschafft Überblick über die in den Projekten verwendeten Komponenten. Die Benutzerschnittstellen, die Beförderung der Stoffströme, die zur Behandlung des Abwassers verwendeten Technologien sowie die Verwendung der erzeugten Produkte aus den Projekten sind aufgelistet.

Tab. 8 Aufbau der Projekte, Systemkomponenten

System Nr.		Projekt Nr.		Kurztitel Projekt		Stammdaten		1. Benutzerschnittstelle		3. Beförderung Leitungssystem		2./4. Behandlung Technologie		5. Verwendung/Deponie Produkte																										
		Anzahl Bewohner; max. Anz. Nutzer	Neubau/Um bau	Wohnen; Eigentum/Miete	Arbeiten/Schule	Hotel	Angewandtes Projekt	Forschungsprojekt	WT	NM	TT	WU	TU	B	S	V	A	M	R	R	K	B	L/K	U/O	S/B	K/B/D	G	T/B	G/V	K	U	D/F	K	K	D/F	R	S/B/V			
S1:	1.1	DEUS 21	345	N	E/M	-	-	A	F	WT	-	-	WU	TU	B	S	V	-	M	R	R	-	-	-	-	S	K/B	-	-	G	-	-	-	-	-	-	-	R	(S)	
	1.2	NMRH	120	N	-	-	H	A	-	WT	-	-	-	TU	B	S	-	-	M	-	-	-	-	-	O	S	-	-	T	V	-	-	-	-	-	-	-	R	S	
	1.4	L. Waters	1600	N	E	-	-	A	-	WT	-	-	-	-	-	S	-	-	-	R	-	-	-	-	-	S	K	-	B	V	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S2:	2.1	Flintenbreite	111	N	E	-	-	A	-	WT	-	-	-	-	-	S	V	-	-	R	-	-	B	-	-	S	B/D	G	-	G	-	-	-	-	-	-	-	-	R	V
	2.2	KOMPLETT	65	U	-	A	-	-	F	WT	-	-	WU	-	B	S	-	A	M	-	-	-	-	K	U/O	S	-	G	T/B	-	K	-	-	-	VK	F	-	-	-	-
	2.4	Arabella	400	U	-	-	H	A	-	WT	-	-	WU	-	B	S	-	A	-	-	R	-	-	-	U	S	-	G	T	-	K	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2.5	Am Kurpark	30	U	-	-	H	A	F	WT	-	-	-	-	B	S	-	A	M	-	-	-	-	-	U	S	-	G	T	-	K	-	-	-	-	-	-	-	-	
S3:	3.1	Solar City	460	N	E/M	S	-	A	F	-	NM	-	-	TU	-	S	-	A	-	-	-	K	B	K/L	-	B	-	-	(G)	K	U	-	K	-	-	-	-	-	-	-
	3.3	Augustenhof	22	N	-	-	FW	A	-	-	NM	-	-	-	-	S	-	A	-	-	-	-	-	L	-	B	-	-	-	K	U	-	K	-	-	-	-	-	-	-
	3.4	Chriesbach	220	N	-	A	-	A	F	-	NM	-	-	TU	B	S	-	A	-	-	-	-	-	L	-	B	-	-	-	K	U	F	-	-	-	R	S	-	-	
S4:	4.1	SCST	40	U	M	A	-	-	F	-	NM	-	-	-	-	S	V	A	M	-	-	-	B	-	-	B	B/D	G	-	-	K	U	F	-	VK	F	-	-	-	-
	4.6	SANIRESCH	400	U	-	A	-	-	F	-	NM	-	-	TU	-	S	-	A	M	-	-	-	-	-	-	B	-	G	-	-	K	U	F	-	-	-	-	-	-	
S5:	5.1	Allermöhe	105	N	E	-	-	A	-	-	-	TT	-	-	-	S	-	(N)	-	-	-	-	B	K	-	-	-	G	-	G	(K)	-	-	-	K	D	R	B	-	
	5.2	Waldquelle	260	N	E	-	-	A	-	-	-	TT	-	-	-	S	-	A	-	-	-	-	-	K	-	-	-	G	-	-	K	U	F	-	-	K	D	-	-	
S6:	6.1	Gebers	80	U	E	-	-	A	-	-	-	TT	-	-	-	S	-	A	-	-	-	-	-	K	-	-	G	-	-	K	U	D	-	-	K	D	-	-	-	
	6.2	Erdos	3000	N	M	-	-	A	F	-	-	TT	-	TU	-	S	-	-	-	-	-	-	-	K	-	-	G	B	V	-	U	D	-	-	K	D	-	-	-	

Übersicht über die Komponenten der einzelnen Stationen (Funktionsgruppen) der Projekte. Die Abkürzungen in den Zellen stehen jeweils für die in der Spalte abgebildeten Variablen. Die Angaben links (hellgrau hinterlegt) dienen als Hintergrundinformationen. Die nicht hinterlegten Zellen mit Bezeichnungen verweisen auf Produkte, die nicht aufbereitet werden, Klammern zeigen Optionen auf. Quelle: Eigene Darstellung nach Angaben aus den Erfassungsbögen.

3. *Beförderung*: 10 von 16 Projekten sind semizentrale Projekte da sie über einen Kanalanschluss (A) verfügen (ausser P 1.1, P 1.2, P 1.4, P 2.1, P 5.1, P 6.2).

2./4. *Behandlung/Technologie*: Hier sind nur die am häufigsten verwendeten Behandlungsmethoden aufgeführt. Bei P 3.3 und P 3.4 wird lediglich Urin gesammelt und gelagert, kein Wasser aufbereitet (ausser bei P 3.4 Regenwasser), deshalb ist keine Behandlung aufgelistet.

5. *Verwendung/Deponie*: Hier werden in der Tab. 8 nur jene Stoffe grau hinterlegt, die zur Wiederverwendung aufbereitet werden wie beispielsweise bei P 3.3. Ausser bei den zwei Hotelprojekten (P 2.4, P 2.5), der NMR-Hütte (P 1.2) und dem Forschungsprojekt P 2.2 wird bei keinem Projekt Grauwasser wiederverwendet. Bei zwei Projekten wurden Versuche mit Vermikompostierung (VK) gemacht (P 2.2, P 4.1). Bei der Verwendung von Trockentoiletten wird das anfallende Grauwasser nur zur Bewässerung oder Versickerung aufbereitet, es braucht kein Spülwasser für die Toilette. Bei Forschungsprojekten wird das aufbereitete Wasser oft nicht wiederverwendet, sondern gereinigt in die ARA geleitet. In zwei Projekten wird Urin in die Kanalisation eingeleitet, weil es aufgrund fehlender Bewilligungen nicht zu Düng- oder Forschungszwecken verwendet werden kann.

### 3.7.2 Berechnungsgrundlagen für die Vergleichswerte (Benchmarks)

#### Relativierte Werte

Durch das Teilen der absoluten Werte durch die Anzahl Nutzer (/p) resp. durch die Wassermenge (/m<sup>3</sup>) wurden relative Werte ermittelt, um eine Vergleichbarkeit zwischen den Projekten zu erreichen. In Berücksichtigung der Art der Wasseraufbereitung wurde entweder der gesamte Wasserverbrauch (P 1.2, P 1.4, P 3.1, P 3.3), die recycelte Wassermenge (P 2.4, P 2.5, P 3.4) oder bei trockenen Systemen die gesparte (nicht verbrauchte) Wassermenge (P 5.1, P 5.2, P 6.2) als Nenner (/m<sup>3</sup>) eingesetzt. Da bei P 3.3 nur Urin gelagert und keine Aufbereitung gemacht wird, beziffern hier die relativierten Werte nur die Urinlagerung. Die Werte, welche zur Relativierung eingesetzt wurden, sind in der Tabelle mit einem schwarzen Kästchen gekennzeichnet. Die grünen Kästchen weisen auf niedrige (gute), die roten auf hohe (schlechte) Werte hin.

#### Belegung, Anzahl Tage pro Betriebsjahr, Wassermenge

Die Projekte weisen eine unterschiedliche Anzahl Nutzer und Betriebstage pro Jahr auf. Bei Wohnbauprojekten (P 1.1, P 1.4, P 3.1, P 4.1a, P 5.1, P 5.2, P 6.2) wurde mit der effektiven Anzahl Bewohnern und 365 Tagen pro Jahr gerechnet. Bei Bürobauten (P 3.4, P 4.1b, P 4.6) wurde mit der mittleren Belegung und 260 Tagen pro Jahr gerechnet. Bei den Hotelprojekten (P 1.2, P 2.4, P 2.5, P 3.3) wurde mit einer geschätzten durchschnittlichen Belegung von 50 % gerechnet. Für ein Jahr wurden 365 Tagen eingesetzt, bei P 1.2 wurde mit 242 Tagen und bei P 3.3 mit 240 Tagen gerechnet.

3.7.3 Gegenüberstellung der Vergleichswerte

Tab. 9 Gegenüberstellung der Vergleichswerte aus den Pilotprojekten (Benchmarks)

Benchmarks der Projekte (a)																
System Nr.	Proj Nr.	Kurztitel Projekt		Anzahl Bewohner; Max. Anz. Nutzer (max N)		Durchschnittliche Belegung Ø Nutzer (Ø N)		Wasserverbrauch/d*p gesamt	Frischwassermenge/d*p gespart; n. verbraucht	Wasserverbrauch/y frisch	Wasserverbrauch/y recycliert	Wasserverbrauch/y gesamt	Frischwassermenge/y gespart; n. verbraucht	Energieverbrauch/y	Energieverbrauch/y*p	Energieverbrauch/y*m <sup>3</sup> behandeltes Wasser/y
		Stk	Stk	m <sup>3</sup> /d*p	m <sup>3</sup> /d*p	m <sup>3</sup> /y	m <sup>3</sup> /y	m <sup>3</sup> /y	m <sup>3</sup> /y	kWh/y	kWh/y*p	kWh/m <sup>3</sup>				
S0:	0.1	ARA				0.140								35-75	0.35-0.53	
S1:	1.1	DEUS 21	345	345 a	0.084 a	0	k	k	10'557 a	0	k	k	k	k	k	k
	1.2	NMRH	120	55 a	0.073 a	0.033 a	532.4	436 a	968 a	436 a	6'880 a	125	7.11			
	1.4	L. Waters	1600	1600 a	0.138 a	0	80'300	0 a	80'300 a	0 a	2'053 a	1	0.03			
S2:	2.1	Flintenbreite	111	111 a	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k
	2.2	KOMPLETT	65	58 a	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k
	2.4	Arabella	400	200 b	k	0.065 b	k	4'745 a	k	4'745 a	7'300 a	37	1.50			
	2.5	Am Kurpark	30	17 a	0.682 b	0.124 a	3'468	767 a	4'235 b	767 a	1'534 a	90	2.00			
S3:	3.1	Solar City	460	460 a	0.145 a	0	24'346	0	24'346 a	0	k	k	k			
	3.3	Augustenhof	22	12 b	0.104 b	0	300	0	300 a	0	k	k	k			
	3.4	Chriesbach	220	150 a	0.022 b	0.008 b	810	470 a	1280 b	470 a	k	k	k			
S4:	4.1	SCST	40	40 a	k	0	k	0	k	0	k	k	k			
	4.6	SANIRESCH	400	400 b	k	0	k	0	k	0	k	k	k			
S5:	5.1	Allermöhe	105	105 a	0.100 b	0.040 b	3'833	0	3'833 b	1'533 b	k	k	k			
	5.2	Waldquelle	260	260 a	0.080 b	0.040 b	7'592	0	7'592 b	3'796 b	250 a	1	0.03			
S6:	6.1	Gebers	80	80 a	0.110 a	k	k	k	k	k	k	k	k			
	6.2	Erdos	3000	3000 a	0.048 a	0.032 a	52'195	0	52'195 a	35'369 a	49'744 a	17	1.41			
	k	keine Angaben														
	0	keine Menge														
	a	verlässliche Daten														
	b	unsichere Daten, Daten aus Schätzungen, unklar, was alles enthalten ist														
	<i>kursiv</i>	Daten aus der Literatur: Für P 0.1 Hiessl/Hillenbrand et al. (2010, 93, 150). Für P 1.1, P 2.2, P 4.1: Villeroy&Boch et al. (2009, 25). Für P 2.1: Herbst (2008, 53)														
	Korrekturzeile:															
	2.5	Am Kurpark	90	45 a	0.258 b	0.047 a										

Energieverbrauch, Flächenverbrauch, Erstellungs- und Betriebskosten werden pro Person und pro Kubikmeter Wasser berechnet (aufbereitet resp. nicht verbraucht). Der verwendete Wert zur Relativierung ist jeweils mit schwarzer Umrahmung gekennzeichnet. Grüne Kästchen heben niedrige (gute), roten Kästchen hohe (schlechte) Werte hervor. Rechts in der Tabelle sind die Behandlungsarten vermerkt. Bitte Korrekturzeile zu P 2.5 in Tabelle beachten. Quelle: Eigene Darstellung nach Angaben aus den Erfassungsbögen. Kursiv gedruckte Zahlen sind Vergleichswerte aus der Literatur für P 0.1, P 1.1, P 2.1, P 2.2, P 4.1. Villeroy\_&\_Boch et al. (2009, 25), Hiessl/Hillenbrand (2010, 93, 150), Herbst (2008, 53) .

Benchmarks der Projekte (b)																
System Nr.	Proj Nr.	Kurztitel Projekt	Fläche			Erstellungskosten Anlage			Betriebskosten/y			Schwarzwasserbehandlung	Grauwasserbehandlung	Regenwasserbehandlung	Urinsammlung/-behandlung	Wassersparnis
			Fläche	Fläche/p	Fläche/m <sup>3</sup> behandeltes Wasser/y	Erstellungskosten Anlage	Erstellungskosten Anlage/p	Erstellungskosten Anlage/m <sup>3</sup> behandeltes	Betriebskosten/y	Betriebskosten/p	Betriebskosten/m <sup>3</sup> behandeltes Wasser/y					
			/max N	/max N	/max N	/max N	/max N	/max N	/max N	/max N	/max N					
Einheit	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup> /p	m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>	€	€/p	€/m <sup>3</sup>	€/y	€/y*p	€/m <sup>3</sup>							
S0:	0.1	ARA				450-2'100					???	x				
S1:	1.1	DEUS 21	k	k	k	k	11'292	k	k	153.30	5.01	x	x			
	1.2	NMRH	125 <sup>a</sup>	1.04	0.13	144'500 <sup>a</sup>	1'204	149	10'000 <sup>a</sup>	181.82	10.33	x				
	1.4	L. Waters	530 <sup>a</sup>	0.33	0.01	60'000 <sup>a</sup>	38	1	259 <sup>a</sup>	0.16	0.00	x				
S2:	2.1	Flintenbreite	k	k	k	k	740	k	k	100.00	k	x	x			
	2.2	KOMPLETT	k	k	k	k	3'063	k	k	459.90	4.57	x	x			
	2.4	Arabella	38 <sup>a</sup>	0.10	0.01	k	k	k	k	k	k		x			
	2.5	Am Kurpark	30 <sup>a</sup>	1.00	0.04	25'300 <sup>a</sup>	843	133	2090 <sup>a</sup>	122.94	2.73		x			
S3:	3.1	Solar City	480 <sup>a</sup>	1.04	0.02	1'395'800 <sup>b</sup>	3'034	70	5'000 <sup>a</sup>	10.87	0.21	x				
	3.3	Augustenhof	21 <sup>a</sup>	0.95	0.07	19'000 <sup>b</sup>	864	87	175 <sup>b</sup>	14.58	0.58				x	
	3.4	Chriesbach	88 <sup>a</sup>	0.40	0.19	k	k	k	k	k	k			x	x	
S4:	4.1	SCST	130 <sup>a</sup>	3.25	k	k	3'264	k	k	127.75	4.02	x	x			x
	4.6	SANIRESCH	35 <sup>a</sup>	0.09	k	38'800 <sup>b</sup>	97	k	11'740 <sup>b</sup>	29.35	k	x	x			x
S5:	5.1	Allermöhe	440 <sup>a</sup>	4.19	0.29	258'800 <sup>b</sup>	2'465	169	30'660 <sup>b</sup>	292.00	20.00					x
	5.2	Waldquelle	350 <sup>a</sup>	1.35	0.09	304'500 <sup>a</sup>	1'171	80	42'700 <sup>a</sup>	164.23	11.25					x
S6:	6.1	Gebers	k	k	k	k	k	k	k	k	k					x
	6.2	ErDOS	9'000 <sup>a</sup>	3.00	0.25	1'007'739 <sup>a</sup>	336	28	70'398 <sup>a</sup>	23.47	1.99					x

- niedrige Werte (gut)
- hohe Werte (schlecht)
- Angaben dienen zur Relativierung der Vergleichswerte

#### Tabelle der Vergleichswerte aus den Pilotprojekten

Die in Tab. 9, S. 56/57 dargestellten Daten sind eine Zusammenstellung der quantitativ auswertbaren Parameter. Darin enthalten sind der Wasserverbrauch, genauer der Gesamtverbrauch und darin die Anteile an Frischwasser, "recycliertem" Wasser und "gespartem", resp. "nicht verbrauchtem Wasser". Weiter sind der Energieverbrauch, der Flächenverbrauch, die Erstellungs- und Betriebskosten zu finden. Da bei einigen Projekten Angaben über den Wasserverbrauch fehlten, fehlen auch die davon abhängigen relativen Werte. Nicht alle Daten konnten als qualitativ gleichwertig eingestuft werden. Sie wurden in zwei Kategorien, a (verlässlich) und b (unsicher) klassifiziert, so dass auch die Leser sie einordnen können.

#### Wasserverbrauch

Der "Wasserverbrauch gesamt" ( $\text{m}^3/\text{y}$ ) setzt sich zusammen aus dem "Frischwasserverbrauch" und dem "Verbrauch aus recycliertem Wasser". Aufbereitetes Regenwasser wird bei "Wasserverbrauch recycliert" ( $\text{m}^3/\text{y}$ ) verrechnet, da es eine Aufbereitung benötigt, und zugleich bei "Wasserverbrauch gespart" ( $\text{m}^3/\text{y}$ ), da es nicht aus dem Versorgungsnetz kommt, sondern als positive Externalität<sup>62</sup> anfällt. Durch diese Substitution wird Frischwasser "eingespart". In der Spalte "gesparte" resp. "nicht verbrauchte" Frischwassermenge ( $\text{m}^3/\text{d} \cdot \text{p}$ ) ist der Verbrauch von "recycliertem" wie auch von "nicht verbrauchtem" Wasser eingetragen. Nicht bei allen Projekten wird die dezentrale Abwasseraufbereitung zur Wiederverwendung von Wasser genutzt, in einigen Projekten wird das Abwasser lediglich gereinigt, um danach in das Gewässer eingeleitet werden zu können.

#### Energieverbrauch (kWh/y)

Hier ist der Energieverbrauch der dezentralen Abwasseraufbereitung eingetragen. Bei zwei Dritteln der Projekte fehlen die Angaben. Bei den Werten zu P 2.4 bzw. P 2.5 handelt es sich nicht um Messwerte, sondern um Angaben vom Hersteller respektive Planer.

#### Fläche (m<sup>2</sup>)

Hier ist die Fläche berechnet, welche für die Wasserbehandlung benötigt wird, sei dies im Innern des Hauses (Technikraum) oder ausserhalb (Kompostplatz, Pflanzenkläranlage etc.). Die Steigzonen wurden nicht miteinbezogen.

#### Erstellungskosten (€)

Hier wurden die Erstellungskosten für die Abwasserbehandlungsanlage, die Kosten für das (mehrfache) Leitungsnetz sowie für die Benutzerschnittstelle eingesetzt (Pos. 6.1, 6.2, 6.3 im Erfassungsbogen). Wo einzelne Positionen fehlten, wurden diese anhand von Referenzwerten aus anderen Pro-

---

<sup>62</sup> Der Anfall Regenwasser stellt für den Nutzer eine kostenlose Ökodieleistung dar, wovon er profitieren kann.



jekten ergänzt (z. B. Kosten für Toiletten). Über die Kosten konnten bei vielen Projekten keine ausreichenden Angaben gemacht werden. Bei P 5.1, P 5.2 und P 6.2 ist unter "Erstellungskosten der Anlage/m<sup>3</sup> behandeltes Wasser" abzulesen, wie hoch die Erstellungskosten für die Trockentoilettenanlage pro 1 m<sup>3</sup> jährlich gespartes Wasser sind.

#### Betriebskosten (€/y)

Die Betriebskosten wurden ohne Rückzahlung und Verzinsung gerechnet. Es wurden nur die laufenden Kosten (Betrieb und Unterhalt) eingetragen und durch die Wassermenge resp. durch die Anzahl Nutzer geteilt. Diese Art Vergleich ist vereinfacht und sollte als erste Annäherung gesehen werden. Bei P 5.1, P 5.2 fallen monatliche und jährliche Unterhaltskosten als Eigenleistung an in Form von körperlicher Arbeit, um beispielsweise den Kompost umzuwälzen oder die Pflanzenkläranlage zu jäten. Diese Kosten wurden als Geldbetrag eingesetzt, da die verlorenen Stunden an Freizeit auch einen finanziellen Wert<sup>63</sup> darstellen und es sonst für den Vergleich zu einer Verzerrung käme.

#### 3.7.4 Lehren aus den Pilotprojekten

Es würde zu weit führen, die vielen Erfahrungen, welche aus den 16 Projekten zusammengetragen wurden, hier aufzulisten. Sie betreffen Hinweise zur Reinigung, zum Bau und zur Umsetzung. Von diesen Erfahrungen sind einige in den Erfassungsbögen (s. Anhang), meist unter Punkt 9.0 "Weitere Bemerkungen" festgehalten, wo auch Quellenangaben für weiterführende Literatur zum jeweiligen Projekt verzeichnet sind.

Rückblickend scheint ein Punkt besonders wichtig zu sein für das Gelingen eines Versuchsprojektes: Der frühe Einbezug der verschiedenen Akteure in die Entwurfsphase des Projektes, womit potenzielle Nutzer, die zuständigen Behörden, leitende Fachplaner und Hersteller gemeint sind.<sup>64</sup> Gleichzeitig braucht es eine Person (oder ein kleines Team), die unermüdlich die Vorstellung des gesetzten Ziels verfolgt und kommuniziert, zugleich aber auch offen ist für kritische Stimmen, diese zurück in den Entwicklungsprozess hineinträgt und damit den Prozess voranbringt.<sup>65</sup> Es braucht Menschen, die hinter dem Projekt stehen und sich dafür einsetzen. Ein Versuchsprojekt "[...] kann den Benutzern nicht auferzungen werden", wie die Bezugsperson vom P 3.1 schreibt. Bei Projekten, wo die Mitarbeit des Nutzers gefragt ist, wie bei S5 und S6, aber auch bei S3 hat sich gezeigt, dass sich diese Systeme bei Eigentum besser eignen als bei Miete.

<sup>63</sup> Opportunitätskosten, Ansatz: 25 Euro pro Stunde.

<sup>64</sup> "Möglichst früh alle Anspruchsgruppen, alle Stakeholder mit einbeziehen: Abwasserwirtschaft, Mieter etc. Ein partizipatives Vorgehen, denn wenn man Gruppen nicht einschliesst, fühlen sich diese übergangen. Wir gingen zu spät zu den Leuten der ARA. Wir dachten, wir müssen denen einen Vorschlag präsentieren. Aber wir hätten die schon am Anfang mit einbeziehen sollen." B7 #01:17:35-5#.

<sup>65</sup> "Ja, weil ich stur geblieben bin ... Ich habe mich immer wieder gewehrt gegen Versuche, mich von diesem Projekt abzubringen. Ein wesentlicher Teil war auch die Auszeichnung, die wir erhalten hatten [...]" B7 #01:25:11-6#.

Ebenfalls wichtig scheint, dass neuartige Sanitärsysteme zuerst in einem kleinen Rahmen getestet werden, mit mehreren Optionen, so dass Anpassungen ohne grosse Kosten vorgenommen werden können. Die Entwicklung innerhalb von fünf Jahren bei P 6.2 illustriert die Folgen von einem zu schnellen Vorgehen. 2004 wurden hier in 832 Wohnungen speziell entwickelte Trockentrenn-toiletten (siehe Anhang 67) mit einer ganzen Infrastruktur für S6 aufgebaut. Nach fünf Jahren wurden (bis auf vier) alle Trockentoiletten durch wassergespülte ersetzt. Der Druck der Mieter wurde wegen fehlender Akzeptanz wegen Geruchsproblemen immer grösser. Dazu kamen externe Einflüsse wie personeller Wechsel bei den Behörden und die zunehmende Verfügbarkeit von Frischwasser durch den Bau einer externen Wasserzuleitung. Zwar konnte über diese Erfahrung für vier Wohnungen ein zufriedenstellend funktionierendes System gefunden werden, gleichzeitig ist die Chance für weitere wasserlose Projekte aber massiv gesunken. Ein Zwischenschritt mit Testprojekten in einem kleineren Massstab hätte den fragwürdigen Schritt zur Wasserspülung in dieser wasserarmen Gegend möglicherweise verhindern können.

### 3.7.5 Akzeptanz der Nutzer

Die Ergebnisse aus den Fragen zur Nutzerakzeptanz stellen keine repräsentativen Angaben für die Benutzer dar. Der Erhebungsbogen wurde in den meisten Fällen von der Bezugsperson des Projektes und nicht von den Nutzern selber ausgefüllt. Diese Aussagen wurden somit schon gefiltert. Bei vielen Projekten fehlen die Antworten gänzlich. So war es kaum möglich, verwertbare Rückschlüsse zu ziehen. Die Aussagen wurden ausgewertet, es folgt eine kurze Zusammenfassung (siehe Anhang A, Nr. 70/71), sie werden jedoch nicht weiter in der Diskussion verwendet.

#### Aussagen zu den Fragen zur Akzeptanz

Bei allen, ausser einem Projekt fand eine Einführung für die Benutzer statt oder es wurde zusätzliche Information bereitgestellt. Bei den meisten Projekten (bei fünf von sieben) wurden Verhaltensänderungen festgestellt. Die Frage zum Mehraufwand wurde klar mit Ja beantwortet (sieben von neun), hingegen gab es nur bei vier von elf Projekten Probleme oder negative Rückmeldungen bezüglich Hygiene. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass es jeweils positive wie auch negative Reaktionen gab, die positiven überwiegen jedoch leicht, woraus eine positive Akzeptanz abgeleitet werden kann.

#### Bemerkungen zu anderen Akzeptanzstudien

Bei mehreren Projekten wurden begleitend Akzeptanzstudien durchgeführt, welche teilweise oder vollständig auf andere Fragen ausgerichtet waren. Deren Ergebnisse konnten daher nicht direkt in die Erhebungsbogen einfließen, einige Punkte wurden jedoch in den Bemerkungen integriert. In den Erhebungsbögen sind die entsprechenden Quellen vermerkt.

Bei S3 und S4 wurden ausschliesslich NoMix-Toiletten vom Hersteller Rödinger verwendet. Hier gab es Anmerkungen zu Problemen mit der Spülmenge und mehrmaligem Spülen. Auch wurde darauf hingewiesen, dass die NoMix-Toilette nicht für Kinder unter 1.40 Metern Körpergrösse geeignet ist. Bei S4 wurden Bemerkungen zur Hygiene gemacht.

Bei Vakuumtoiletten wurde der Lärm, den die Spülung verursacht, als störend empfunden, eine Nutzerakzeptanzstudie brachte gar hervor, dass es Leute gibt, die sich vor der Benutzung der Vakuumtoilette fürchten. Bei System 5 wurde die Abwesenheit von Geruchsbildung gelobt, hingegen wurde der Mehraufwand in Form von körperlicher Arbeit festgehalten.

### 3.8 Merkmale von Hotels

Die folgenden Fragen werden in diesem Kapitel behandelt:

**C: AUS WELCHEN GRÜNDEN KÖNNEN DEZENTRALE ABWASSERSYSTEME FÜR HOTELBETRIEBE VON INTERESSE SEIN?**

**C1: WAS IST DER ZWECK VON HOTELS UND WELCHE HOTELARTEN GIBT ES?**

**C2: FÜR WELCHE ZWECKE KANN DEZENTRAL AUFBEREITETES WASSER WIEDERVERWENDET WERDEN UND WELCHE SPEZIFISCHEN VERBRAUCHSMENGEN SIND IN HOTELS ZU ERWARTEN?**

**C3: WELCHE ANREIZE BESTEHEN FÜR HOTELIERS ZUR VERBESSERUNG DER NACHHALTIGKEIT IHRES BETRIEBES?**

**C4: WELCHE EIGENSCHAFTEN DER NEUARTIGEN SANITÄRSYSTEME WEISEN FÜR HOTELS VORTEILE (NACHTEILE) AUF?**

#### 3.8.1 Der Zweck von Hotels

Der grundlegende Anspruch des Gastes an ein Hotel ist eine "[...] sichere Herberge zum Übernachten [...]"; es geht darum, ihm einen "[...] temporären Ersatz für das Zuhause [...]" zu erhalten, welcher Privatsphäre bietet und in gewissem Masse seine ästhetischen Bedürfnisse befriedigen sollte. Ein Hotel kann ein Familienbetrieb oder ein Glied einer grossen Hotelkette sein. In jedem Fall muss er wirtschaftlich sein und kann nicht nur der Befriedigung der Kundenwünsche dienen. Nach Ronstedt/Frey (2011) stellen Hotels "optisch hübsch verpackte, knallhart kalkulierte Renditemaschinen" dar, was den harten Konkurrenzkampf in der Branche umschreibt.

#### 3.8.2 Einflussfaktoren für den Wasserverbrauch für Hotels

##### Hoteltypen

Es gibt verschiedene Hoteltypen wie Tagungshotel, Stadthotel, Boutiquehotel, Designhotel, Low-Budget-Hotel, Garni-Hotel<sup>66</sup>, Ökohotel, Motel, Singlehotel oder (kinderfreundliches) Ferienhotel, Wellnesshotel, Golfhotel etc., welche mit ihrer Infrastruktur auf unterschiedliche Kundenkreise ausgerichtet sind. In Singlehotels, Familienhotels und Golfhotels werden Club- oder Aktivferien verbracht, hier steht das Erlebnis des Gastes im Zentrum, wozu auch die Infrastruktur des Hotels beitragen soll. Ferienhotels verfügen meist über grosszügige Grünanlagen mit hoteleigenem Pool (siehe Tab. 11, S. 63). Tagungs- und Wellnesshotels betreiben oft grosse wasserintensive Wellnessanlagen, Stadthotels hingegen müssen ihren Platz haushälterischer nutzen. Ökohotels unterscheiden sich von konventionellen Anbietern durch ihr Bestreben in der Bau- und Bewirtschaftungsweise

---

<sup>66</sup> Hotel, das nur Frühstück, Getränke und höchstens kleine Speisen anbietet. Meist ein Familienhotel mit kleinerer Zimmerzahl, als dies bei Hotelketten der Fall ist.

Umwelteinflüsse zu reduzieren, was beispielsweise über Labels oder Umweltmanagementsysteme kommuniziert wird.

### Infrastruktur und Hotelklasse

Neben der Infrastruktur (Tab. 11) beeinflusst auch die Hotelklasse<sup>67</sup> (Tab. 12) den Wasserverbrauch.

**Tab. 11 Infrastruktur von Stadthotels bezogen auf die Hotelklasse**

Klasse	Sterne	Anteil Wellnessbereich/Zi.	Infrastruktur
<b>Low Budget</b>	0–1	0 m <sup>2</sup> /Zi.	Kein Wellnessbereich
<b>Budget</b>	2	0 m <sup>2</sup> /Zi.	Optional Fitnessbereich mit wenigen Geräten
<b>Mittelklasse</b>	3	0.2–0.5 m <sup>2</sup> /Zi.	Fitnessgeräte, kleine Sauna, evt. Whirlpool und Solarium
<b>First Class</b>	4	0.4–0.9 m <sup>2</sup> /Zi.	Fitness, Sauna, Whirlpool und Solarium
<b>Luxus</b>	5	ab 0.8 m <sup>2</sup> /Zi.	Fitness, Sauna, Whirlpool und Solarium inkl. Pool

Quelle: Eigene Darstellung nach Angaben von Ronstedt/Frey (2011, 246).

Energie- und Wasserkosten machten gemäss einer Studie von Lai/Yik (2008) den grössten Anteil der Betriebs- und Unterhaltskosten von zehn Luxushotels in Hongkong aus, Strom 34 %, Gas 5 %, Diesel 4 % und Wasser 2 % (Lai/Yik, 2008).

Die Angaben von Hamele/Eckardt (2006)(Tab. 12) bestätigen den durchschnittlichen Wasserverbrauch für Hotelgäste, den Ronstedt/Frey mit 300–600 Litern pro Übernachtung angeben. Dies verdeutlicht einen bis zu viermal höheren täglichen Verbrauch bei Hotelgästen gegenüber privaten Nutzern privat. Pro Gedeck im Restaurant fallen 30–40 Liter Wasser an. Bei einem Wasserpreis von 5.5 Euro/Kubikmeter ergeben sich daraus Kosten pro Zimmer von 1.65 bis 3.30 Euro. Diese Kosten sind tief und das Sparpotenzial scheint ausgereizt zu sein. Bei der Frage, ob eine Dusche oder eine Wanne eingeplant werden soll, ist die Antwort der Hotelplaner Ronstedt/Frey einfach: Trotz der allgegenwärtigen Empfehlung, zu duschen statt zu baden, um Wasser zu sparen, raten sie zum Einbau von Wannen. Ihre Berechnung zeigt, dass durch die Wanne pro Übernachtung nur 0.19 Euro an Mehrkosten<sup>68</sup> anfallen, was den Komfort des Badens gegenüber dem Duschen längst aufwiegt (Ronstedt/Frey, 2011, 177).

<sup>67</sup> Die Klassifizierung erfolgt nach Punkten, u.a. in Abhängigkeit der Infrastruktur. In Deutschland erfolgt diese Zertifizierung durch DEHOGA (Deutscher Hotel- und Gaststättenverband).

<sup>68</sup> Annahme: 75 % der Gäste bevorzugen es trotz einer Wanne, zu duschen. Durchschnittliche Zimmerbelegung 1.2 Personen, Auslastung 62 %, 140 l Wanneninhalt, 60 l Wasserverbrauch Dusche. Jährlicher Verbrauch:

Wanne:  $365 \times 62 \% \times 1.2 \times (25 \% \times 140 \text{ l} + 75 \% \times 60 \text{ l}) = 21'725 \text{ l}$

Dusche:  $365 \times 62 \% \times 1.2 \times 60 \text{ l} = 16'294 \text{ l}$

Differenz Zi./y: 5'431 l

Annahme: 8 €/m<sup>3</sup> (Warmwasser auf 40 °C inkl. Abwassergebühr)

Mehrkosten pro Jahr: 43.50 €, pro Übernachtung: 0.19 € (bei 60 % Auslastung).

Tab. 12 Wasserverbrauch nach Hotelklasse

Klasse	Anz. Datensätze	Durchschnitt m <sup>3</sup> /y	Durchschnitt l/Ü	Benchmark <sup>69</sup> l/Ü
2 Sterne	20	2.357	454	283
3 Sterne	118	5.306	424	210
4 Sterne	91	13.644	335	201
5 Sterne	16	33.680	594	310

Auflistung der durchschnittlichen Wasserverbrauchsmenge von Hotels in Deutschland: Gesamtmenge in Kubikmetern pro Jahr, Wasserverbrauch in Litern pro Übernachtung, Benchmark in Litern pro Übernachtung. Das grösste Optimierungspotenzial zeigt sich bei Zwei- und Fünf-Sterne-Hotels (Durchschnitt – Benchmark), das kleinste bei Vier-Sterne-Hotels, welche bei durchschnittlich 335 l/Ü (Benchmark 201 l/Ü) liegen. Quelle: Ergänzte Darstellung nach Hamele/Eckardt (2006).

### Geografische Standort

Auch der geografische Standort eines Hotels beeinflusst den Wasserverbrauch. Ferienhotels liegen vorwiegend an sonnenreichen Orten mit wenig Niederschlag. In Mittelmeerländern haben Hotels einen durchschnittlichen Wasserverbrauch von 500 bis 600 Litern pro Übernachtung, in Thailand, Malaysia und Indonesien bis zu 940 Liter pro Übernachtung (visum, 2011), wobei in Deutschland das Spektrum zwischen 180 und 780 Liter pro Übernachtung liegt. Ein Golfplatz in Mallorca benötigt bis zu 2000 Kubikmeter Wasser pro Tag für die Bewässerung (Schmitt, 2007).

### Spezifischer Wasserverbrauch

Über den spezifischen Wasserverbrauch zu den verschiedenen Verwendungen als Teil des Gesamt-wasserverbrauchs von Hotels liefert die Literatur sehr heterogene Angaben. Die Auflistung von Keyzers et al. (2008) am Beispiel des Vier-Sterne-Tagungshotels am Kurpark (P 2.5) liefert Anhaltspunkte, wobei einige Werte auf Annahmen basieren.

Tab. 13 Anteile des spezifischen Verbrauchs am Gesamtverbrauch

Spezifischer Wasserverbrauch	l/G*d	l/d	in %
Nutzung			
Dusche, Wanne, Waschbecken	120	8'640	51.4
Toilettenspülung (Hotel)	40	2'880	17.1
Toilettenspülung (Restaurant)	30	1'500	8.9
Waschmaschine	10	1'220	7.3
Spülmaschine	10	1'220	7.3
Küche und öffentlicher Bereiche	6	732	4.4
Andere Anwendungen	5	610	3.6
Gesamtverbrauch	(221)	16'802	100.0

Spezifischer Wasserverbrauch am Beispiel des Vier-Sterne-Tagungshotels am Kurpark in D-Bad Windsheim (P 2.5) Einige Werte basieren auf Annahmen. Quelle: Keyzers et al. (2008), ergänzt.

<sup>69</sup> Tiefster Vergleichswert der erhobenen Werte.

### 3.8.3 Renovations- und Umbauzyklus

Aufgrund sich ändernder Ansprüche bezüglich Zimmergrösse, Hygiene und Ästhetik sowie funktionalen Anforderungen für den Betrieb unterlagen Hotels bisher einem schnellen Renovations- und Umbauzyklus. Umfang und Tiefe der baulichen Interventionen hingen von der Qualität der Bausubstanz, der technischen Anlagen, der Innenausstattung und dem Alter des Gebäudes ab. Um das Hotel für Nutzer attraktiv zu erhalten, muss mit folgenden Revisionszyklen gerechnet werden (Cakmakli, 2008):

- Kleine Renovationen nach 6 Jahren: Auffrischen und Erneuern von Oberflächen, Ersetzen von abgenutzten, nicht mehr zeitgemässen Dekorations- und Einrichtungsgegenständen wie Tapeten, Anstriche, Tagesdecken etc. Es fallen noch keine strukturellen Änderungen an.
- Grössere Renovationen innerhalb von 12 bis 15 Jahren: Ersetzen von Einrichtungsgegenständen wie Betten, Beleuchtung und Bodenbelägen. Es fallen strukturelle Änderungen an.
- Komplette Erneuerung innerhalb von 25 bis 50 Jahren: Rückbau auf die Grundstruktur und deren Anpassung an die aktuellen Bedürfnisse. Raumanordnungen und Bäder werden angepasst, technisch und funktional veraltete Anlagen wie Kommunikations-, Elektroleitungen, Wärmeverteilung, Sanitär- und Lüftungsleitungsnetz werden ersetzt.

Da die Flexibilität bei Umbauten eingeschränkt ist, lohnt es sich ab einem bestimmten Alter der Bausubstanz eher, neu zu bauen, was grosse Investitionen erfordert. (Ronstedt/Frey 2011).

### 3.8.4 Verwendungszwecke von Produkten aus der Stoffstromtrennung

Brauchwasser, das als Produkt aus der dezentralen Abwasseraufbereitung anfällt, kann in Abhängigkeit zur Qualität für hotelinterne Zwecke wie dem WC-Spülen, Putzen, Wäschewaschen, Geschirrspülen, Bewässern verwendet werden. Wenn genügend grosse Mengen an Schwarzwasser und biogenen Abfällen anfallen, kann daraus Biogas und Energie in Form von Wärme und Strom erzeugt werden. Zur Verwertung der Reststoffe der Abwasseraufbereitung (Kompost, Dünger) braucht es Grünflächen in unmittelbarer Nähe.

### 3.8.5 Anreize zum Einbezug von Nachhaltigkeitsaspekten in der Hotelbranche

Immer mehr Hotelmanager entscheiden sich freiwillig zum Einbezug von NH-Aspekten oder – Instrumenten. Eine Studie suchte bei spanischen Hotelbesitzern nach deren Motivation zur Verbesserung der betrieblichen Nachhaltigkeit. Neben finanziellen Vorteilen werden die Reaktion von Kunden, Druck von Tour-Anbietern, offizielle Anerkennung, das Bestreben zur Imageverbesserung sowie die persönliche Einstellung und ethische Beweggründe genannt. Hürden stellen fehlendes Wissen bei Hotelbetreibern, bei Kunden und Tour-Anbietern, die Schwierigkeit Angestellte einzubeziehen und dafür zu begeistern, mangelndes Kundeninteresse, hohe Kosten zur Einführung und zum Betrieb der Intervention, mangelnder Support seitens der Behörden, Lieferanten und Subunternehmer sowie der Aufwand für die benötigten Datenerhebungen dar. (Ayuso, 2007)

## 4 ANALYSE UND DISKUSSION

### 4.1 Analyse der Resultate

#### Vergleichbarkeit im Allgemeinen

Die im Folgenden diskutierten Punkte zielen vorwiegend auf die Beantwortung der Forschungsfrage ab. Dafür werden insbesondere die relativierten Werte aus Tab. 9 (S.56/57) herangezogen. Es ist zu beachten, dass die vorliegende Zusammenstellung auf einer beschränkten Anzahl von Projekten mit teilweise fehlenden Angaben zu den Parametern basiert, was beim Vergleich der Daten zu Verzerrungen führen kann. Weiter ist der Betrachtungsrahmen für die Pilotprojekte und das konventionelle System nicht derselbe. Diese Auswertung kann daher nicht als einziges Beurteilungskriterium gelten, auch wenn dies verlockend wäre. Vielmehr geht es darum, in einer ersten Annäherung Tendenzen aufzuzeigen, um einen groben Überblick über die Werte der quantitativen Parameter zu erhalten. Der Autorin ist keine vergleichbare Studie über dezentrale Abwasserprojekte in diesem Umfang bekannt.

#### Wasserverbrauch ( $\text{m}^3/\text{d} \cdot \text{p}$ )

Vergleicht man den täglichen Wasserverbrauch pro Kopf von durchschnittlich  $140 \text{ l}/\text{d} \cdot \text{p}$ <sup>70</sup> mit den vorliegenden Werten in Tab. 9, so fallen P 3.4 mit  $22 \text{ l}/\text{d} \cdot \text{p}$  und P 2.5 mit  $682 \text{ l}/\text{d} \cdot \text{p}$  mit Extremwerten auf. Bei P 3.4 handelt es sich aber um ein Bürogebäude, dessen Wasserverbrauch im Rahmen des Normalen liegt: Ein Vergleichsprojekt liegt bei  $20.1 \text{ l}/\text{d} \cdot \text{p}$ .<sup>71</sup> Bei P 2.5 handelt es sich um ein Vier-Stern-Hotel, dessen durchschnittlicher Verbrauch in Deutschland bei  $335 \text{ l}/\text{Ü}$ , die Benchmark bei  $201 \text{ l}/\text{Ü}$  (siehe Tab. 12) liegt. (Hamele/Eckardt, 2006) Die 682 Liter (spezifischer Wasserverbrauch) stellen möglicherweise den Verbrauch für das ganze Hotel dar und nicht nur für den mit der Grauwasseranlage betriebenen Gebäudeteil. Berechnet man den Wert neu mit 45 statt mit 17 Nutzern pro Tag bei einer durchschnittliche Belegung von 50 %, sinkt der Verbrauch auf  $258 \text{ l}/\text{d} \cdot \text{p}$ , was realistischer erscheint (siehe Korrekturzeile in Tab. 9, S. 56). Die gesparte Frischwassermenge  $/\text{d} \cdot \text{p}$  beträgt dann 47 Liter (nicht wie in der Tabelle errechnet 258 l). Dieser Wert entspricht genau der durchschnittlichen Menge für Toilettenspülung nach Frei (2002) in Tab. 1 (S. 28). Der sehr

---

<sup>70</sup> Annahme eines mittleren Wertes von  $140 \text{ l}$  zwischen Deutschland  $124 \text{ l}/\text{d} \cdot \text{p}$  (Herbst, 2008, 19) und der Schweiz  $162 \text{ l}/\text{d} \cdot \text{p}$  (Frei, 2002).

<sup>71</sup> Villeroy\_&\_Boch et al. (2009, 6)

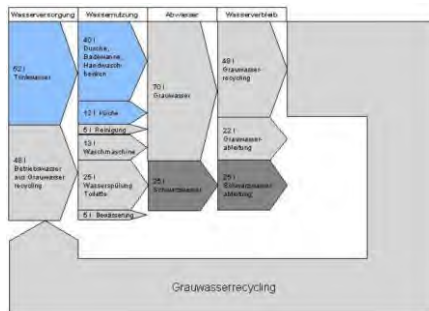


tiefe Verbrauch von nur 47 l/d\*p lässt sich in P 6.2 durch die angepassten Nutzergewohnheiten der wasserarmen Region Erdos begründen.<sup>72</sup>

### Gesparte Frischwassermenge (m<sup>3</sup>/d\*p)

Bei den Hotels P 2.4 und P 2.5 werden 65 Liter resp. 47 Liter pro Tag und Kopf durch aufbereitetes

**Abb. 7 Frischwasseranteil bei Grauwassernutzung.**



Bei der Grauwassernutzung wird immer ein Anteil Frischwasser benötigt. Die Anteile in der Grafik entsprechen möglicherweise nicht dem aktuellen Stand der Technik. Quelle: (fbr, 2005)

Grauwasser für die Toilettenspülung gespart, insgesamt sind dies jährlich 4'745 resp. 767 Kubikmeter. Bei den trockenen Systemen von P 5.1, P 5.2 und P 6.2 werden jeweils 40 resp. 32 Liter pro Tag und Kopf gespart, jährlich sind dies insgesamt 1'533, 3'796 und 35'369 Kubikmeter Frischwasser. Daraus geht hervor, dass Grau- (oder Schwarzwasser-)Recycling grössere Mengen an Wasser pro Tag sparen kann als trockene Systeme. Die trockenen Systeme haben jedoch den Vorteil, dass sie kein Abwasser generieren und die Fäkalien gar nicht erst mit Wasser in Berührung kommen. Grauwasser braucht immer einen gewissen Anteil an Frischwasser, was

Abb. 7 verdeutlicht (für eine grössere Darstellung siehe Anhang A, Nr. 15).

### Energieverbrauch (kWh/y\*p)

Bei zwei Dritteln der Projekte fehlen hierzu die Angaben. Dies ist nebst den Kosten im Allgemeinen der am schlechtesten dokumentierte Parameter. (Der Energieverbrauch ist natürlich ein weiterer Kostenpunkt.) Bei den wenigen vorhandenen Angaben weisen P 1.4 und P 5.2 sehr tiefe Werte auf. P 5.2 ist ein trockenes System, welches arbeitsintensiv im Unterhalt ist. Der anaerobe Hochlastreaktor (HRAR) von P 1.4 braucht keinen Strom, das Abwasser fliesst durch Schwerkraft durch die Absetz- und Reinigungstanks. Der Verbrauch von 0.03 kWh/ m<sup>3</sup> entsteht durch die Bewässerungspumpen. Mit dem HRAR kann, abhängig von der Menge und Zusammensetzung des Abwassers, auch Biogas zur weiteren Verwertung gewonnen werden. Der Energieverbrauch von 1.5 und 2.0 kWh/m<sup>3</sup> der beiden Grauwasseranlagen P 2.4 und P 2.5 liegt nahe beieinander, wobei der Rotationstauchropfkörper (P 2.4) die bessere Energieeffizienz aufweist. Beide liegen bezüglich der Abwasserbehandlung um das Drei- bis Fünffache über dem Energieverbrauch der ARA.

### Fläche (m<sup>2</sup>)

Bei der Fläche fallen vor allem die Pflanzenkläranlagen ins Gewicht. In Kombination mit den Fäzescontainern der Trockentoiletten ergibt sich bei P 5.1 mit 4.19 m<sup>2</sup>/p ein Höchstwert. Für eine

<sup>72</sup> Die Leute vor Ort sind gewohnt, wenig Wasser zu verwenden." Telefonische Mitteilung Hr. A. Rosemarin, am 19.10.2011.

Pflanzenkläranlage zur Grauwasseraufbereitung werden bis zu 3 m<sup>2</sup>/p eingesetzt. Ein grosser Verbrauch mit unproduktiven Flächen ist ungünstig für Hotels.

#### Erstellungskosten (€)

Hier gingen leider nur wenige Angaben ein, was die Aussagekraft der Vergleiche verringert, obwohl sich die Unterschiede deutlich abzeichnen. Die Erstellungskosten von 843 €/p bei P 2.5 für eine Grauwasseranlage sind moderat im Vergleich zu den übrigen Beispielen, auch gegenüber der ARA, welche bei 450–2100 €/p liegt (Hiessl/Hillenbrand, 2010). Die Kosten für P 3.1 und P 4.1 liegen sehr nahe beieinander und sind etwas höher als beim konventionellen System. Zu 5.1 schreibt die Bezugsperson, dass die Kosten damals eher hoch waren: "[...] die PKA wäre heute billiger zu erstellen [...]" (Erfassungsbogen P 5.1, im Anhang). P 1.4 weist auch bei diesem Parameter einen Spitzenwert von 38 €/p auf, wobei hier die niedrigeren Lohnkosten des in Indien erbauten Projektes zu bedenken sind.<sup>73</sup> Bei P 6.2 in China dürften ebenfalls die Lohnkosten ausschlaggebend für den niedrigen Wert sein.

#### Betriebskosten (E/y\*p)

Bei den Kosten pro Kopf und Jahr schneidet P 1.4 mit 0.16 Euro auch hier sehr gut ab, P 3.1 und P 3.3 mit 10.87 und 14.58 Euro weisen ebenfalls sehr niedrige Betriebskosten auf. Als Vergleichswert für das konventionelle System liegen bei Hiessl/Hillenbrand (2010) leider keine Angaben vor. In einer Medienmitteilung vom VSA werden 135 €/y\*p<sup>74</sup> für die Abwasserreinigung genannt (OTS, 2011). Die Projekte mit den höchsten jährlichen Betriebskosten sind P 1.2 und P 5.1, sie liegen über den Kosten der ARA.

Die Wasserkosten pro Kubikmeter sind anhand der vorliegenden Daten bei P 3.1 am niedrigsten, wo das von Urin getrennte Abwasser über einen Kompostfilter und eine Pflanzenkläranlage gereinigt wird. Die beiden trockenen Systeme P 5.1 und P 5.2 sind aufgrund der Eigenleistungen für Wartungsarbeiten, welche monetär eingerechnet wurden, vergleichsweise teuer (292, resp. 164 €/y\*p). Die Grauwasseraufbereitung bei P 2.5 mit den 2.57 Euro pro Kubikmeter ist moderat im Preis, bei P 1.4 fallen keine Kosten an. Um die oben genannten Werte in Relation setzen zu können, wurde versucht, hierzu aktuelle Preise von einem Anbieter von Grauwasseranlagen zu erhalten. Leider ohne Erfolg, dazu habe man keine konkreten Zahlen.<sup>75</sup> Als weiteren Vergleich werden hier Preise von entsalztem Meerwasser herangezogen. Entsalzung mit Verdampfung<sup>76</sup> kostet bei Meerwasser 0.45 Euro, bei Brackwasser zwischen 0.10 und 0.30 Euro. Mit Umkehrosmose liegt der Ku-

---

<sup>73</sup> Die Erstellungskosten wurden ohne Zuschlag für höhere Lohnkosten von indischen Rupien in Euro umgerechnet, bei einem Wechselkurs vom Juni 2009.

<sup>74</sup> Abwasserreinigung pro Kopf und Jahr: 200.- sFr, umgerechnet mit einem Wechselkurs von 1.50 €.

<sup>75</sup> Persönliches Mail von Hr. Schnabl, Huber SE, vom 30.01.2012.

<sup>76</sup> Meerwasserentsalzung durch Verdampfung braucht 70 kWh/m<sup>3</sup>.

bikmeterpreis bei ca. 0.50 Euro (Bouguerra, 2005). Ein weiterer Anbieter sagt, dass diese Preise für Meerwasserentsalzung sehr tief wären, einen genauen Wert möchte er jedoch nicht nennen.<sup>77</sup> Den Preis von 2.73 Euro für Grauwasserrecycling bestätigt er jedoch. Eine weitere Recherche zu den Aufbereitungskosten bei den verschiedenen Verfahren würde Klarheit bringen.

Es ist zu erwarten, dass Variablen wie die Betriebskosten (hier gleichgesetzt mit dem Preis des aufbereiteten Wassers), die verfügbare Frischwassermenge und der örtliche Wasserpreis eine entscheidende Rolle spielen werden, welche Technologien sich am Markt durchzusetzen vermögen.

## 4.2 Eignung der Systeme für Hotels

### Hauptfragestellung

#### **WELCHE NEUARTIGEN SANITÄRSYSTEME SIND GEEIGNET FÜR DEN EINSATZ IN HOTELS?**

#### Analyse der Sanitärsysteme bezüglich der Nutzung

Die Analyse der Sanitärsysteme bezogen auf den Einsatz in Hotels ergibt, dass nicht alle Systeme dafür gleich gut geeignet sind. Es werden Gemeinsamkeiten und Unterschiede sowie verschiedene Indikatoren in die Betrachtung einbezogen. Die Bewertungskriterien werden nachfolgend kurz beschrieben.

*Benutzerfreundlichkeit:* Sind Verhaltensänderungen für den Benutzer erforderlich? Ist das System für alle Benutzergruppen, für Männer, Frauen, Kinder und ältere Menschen gut geeignet? Ist es ästhetisch? Inwiefern wird es erkennbar für den Nutzer?

Für Hotels kann die Sichtbarkeit in einer ersten Überlegung als Nachteil angesehen werden, da es aufgrund von ästhetischen Veränderungen bei den Nutzern zu Akzeptanzproblemen führen kann. In einer zweiten Überlegung kann die Sichtbarkeit des neuartigen Sanitärsystems einen positiven Effekt haben. Ökologisches Bewusstsein kann durch den Einbezug von nachhaltigen Praktiken aufgezeigt werden und zu einer positiven Imagebildung eines Betriebs beitragen.

*Betreiberfreundlichkeit:* Die Indikatoren Erstellungs- und Betriebskosten sowie der Energie- und Flächenverbrauch wurden vorgängig im Kap. 4.1 (Analyse der Resultate) besprochen. Es kann davon ausgegangen werden, dass die generellen Aussagen auch für Hotels zutreffen. Ein weiterer Punkt ist die Marktreife: Sind die Systemkomponenten gut aufeinander abgestimmt? Weisen sie technische Mängel oder Fehleranfälligkeiten auf? Sind sie auf dem Markt in verschiedenen Ausführungen zu erschwinglichen Preisen erhältlich?

<sup>77</sup> Telefonisches Gespräch mit Herrn Gerlach, Rödinger Vacuum GmbH vom 16.01.2012.

*Umweltnutzen:* Die Endprodukte des Abwasseraufbereitungsprozesses können ohne Bedenken ins Ökosystem zurückgeführt werden. Ein niedriger Energieverbrauch (CO<sub>2</sub>-Ersparnis) ist ein weiterer positiver Effekt.

Die Sanitärsysteme sind in Kap. 3.4 (Die Sanitärsysteme) beschrieben, ein Überblick über die separierten Stoffströme der Trennsysteme ist in Tab. 3 (S. 42) zu finden. Die Behandlungsmethoden für die einzelnen Stoffstromsysteme sind in Kap. 2.4 (Abwasserbehandlung) beschrieben.

#### Nicht berücksichtigte Benchmarks

Nicht einbezogen in die vergleichende Analyse der Sanitärsysteme werden die Anzahl Nutzer, die Werte bezüglich des Wasserverbrauchs, inklusive der gesparten Frischwassermengen. Diese Werte sind von der Art des Gebäudes respektive dessen Nutzung abhängig und werden nicht durch das Sanitärsystem beeinflusst. Jedoch kann die Anzahl Nutzer ein Ausschlusskriterium sein, da für einen rentablen Betrieb eine Mindestgrösse erforderlich ist.

Der Aspekt der Sanierung, ob das System während laufendem Betrieb eingebaut werden kann, wird nicht berücksichtigt, da davon ausgegangen wird, dass alle Systeme bei einer grundlegenden Sanierung (alle 25–50 Jahre), wie sie für Hotels in Kap. 3.8.3 (Renovations- und Umbauzyklus) beschrieben wird (Cakmakli, 2008), eingebaut werden können. Eine ökologische Bewertung der Abwasserqualität war im Rahmen dieser Arbeit nicht möglich, da dazu nur ungenügende und inkohärente Informationen vorlagen.

#### System 1 (1-Stoffstromtrennung)

*Gemeinsamkeiten/Unterschiede:* Ausgenommen von der Abwasseraufbereitung vor Ort ist S1 aus Sicht der Installationen mit dem konventionellen System vergleichbar. Zu den Unterschieden gehört das vor Ort verfügbare, direkt aufbereitete Wasser sowie die bessere Qualität des Klärschlammes, da er nur aus häuslichem Abwasser und nicht aus gemischten Abwässern hervorgeht.

*Benutzerfreundlichkeit:* Für den Benutzer ändert sich nichts, er benutzt eine konventionelle Toilette, der Wechsel des Systems ist für ihn nicht sichtbar.

*Betreiberfreundlichkeit:* Ohne Änderungen sowohl an der Benutzerschnittstelle als auch an den Sanitärleitungen kann im Nachhinein eine dezentrale Abwasseraufbereitung angeschlossen werden, wenn der notwendige Raum für die Aufbereitung zur Verfügung steht. Die Membrantechnologie hat Marktreife erlangt.

*Umweltnutzen:* Wird das Schwarzwasser mit Membrantechnologie aufbereitet, kann es zur WC-Spülung wiederverwendet werden (P 1.2). Die Aufbereitung mit Membrantechnologie ermöglicht eine autarke Abwasserentsorgung.

*Fazit:* S1 ist für Hotels gut einsetzbar. Das in P 1.4 eingesetzte Low-Cost-Aufbereitungsverfahren mittels HRAR hat neben der potenziellen Möglichkeit, Biogas zu gewinnen, weitere Vorteile: einen niedrigen Energie- und Flächenverbrauch sowie niedrige Erstellungs- und Betriebskosten. Der Klärschlamm kann (bei entsprechender Qualität und Gesetzgebung) in der Landwirtschaft verwertet werden. Die anaerobe Aufbereitung von Abwasser mittels HRAR ist in Mitteleuropa noch nicht verbreitet und stellt möglicherweise ein sinnvolles Abwasserkonzept für Hotels dar. Ein deutsches Forschungsprojekt in einem Tourismusresort in Sarigerme in der Türkei kombiniert aerobe und anaerobe Verfahren miteinander. Das Hotelabwasser wird nach der Vorreinigung und Belebung in einer Membrananlage getrennt. Das daraus hervorgehende Brauchwasser kann wiederverwendet werden, der zurückgehaltene Schlamm wird zusammen mit organischem Material aus der Küche (70 % der gesamten Abfälle des Hotels) in einer anaeroben Anlage vergärt, aus der täglich 40 m<sup>3</sup> Biogas generiert werden. Der Gärückstand wird danach in der Landwirtschaft auf den kargen Böden ausgebracht (Steinbach et al., 2007). Zu prüfen bleibt, ob dieses Konzept auch bei mitteleuropäischen Temperaturen funktioniert. Im Projekt Stöckacker in Bern soll zu Versuchszwecken häusliches Abwasser in einem HRAR aufbereitet werden.<sup>78</sup>

#### System 2 (Schwarzwasser 2-Stoffstromtrennung)

*Gemeinsamkeiten/Unterschiede:* Für den Benutzer unterscheidet sich S2 nicht vom konventionellen System. Für den Betreiber hat es den Vorteil, dass er einen Teil des Abwassers vor Ort aufbereiten und wiederverwenden kann.

*Benutzerfreundlichkeit:* Das System bedingt keine Verhaltensänderung, es ist nicht erkennbar und stellt daher für den Benutzer keine Hürde dar. Lediglich die Ableitungen von Grau- und Schwarzwasser erfolgen getrennt.

*Betreiberfreundlichkeit:* Die Betreiberfreundlichkeit der Grauwasseraufbereitung ist abhängig von der Art der Anlage. Pflanzenkläranlagen verursachen in der Regel einen höheren Wartungsaufwand als technische Anlagen und brauchen mehr Platz. Andererseits sind sie günstiger im Betrieb, da sie keinen Strom und keine technischen Ersatzteile für den Betrieb verbrauchen.

Ab einer Grösse von 150–200 Personen lässt sich eine Grauwasseraufbereitung kostendeckend betreiben, heisst es bei Kluge/Libbe (2010, 31). Gleichzeitig wird erwähnt, dass sich die Nutzung nur gemeinsam mit einer Wärmerückgewinnung lohnt. Die Anfrage bei einem Anbieter solcher Anlagen, ab welcher Anzahl Benutzer sich eine solche Anlage rentieren würde, ergab aber keine klare Antwort. Die Internetseite desselben Anbieters zeigt mehrheitlich internationale Hotelkomplexe in der Luxusklasse, mit meist über 300 Zimmern und grosszügiger Infrastruktur (mehreren Bars und Pools).

---

<sup>78</sup> Siehe Auszug aus Interview B6.

Die Vorteile der Wiederverwendbarkeit des gereinigten Wassers wiegen die Kosten für die zusätzlichen Leitungssysteme auf. Die Membrantechnik ist seit über zehn Jahren marktreif.<sup>79</sup>

Auch die Rotationstauchtropfkörperanlage, welche bei P 2.4 schon seit 16 Jahren in Betrieb ist, scheint ein robustes Verfahren zur Grauwasserreinigung mit moderatem Energieverbrauch zu sein, das eine gute Wasserqualität erzeugt. Fehlende Angaben vom Betreiber bezüglich Erstellungs- und Betriebskosten lassen hier jedoch keine detaillierten Aussagen zu.

*Umweltnutzen:* S2 hat ein grosses Potenzial für Trinkwasserersparnis.

*Fazit:* Der hohe Grauwasseranfall und hohe Brauchwasserbedarf von Hotels sprechen für den Einsatz von S2 bei diesem Gebäudetyp, wobei in der letzten Zeit vorwiegend Systeme mit Membranbelegung für grössere Hotels umgesetzt wurden.

#### System 3, System 4 (Urintrennung 2-, 3-Stoffstromtrennung)

*Gemeinsamkeiten/Unterschiede:* S3 und S4, beides Systeme mit Urintrennung, unterscheiden sich lediglich durch die zusätzliche (unsichtbare) Abtrennung von Grauwasser bei S4.

*Benutzerfreundlichkeit:* Der Benutzer muss sein Verhalten an die Trenntoilette anpassen und sich daran gewöhnen. Dies bedingt Benutzerinformation (in Hotelbroschüre und Toilette). Je nach Toilettenmodell müssen Männer sich setzen, damit sich das Ablaufventil öffnet und der Urin abfließen kann. Der Benutzer der Toilette muss sich bemühen, Fäzes und Urin in der Trenntoilette über der Abflussstelle zu platzieren, da sonst Verunreinigungen vor allem im Urinabfluss auftreten, die zu einem erhöhten Reinigungsaufwand führen. Besonders bei Kindern unter 12 Jahren treten hier Probleme auf, die einige Hersteller mit einem kindergerechten Toiletten-Aufsatz lösen.

Die Trenntoilette unterscheidet sich visuell vom konventionellen WC, was aus ästhetischer Sicht als unproblematisch eingestuft werden kann, da sie im Allgemeinen als schön, gegenüber dem normalen WC als gleichwertig empfunden wird.

*Betreiberfreundlichkeit:* Das System stellt für den Betreiber eine Erschwernis dar, da Unterhalt und Wartung bei NoMix-Toiletten etwas aufwendiger sind als bei konventionellen WCs. Die Reinigung der Toilette ist weniger das Problem, da das Putzpersonal den leicht erhöhten Aufwand in die tägliche Putzroutine einbauen kann. Ein Mehraufwand bedeutet aber die monatliche Spülung der Leitungen mit Zitronensäure, um Urinsteinablagerungen vorzubeugen. Reinigungshinweise und Erfahrungsberichte helfen, hier Überraschungen zu verhindern.<sup>80</sup> Für den Absatz und Vertrieb sowie für die notwendigen Bewilligungen zur Verwendung der Produkte (Kompost, Urindünger) muss sich der Betreiber bereits vor dem Bau einer solchen Anlage kümmern. Die notwendige Verhaltensänderung des Benutzers verlangt vom Betreiber eine entsprechende Information der Gäste zum Gebrauch der

---

<sup>79</sup> Seit über zehn Jahren ist die Membrantechnik auf dem Markt und breitet sich in Europa und international aus. Persönliches Mail von Hr. Schnabl, Huber SE vom 30.01.2012.

<sup>80</sup> Reinigungshinweise siehe Hinweise und Quellen in den Erfassungsbogen bei P 3.1, P 3.4 und P 4.6.

Toiletten und über die Hintergründe zum Einsatz dieser Technologie. Dies kann vom Hotelier gezielt zur Pflege eines umweltbewussten Images eingesetzt werden. Das Trennsystem benötigt aufgrund mehrfacher Leitungsführung und der Notwendigkeit zur Lagerung vor Ort (im Untergeschoss) mehr Platz als ein konventionelles System.

Die Systeme mit Trenntoiletten sind im Vergleich zum konventionellen WC noch jung und technisch zu wenig weit entwickelt, als dass von Marktreife gesprochen werden kann. Es fehlt an ausgearbeiteten Systemkomponenten wie einem technisch einwandfrei funktionierenden Trenn-WC, welches unverdünnten Urin sammelt. Auch die Absatzwege für Produkte aus der Stoffstromtrennung und Aufbereitung sind nicht etabliert.

*Umweltnutzen:* Die vorzeitige Abtrennung des Urins vor der Vermischung mit dem übrigen Abwasser schützt die Gewässer vor dem Eintrag von Nährstoffen und Mikroverunreinigungen. Versuche haben gezeigt, dass sich Urinprodukte (u. a. Struvit) gut als Dünger eignen und als gleichwertige Substitute für Kunstdünger verwendet werden können. (Eawag, 2007, 16-17; Johannsson et al., 2000, 22ff.; Von Münch/Winker, 2011, 15)

*Fazit:* S3 und S4 sind noch zu wenig ausgereift für den kommerziellen Einsatz in Hotels, was die in dieser Studie gesammelten Erfahrungsberichte zeigen.<sup>81</sup> Versuchsprojekte sind möglich und sinnvoll, wenn gegenüber dem Gast genügend Informationen angeboten, die Produkte wiederverwendet und parallel die Systemkomponenten technisch verbessert werden. Besser geeignet sind öffentliche Toilettenanlagen bei denen die Anforderungen an die Toilette rein funktioneller Art sind und die Reinigung und Wartung durch einen professionellen Dienstleister gewährleistet werden kann.<sup>82</sup>

#### System 5, System 6 (Trockentoiletten 2-, 3-Stoffstromtrennung)

*Gemeinsamkeiten/Unterschiede:* Beide Systeme (S5 und S6) sind "trockene" Systeme, die ohne Wasserspülung funktionieren. S6 unterscheidet sich durch die zusätzliche Urintrennung von S5.

*Benutzerfreundlichkeit:* Es gibt keine Wasserspülung, anstelle wird Trockenstreu aus Holz oder Erde verwendet. Dies bedingt eine Verhaltensänderung bei den Benutzern. Es gibt keinen Siphon, der beim konventionellen WC als Geruchsverschluss und Sichtschutz dient, was ein ästhetischer und empfindungsmässiger Nachteil ist. Zwar kann man nicht direkt auf die Fäkalien, respektive auf den Komposthaufen sehen aufgrund der Dunkelheit im Fallrohr. Trotzdem kann diese Situation, die mit einem herkömmlichen "Plumpsklo" vergleichbar ist, als unangenehm empfunden werden. Die Erinnerung ans Plumpsklo schafft Assoziationen zur Berg- oder Waldhütte in freier Natur, die abhängig von der Identität des Hotels passend oder störend sein kann. So gilt auch hier: Bei einem passenden Standort und einer entsprechenden Vermarktung beispielsweise einem Naturhotel kann ein trockene-

<sup>81</sup> Siehe Erfassungsbögen von P 3.1, 3.4, 4.1, 4.6.

<sup>82</sup> Beispielsweise öffentliche Toilettenanlagen, Militärkasernen, Studentenheime etc., Toilettenanlagen ohne hohe gestalterische Anforderungen im Gegensatz zu Hotels.

nes System durchaus Sinn machen, ist für die grosse Masse jedoch kaum geeignet. Bei S6 besteht ebenfalls die Schwierigkeit der richtigen Platzierung der Fäkalien, wie bei S3 und S4 beschrieben wurde.

*Betreiberfreundlichkeit:* Negativ zu bewerten sind der zusätzliche Aufwand für die Pflege des Kompostes sowie die Einschränkung in der Gebäudehöhe auf vier Geschosse. Das Trennsystem benötigt aufgrund der vertikalen Leitungsführung ohne Etagierung und der Notwendigkeit zur Lagerung vor Ort (im Untergeschoss) mehr Platz als das konventionelle System. Trockene Systeme bedingen ein einwandfrei funktionierendes Lüftungssystem, das Gerüche aus dem Toilettenraum abzieht. Im Handel gibt es eine grosse Anzahl marktreifer Produkte für trockene Systeme, welche abgesehen vom körperlichen Aufwand einfach zu handhaben sind. Das System ist beim Einbau weniger flexibel da mit dem Fallrohr für Fäkalien nicht horizontal verfahren werden kann.

*Umweltnutzen:* Mit trockenen Systemen werden die Fäkalien gar nicht erst mit Wasser vermischt, womit die Nährstoffe und Mikroverunreinigungen nicht ins Wasser eingetragen werden können. Dies ist ein grosser Vorteil. Die Endprodukte aus den Fäkalien können als Bodenverbesserer und Dünger verwendet werden. Zudem werden pro Person täglich rund 40 l Spülwasser eingespart. Diese Aspekte können als grossen Umweltnutzen gewertet werden.

*Fazit:* S5 und S6 sind nicht generell für Hotels geeignet, jedoch als Nischenprodukte für naturnahe Unterkünfte, Baumhäuser etc. einsetzbar.<sup>83</sup>

---

<sup>83</sup> Weitere Einsatzbereiche: Baumhotels, Jugendcamps, „Open Air“-Veranstaltungen, Alpvereinshütten, Ökohotels beispielsweise in Safarigeenden etc. Zwei Projekte, bei denen Trockentoiletten im Einsatz sind:  
<http://www.wipfelglueck.de/>  
<http://www.family-ecolodge.com/> Quelle: Persönliches Mail von Berger Biotechnik GmbH vom 16.11.2011.



### 4.3 Hindernisse

Die Diskussion über notwendige Veränderungen in der Abwasserwirtschaft ist nicht neu. 2000–2006 lief bei der Eawag das Forschungsprojekt Novaquatis (Larsen/Lienert (2007)), bei dem verschiedene Aspekte rund um die Urintrennung untersucht wurden. Ein Blick auf die Liste der Pilotprojekte aus der Schweiz mit Stoffstromtrennung (siehe Kap. 3.1) wirft jedoch die Frage auf, weshalb es kaum solche Projekte gibt. Wie auch aus dem Gespräch mit B7 (siehe Anhang Teil B; 7 Vorgehen Stöckacker) hervorgeht, gibt es hier verschiedene Hindernisse bei der Umsetzung eines Versuchsprojektes.

#### Zuständigkeiten

Die Hindernisse beginnen bei der Unklarheit, welche Instanz<sup>84</sup> (welche Ebene; Gemeinde, Kanton,

**Abb. 8 Negative Dynamik bei der Einführung von neuen Produkten.**



Quelle: Eigene Darstellung.

Bund, welche Gesetzesgrundlagen, welche Person) für eine bestimmte Fragestellung zuständig ist und welches Bewilligungsverfahren gewählt werden soll.<sup>85</sup> Auch der Umstand, dass die Zuständigkeiten dreigeteilt sind<sup>86</sup>, reduziert die für Forschungsprojekte förderliche und notwendige Flexibilität<sup>87</sup>.

#### ARA-Betreiber

Ein weiterer erschwerender Faktor sind ARA-Betreiber, die auf eine grosse Kundenzahl angewiesen sind. Bei einem Rückgang der Kunden müssen sie die Abwassergebühren heben, was auch von den Kunden nicht geschätzt wird. Die ARA-Betreiber sind daher gegenüber Neuerungen in der Abwasserwirtschaft konservativ eingestellt.<sup>88</sup>

#### Nicht ausgereifte Technologien

Ein weiterer Punkt sind fehlende oder nicht ausgereifte Teilschritte zur Umsetzung einer Kreislaufwirtschaft, wie technisch ausgereifte Apparate<sup>89</sup>, (automatisierte) Verfahren zur weiteren Verarbei-

<sup>84</sup> "Nein, es war lange nicht klar, ob dies auf Bundesebene bewilligt werden muss. Aber es ist nun klar. Es ist Kantonshoheit. Bis Ende Jahr wird über den Regierungstadthalter juristisch abgeklärt, ob das über ihn geht oder wie man das beantragen muss." B7 #01:00:04-3#. "Wenn ich das wüsste, [wie das Gefüge ist zwischen den drei Ebenen Bund, Kanton und Gemeinde, dann] hätte ich keine Probleme mehr (lacht)!" B7 #01:20:21-1#.

<sup>85</sup> Bei P 3.1 und P 3.3 tauchten ebenfalls Schwierigkeiten mit Bewilligungsverfahren zum Umgang mit Produkten aus der Stoffstromtrennung auf. Bei P 3.3 warten 15 m<sup>3</sup> Urin auf eine Verwendung (telefonische Mitteilung von Herr Bollmann, Bezugsperson für P 3.3).

<sup>86</sup> "[...] der Bund ist für die Rahmengesetze verantwortlich, der Kanton muss die Gemeinden kontrollieren und die Gemeinden müssen die Gesetze einhalten [...]", persönliche Mitteilung an einem Gespräch mit Herrn J. Heeb am 09.11.2011.

<sup>87</sup> Ähnliche Probleme treten in Deutschland auf: "Deutlich wird, wie inflexibel oder starr stellenweise die rechtlichen Rahmenbedingungen bezüglich der anzuwendenden Technik und deren technologische Entwicklung sind und diese scheinbar zum Teil ökonomische und ökologisch sinnvolle Lösungen ausschliessen, z. B. dass Teilstromlösungen durch die Trinkwasserversorgung eher behindert werden" (Koziol 2006, 27).

<sup>88</sup> "[...] Es ist ein Machtfeld, das die Behörden nicht abgeben wollen. Jedes Mal stossen wir an Grenzen, wenn wir dezentrale Wassertechnologien einsetzen möchten [...]." B6 #00:33:19-2#.

<sup>89</sup> Trenntoilette, welche Urin ohne Spülwasser sammelt.

tung von Urin in grösseren Mengen, die Zuständigkeit für die Aufbereitung und die Qualitätssicherung sowie ein Markt für die anfallenden Produkte. Die unausgereiften Teilschritte führen zu einer negativen Dynamik, welche hindernd auf die Entwicklung wirkt. Wenn keine Nachfrage da ist, besteht kein Anreiz<sup>90</sup>, ein Produkt zu verbessern, und ein unausgereiftes Produkt führt nicht zu mehr Nachfrage usw. (siehe Abb. 8). Egal, in welcher Position man agiert, es gibt keine Möglichkeit, die Negativspirale zu durchbrechen, ausser durch externe Markteingriffe, wie beispielsweise in Form von Stimulation durch Forschungsgelder.

#### Bewilligungsverfahren

Um die Produkte aus der Stoffstromtrennung verwerten zu können, sind gesetzliche Bestimmungen einzuhalten. Dünger aus Urin bedingt eine Zulassung, die das Bundesamt für Landwirtschaft erteilt (Larsen/Lienert, 2007, 24). Für Klärschlamm gilt das Ausbringverbot, Kompost unterliegt der Abfallgesetzgebung.<sup>91</sup>

#### Wasserpreise

Seitens der Experten wurde als Hinderungsgrund mehrfach der zu tiefe Preis des Wassers erwähnt und zugleich auf die Möglichkeit verwiesen, den Preis als Lenkungsmassnahme einzusetzen. Zu hoffen bleibt, dass trotz den Voraussagen bezüglich Klimawandel auch in Zukunft genügend Wasser vorhanden sein wird.

## 4.4 Handlungsempfehlungen

### 4.4.1 Geeignete Systeme für Hotels

Aus Kap. 4.2 (Geeignete Systeme für Hotels) geht hervor, dass nicht alle Systeme gleich gut geeignet sind für den Einsatz in Hotels.

S1, S2 sind einbaubar, ohne dass der Gast etwas merkt oder beeinträchtigt wird vom alternativen Sanitärsystem, was diese Systeme gegenüber anderen begünstigt.

Für Membranbelebungsverfahren wie auch für Biofilmverfahren (z. B. Rotationstauchtropfkörper, Wirbelbettreaktoren) ist die Wirtschaftlichkeit einer Anlage in Bezug auf die Rahmenbedingungen im Voraus zu prüfen. Sie ist abhängig von der örtlich verfügbaren Wassermenge, vom Wasserpreis, der erwarteten Belegung des Hotels (Wasserverbrauch) und vom Verwendungszweck des aufbereiteten Wassers.

---

<sup>90</sup> " Die kleine Nachfrage (10 WCs pro Jahr) hat zu schwindendem Interesse bei den Aktionären geführt." Telefonische Mitteilung von Herrn Rüster, Rödinger, 26.05.11.

<sup>91</sup> Zuständig in Basel ist das Amt für Umwelt und Energie. Über Zuständigkeiten siehe auch die Liste "Gesetzliche Grundlagen und Zuständigkeiten bei der Verwendung von Produkten aus dezentraler Abwasseraufbereitung" siehe Anhang A, Nr. 16.

Die Abwasseraufbereitung mittels Pflanzenkläranlage, HRAR oder Hydrozyklon und anschliessender Kompostierung der Feststoffe kann schon ab Kleinstmengen betrieben werden. Platz und Temperatur können limitierende Rahmenbedingungen sein.

*S3, S4* verlangen vom Benutzer Verhaltensänderungen. Die Systeme mit Urinentrennung stehen am Anfang ihrer Entwicklung und sind abgesehen von Versuchsprojekten noch nicht bereit für den Einsatz in Hotels. Dies einerseits, da die Trenntoiletten technisch noch zu wenig ausgereift sind, andererseits weil die Verarbeitungs- und Absatzwege für die Produkte aus der Aufbereitung noch nicht etabliert sind. Für deren Weiterentwicklung benötigt es vorerst weitere Pilotprojekte.

*S5, S6* verlangen vom Benutzer ebenfalls Verhaltensänderungen und stellen zugleich eine ästhetische Beeinträchtigung dar. Die trockenen Systeme sind, wenn sie richtig verwendet<sup>92</sup> werden, bis auf die Wartung des Kompostes einfach handhabbar. Ihr Einsatz ist geeignet in einem passenden naturbezogenen Umfeld mit begleitendem Informationsangebot für kleinere Anlagen.

#### 4.4.2 Empfehlungen für Projektbeteiligte

Hotelbesitzer, Bauherren, Bauherrenvertreter, Architekten, Fachplaner

Von der Seite der Planer können einerseits Wassersparmassnahmen, andererseits Massnahmen zur Substitution von Wasser eingesetzt werden.

*Wassersparmassnahmen:* Die Experten sprachen in den Interviews von einem Wassersparpotenzial durch diverses Sanitärzubehör von bis zu 40 %, welches ausgereizt werden sollte, bevor zu Substitutionstechnologien gegriffen wird (siehe Kap. 3.3 Experteninterviews/Wassersparen).<sup>93</sup> Durch die Konzeption des Gebäudes, genauer durch die Lage der Nasszellen nahe den Steigzonen, können infolge kleiner Ausstossverluste<sup>94</sup> Mengen an Wasser und Energie gespart werden. Eine kleine Anzahl an Apparaten und Nasszellen verfolgt dasselbe Ziel.

*Platz in den Steigzonen:* Bei Neubauten sollen genügend Platz und zugängliche Abschnitte in den Steigzonen eingeplant werden, damit nachträglich Ergänzungen gemacht werden können. Eine weitere Möglichkeit bei neu erstellten Pilotprojekten ist, gleich zu Beginn vier Leitungen vorzusehen: je eine für Grauwasser, Braunwasser, Urin, und für ein Vakuumsystem. Somit kann die Art der Stoffstromtrennung während des Betriebs verändert und verschiedene Technologien getestet werden.<sup>95</sup> Bei mehrfacher Leitungsführung muss mit Mehrkosten mit Faktor 1.5 gerechnet werden (P 4.6).

<sup>92</sup> Keine Flüssigkeiten, Putzmittel etc. über die Toilette entsorgen.

<sup>93</sup> Empfehlungen für einzelne Sanitärprodukte können hier nicht abgegeben werden. Weiterführende Informationen bezüglich Trenntoiletten sind im Erfassungsbogen zu P 3.1, P 3.3, P 3.4, P 4.6, für Urinale zu P 3.1, P 3.4, P 4.1b zu finden.

<sup>94</sup> Wasserverlust, der bei laufendem Wasserhahn durch das Warten auf die gewünschte Temperatur entsteht. In den Ausstossleitungen (den Leitungen, die weg von der Steigzone führen) steht das Wasser und kühlt sich trotz Rohrdämmungen ab. Umso länger diese Leitungen sind, umso grösser sind die (Warm)wasserverluste. In den Steigleitungen wird das Wasser im Kreislauf geführt um eine konstante Temperatur zu halten. B2 #00:43:46-5#, #01:00:14-1#

<sup>95</sup> Empfehlung von A. Peter-Fröhlich, Bezugsperson für P 4.1, persönliches Telefongespräch vom 15.11.2011.

*Urintrennung:* Für eine optimale Rückgewinnung von Phosphor aus Urin ist es wichtig, die Menge an magnesium- und calciumhaltigem Wasser zu minimieren, da sonst bereits beim Transport in den Urinleitungen und im Urintank Phosphat aus dem flüssigen Urin ausfällt (Ronteltap et al., 2007, 5) und danach nicht mehr für die Düngung verfügbar ist. Die Spülung mit Regenwasser bietet sich daher an. Bei P 3.4 zeigen sich dank der Verwendung von Regenwasser gute Ergebnisse und keine Probleme mit Ausfällungen in den Sanitärleitungen.

#### Wissenschaftliche Betreuer von Pilotprojekten

Jedes Pilotprojekt verfolgt einen spezifischen Forschungszweck, entsprechend heterogen sind die erhobenen Parameter. Obwohl der Energieverbrauch ein entscheidendes Bewertungskriterium zur Bestimmung der Nachhaltigkeit einer Technologie ist, wurde er bei den wenigsten hier einbezogenen Projekten dokumentiert. Ebenso war es schwierig brauchbare Aussagen über Erstellungs- und Unterhaltskosten zu finden. Pilotprojekte, welche in der Regel teurer sind als konventionelle, werden oft durch öffentliche (Forschungs)gelder mitfinanziert. Der Anspruch, aus diesen Projekten Resultate in Form von breit verwendbaren Vergleichswerten zu erhalten scheint dadurch gerechtfertigt und soll in Zukunft verfolgt werden.

*Standardisierte Parameter:* In dieser Arbeit wurden folgende Parameter erhoben und ausgewertet:

- Wasserverbrauch: "Wasserverbrauch gesamt" ( $\text{m}^3/\text{y}$ ), "Frischwasserverbrauch", "Verbrauch aus recycliertem Wasser", "Wasserverbrauch recycliert" ( $\text{m}^3/\text{y}$ ), "Wasserverbrauch gespart" ( $\text{m}^3/\text{y}$ ), bei Umbauten auch der Wasserverbrauch vor dem Systemwechsel, um die Einsparung quantifizierbar zu machen.
- Energieverbrauch: ( $\text{kWh}/\text{y}$ ) ist ein wichtiger Vergleichswert
- Flächenbedarf ( $\text{m}^2$ )
- Kosten: Erstellungs- (€) und Betriebskosten (€/y)

Die Erhebung von standardisierten Messparametern würde vergleichbare Resultate hervorbringen (Benchmarks), was Transparenz im zunehmend komplexen Feld der dezentralen Sanitärsysteme schaffen würde. In Zukunft sollte bei allen Projekten ein standardisiertes Basis-Set an Parametern (ergänzt durch projektspezifische) erhoben werden, wofür die oben erwähnte Liste zu erweitern und die Parameter zu beschreiben sind. Die Parametersets sollen sich an der Nachhaltigkeitsbewertung orientieren (siehe Anhang A, Nr. 9–12). Zur Qualitätsbewertung des aufbereiteten Abwassers sollten ebenfalls zu erhebenden Parameter<sup>96</sup> ausgewählt werden. Auch standardisierte Fragen zur Beurteilung von sozio-kulturellen Aspekten wie der Nutzerakzeptanz und der Anwenderfreundlichkeit, wären zu formulieren.

---

<sup>96</sup> Beispielsweise: CSB/TOC, BSB<sub>5</sub>, N, P, AOX, abfiltrierbare Stoffe, UV-Transmission, gesamtcoliforme Bakterien, fäkal-coliforme Bakterien, Streptococcus faecalin, Salmonellen, Darmviren. (Schlesinger, 2003)

*Technischer Beschrieb:* Ein technischer Beschrieb über die Systemkomponenten, die einzelnen Apparaturen (Hersteller, Typ, Funktion) sowie die Installationen (Dimension, Materialisierung, Qualität, Bauweise etc.) wäre ebenfalls hilfreich. Dieser könnte beispielsweise in Form eines Devistextes, wie er im Schweizer Ausschreibungsverfahren üblich ist, erstellt werden.

*Kommunikation:* Die in dieser Weise breit ausgerichteten Resultate und Informationen wären in den Projektberichten zu kommunizieren, so dass sie weiterverwendet werden können.

#### Produzente von Sanitärprodukten

Anbieter von Sanitärprodukten und -technologien tragen einen wichtigen Teil zur Entwicklung von neuen Produkten bei. Innovatives Unternehmertum, Offenheit gegenüber Anregungen von Kunden und Mut neue Wege zu begehen sind die Bedingungen zur Entwicklung von zukünftigen Produkten.

#### Behörden und ARA-Betreiber

Behörden spielen eine massgebliche Rolle, wenn es um Bewilligungen zum Aufgleisen von Pilotprojekten geht. Oft hängt es vom Wohlwollen einzelner Personen ab, ob eine Bewilligung erteilt wird oder nicht. Die hemmende Wirkung der Behörden und der ARA-Betreiber wurde in den Experteninterviews wie auch von Bezugspersonen aus Pilotprojekten (P 3.1, P 3.3) mehrfach erwähnt und ist in Kap. 4.3 (Hindernisse) wie auch in Rothenberger (2003, 84-85) ausführlich beschrieben.

Bei den Forschungsprojekten geht es in erster Linie darum, Verfahren als Ergänzung zum konventionellen System zu finden für: a) Orte, die durch das konventionelle System nicht optimal abzudecken sind (Einzelstandorte für die sich ein ARA-Anschluss nicht rechnet, respektive nicht möglich ist, Regionen mit hoher Abwanderung etc.), b) neue Einsatzgebiete ohne Kanalinfrastruktur, wo das konventionelle System nicht geeignet ist (wasserarme Regionen, Länder, die sich keine Kanalinfrastruktur leisten können, schnell wachsende Stadtteile etc.). Ziel des Forschungsbereichs um neuartige Sanitärsysteme ist die Kosteneffizienz sowie die ökologische und soziale Verträglichkeit zu erhöhen und damit die Nachhaltigkeit in der Abwasserbehandlung zu steigern. Dort wo die Infrastruktur bereits gebaut ist, ist nicht so schnell mit einem Systemwechsel zu rechnen. Eine offene Haltung der Behörden und ARA-Betreiber gegenüber Pilotverfahren wäre hilfreich auf dem Weg zur Entwicklung neuer Technologien. Ebenso wäre wünschenswert, dass die Zuständigkeiten geklärt wären und schnelle Genehmigungsverfahren mit klaren Ablaufwegen etabliert würden.

#### 4.4.3 Entwicklungsperspektive

Eine Perspektive zur Umsetzung von neuartigen Sanitärsystemen in der Schweiz ergibt sich aus Kap. 2.4.1 (Zentrale Abwasseraufbereitung). Die Schweizer Abwasserinfrastruktur ist gebaut, der Anschlussgrad liegt bei 97 % (Laube/Vonplon, 2004). Daher ist nicht zu erwarten, dass sich das Abwassersystem von Grund auf ändern wird, insbesondere in den Städten, wo die Abwasserkanäle kurz

und die Anzahl Anschlüsse hoch sind. Hingegen sind die kleinen, später erstellten Anlagen in ländlichen Gegenden meist schlecht ausgelastet (nur 60 % Auslastung gegenüber 85 % bei den grossen) und verursachen hohe Abwasserkosten. Solche Orte stellen potenzielle Einsatzfelder für dezentrale Systeme dar. Bis zum Zeitpunkt der Sanierung dieser Anlagen werden noch drei bis vier Jahrzehnte verstreichen, was reichen sollte, um neuartige Sanitärsysteme zu testen und zur Marktreife zu bringen. Diese Zeit sollte also sinnvoll genutzt werden, damit die Vorbereitungen getroffen sind zum Zeitpunkt der Sanierung der bestehenden Infrastruktur. Aufbauend auf den Angaben von Laube/Vonplon (2004) ist eine gemischte Strategie denkbar: ARAs für dicht besiedelte Gebiete und dezentrale Anlagen für Siedlungen unter einem bestimmten Schwellenwert der Auslastung. In Deutschland dürfte es sich ähnlich verhalten aufgrund der verfügbaren Wassermenge und des hohen Anschlussgrades an die ARA.

Anders sieht es aus im Süden Europas. In Tourismusregionen welche bereits heute an Wasserknappheit leiden, besteht bereits jetzt ein Markt für dezentrale Sanitärsysteme. Hier dürfte der Klimawandel ein Treiber sein zur Verbreitung des Bedürfnisses Wasser vor Ort wiederzuverwenden. International, für Industriegebäude und Hotels, gibt es bereits eine zunehmende Nachfrage. Mexico, Kalifornien sowie die Golfstaaten gehören zu den Kunden von Anbietern von neuartigen Sanitärtechnologien, was ein Blick auf die Liste der Referenzobjekte eines grossen Anbieters zeigt.

## 4.5 Überprüfung der Arbeitshypothese

### Hypothese

**WENN DEZENTRALE ABWASSERSYSTEME KOMMERZIELL AUF DEM MARKT EINGEFÜHRT WERDEN SOLLEN, SIND HOTELS DAFÜR GEEIGNET.**

Die Überprüfung der Arbeitshypothese muss für die Systeme einzeln erfolgen. Für S2 kann die Hypothese für alle Technologien zur Grauwasseraufbereitung bestätigt werden. Für S1 mit Membrantechnologie kann die Hypothese aus denselben Gründen wie bei S2 beschrieben ebenfalls bestätigt werden (beides Membrantechnologien). Für S2 mit anaeroben Reaktoren kann sie nur teilweise bestätigt werden, da die Markteinführung nicht sofort, sondern erst nach weiteren Versuchsprojekten mit positivem Ergebnis erfolgen kann, wofür die Chancen jedoch intakt sind. Für S3 und S4 kann die Hypothese zurzeit nicht bestätigt werden. Es braucht noch Zeit für die Produktentwicklung. Für S5 und S6 muss die Hypothese aus den in Kap. 4.2 (Eignung der Systeme für Hotels) erwähnten Gründen verworfen werden.

## 5 SCHLUSSTEIL

### 5.1 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 Wasserknappheit 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>97</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. Im Vorfeld der Arbeit wurde der Wissensstand bei Fachpersonen anhand einer Umfrage bei Architekten ausgelotet. Gespräche mit Experten gaben Einblick in persönliche Einstellungen, Meinungen

---

<sup>97</sup> Reduzierter Einsatz in Deutschland ab 1992, beziehungsweise Ausbringverbot in der Schweiz ab 2006.

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>98</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>99</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 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 Na-

---

<sup>98</sup> Struktur der Bezeichnung: SX) Kurzname des Systems, danach offizieller Name des Systems, danach in Klammer die separat geführten Stoffströme. Siehe auch Tab. 3, S. 42.

<sup>99</sup> Die Wiederverwendung von Wasser und/oder die Rückgewinnung von Nährstoffen.



tur ausgerichtete Projekte wie beispielsweise Waldhotels. Die Hypothese, dass Hotels für eine kommerzielle Markteinführung von dezentralen Abwassersystemen geeignet sind, konnte somit nur teilweise bestätigt werden.

## 5.2 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>100</sup>, weitere sollten erst noch ausgewählt<sup>101</sup> und beschrieben<sup>102</sup> werden. Weitere<sup>103</sup> könnten aus den Instrumenten zur Nachhaltigkeitsbewertung von dezentralen Abwassersystemen abgeleitet werden (siehe Anhang A, Nr. 9–12). Homogene Vergleichsdaten in den Projekten zu finden 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 Erhebungsbogen 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 könnten, 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.

---

<sup>100</sup> Ausgewertete Parameter: Wasserverbrauch, Energieverbrauch, Flächenverbrauch, Erstellungskosten, Betriebskosten und Wasserkosten.

<sup>101</sup> Zusätzliche Parameter: Wasser- und Energieverbrauch, Erstellungs- und Unterhaltskosten.

<sup>102</sup> Beispielsweise die Beschreibung der Kostenstruktur, der Aufgliederung, was inklusive/exklusive sein soll.

<sup>103</sup> Standardisierte Parameter zur Beurteilung der Wasserqualität und Fragen zur Akzeptanz.

## 6 QUELLENVERZEICHNISSE

### 6.1 Literaturverzeichnis

Das Literaturverzeichnis wurde mit EndNote X5 erstellt. Die Quellen für die Erfassungsbogen sind jeweils direkt auf den Formularen unter 9.0 (Bemerkungen) verzeichnet.

- Abegglen, C. (2005). *Haus ohne Abwasser*. *Tec21*(3-4/2005), 12-14. Zugriff: (28.01.2012)
- ARE. (2008). *Kapitalstockmodell*. Zugriff: (04.02.2012)  
<http://www.aren.admin.ch/themen/nachhaltig/00260/02008/index.html?lang=de>
- Ayuso, S. (2007). *Comparing Voluntary Policy Instruments for Sustainable Tourism: The Experience of the Spanish Hotel Sector*. *Journal of Sustainable Tourism*, 15(2), 15. Zugriff: doi: 10.2167
- Balkanwaste. *Anaerobic Digestion*. Zugriff: (02.02.2012)  
[http://www.wastedb.eu/index.php?option=com\\_content&view=article&id=2&Itemid=21&lang=en#6](http://www.wastedb.eu/index.php?option=com_content&view=article&id=2&Itemid=21&lang=en#6)
- Bauhaus-Universität. (2009). *Abwasserbehandlung. Gewässerbelastung, Bemessungsgrundlagen, mechanische Verfahren, biologische Verfahren, Reststoffe aus der Abwasserbehandlung, Kleinkläranlagen*. (3 ed.). Magdenburg: Docupoint GmbH.
- Berger, W./Lorenz-Ladener, C. (2008). *Kompost-Toiletten. Sanitärtechnik ohne Wasser* (1 ed.). Staufen bei Freiburg: Ökobuch.
- Bienz Septinus, D. (2009). *Abwasser als Ressource – Szenarien eines nachhaltigen Abwassermanagements in Basel*. Master, Universität, Basel
- Bouguerra, M. L. (2005, 10.06.2005). *Wie das Meer trinkbar wird. Entsalzung löst das globale Wasserproblem nicht, solange diese Grosstechnik eine äusserst negative Ökobilanz aufweist*. *Le Monde diplomatique*. , 10.06.2005.
- Burkhardt-Holm, P. (2010). *Water Resources Development*, 26(3), 477-493. Zugriff: (10.01.2012)  
<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/07900627.2010.489298>
- Cakmakli, B. A. (2008). *The Importance of LCA and Service Life Prediction in Sustainable Design*. Artikel präsentiert an der: 11. DBMC International Conference on Durability of Building Materials and Components Istanbul-Turkey. (02.01.2012),  
<http://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB13234.pdf>
- Cordell, D./Dranger, J.-O./White, S. (2009). *The story of phosphorus: Global food security and food for thought*. *Global Environmental Change* (19), 292-305. Zugriff: (10.01.2012)  
[http://www.agci.org/dB/PDFs/09S2\\_TCREWS\\_StoryofP.pdf](http://www.agci.org/dB/PDFs/09S2_TCREWS_StoryofP.pdf)
- DIN\_4046. (1983). *Wasserversorgung; Begriffe; Technische Regel des DVGW*. Berlin.
- DWA. (2008). *Neuartige Sanitärsysteme* (1. ed.). Hennef: Deutsche Vereinigung für Abwasserwirtschaft und Abfall e.V.
- Eawag. (2007). *Mix oder NoMix? Urinseparierung unter der Lupe*. Eawag News. (28.01.2012)  
[http://www.novaquatis.eawag.ch/publikationen/eawag\\_news\\_D](http://www.novaquatis.eawag.ch/publikationen/eawag_news_D)
- Ebert, T./Essig, N./Hauser, G. (2010). *Zertifizierungssysteme für Gebäude: Nachhaltigkeit bewerten. Internationaler Systemvergleich, Zertifizierung und Ökonomie*. München.
- Ecologic\_Architecture. (2011). *Lübeck-Flintenbreite*. Zugriff: (12.01.2012) <http://ecologic-architecture.org/main/index.php?id=191>
- fbr. (2005). *Grauwasser-Recycling. Planungsgrundlagen und Betriebshinweise*. In F. B.-u. R. e. V. (fbr) (Ed.). Darmstadt.
- Flores, A. (2010). *Towards Sustainable Sanitation: Evaluating the Sustainability of Resource-Oriented Sanitation*. Dissertation, Cambridge, United Kingdom. Zugriff: (02.02.2012)

- [http://www.susana.org/docs\\_ccbk/susana\\_download/2-1172-en-towards-sustainable-sanitation-flores-2010.pdf](http://www.susana.org/docs_ccbk/susana_download/2-1172-en-towards-sustainable-sanitation-flores-2010.pdf)
- Frei, M. (2002, 17.10.2002). *Verbrauch (Wasser)*. Zugriff: (26.01.2012)  
<http://www.eawag.ch/news/trinkwasser/verbrauch.html>
- Freiberger, E. (2007). *Sustainability Evaluation of Sanitation Projects*. Master, University of Natural Resources and Applied Life Sciences, Vienna.
- GSchG. (2006). *Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer*. Zugriff: (22.01.2012)  
<http://www.grimselestrom.ch/home/download/299>
- Hamele, H./Eckardt, S. (2006). *Umweltleistungen europäischer Tourismusbetriebe. Instrumente, Kennzahlen und Praxisbeispiele. Ein Beitrag zur nachhaltigen Tourismusentwicklung in Europa*. Saarbrücken.
- Herbst, H. B. (2008). *Bewertung zentraler und dezentraler Abwasserinfrastruktursysteme* (1. ed. Vol. 213). Aachen.
- Herlyn, A./Maurer, M. (2007). *Zustand und Investitionsbedarf der Schweizer Abwasserentsorgung*. Redaktion "Schweizer Gemeinde", 11/07, 14-17.
- Hiessl, H./Hillenbrand, T. (2010). *DEzentrales Urbanes Infrastruktur System DEUS 21. Abschlussbericht*. Karlsruhe. F.-I. f. S.-u. Innovationsforschung. (12.12.2011)  
<http://publica.fraunhofer.de/documents/N-151574.html>
- Hillenbrand, T. (2009). *Analyse und Bewertung neuer urbaner Wasserinfrastruktursysteme*. Doktor, Fridericiana zu Karlsruhe, Karlsruhe
- Johannsson, M./Höglund, C./Jönsson, H./Rhode, L./Andersson, K./Torpe, M./Hellström, D. (2000). *Urine Separation - Closing the Nutrient Cycle. Final Report on the R&D Project. Source-separated Human Urine - A Future Source of Fertilizer for Agriculture in the Stockholm Region?* Stockholm. S. Vatten, Stockholmshem, H. N. Federation.
- Keyzers, C./Gethke, K./Pinnekamp, J. (2008). *Grauwassernutzung im Hotel- und Gaststättengewerbe*. Artikel präsentiert an der: Aachener Kongress Dezentrale Infrastruktur, Nr.: 2, Aachen, Aachen.
- Kluge, T./Libbe, J. (2010). *Transformationsmanagement für eine nachhaltige Wasserwirtschaft. Handreichung zur Realisierung neuartiger Infrastrukturlösungen im Bereich Wasser und Abwasser*. Berlin: Deutsches Institut für Urbanistik GmbH.
- Koziol, M./Veit, A./Walther, J./Pietzsch, K. (2006). *Stehen wir vor einem Systemwechsel in der Wasserver- und Abwasserentsorgung? Sektorale Randbedingungen und Optionen im stadttechnischen Transformationsprozess*. Analysemoduls „Stadttechnik“ im Forschungsverbund netWORKS. Berlin. D. I. f. Urbanistik.  
<http://www.difu.de/publikationen/difu-berichte-22006/forschungsprojekt-networks-systemwechsel-in-der.html>
- Kupper, T. (2008). *Belastung und Quellen organischer Schadstoffe im Klärschlamm und ihre Bedeutung im Zusammenhang mit dem Ausstieg aus der landwirtschaftlichen Klärschlammverwertung in der Schweiz. Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft*, 60(3), 45-54. Zugriff: (14.01.2012) doi: 10.1007/s00506-008-0151-4  
<http://dx.doi.org/10.1007/s00506-008-0151-4>
- Lai, J. H. K./Yik, F. W. H. (2008). *Benchmarking the Cost for Operating and Maintaining Engineering Facilities of Luxury Hotels in Hongkong*. Artikel präsentiert an der: CIB W070 Conference in Facilities Management, Heriot Watt University. (28.01.2012),  
<http://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB11932.pdf>
- Lange. (2000). *Vom Wassersparen zum Wasservermeiden. Variationen eines Themas*. Zugriff:
- Lange/Otterpohl, R. (2000). *Ökologie aktuell. Abwasser. Handbuch zu einer zukunftsfähigen Wasserwirtschaft* Donaueschingen-Pföhren. M.-B. GmbH.
- Larsen, T. A./Lienert, J. (2007). *Novaquatis Abschlussbericht. NoMix – Neue Wege in der Siedlungswasserwirtschaft*. Dübendorf, Schweiz. (28.01.2012)  
[http://www.novaquatis.eawag.ch/publikationen/abschlussbericht\\_D](http://www.novaquatis.eawag.ch/publikationen/abschlussbericht_D)

- Laube, A./Vonplon, A. (2004). *Klärschlamm Entsorgung in der Schweiz. Mengen- und Kapazitätserhebung*. Bern. (14.12.11) [www.buwalshop.ch](http://www.buwalshop.ch)
- Longdong, J. (Ed.). (2009). *Neuartige Sanitärsysteme* (1. ed.). Weimar: Bauhaus-Universität Weimar.
- Lüthi, C./Panesar, A./Schütze, T./Norström, A./McConville, J./Parkinson, J./ . . . Ingle, R. (2011). *Sustainable Sanitation in Cities. A framework for action*. (1. ed.). Rijswijk: Papiroz Publishing House.
- Maurer, M./Pronk, W./Larsen, T. (2006). *Treatment process for source-separated urine*. [Review]. *Water Research*(40), 3151-3166. Zugriff: (04.02.2012) doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2006.07.012>  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135406004039>
- Möllring, B. (2003). *Toiletten und Urinale für Frauen und Männer - die Gestaltung von Sanitäröbekten und ihre Verwendung in ffentlichen und privaten Bereichen*. Dissertation, Universität der Künste, Berlin
- OTS. (2011). *Abwasserreinigung in der Schweiz: Bessere Reinigung bei gleichbleibenden Kosten*. Zugriff: (01.02.2012)  
<http://www.presseportal.ch/de/pm/100051011/100708890/abwasserreinigung-in-der-schweiz-bessere-reinigung-bei-gleichbleibenden-kosten>
- Peter-Föhlich, A./Bonhomme, A./Oldenburg, M. (2007). *Sanitation Concepts for Separate Treatment of Urine, Feaces and Greywater (SCST) - Results*. Berlin.
- Pinnekamp, J./Günthert, F. (2010). *Produktionsintegrierte Umweltschutzmassnahmen im Hotel- und Gaststättengewerbe unter besonderer Berücksichtigung vorhandener Bausubstanz. Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben*. Aachen, München.
- Ronstedt, M./Frey, T. (2011). *Hotelbauten. Handbuch und Planungshilfe*. (1. ed.). Berlin: DOM Publishers.
- Ronteltap, M./Maurer, M./Gujer, W. (2007). *The behaviour of pharmaceuticals and heavy metals during struvite precipitation in urine*. *Water Research*(41), 1859-1968. Zugriff: doi: 10.1016
- Rothemberger, D. (2003). *Report zur Entwicklung des Versorgungssektors Wasser. Dynamik, Nachhaltigkeit und Gestaltung von Transformationsprozessen in der netzgebundenen Versorgung*. Kastanienbaum.
- Rudolph, K.-U./Schäfer, D. (2001). *Untersuchung zum internationalen Stand und der Entwicklung Alternativer Wassersysteme*. Bonn-Karlsruhe-Witten. B. f. B. u. F. (BMBF), F. K. GmbH.
- Sanbox. (2011). *Sanbox - The Idea*. Zugriff: (06.02.2012) <http://www.sandbox.info/index.htm>
- Schlesinger, R. (2003). *Dezentrale Abwasserentsorgung - neue Erkenntnisse, hygienische Aspekte*. Diplom Master, Fachhochschule Lausitz, Cottbus
- Schluep, M./Thomann, M./Häner, A./Gälli, R./Stucki, G. (2006). *Organische Mikroverunreinigungen und Nährstoffe. Eine Standortbestimmung für die Siedlungswasserwirtschaft*. Bern: Bundesamt für Umwelt. Zugriff: (12.11.2011) [www.umwelt-schweiz.ch/publikationen](http://www.umwelt-schweiz.ch/publikationen)
- Schmitt, T. (2007). *Qualitätstourismus auf Mallorca: Ballermann war besser*. Geowissenschaften Rubin. Zugriff: (02.02.2012) <http://www.ruhr-uni-bochum.de/rubin/geowissenschaften/pdf/beitrag3.pdf>
- Steinbach, D./Schultheis, A./Kranert, M. (2007). *Modulaare. Integrated modules for high efficient wastewater purification, waste treatment and regenerative energy recovery in tourism resorts*. Zugriff: (02.02.2012)  
[http://www.wastesolutions.org/fileadmin/user\\_upload/wastesolutions/S5P3\\_-\\_Steinbach.pdf](http://www.wastesolutions.org/fileadmin/user_upload/wastesolutions/S5P3_-_Steinbach.pdf)
- Störmer, E./Binz, C./Larsen, T./Maurer, M./Truffer, B./Gebauer, H. (2010). *Zukunft der dezentralen Wassertechnologien. Mögliche Massenmärkte und neue Lösungsansätze für die Zukunft dezentraler Wassertechnologien*.
- SuSanA. *Case Studies*. Zugriff: (02.02.2012) <http://www.susana.org/lang-en/case-studies>

- Tilley, E./Lüthi, C./Morel, A./Zurbrügg, C./Schertenleib, R. (2008). *Compendium of Sanitation Systems and Technologies*. Dübendorf, Switzerland: Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag).
- Udert, K./Larsen, T./Gujer, W. (2006). *Fate of major compounds in source-separated urine*. *Water Science & Technology*, 54(11–12), 413–420. Zugriff: (22.11.2011) doi: 10.2166/wst.2006.921 <http://www.mendeley.com/research/fate-major-compounds-sourceseparated-urine/#page-1>
- Van der Vleuten-Balkema, A. (2003). *Sustainable Wastewater Treatment, developing a methodology and selecting promising systems*. Master, Technische Universität Eindhoven
- Villeroy\_&\_Boch/EnviroChemie/TU\_Kaiserslautern/Technische\_Universität\_Kaiserslautern/Friedrich-Willhelms-Universität, R./ap\_system\_engineering/Fraunhofer\_Institut. (2009). *Komplett, Water Recycling Systems. Abschlussbericht. Entwicklung und Kombination von innovativen Systemkomponenten aus Verfahrenstechnik, Informationstechnologie und Keramik zu einer nachhaltigen Schlüsseltechnologie für Wasser- und Stoffkreisläufe*. Karlsruhe.
- visum. (2011). *Wassermanagement in Hotels. Ein Blick hinter die Kulissen der Tourismusbranche*. Zugriff: (14.01.2012) [http://www.visumsurf.ch/cgi-bin/htmllearn.cgi?lesson=ww\\_quiz\\_hotel\\_i\\_de.dat](http://www.visumsurf.ch/cgi-bin/htmllearn.cgi?lesson=ww_quiz_hotel_i_de.dat)
- Von Münch, E. (2009). *Basic overview of urine diversion components (waterless urinals, UD toilet bowls and pans, piping and storage)*. Eschborn.
- Von Münch, E. (2012). *Worldwide list of 324 documented ecosan projects by various organisations*. Zugriff: (02.02.2012) [www.susana.org/lang-en/library?view=ccbctypeitem&type=2&id=1423](http://www.susana.org/lang-en/library?view=ccbctypeitem&type=2&id=1423)
- Von Münch, E./Winker, M. (2011). *Technology review of urine diversion components. Overview of urine diversion components such as waterless urinals, urine diversion toilets, urine storage and reuse systems*. Eschborn. D. G. f. i. Z. (GIZ). <http://www.giz.de/Themen/en/SID-108FF055-724620EC/9397.htm>
- VSA. (2012). *Grauwasser*. Zugriff: (25.01.2012) <http://www.vsa.ch/glossar/term/Grauwasser/>
- Waggoner, L. S. (2011). *Falling Water*. Zugriff: (27.10.2011) <http://www.clivusmultrum.eu/utomlandseng.asp>
- Wasserwissen. (2011). *Dezentrale Abwasserentsorgung*. Zugriff: (14.12.2011) [www.wasserwissen.de/abwasserlexikon/d/dezentraleabwasserentsorgung.htm](http://www.wasserwissen.de/abwasserlexikon/d/dezentraleabwasserentsorgung.htm)
- WCED. (1987). *Our Common Future*. New York: Oxford University Press.

## 6.2 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1 Schicksal der Teilströme des häuslichen Abwassers.....	27
Abb. 2 Durchschnittlicher privater Wasserverbrauch pro Person .....	28
Abb. 3 Pro Person täglich anfallende Frachten für die Teilströme Urin, Fäzes und Grauwasser .....	29
Abb. 4 Erneuerungszyklus der Kanalisation .....	31
Abb. 5 Schemaschnitt durch Trockentoilette mit Kompostcontainer.....	33
Abb. 6 Löslichkeitsverhalten von Phosphor und Calcium .....	34
Abb. 7 Frischwasseranteil bei Grauwassernutzung.....	67
Abb. 8 Negative Dynamik bei der Einführung von neuen Produkten. ....	75

## 6.3 Tabellenverzeichnis

Tab. 1 Anteile am durchschnittlichen Wasserverbrauch pro Person und Tag.....	28
Tab. 2 Pro Person täglich anfallende Frachten für die Teilströme Urin, Fäzes und Grauwasser .....	30
Tab. 3 Überblick über die sechs Systeme anhand der Teilströme .....	42
Tab. 4 Aufbau der Stoffstromsysteme (Prozessschritte/Komponenten) .....	43
Tab. 5 Gegenüberstellung der Eigenschaften der Systeme .....	46
Tab. 6 Gegenüberstellung der Eigenschaften der Systeme, Teil 2.....	47
Tab. 7 Gängige Leitungsquerschnitte der einzelnen Zu- und Ableitungen .....	51
Tab. 8 Aufbau der Projekte, Systemkomponenten .....	54
Tab. 9 Gegenüberstellung der Vergleichswerte aus den Pilotprojekten (Benchmarks) .....	56
Tab. 10. Nutzerakzeptanz: Übersicht über die Bemerkungen zu den Fragen.....	62
Tab. 11 Infrastruktur von Stadthotels bezogen auf die Hotelklasse .....	63
Tab. 12 Wasserverbrauch nach Hotelklasse.....	64
Tab. 13 Anteile des spezifischen Verbrauchs am Gesamtverbrauch .....	64





## **7 ANHANG A (ALLGEMEIN)**

Im Anhang A sind vorwiegend Darstellungen sowie weiterführende Informationen zum Hauptteil dieser Arbeit zu finden. Neben den Datenblättern mit Kurzbeschrieben der Pilotprojekte sind die Auswertungen aus der Architektenbefragung und der Nutzerakzeptanz, die Indikatorensets aus der Nachhaltigkeitsbewertung, Systemdarstellungen der sechs Sanitärsysteme und weitere Darstellungen zu finden.

## Anhangverzeichnis

Anhang 1 Fragebogen Architekten.....	96
Anhang 2 Auswertungsbogen der Architektenbefragung 1.....	97
Anhang 3 Auswertungsbogen der Architektenbefragung 2.....	98
Anhang 4 Nutzerakzeptanz: Übersicht über die Antworten zu den Fragen .....	99
Anhang 5 Nutzerakzeptanz: Übersicht über die Bemerkungen zu den Fragen .....	100
Anhang 6 Vergleich der Zertifizierungssysteme.....	102
Anhang 7 Übersicht über die verschiedenen Zertifizierungslabels und ihren Bezug zu Wasser .....	103
Anhang 8 Zuordnung der Fragen zur Nachhaltigkeit .....	104
Anhang 9 Indikatoren Set von Longdong (2009).....	106
Anhang 10 Indikatorenset von Flores (2010) .....	107
Anhang 11 Indikatorenset von Van der Van der Vleuten-Balkema (2003) .....	108
Anhang 12 Indikatorenset von Freiburger (2007).....	109
Anhang 13 Berechnung der spezifischen Grauwassermengen (schwach/stark belastetet).....	110
Anhang 14 Vergleich durchschnittlicher Wasserverbrauch privat/im Hotel .....	110
Anhang 15 Verbrauch kommunaler Kläranlagen .....	110
Anhang 16 Gesetzliche Bestimmungen und Zuständigkeiten zur Verwendung der Produkte .....	111
Anhang 17 Hydrozyklon .....	112
Anhang 18 Grauwasserecycling .....	112
Anhang 19 Systemvorlage zur Einordnung der Prozessschritte eines Sanitärsystems.....	113
Anhang 20 Anwendungsbeispiel der Systemvorlage .....	113
Anhang 21 Systemdarstellung für 1-Stoffstromsysteme .....	114
Anhang 22 Systemdarstellung für Schwarzwasser 2-Stoffstromsysteme.....	114
Anhang 23 Systemdarstellung für Urintrennung 2-Stoffstromsysteme .....	115
Anhang 24 Systemdarstellung für Urintrennung 3-Stoffstromsysteme .....	115
Anhang 25 Systemdarstellung für Fäkalien 2-Stoffstromsysteme (Trockentoiletten).....	116
Anhang 26 Systemdarstellung für Urintrennung 3-Stoffstromsysteme (Trockentoiletten) .....	116
Anhang 27 Übersicht über die Einsatzmöglichkeiten der Produkte aus der Stoffstromtrennung ...	117
Anhang 28 Übersichtsplan des Stadtteils "DEUS 21" .....	118
Anhang 29 Fliessschema der Schwarzwasserleitung bei "DEUS 21" .....	119
Anhang 30 Fliessschema mit Wasserver- und entsorgung "DEUS 21" .....	119
Anhang 31 Gebäudeschnitt mit Frischwasser- und Abwasserschema "NMRH" .....	120
Anhang 32 Verfahrensschema der "NMRH", Zermatt .....	121
Anhang 33 Situationsplan zu "Laughing Waters" .....	122

Anhang 34 Längsschnitt durch einen HRAR .....	123
Anhang 35 Fliessschema der drei HRARs.....	123
Anhang 36 Axonometrie der HRARs mit 150 m <sup>3</sup> respektive 5 m <sup>3</sup> Volumen .....	123
Anhang 37 Situationsplan Flintenbreite.....	124
Anhang 38 Fliessschema Flintenbreite mit einzelnen Stoffströmen.....	125
Anhang 39 Fliessschema Flintenbreite mit Abwasserquellen.....	125
Anhang 40 Fliessschema der Grauwasseranlage "KOMPLETT" .....	127
Anhang 41 Fliessschema der Schwarzwasseranlage "KOMPLETT" .....	127
Anhang 42 Situationsplan Hotel Arabella.....	128
Anhang 43 Fliessschema Hotel Arabella .....	129
Anhang 44 Foto der Tauchtropfkörperanlage.....	129
Anhang 45 Luftansicht des Hotels am Kurpark Späth .....	130
Anhang 46 Fliessschema der Grauwasseraufbereitung Hotel am Kurpark Späth .....	131
Anhang 47 Bädertypen des Hotels am Kurpark Späth mit Installationen des Trennsystems.....	131
Anhang 48 Situationsplan "Solar City" .....	132
Anhang 49 Prinzipschema der Überbauung "Solar City" .....	133
Anhang 50 Übersichtsfoto der Feriensiedlung.....	134
Anhang 51 Ansicht der Siedlung Stranddorf Augustenhof.....	135
Anhang 52 Abwasserschema der Siedlung Stranddorf Augustenhof.....	135
Anhang 53 Situationsplan des Empa/Eawag-Areals.....	136
Anhang 54 Umgebungsplan des "Forums Chriesbach" .....	137
Anhang 55 Gebäudeschnitt des "Forums Chriesbach" mit Fliessschema.....	137
Anhang 56 Übersichtsfoto des Klärwerks Stahnsdorf.....	138
Anhang 57 Fliessschema des Projektes "SCST" .....	139
Anhang 58 Grundriss des Bürogebäudes der GIZ.....	140
Anhang 59 Fliessschema des Projektes "SANIRESCH" .....	141
Anhang 60 MAP-Fällungsreaktor "SANIRESCH" .....	141
Anhang 61 Übersichtsplan Ökosiedlung Allermöhe.....	142
Anhang 62 Fliessschema Grauwasserverarbeitung, Ökosiedlung Allermöhe.....	143
Anhang 63 Gebäudeschnitt Trockentoilettensystem.....	143
Anhang 64 Axonometrie und Schnitt Trockentoilettensystem.....	143
Anhang 65 Übersichtsfoto Waldquellesiedlung.....	144
Anhang 66 Gebäudequerschnitt aus der Waldquellesiedlung.....	145
Anhang 67 Schnitt durch Separations-Trockentoilette bei "Gebers" .....	147

Anhang 68 Übersichtplan von China .....	148
Anhang 69 Situationsplan der Ecotown Erdos .....	148
Anhang 70 Fliessschema des Sanitärsystems der Ecotown Erdos .....	149
Anhang 71 Schnitt durch Separations-Trockentoilette .....	150
Anhang 72 Gebäudeschnitt mit Trockentoiletten-Anlage, Erdos .....	150
Anhang 73 Hundertwassers Bauanleitung für eine Trockentoilette.....	151



# Architektenbefragung

## Anhang 1 Fragebogen Architekten

Uni Basel | Masterarbeit: Knappe Ressource Wasser und Gebäudetechnik | Bereich Phil II

**Stoffstromtrennung:**  nein  ja

Beispiel: .....

**Kleinkläranlagen:**  nein  ja

Beispiel: .....

**Grauwasseranlagen:**  nein  ja

Beispiel: .....

**Dezentrale Abwassertechnologien:**  nein  ja

Beispiel: .....

Weitere .....

**Wasserver- und Abwasserentsorgung**  
Was ist Ihrer Meinung nach die effizienteste Möglichkeit in der Gebäudetechnologie um Wasser zu sparen?  
.....  
.....

**Kontakte**  
Kennen Sie Institutionen, Fachpersonen, Hersteller, welche sich mit Technologien zum schonenden Umgang mit Wasser auseinandersetzen?  
.....  
.....

7.2.2012 | Priska Stacher: 4057 Basel | p.stacher@stud.unibas.ch | 2/2

Uni Basel | Masterarbeit: Knappe Ressource Wasser und Gebäudetechnik | Bereich Phil II

**Fragenbogen für Architekten**  
Wissensstand bei Architekten bezüglich neuartigen Sanitärsystemen  
Synonyme: alternative Sanitärsysteme, dezentrale Abwassersysteme, on-site Abwassersysteme / -technologien, ökologische Sanitärsysteme – ecosan, Sustainable Sanitation

**Fragen zu Ihrer Person:**  
Ausbildung .....

Jetzige Tätigkeit .....

**Zum sparsamen Umgang mit Wasser:**  
Was fällt Ihnen spontan ein, wenn sie an Architektur und den sparsamen Umgang mit Wasser denken?  
.....  
.....

**Von welchen Anwendungen / Technologie haben Sie schon gehört?**  
Wenn ja, geben sie das Beispiel an.

**Wasserspardüsen:**  nein  ja

Beispiel: .....

**Durchflussreduzierer:**  nein  ja

Beispiel: .....

**Regenwassernutzung:**  nein  ja

Beispiel: .....

**Vacuumtoiletten:**  nein  ja

Beispiel: .....

**NoMix-WC's:**  nein  ja

Beispiel: .....

7.2.2012 | Priska Stacher: 4057 Basel | p.stacher@stud.unibas.ch | 1/2

## Anhang 2 Auswertungsbogen der Architektenbefragung 1

Auswertung Fragebogen Architekten			
Nr.	Spontaner Vorschlag zum sparsamen Umgang mit Wasser	Vorschlag effizienteste Möglichkeit zum Wasser sparen	Institutionen, Hersteller, Fachpersonen, Technologien
1	- Regenwassernutzung - Spararmaturen	- Wasserspararmaturen - kleinere Badewannen	- Minergie-Eco LEED/Zertifizierungen NH - Hanspeter Preisig; "2000-Watt-Pabst" - Helvetas
2	- Regenwassertank - getrennte Abwassersysteme	- Regenwassernutzung - Durchflussreduzierer	- AUE - Sanitärplaner
3	- Regenwassernutzung	- WC-Spülung reduzieren	---
4	- Sparspülung - Wasserrecycling	- Gerechter Preis (kostendeckend)	- EMPA Kantone, - IWB, städtische Werke - Universitäten - Leider keine Architekturfakultäten.
5	- Regenwassernutzung - Optimierung des allg. Wasserverbrauchs in neuen Gebäuden	- Reduktion des allgemeinen Verbrauchs - Regenwassernutzung.	- Firma Rosenmund Basel
6	- Grauwassernutzung - natürliche Versickerung - wasserlose Urinale - Grundwasserkühlung - Regenwassernutzung - Extens. Dachbegrünung	- Standards hinterfragen (nice to have/must have) z.B. Anzahl Anschlüsse, Platzierung, usw.	Nein
7	- Vakuum-WCs - Spararmaturen für Dusche, Lavabo	- Vacuum-WC, Trocken-Pissoir - Spararmaturen Dusche/Lavabo	- Eawag
8	- Brunnen im Südsudan	- Vakuumtoiletten - Regenwassernutzung	- Eawag - Ernst AG - wasserlose Pissoire
9	- Regenwassernutzung - Spararmaturen - Komposttoiletten - Benutzerverhalten	- Kompost-WCs - auch Verbrauch reduzieren; Benutzer-verhalten und Technik gleichermaßen notwendig	- KRT-Regenwassernutzung - Kompost-WCs Norwegen
10	- Reduktion von Trinkwasser bei Waschmaschinen und WCs - Regenwassernutzung	- Regenwassernutzung - Reduktion von Trinkwasserverbrauch	- Wärmerückgewinnung von Abwasser (das Wasser darf innerhalb des Gebäudes bis 5°C abgekühlt werden)
Mehrfach	7x Regenwassernutzung 5x Spararmaturen 3x Wassersp. Apparate 2x Wiederverwendung	4x Wassersp. Apparate 4x Regenwassernutzung 4x Spararmaturen 4x Benutzerverhalten	
Einzel	- Getrennte Abwassersyst. - Optimierungen - Natürliche Versickerung - Grundwasserauskühlung - Extensive Dachbegrünung - Benutzerverhalten - Brunnenbau Südsudan	- gerechter Wasserpreis	

Quelle: Eigene Darstellung

## Anhang 3 Auswertungsbogen der Architektenbefragung 2

Auswertung Fragebogen Architekten (Teil 2)																			
Nr.	Wasserspardüsen		Durchflussreduzierer		Regenwassernutzung		Vaccumtoiletten		NoMix-WCs		Stoffstromtrennung		Kleinkläranlagen		Grauwasseranlagen		Dezentrale Abwasser		Weitere
	ja	Bemerkung	ja	Bemerkung	ja	Bemerkung	ja	Bemerkung	ja	Bemerkung	ja	Bemerkung	ja	Bemerkung	ja	Bemerkung	ja	Bemerkung	
1	1	Nutzerin	1	Als Architektin	1	Als Arch. Schoren-graben, 2000-Watt-Siedlung	1	Als Architektin	0		1	Als Architektin	1	Als Architektin	0		0		---
2	1	Sanitärapp. Duschebr.	1	Sanitär	1	Planung Wohnungsbau	0		1	Von einer Fachperson	1	Weiterbildung Nachhaltiges Bauen BFH	1	Siedlungsplanung	0		0		---
3	1	Dusche	1	Waschbecken	1	Garten, Pflanzen	1	ICE, Zug	0		0		1	3-Kammersystem	1	WC-Spülung, Waschen	1		---
4	1	Haushalte	0		1	Öko-Überbauung	1	Flugzeug, Zug	1	Uni-Lehrveranstaltung	1	Hamburg	1	Schwimmbäder, Vorklärung in Gemeinden	1	aus der Literatur	0		---
5	1	Hahn	1	Hauptverteilung	1	Tank	1	Flugzeug	1		0		1		1		0		---
6	1		1		1		1		0		0		1		1		0		Wärmerückgewinnung aus Abwasser Wassergekühlte Racks IT
7	1	Dusche Lavabo	0		1	WC-Spülung	1	Güterstr. 133 BS - Gundeldingerfeld BS	1	Ea wag	0	zuordenbar zu NoMix-WCs	0		0		0		---
8	1	Aquaclick KWC Fit Air.	1	Aquaclick, KWC	1	Mehrm. selbst eingebaut	1	Eingebaut bei Güterstr. 133 BS	1	Kantonsbibliothek Liesetal, Ea wag.	1	NoMix-WC	1	Oloid Kläranlagen	1	eingebaut im TZ CH	1		---
9	1	Gundeldingerfeld	1		1	Umnutzung von Öltank zu Regenwasserspeicher	1		1		0		1		1		0		---
10	1	Brause	1		1	Zysterne	1	Bahn	0		0		1	Siedlungsbau	1		0		---
Σ	10		8		10		9		6		4		9		7		2		
	1	ja																	

Quelle: Eigene Darstellung

### Architektenbefragung

Um sich über den Wissensstand bei praktizierenden Architekten zum Thema dezentrale Abwassersysteme und Wassersparen zu informieren, wurde eine kurze Umfrage bei zehn Architektenkollegen durchgeführt. Dabei wurde mittels eines persönlich überreichten Fragebogens nach dem Kenntnisstand über bestimmte Begriffe aus der (dezentralen) Sanitärtechnik gefragt. Gleichzeitig hatten die Befragten die Möglichkeit, ihre Sichtweise zum Thema sparsamer Umgang mit Wasser sowie Projektbeispiele zu notieren. Der Fragebogen wurde ohne Vorinformation ausgehändigt und während dem Ausfüllen wurden keine Fragen beantwortet. Die Umfrage zeigt auf, dass über die Themen Wassersparen und Regenwassernutzung viel, über dezentrale Abwassersysteme wenig bekannt ist.



# Auswertung Nutzerakzeptanz

## Anhang 4 Nutzerakzeptanz: Übersicht über die Antworten zu den Fragen

Übersicht Akzeptanz Projekte				Nutzerakzeptanz																						
System Nr.	Projekt Nr.	Projektittel	Stammdaten			1. Benutzerschnittstellen					Nutzerakzeptanz															
			Anzahl Bewohner/max. Nutzer	Nutzung Wohnen/Arbeiten Hotel/Schule	W/A	W/S	Eigentum/Miete	WT	NM	TT	WU	TU	S/V	7.1	7.2	7.3	7.4	7.4	7.4	7.5	7.6	7.7	7.8	7.8		
S1:	1.1 DEUS 21		345		W	85 E/15 M	WT	-	WU	TU	S/V	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k
	1.2 NMRH		120		H	-	WT	-	-	TU	S	1	1	0	k	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	1.4 L. Waters		1600		W	100 E	WT	-	-	-	S	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
S2:	2.1 Flintenbreite		111		W	100 E	WT	-	-	-	V	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k
	2.2 KOMPLETT		65		A	-	WT	-	WU	-	S	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k
	2.4 Arabella		160		H	-	WT	-	WU	-	S	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k
	2.5 Am Kurpark		30		H	-	WT	-	-	-	S	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k
S3:	3.1 Solar City		460		W/S	33 E/67 M	-	NM	-	TU	S	1	1	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3.3 Augustenhof		22		W	100 M	-	NM	-	-	S	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3.4 Christesbach		220		A	-	-	NM	-	TU	S	1	1	1	-1/1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S4:	4.1 SCST		25		W	100 M	-	NM	-	-	S	k	1	k	k	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	4.1 SCST		15		A	-	-	NM	-	-	V	k	1	1	-1	k	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	4.6 SANIRESCH		400		A	-	-	NM	-	TU	S	1	k	k	k	k	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
S5:	5.1 Allermöhe		105		W	100 E	-	-	TT	-	S	1	k	0	-1/1	k	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5.2 Waldquelle		260		W	75 E/25 M	-	-	TT	-	S	1	1	0	1	k	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S6:	6.1 Gebers		80		W	100 E	-	-	TT	-	S	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k
	6.2 Erdos		3000		W	100 M	-	-	TT	-	S	1	k	1	k	k	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
							Σ Ausprägung					8	k	10	k	13	k	8	k	6	k	8	k	7	k	8
							Σ Ausprägung					1	0	2	0	-1	1	-1	2	0	7	0	1	0	0	0
							Σ Ausprägung					3	8	1	5	1	4	1	2	0	7	1	4	1	5	1
							Σ Ausprägung					4	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	2	2	4
							Σ Ausprägung					5	0	0	0	0	2	-1/1	0	0	0	0	0	1	3	0
							Σ Antworten					9	A	7	A	9	A	4	A	11	A	9	A	10	A	9
							Ausprägungen					1	k = k. Ang.	k = k. Ang.	k = k. Ang.	k = k. Ang.	k = k. Ang.	k = k. Ang.	k = k. Ang.	k = k. Ang.	k = k. Ang.	k = k. Ang.	k = k. Ang.	k = k. Ang.	k = k. Ang.	k = k. Ang.
							2	0 = nein	0 = nein	0 = nein	0 = nein	0 = nein	0 = nein	0 = nein	0 = nein	0 = nein	0 = nein	0 = nein	0 = nein	0 = nein	0 = nein	0 = nein	0 = nein	0 = nein	0 = keine	0 = keine
							3	1 = ja	1 = ja	1 = ja	1 = ja	1 = ja	1 = ja	1 = ja	1 = ja	1 = ja	1 = ja	1 = ja	1 = ja	1 = ja	1 = ja	1 = ja	1 = ja	1 = ja	1 = vereinzt.	1 = vereinzt.
							4	k = k. Ang.	k = k. Ang.	k = k. Ang.	k = k. Ang.	k = k. Ang.	k = k. Ang.	k = k. Ang.	k = k. Ang.	k = k. Ang.	k = k. Ang.	k = k. Ang.	k = k. Ang.	k = k. Ang.	k = k. Ang.	k = k. Ang.	k = k. Ang.	k = k. Ang.	k = k. Ang.	k = k. Ang.

Auswertung der Antworten zur Akzeptanz. Quelle: Eigene Darstellung nach Angaben aus den Erfassungsbögen.

## Anhang 5 Nutzerakzeptanz: Übersicht über die Bemerkungen zu den Fragen

Bemerkungen Akzeptanz Projekte							
System Nr.	Projekt Nr.	Projektittel	Allgemein	7.2   Verhaltensänderungen	7.3   Einschränkungen	7.4   Toiletten: Bemerkungen Anwenderfreundlichkeit	7.4   Urinale: Bemerkungen Anwenderfreundlichkeit
S1:	1.1	DEUS 21	- Akzeptanzstudie wurde durchgeführt, jedoch mit anderen Fragen				
	1.2	NMRH				- Reklamationen zu Verfärbungen des Spülwassers; mehrmaliges Spülen, Problem behoben durch Besucherinformation	
	1.4	L. Waters	- Nutzer sieht Abwasseraufbereitung nicht - nur Wahrnehmung bezüglich Geruch				
S2:	2.1	Flintenbreite				- Akzeptanz gegenüber Vakuumtoilette vorhanden	
	2.2	KOMPLETT					
	2.4	Arabella				- Hotelgast bemerkt nichts von der Wasseraufbereitung	
	2.5	Am Kurpark	- begleitende Akzeptanzstudie - Ziel: gleicher Komfort für Gast				
S3:	3.1	Solar City		- die meisten haben damit leben gelernt		- ungeeignet für Kinder unter 1.40 m Grösse	
	3.3	Augustenhof			- Toiletten spülen nicht optimal		
	3.4	Chriesbach		- NoMix-WCs erfordern dass man sich setzt, auch fürs kleine Geschäft	- Design ist noch nicht ausgereift - mehr Nachreinigung nötig	- Urinseparierung findet i. d. R. grossen Anklang bei Nutzern - NoMix-WCs in öff. Gebäuden bezüglich Unterhalt einfacher	
S4:	4.1	SCST	- Angaben aus Akzeptanzstudie	- 57 % spülten mehr als 1x		- Benutzerkomfort gleich wie konventionelles WC - 9 % "fürchten" sich	
	4.1	SCST	- Angaben aus Akzeptanzstudie	- über 50 % spülten 2-3x pro WC-Gang	- grosse Gegenstände können nicht weggespült werden (Papierhandtuch)	- Lärmbelästigung bei WC - 18 % fürchteten sich vor der Benutzung der WCs	- Geruchsbelästigung
	4.6	SANIRESCH					
S5:	5.1	Allermöhe		- schwer zu beurteilen, Kinder sind mit dem System aufgewachsen		Pos: - keine Geruchsbildung - Wasserersparnis Neg: - körperlich anstrengend, v. a. im Alter	
	5.2	Waldquelle		- neue Einstellung gegenüber den eigenen Ausscheidungen		Pos: - keine schlechten Gerüche dank Abzugslüftung Neg: - kühler Luftstrom aufgrund der Abzugslüftung	
S6:	6.1	Gebers					
	6.2	Erdos	- Demonstrationsraum auf dem Gelände vorhanden		- Geruchs- und Dichtheitsprobleme waren zu lösen - einigen war es peinlich, Gäste einzuladen wegen den Toiletten		- Urinal war wasserlos vorgesehen, inzwischen mit wenig Wasser gespült

Bemerkungen Akzeptanz Projekte (Fortsetzung)							
System Nr.	Projekt Nr.	7.5 Mehraufwand	7.6 Gesundheit/Hygiene	7.7 Geruchsemissionen	7.8 Positive Reaktionen zur Nutzerakzeptanz	7.8 Negative Reaktionen zur Nutzerakzeptanz	7.9 Empfehlungen Bemerkungen Nutzer
S1:	1.1						
	1.2	- Betreuung der Wasseraufbereitungsanlage ist anspruchsvoll - braucht Personalschulung		- Geruchsemissionen entstehen bei Abfüllen der Säcke, da Raum nicht abgekapselt ist			
	1.4			- bei anaerober Klärung verbleiben Geruchsstoffe im behandelten Wasser - Empfehlung: Tröpfchenbewässerung oder nachts wässern			
S2:	2.1				- getrennte Erfassung von Grau- und Schwarzwasser wird positiv bewertet		
	2.2						
	2.4				- Betriebswasser ist so gut, dass der Hotelgast keinen Unterschied merkt		
	2.5						
S3:	3.1	- bei richtiger Nutzung nur geringfügiger Mehraufwand		- Geruchsbelästigungen aufgrund Fäzes im Urinteil		- 11% negative Einstellung ggüber Projekt, Rest ist neutral oder positiv	- Das System kann Nutzern nicht auferzungen werden (Toiletten Rödinger)
	3.3						- Das System kann Nutzern nicht auferzungen werden (Toiletten Rödinger)
	3.4						- (Toiletten Rödinger)
S4:	4.1	- Reinigung	- Hygiene wird von 15% als schlechter empfunden	- Hygiene von 15% als schlechter empfunden	- 65% können sich dieses System bei sich zu Hause vorstellen		- (Toiletten Rödinger)
	4.1		- Hygiene schlechter als bei konventionellem Vakuum-WC - 28% finden Hygiene der Vak-NoMix-Toilette schlechter als die konventionelle	- Urinale aufgrund von Geruchsbelästigung ausgetauscht	- 50% können sich dieses System bei sich zu Hause vorstellen		- (Toiletten Rödinger)
	4.6	- Reinigung	- 51% der Nutzer beurteilten NoMix-Toilette als weniger sauber				- weitere Angaben zu Themen um die Akzeptanz siehe Erfassungsbogen - (Toiletten Rödinger)
S5:	5.1	- Durcharbeiten Kompost - 1x pro Jahr Kompostentnahme		- Geruchsbelästigung bei schwülem Sommerwetter mit Windstille möglich	- jeder Haushalt macht seine eigenen Erfahrungen		
	5.2	- körperlich anstrengende Arbeit, die mit viel Schmutz verbunden ist		- abhängig von Wartung - 2 Whg. am selben Kompostbeh. ist ein Problem: bei offenem WC-Deckel oder gleichzeitiger Nutzung der WCs			- eigener Behälter pro Whg. - viel Platz bei Behälterklappen vorsehen - nach 17 Jahren haben 55% auf Wasserspülung umgebaut
S6:	6.1						
	6.2	- Behebung von Geruchs-Dichtigkeits- und Ventilationsproblemen		- abhängig von Qualität der Handwerkerleistung, oft undichte oder falsch angeschlossene Rohre als Ursache - Reparatur reduziert Probleme	- Hauptproblem war Geruchsbildung aufgrund unsachgemässer Installationen		- Nutzer wollten wassergespültes System (Statussymbol) - Handwerker ausbilden - Wechselwirkung mit anderen Lüftungsgeräten ausschliessen

Quelle: Eigene Darstellung nach Angaben aus den Erfassungsbögen.

## Gebäudezertifizierung für nachhaltiges Bauen

### Anhang 6 Vergleich der Zertifizierungssysteme

#### Gebäudestandards für Zertifizierungssysteme

Um einen Überblick über Zertifizierungssysteme von Gebäuden und den Stellenwert des Aspektes Wassers zu beurteilen wurden anhand des Übersichtswerkes von Ebert et al. (2010) folgende Zertifizierungssysteme verglichen:

- BREEAM Building Research Establishment's Environmental Assessment Method (GB)
- Minergie Minergie (CH)
- HQE Haute qualité environnementale (F)
- LEED Leadership in Energy & Environmental Design (USA)
- CASBEE Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency (J)
- DGNB Deutsches Gütesiegel für nachhaltiges Bauen (D)

Pro System wurden insgesamt 40–60 Indikatoren gefunden, jeweils 5–6 zum Thema Wasser. Oft verwendete Kriterien waren der Wasserverbrauch und die Art der Wasseraufbereitung, das Überdüngungspotenzial, die Erkennung von Undichtigkeit in den Leitungen, Abschaltmöglichkeiten von einzelnen Sanitär-Teilbereichen, die Möglichkeit der Wasserverbrauchsmessung und weitere Kontrollsysteme. Eine Auswertung dieser Übersicht zeigt, dass dem Umgang mit Wasser in der Gebäudezertifizierung durchaus Beachtung geschenkt wird. Dies könnte als Hinweis gesehen werden, dass in Zukunft diesem Aspekt noch mehr Beachtung geschenkt werden wird.

Anhang 7 Übersicht über die verschiedenen Zertifizierungslabels und ihren Bezug zu Wasser

Übersicht über den Aufbau der wichtigsten NH-Zertifizierungs-Labels						
Abkürzung	DGNB	HQE	BREEAM	LEED	CASBEE	
Name	Minergie Deutsches Gütesiegel für nachhaltiges Bauen	Haute qualité environnementale	Building Research Establishment's Environmental Assessment Method	Leadership in Energy & Environmental Design	Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency	
Gründung	ca. 1990, Schweiz 2007, Deutschland	1996, Frankreich	1990, Grossbritannien	1998, USA	2001, Japan	
Marktdurchdringung	- breite nationale Akzeptanz 14 686 Gebäude nach Minergie, 538 nach Minergie-P, 60 nach Minergie-ECO zertifiziert - 13 % der Neubauten, 2 % der Sanierungen werden zertifiziert (2010) - Etablierung international wächst, seit 2006 Zweigstelle in Frankreich	- national 400 Zertifikate für Nichtwohngebäude, 1'000 Einfamilienhäuser, 2'212 Wohnungen (2010) - international 4 Bürobauten zertifiziert (Luxemburg, Belgien, Algerien, 2010) - Zusammenführung von HQE und BREEAM geplant	- weitweite Anwendung, vorwiegend in Europa (Deutschland, Spanien, Türkei, Luxemburg, Italien, Belgien, Frankreich) - in Grossbritannien sind Wohnungsbauten Schwerpunkt - 818'943 Wohngebäude, 22'972 sonstige Gebäude, davon 115'000 in Grossbritannien (2009)	- weltweite Anwendung 90 % in den USA - seit 2007 deutlicher Anstieg - 27'696 angemeldete Geschäftsgebäude, davon 5'462 zertifiziert - 24'939 Wohngebäude, davon 59'888 zertifiziert (2010).	- nationale Ebene - Ausrichtung auf japanische Normen - 3859 Assessments, 88 Zertifizierungen (2010)	
Anzahl Indikatoren	keine Indikatoren, Vorgaben von Bauteilstandards	42	57	64	53	
Anwendungsbereich und Anzahl der Indikatoren	- mehr Lebensqualität - geringe Umweltbelastung - Gesundheit - Bauökologie - Beurteilung erfolgt aufgrund eines auf den Planungsinstrumenten des SIA- und BKP-basierten Fragekataloges	- 10 ökologische Konstruktion - 12 ökologischer Gebäudeantrieb - 10 Komfort - 10 Gesundheit	- 7 Management - 11 Gesundheit; "Wellbeing" - 10 Energie - 5 Transport - 4 Wasser - 6 Materialien - 3 Abfall - 4 Flächenverbrauch + Ökologie - 5 Emissionen - 1 Innovation (Zusatzkriterium)	- 15 Nachhaltige Baugelände - 5 effiziente Wassernutzung - 9 Energie und Atmosphäre - 15 Materialien und Ressourcen - 17 Komfort und Innenraumklima - 2 Innovation und Planungsprozess - 1 regionale Schwerpunkte	- 9 Energie - 10 Ressourcen und Materialien - 8 Umwelt - 13 Innenraumqualität - 9 Nutzungsqualität - 4 Aussenraumqualität auf dem Grundstück	
Indikatoren bezüglich Wasser	- Minergie-ECO nimmt Bezug auf einen sparsamen Wasserhaushalt (R 14) gemäss SIA-Merkblatt 2006: effizienter Einsatz von Trinkwasser in Gebäuden	- Qualität und Dauerhaftigkeit des Wasserleitungsnetzes - Konzeption und Schutz des Wasserleitungsnetzes - Kontrolle der Temperaturen im Wasserleitungsnetz - Kontrolle der Wasserbehandlung - Kontrolle der Rückgewinnung und Wiederverwendung von Brauchwasser	- Wasserverbrauch - Wasserverbrauchsmessung - Erkennung von Undichtigkeit im System - Abschaltmöglichkeit von Sanitärbereichen - Bewässerungssysteme - Wasseraufbereitungssysteme	- Reduktion des Wasserverbrauchs - wassersparende Landschaftsplanung: 50-%ige Reduktion/keine Trinkwassernutzung - innovative Schmutzwasserbehandlung - Reduzierung des Wasserverbrauchs um 30 %; 35 %; 40 %	- Wassereinsparung - Regenwasser- und Grauwassernutzung	
eigene Kategorie für Hotels	- nicht definiert	- "NF Bâtiments Tertiaires - Démarche HQE hôtellerie" (Nichtwohngebäude)	- "BREEAM Other Buildings"	- keine eigene Kategorie, "LEED-NC" für Neubauten, "LEED-EB" für Umbauten (O&M)	- keine eigene Kategorie, "LEED-NC" für Neubauten, "LEED-EB" für Umbauten (O&M)	

Quelle: Eigene Darstellung nach Inhalten von Ebert et al. (2010)

## Bezug zur Nachhaltigkeit

Die Fragen in den Erfassungsbögen zu den Pilotprojekten wurden den Dimensionen der Nachhaltigkeit (Ökonomie, Ökologie, Soziales, Technik) und weiteren Kriterien (Allgemeine Angaben, Eignung für Hotels) zugeordnet. Anschliessend folgt eine Liste mit den erfragten Kriterien und ihre Zuordnung zu Dimensionen.

### Anhang 8 Zuordnung der Fragen zur Nachhaltigkeit

#### Allgemeine Angaben zum Gebäude, zum Projekt (A)

- Kurzbeschreibung
- Gebäudetyp, Neubau / Umbau, Jahr
- Nutzung
- Grösse m<sup>2</sup>, Anzahl Geschosse
- Anzahl EW, Anzahl WCs

#### Allgemeine Angaben zum Abwasservorbehandlungsanlage (A)

- Zweck der Wasseraufbereitungsanlage, Verwendungszweck des aufbereiteten Wassers
- System, Art der Stoffstromtrennung
- Systemkomponenten
- Alter der Anlage (Inbetriebnahme)
- Dokumentation über die Anlage, Pläne, Technisches Ablaufschema
- Anforderung an Wasserqualität; Entspricht die Wasserqualität dem vorgesehenen Verwendungszweck? Welche Qualität wird benötigt für WC-Spülung, Wäsche waschen, Geschirrspülen?
- Empfehlungen der Planer
- Empfehlungen der Nutzer

#### Ökonomie, Wirtschaftlichkeit (E)

- Erstellungskosten der Anlage
- Jährliche Betriebskosten > Kosten pro m<sup>3</sup> Wasser; €/ m<sup>3</sup>
- Mehr- und Minderkostengegenüber einer konventionellen Anlage
- Mehr- und Minderkosten Bau

#### Umwelt; Ressourcen (U)

- Wasserverbrauch (Gesamtverbrauch, Frischwasserverbrauch, Wiederverwendung Wasser)
- Energieverbrauch pro m<sup>3</sup> Wasser; kWh/ m<sup>3</sup>
- Materialverbrauch für Unterhalt und Wartung
- Flächenbedarf pro m<sup>3</sup> Wasser; m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>
- Resultierende Wasserqualität: Bewässerungswasser, Trinkwasser, Toilettenspülung

#### Sozio-Kultur (S)

- Verhaltensänderung (Lerneffekt)
- Anwenderfreundlichkeit
- Geruchsemissionen
- Gesundheit
- Nutzerakzeptanz

## Technik (T)

- Bemerkungen zum Volumenstrom, Flexibilität der verarbeiteten Menge
- Bauliche Bedingungen, Restriktionen
- Bemerkungen zur Robustheit, Störungsanfälligkeit und Wartung der Komponente
- Schwierigkeitsgrad, benötigtes Fachwissen der Betreuung
- Kapazität:  $\text{m}^3/\text{h}$ , Durchlaufmenge (Volumen) pro Zeit;  $\text{m}^3 \text{m}^3/\text{h}$
- Kritische Grössen (Mindestgrössen, Kapazitätsgrenzen, Sprünge in der Grösse der Anlage)

## Kriterien zur Eignung für Hotels (H)

- Einschränkungen (> Gast /Angebot) darf nicht eingeschränkt werden)
- Zusätzlicher Arbeitsaufwand (z. B. Reinigung) (> darf keine Mehrkosten verursachen)
- Geruch
- Akzeptanz
- Maximaler/minimaler Volumenstrom (> Anlage soll saisonale Schwankungen auffangen können) (auch T)
- Gebäudetyp (Umbau sollte in laufendem Betrieb möglich sein)
- Eignung für Umbauten/Sanierungen

## Indikatorenset aus der Literatur

### Anhang 9 Indikatoren Set von Longdong (2009)

<b>1. Umwelt- und Ressourcenschutz</b>	
a) Gewässerschutz	Eintrag von Nährstoffen (N,P) Eintrag ökotoxikologischer Stoffe (Mikroschadstoffe, Arzneimittel, Schwermetalle) Eintrag Sauerstoff zehrender Stoffe (CSB, BSB) Eintrag suspendierter Stoffe
b) Bodenschutz	Eintrag ökotoxikologischer Stoffe
c) Klimaschutz	Emission klimarelevanter Gase
d) Ressourceneffizienz	Ressourcenrückgewinnung (Nährstoffe, Energie, Wasser) Ressourcenverbrauch (Bau und Betrieb)
<b>2. Hygiene/Gesundheitsschutz</b>	
a) Umwelthygiene/hygienische Sicherheit	Hygienische und toxikologische Qualität der erzeugten Stoffströme Hygienische und toxikologische Belastung durch Leckagen, Betriebsstörungen und Starkregenergebnisse Hygienische Sicherheit in Katastrophenfällen (vgl. auch 5a) Arbeitsschutz Insekten-/Ungezieferbelastung
b) Nahrungsmittelsicherheit	Belastungsgrad von Trinkwasser mit Krankheitserregern oder Schadstoffen Belastungsgrad von Nahrungsmitteln mit Krankheitserregern oder Schadstoffen
<b>3. Ökonomische Ziele</b>	
a) betriebs- und volkswirtschaftliche Kostenoptimierung	betriebswirtschaftliche Kosten (Gesamtkosten, Kostenstruktur) betriebswirtschaftliche Einnahmen (z.B. Dünger, Biogas, Wasser) volkswirtschaftliche Kosten/Nutzen (Berücksichtigung externer Effekte, z.B. bzgl. Schadstoffe, Hygiene, Ressourcen) Anteil Fremd-/Eigenleistung bei Erstellung und Betrieb/Wartung Flexibilität, Systemwechselfähigkeit (Anteil sunk costs)
b) Internationale Konkurrenzfähigkeit	flexibles, gut adaptierbares Systemkonzept mit hohem, internationalem Marktpotenzial
<b>4. Soziale Ziele</b>	
a) Akzeptanz	Komfort für Endnutzer/„Wohlbefinden“ (Bedienungskomfort, Handhabbarkeit) wahrgenommene Sicherheit (u. a. bei Katastrophen, Extremereignissen; vgl. auch 5a)
b) Schaffung qualifizierter Arbeitsplätze	Anzahl geschaffener Arbeitsplätze (internationale Wettbewerbsfähigkeit; vgl. auch 3b)
c) Schaffung von Umweltbewusstsein	umweltbewusster Umgang mit Wasser, Energie, Ressourcen
<b>5. Technische Ziele</b>	
a) Betriebssicherheit/Robustheit	Prozessstabilität, Dauer von Störfällen Schadenshäufigkeit/Katastrophenanfälligkeit Intensität/Auswirkungen eines Versagenszustands Know-How Verfügbarkeit (Stand der Technik)
b) Anpassungsfähigkeit/Erweiterbarkeit	Planungssicherheit/Flexibilität hinsichtlich sich ändernder Randbedingungen Innovationspotenzial (Weiterentwicklungsmöglichkeiten, Marktpotenzial) Skalierbarkeit
c) Integrierbarkeit mit anderen Infrastruktursystemen	Anforderungen an andere Infrastrukturbereiche (z.B. Trinkwasser- oder Stromversorgung) Platzbedarf Synergiepotenzial (z.B. mit Biomüllentsorgung)

Quelle: Longdong (2009)



## Anhang 10 Indikatorenset von Flores (2010)

**Table 3-2.** Summary of indicators, data sources, and tools used in the sustainability evaluation. The indicators were selected to be comprehensive, reflecting the various issues of concern to different stakeholders.

INDICATORS <sup>(a)</sup>	PRIMARY AND SECONDARY DATA SOURCES AND TOOLS <sup>(b)</sup>
<b>TECHNICAL</b>	
Ability to meet treatment standards	Observations, performance records, literature
Ability to meet capacity requirements	Observations, performance records, literature
Ease of system operation and maintenance (O&M) Users O&M Staff	Observations, surveys, interviews
<b>ENVIRONMENTAL</b>	
<i>Resource Consumption</i>	
Land – Treatment System (m <sup>2</sup> /pe)	Construction documents, literature
Energy	Consumption records, GaBi database
Water	Consumption records
<i>Emissions to Water</i>	
% of BOD/COD, Nutrients, and Heavy Metals in Excreta and Greywater Discharged to Surface Water	Literature
Eutrophication Potential (kg Phosphate Equivalent/pe-yr)	Literature; Life Cycle Analysis
Freshwater Aquatic Ecotoxicity Potential (kg DCB-Equivalent/pe-yr)	Literature; Life Cycle Analysis
Marine Aquatic Ecotoxicity Potential (kg DCB-Equivalent/pe-yr)	Literature; Life Cycle Analysis
<i>Emissions to Air</i>	
Acidification Potential (kg SO <sub>2</sub> -Equivalent/pe-yr)	Literature; Life Cycle Analysis
Global Warming Potential – 100 yrs (kg CO <sub>2</sub> -Equivalent/pe-yr)	Literature; Life Cycle Analysis
Photochemical Ozone Creation Potential (kg Ethene-Equivalent/pe-yr)	Literature; Life Cycle Analysis
Odour (O&M)	Observations, surveys, interviews
<i>Emissions to Land</i>	
% of Heavy Metals in Excreta and Greywater	Literature

INDICATORS <sup>(a)</sup>	PRIMARY AND SECONDARY DATA SOURCES AND TOOLS <sup>(b)</sup>
<i>Discharged to Land</i>	
Terrestrial Ecotoxicity Potential (kg DCB-Equivalent/pe-yr)	Literature; Life Cycle Analysis
<i>Resource Recovery</i>	
% of Nutrients in Excreta and Greywater Applied to Agriculture Nitrogen Phosphorus	Literature
% of Energy (from Organic Matter) Recovered for Electricity Generation, etc.	Literature
% of Water Reclaimed for Irrigation and Other Applications	Literature
<b>ECONOMIC</b>	
Capital Cost Per Household – Sanitation	Cost records and literature; Financial analysis
Annual O&M Cost Per Household – Sanitation	Cost records and literature; Financial analysis
User Ability to Pay (Annual O&M Cost of Water and Sanitation as % of Income)	Cost records and literature; Financial analysis
Potential for Local Business Development and Household Income Generation	Observations and literature
<b>SOCIETAL</b>	
User Acceptability and Desirability (Compatibility with Habits and Preferences)	Observations, surveys, interviews
Accessibility to Different Age, Gender, and Income Groups	Observations, surveys, interviews
Minimization of Public Health Risk	Observations, surveys, interviews, literature, bacterial measurements; Qualitative risk assessment
Legal Acceptability and Institutional Compatibility	Observations and literature

(a) References: Balkema *et al.*, 2002; Lundin and Morrison, 2002; Kvarnstrom *et al.*, 2004; Bracken *et al.*, 2005; UNESCO-IHP and GTZ, 2006

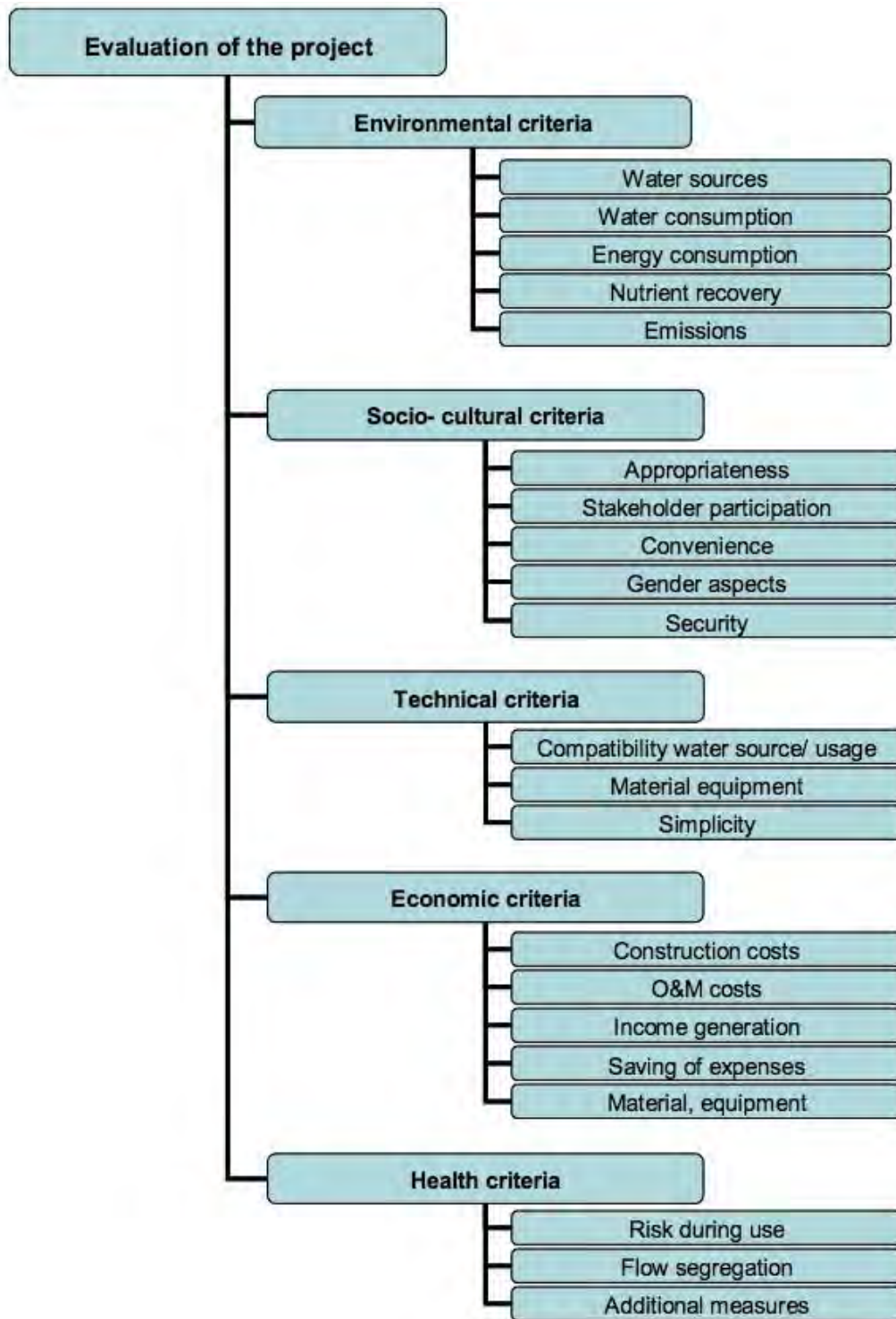
(b) A cradle-to-gate database for various materials and processes is embedded in the GaBi Life Cycle Analysis software. This database was derived from the literature, patent information, and other technical sources.

Quelle: Flores (2010)

**Table 3:** Sustainability indicators for the domestic water system.

<i>Indicator:</i>	<i>Description:</i>	<i>Expressed:</i>
<b>Functional:</b>		
- <i>Adaptability</i>	- <i>Indication of flexibility of the process with respect to the implementation on different scales, increasing / decreasing of capacity, and anticipate on changes in legislation etc.</i>	<i>Qualitative</i>
- <i>Maintenance</i>	- <i>Indication of maintenance required.</i>	<i>Qualitative</i>
- <i>Reliability</i>	- <i>Indication of sensitivity of the process concerning malfunctioning equipment and instrumentation.</i>	<i>Qualitative</i>
- <i>Robustness</i>	- <i>Indication of sensitivity of the process concerning toxic substances, shock loads, seasonal effects etc.</i>	<i>Qualitative</i>
- <i>Waste</i>	- <i>The effectiveness of the treatment is expressed in the sustainability indicators that define reuse and waste. If reuse or discharge is not allowed the stream is categorised as waste.</i>	<i>m<sup>3</sup></i>
<b>Economic:</b>		
- <i>Costs</i>	- <i>Investment and operation and maintenance costs.</i>	<i>Euro</i>
<b>Environmental:</b>		
<b>Emissions:</b>		
- <i>CSO</i>	- <i>Untreated wastewater discharged combined sewer overflow.</i>	<i>m<sup>3</sup></i>
- <i>Discharge</i>	- <i>Treated water that can be discharged (TSS, BOD, N, P)<sup>6</sup>.</i>	<i>m<sup>3</sup></i>
<b>Resource Utilisation:</b>		
<b>Energy:</b>		
- <i>Energy use</i>	- <i>Energy used by treatment.</i>	<i>kWh</i>
- <i>Gas</i>	- <i>Bio-gas produced in anaerobic treatment.</i>	<i>m<sup>3</sup></i>
<b>Space:</b>		
- <i>Land area</i>	- <i>The total land area required.</i>	<i>m<sup>2</sup></i>
- <i>Quality of space</i>	- <i>Indication of the possibilities to integrate the wastewater treatments system (partly) in green areas.</i>	<i>Qualitative</i>
<b>Nutrients:</b>		
- <i>Fertiliser</i>	- <i>Nutrients suitable for reuse, (P, Cu, Zn).</i>	<i>kg</i>
- <i>Soil conditioner</i>	- <i>Stabilised unpolluted organic matter (TSS, Cu, Zn).</i>	<i>kg</i>
<b>Water:</b>		
- <i>Total water use</i>	- <i>Sum of different water uses</i>	<i>m<sup>3</sup></i>
- <i>Discharge</i>	- <i>Treated water that can be discharged (TSS, BOD, N, P)</i>	<i>m<sup>3</sup></i>
- <i>Domestic reuse</i>	- <i>Treated water suitable for domestic reuse (TSS, Cu, FC).</i>	<i>m<sup>3</sup></i>
- <i>Drinking water</i>	- <i>Amount of drinking water used.</i>	<i>m<sup>3</sup></i>
- <i>Household water</i>	- <i>Amount of household water used.</i>	<i>m<sup>3</sup></i>
- <i>Infiltration</i>	- <i>Treated water suitable for infiltration (TSS, P, Cu, Zn).</i>	<i>m<sup>3</sup></i>
- <i>Irrigation</i>	- <i>Treated water for irrigation (TSS, BOD, Cu, Zn, FC).</i>	<i>m<sup>3</sup></i>
- <i>Rainwater use</i>	- <i>Amount of rainwater used.</i>	<i>m<sup>3</sup></i>
<b>Social-Cultural:</b>		
- <i>Acceptance</i>	- <i>Indication of the cultural changes and impacts: convenience and correspondence with local ethics.</i>	<i>Qualitative</i>
- <i>Expertise</i>	- <i>Indication whether a system can be designed and built or can be repaired, replicated and improved locally / in the country / or only by specialised manufacturers.</i>	<i>Qualitative</i>
- <i>Institutional requirements</i>	- <i>Indication of efforts needed to control and enforce the existing regulations and of embedding of technology in policymaking.</i>	<i>Qualitative</i>
- <i>Participation</i>	- <i>Indication of the possibilities for end user participation.</i>	<i>Qualitative</i>
- <i>Sustain. behaviour</i>	- <i>Indication of stimulance in the design to behave sustainable.</i>	<i>Qualitative</i>

Quelle: Van der Van der Vleuten-Balkema (2003)



Quelle: von Freiburger (2007)

## Spezifische Wassermengen

### Anhang 13 Berechnung der spezifischen Grauwassermengen (schwach/stark belastet)

Berechnung der spezifischen Grauwassermengen												
	Gesamt		Grauw. schwach belastet		Grauw. stark belastet		Grauw. gesamt		Schwarz-wasser		Sonstige	
	l/d*p	%	l/d*p	%	l/d*p	%	l/d*p	%	l/d*p	%	l/d*p	%
Toilettenspülung	47.7	29.5							47.7	29.5		
Baden/Duschen	31.7	19.6	31.7	19.6			31.7	19.6				
Waschmaschine	30.2	18.6			30.2	18.6	30.2	18.6				
Kochen/Trinken	24.3	15									24.3	15
Körperpfl Handw	20.7	12.8	20.7	12.8			20.7	12.8				
Sonstiges	3.8	2.3									3.8	2.3
Geschirrspüler	3.6	2.2			3.6	2.2	3.6	2.2				
Gesamt	162	100	52.4	32.4	33.8	20.8	86.2	53.2	47.7	29.5	28.1	17.3

Quelle: Eigene Darstellung nach Daten aus Frei (2002)

### Anhang 14 Vergleich durchschnittlicher Wasserverbrauch privat/im Hotel

Spez. Verbrauch	Privat		Hotel	
	l/d*p	%	l/d*p	%
Toilettenspülung	47.7	29.5	70.0	26.0
Körperpflege/Ba/Du	52.4	32.4	120.0	51.4
Waschmaschine	30.2	18.6	10.0	7.3
Kochen/Trinken	24.3	15.0	6.0	4.4
Sonstiges	3.8	2.3	5.0	3.6
Geschirrspüler	3.6	2.2	10.0	7.3
Gesamtverbrauch	162.0	100.0	221.0	100.0

Körperpflege wird mit Baden/Duschen zusammengerechnet.

Vergleich der Anteile am durchschnittlichen Wasserverbrauch pro Person und Tag privat und im Hotel. Quelle: Eigene Darstellung nach Daten aus Frei (2002)

### Anhang 15 Verbrauch kommunaler Kläranlagen

Stromverbrauch kommunaler Kläranlagen für Reinigungsleistung (nach Grössen-kategorien)	Anl.-gr.	kWh/y*p
	Ø	35
	1	75
	2	55
	3	44
	4	35

Quelle: Hiessl Harald et al. (2010, S. 93) Deus 21, Abschlussbericht

Investitionskosten von Kläranlagen (nach Grössen-kategorien)	Anl.-gr.	€/p
	< 1000	2'100
	1'000-10'000	1'000
	> 50'000	450

Quelle: Hiessl Harald et al. (2010, S. 150) Deus 21, Abschlussbericht

Stromverbrauch für Trinkwasseraufbereitung	kWh/m <sup>3</sup>
CH Durchschnittswert für Trinkwasseraufbereitung	0.35
CH aufwändigere Aufbereitung (Ozon, Aktivkohle)	0.41
D Wasserversorger	0.53

Quelle: Hiessl Harald et al. (2010, S. 81) Deus 21, Abschlussbericht

Quelle: Eigene Darstellung nach Hiessl/Hillenbrand (2010, 81)

## Anhang 16 Gesetzliche Bestimmungen und Zuständigkeiten zur Verwendung der Produkte

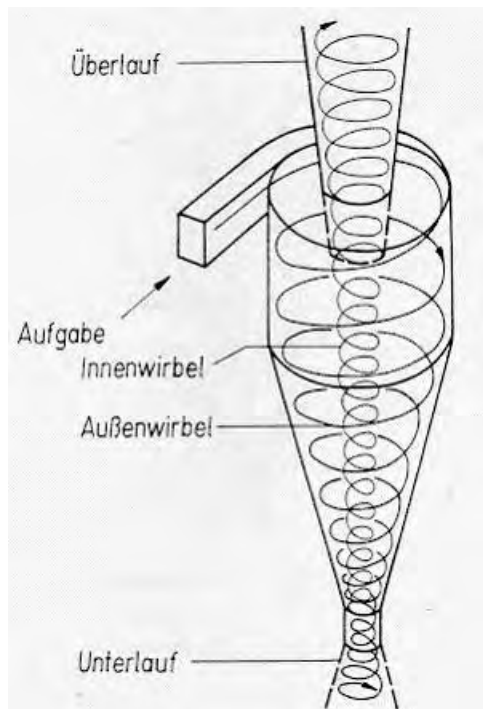
Gesetzliche Grundlagen und Zuständigkeiten bei der Verwendung von Produkten aus dezentraler Abwasseraufbereitung									
Produkt				Zuständigkeiten					
Ursprünglicher Stoff	Behandelter Stoff	Anwendungszweck nach Aufbereitung	Rückführung in Häusl. Wiederverw. / Zuständigkeitsebene	Bund	Kanton	Gemeinde	Zuständige Stelle, Amt	Gesetzliche Bestimmungen Vorschriften Richtlinien	Bemerkungen
Regenwasser	Brauchwasser	Toilettenspülung	x		Kanton		Tiefbauamt / Stadtentwässerung	SN 592000	
	Brauchwasser	Reinigungsarbeiten	x		Kanton		Tiefbauamt / Stadtentwässerung	SN 592001	
	Weisswasser	Wäsche waschen	x		Kanton		Kantonales Laboratorium	Lebensmittelbuch	
	Weisswasser	Baden	x		Kanton		Kantonales Laboratorium	Lebensmittelbuch	
	geklärtes Wasser	Einleiten in Vorfluter	x		Kanton		Amt für Umwelt und Energie	Gewässerschutzgesetzgebung	
	geklärtes Wasser	Versickern	x		Kanton		Amt für Umwelt und Energie	Gewässerschutzgesetzgebung / Versickerungsrichtlinie	
Grauwasser	Brauchwasser	Toilettenspülung	x		Kanton		Tiefbauamt / Stadtentwässerung	SN 592000	
	Brauchwasser	Reinigungsarbeiten	x		Kanton		Tiefbauamt / Stadtentwässerung	SN 592001	
	Weisswasser	Wäsche waschen	x		Kanton		Kantonales Laboratorium	Lebensmittelbuch	
	Weisswasser	Baden	x		Kanton		Kantonales Laboratorium	Lebensmittelbuch	
	Bewässerungs-Wasser	Bewässerung Zierpflanzen (eingeschränkte Verwendung, keine Nahrungspflanzen)	x		Kanton		Amt für Umwelt und Energie	Gewässerschutzgesetzgebung / Versickerungsrichtlinie	
	Bewässerungs-Wasser	Bewässerung Nutzpflanzen (uneingeschränkte Verwendung auch Kulturen für Rohverzehr bestimmt)	x		Kanton		Amt für Umwelt und Energie	Gewässerschutzgesetzgebung / Versickerungsrichtlinie	
	geklärtes Wasser	Einleiten in Vorfluter	x		Kanton		Amt für Umwelt und Energie	Gewässerschutzgesetzgebung	
	geklärtes Wasser	Versickern	x		Kanton		Amt für Umwelt und Energie	Gewässerschutzgesetzgebung / Versickerungsrichtlinie	
Urin	Flüssigdünger	Düngung von Zierpflanzen	x		Kanton		Kantonales Laboratorium	Chemikaliengesetzgebung	Zulassung Substanz
			x		Kanton		Amt für Umwelt und Energie	Grundwasserschutz-Gesetzgebung	Zuständig nur in Grundwasserschutzzone
			x	Externe (via Vereinbarung)	Landwirtschaftliches Zentrum Ebenrain	Landwirtschaftsgesetzgebung			
			x	Kanton		Kantonales Laboratorium	Chemikaliengesetzgebung		
	Flüssigdünger	Düngung von Nutzpflanzen	x		Kanton		Amt für Umwelt und Energie	Grundwasserschutz-Gesetzgebung	Zuständig nur in Grundwasserschutzzone
			x	Externe (via Vereinbarung)	Landwirtschaftliches Zentrum Ebenrain	Landwirtschaftsgesetzgebung			
			x		Kanton		Kantonales Laboratorium	Chemikaliengesetzgebung	Zulassung Substanz
			x		Kanton		Amt für Umwelt und Energie	Grundwasserschutz-Gesetzgebung	Zuständig nur in Grundwasserschutzzone
	Dünger Pulver / Granulat	Düngung von Zierpflanzen	x		Kanton		Kantonales Laboratorium	Chemikaliengesetzgebung	Zulassung Substanz
			x		Kanton		Amt für Umwelt und Energie	Grundwasserschutz-Gesetzgebung	Zuständig nur in Grundwasserschutzzone
x			Externe (via Vereinbarung)	Landwirtschaftliches Zentrum Ebenrain	Landwirtschaftsgesetzgebung				
x			Kanton		Kantonales Laboratorium	Chemikaliengesetzgebung	Zulassung Substanz		
Dünger Pulver / Granulat	Düngung von Nutzpflanzen	x		Kanton		Amt für Umwelt und Energie	Grundwasserschutz-Gesetzgebung	Zuständig nur in Grundwasserschutzzone	
		x	Externe (via Vereinbarung)	Landwirtschaftliches Zentrum Ebenrain	Landwirtschaftsgesetzgebung				
Fäzes trocken (+ Urin + biogene Abfälle, aus Trockentoilette)	Kompost	Düngung von Nutz- und Zierpflanzen, Bodenverbesserer	x		Kanton		Amt für Umwelt und Energie	Abfallgesetzgebung	
Fäzes flüssig (+ Urin + biogene Abfälle aus Vakuum-Toil.)	Gärrest aus Biogasanlage	Düngung von Nutz- und Zierpflanzen, Bodenverbesserer	x		Kanton		Amt für Umwelt und Energie	Abfallgesetzgebung	
Häusliches Schwarzwasser (Urin, Fäzes, Grauwasser)	Klärschlamm (entwässert) aus anaerobem Reaktor	Düngung von Nutz- und Zierpflanzen, Bodenverbesserer	x	Externe (via Vereinbarung)	Landwirtschaftliches Zentrum Ebenrain		Landwirtschaftsgesetzgebung		
	Retenat (entwässert) aus Membran-Reaktor	Düngung von Nutz- und Zierpflanzen, Bodenverbesserer	x	Externe (via Vereinbarung)	Landwirtschaftliches Zentrum Ebenrain		Landwirtschaftsgesetzgebung		

Die Grenzwerte sind allesamt in der Eidgenössischen Gewässerschutzverordnung aufgeführt.

Die Angaben sind ohne Anspruch auf Vollständigkeit und absolute Richtigkeit.

Quelle: Eigene Darstellung, Angaben von Herrn M. Sommer AUE BS, auf eine Anfrage, persönliches Mail vom 23.01.2012.

### Anhang 17 Hydrozyklon



Schwere Partikel werden nach aussen und unten gedrängt, leichte und feine nach oben. Quelle: LUBW ()

### Anhang 18 Grauwasserecycling

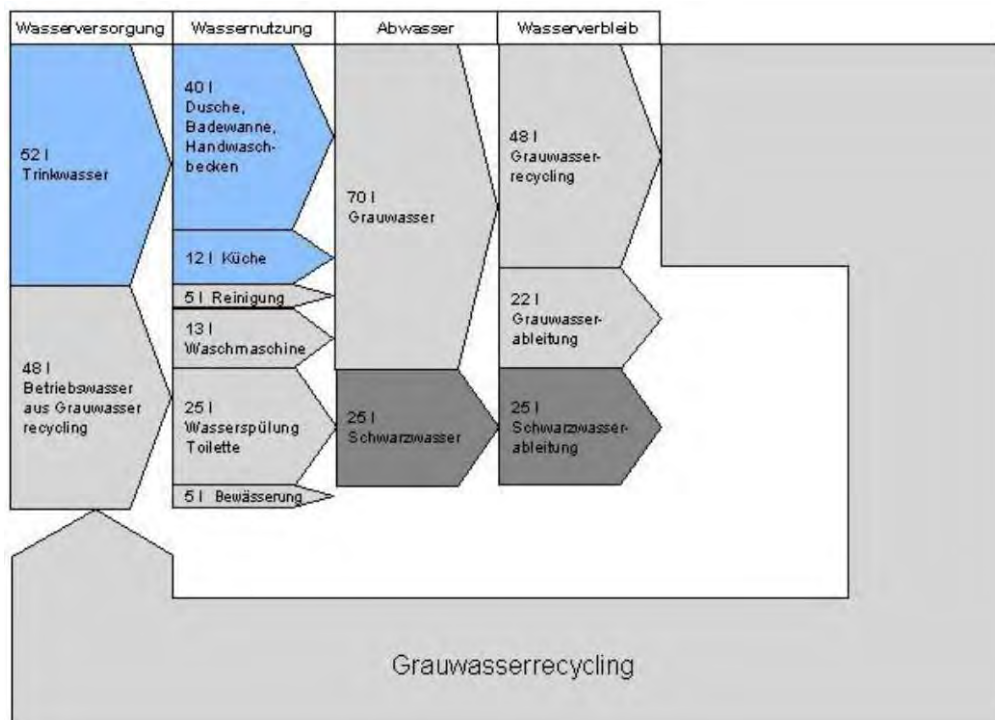


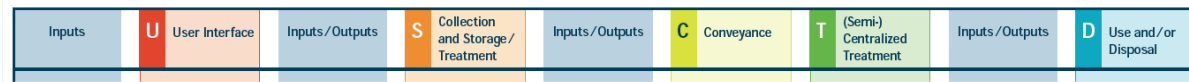
Abbildung 1: Durchschnittliche Wasserteilströme (Angaben in Liter pro Einwohner und Tag) für private Haushalte bei Neubauten und sanitärtechnisch sanierten Gebäuden [Mehlhart, 2001]

Grafik dient als symbolische Darstellung zur Verdeutlichung der Aussage, dass bei Grauwasserrecycling immer eine Menge an Frischwasser zugeführt werden. Die Mengenangaben sind möglicherweise veraltet. Quelle: fbr (2005)

## Darstellung nach Systemvorlagen

### Anhang 19 Systemvorlage zur Einordnung der Prozessschritte eines Sanitärsystems

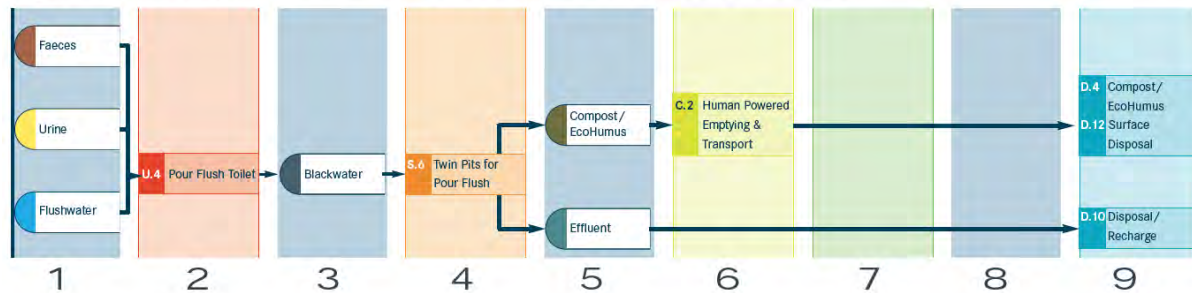
Figure 2. System Template header with colour-code for the Functional Groups



Systemvorlage mit den Prozessschritten ("Functional Groups"): Benutzerschnittstelle, ("User Interface"), Sammlung und Lagerung/Behandlung dezentral ("Collection and Storage/Treatment"), Beförderung ("Conveyance"), Behandlung semi-dezentral oder zentral, ("Semi Centralized Treatment"), Verwendung/Deponie, ("Use and/or Disposal"). Die Prozessschritte sind mit einer Farbcodierung hinterlegt. Die Systemvorlage dient zur systemischen Darstellung von Sanitärsystemen. Quelle: Tilley et al. (2008)

### Anhang 20 Anwendungsbeispiel der Systemvorlage

Figure 3. System Template: how Inputs enter into Functional Groups and are transformed

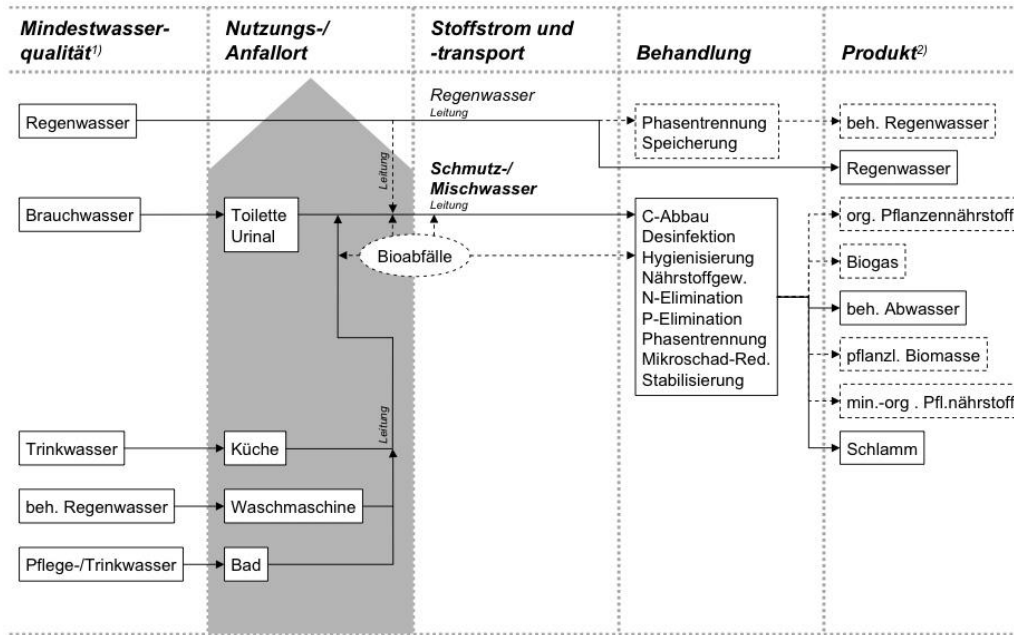


1 Three Inputs (Faeces, Urine and Flushwater) enter into 2 Functional Group U "User Interface" (Pour Flush Toilet). The Blackwater generated 3 then enters into 4 Functional Group S "Collection and Storage/Treatment" (Twin Pits For Pour Flush Latrine) and is transformed into 5 Compost/EcoHumus and Effluent. The Compost/EcoHumus enters into 6 Functional Group C "Conveyance" (Human Powered Emptying & Transport) and passes 7 Functional Group T "(Semi-) Centralized Treatment" without treatment with no further 8 Inputs/Outputs. Compost/EcoHumus is transported directly to the final 9 Functional Group D "Use and/or Disposal" (Compost/Eco-Humus, Surface Disposal). The 5 Effluent does not enter into 6 Functional Group C nor 7 Functional Group T (therefore there are 8 no Inputs/Outputs) but the Effluent is directly discharged 9 in Functional Group D (Disposal/Recharge).

Anwendungsbeispiel der Systemvorlage mit der schematischen Darstellung eines Stoffstromsystems. Verlauf und Verwandlung der einzelnen Stoffströme durch die Prozessschritte ("Functional Groups") werden grafisch erfasst. Quelle: Tilley et al. (2008)

# Darstellung der sechs Systeme nach DWA (2008)

## Anhang 21 Systemdarstellung für 1-Stoffstromsysteme

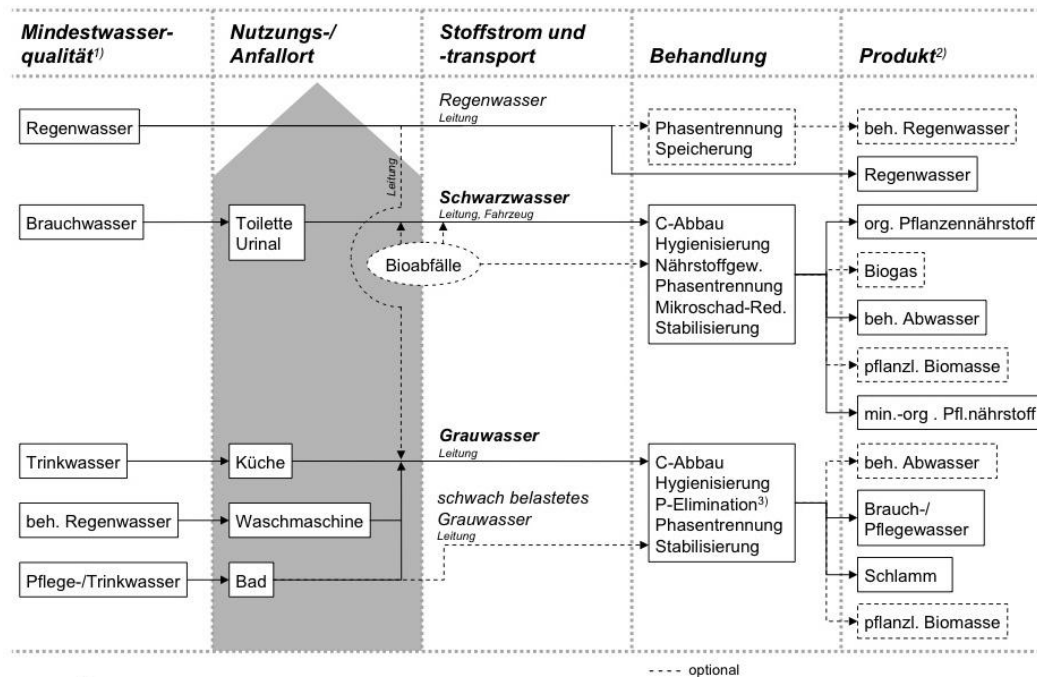


1) Höhere Wasserqualitäten für die Nutzung einsetzbar

2) Verbleib gemäß Tab. 4.2

Abb. 4.1: Systemdarstellung für 1-Stoffstromsysteme

## Anhang 22 Systemdarstellung für Schwarzwasser 2-Stoffstromsysteme



1) Höhere Wasserqualitäten für die Nutzung einsetzbar

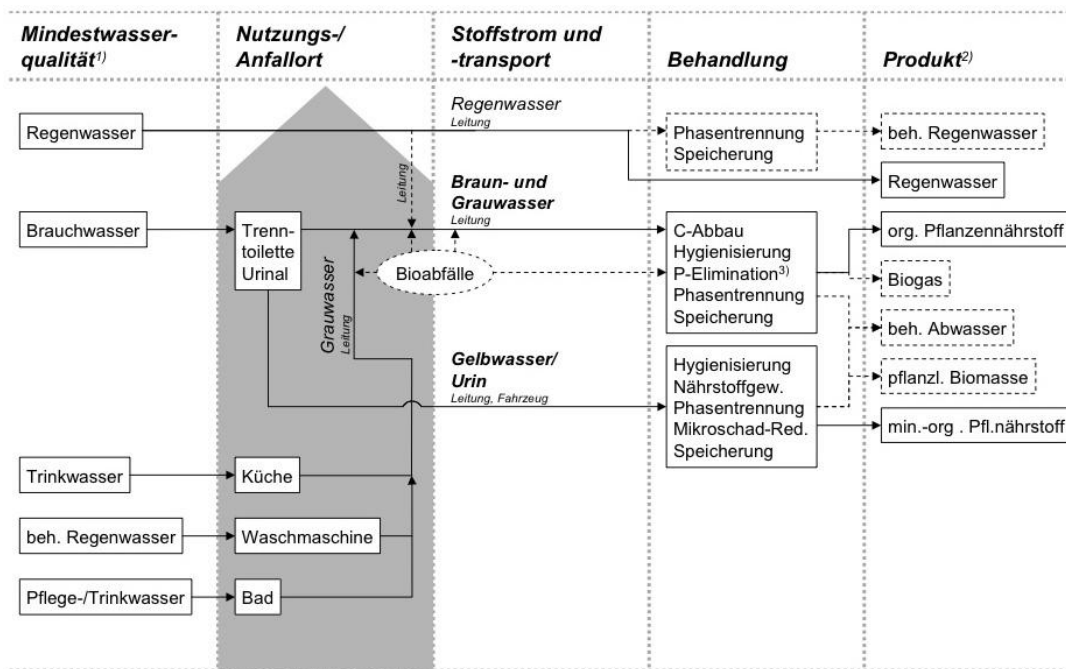
2) Verbleib gemäß Tab. 4.2

3) Nur bei Küchenabfällen sinnvoll

Abb. 4.2: Systemdarstellung für Schwarzwasser 2-Stoffstromsysteme



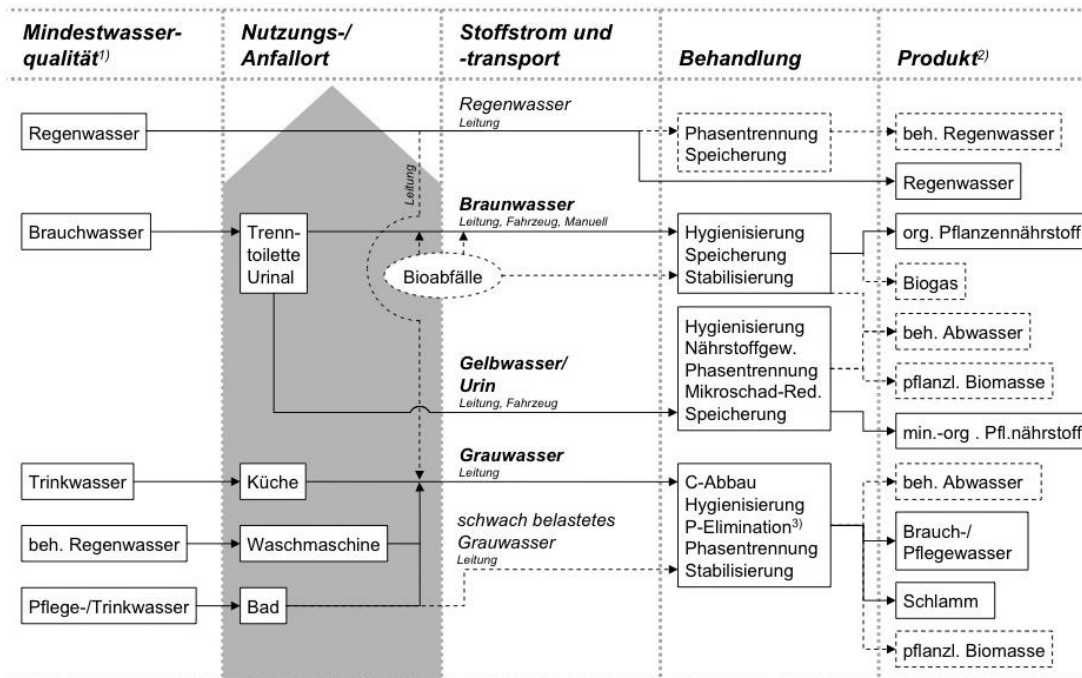
### Anhang 23 Systemdarstellung für Urinentrennung 2-Stoffstromsysteme



- 1) Höhere Wasserqualitäten für die Nutzung einsetzbar
- 2) Verbleib gemäß Tab. 4.2
- 3) Nur bei Küchenabfällen sinnvoll

Abb. 4.3: Systemdarstellung für Urinentrennung 2-Stoffstromsysteme

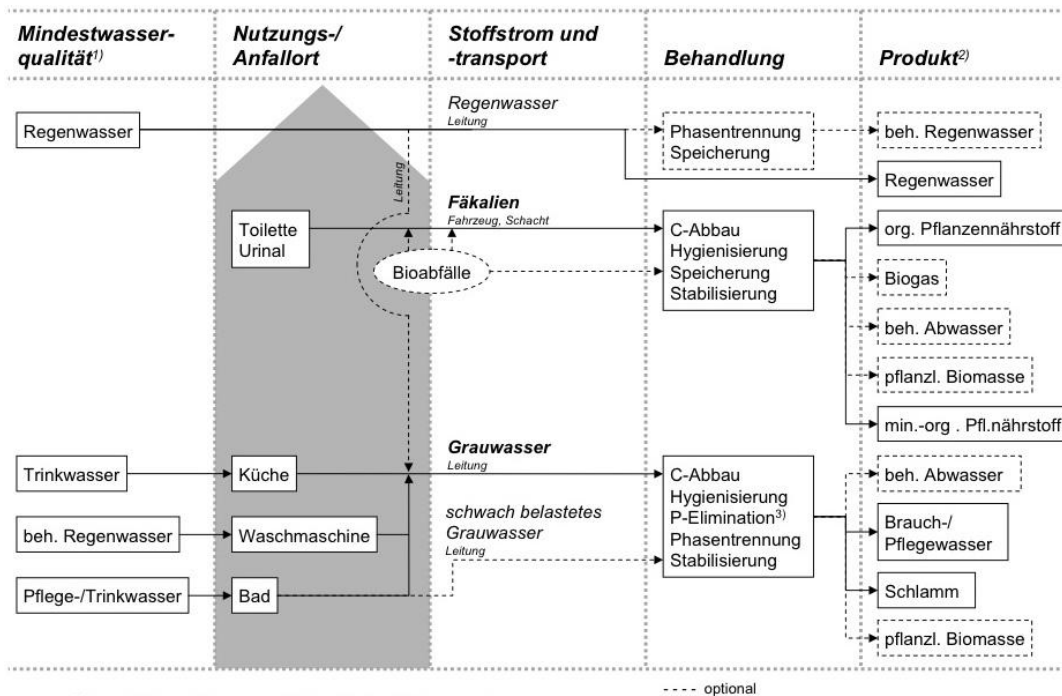
### Anhang 24 Systemdarstellung für Urinentrennung 3-Stoffstromsysteme



- 1) Höhere Wasserqualitäten für die Nutzung einsetzbar
- 2) Verbleib gemäß Tab. 4.2
- 3) Nur bei Küchenabfällen sinnvoll

Abb. 4.4: Systemdarstellung für Urinentrennung 3-Stoffstromsysteme

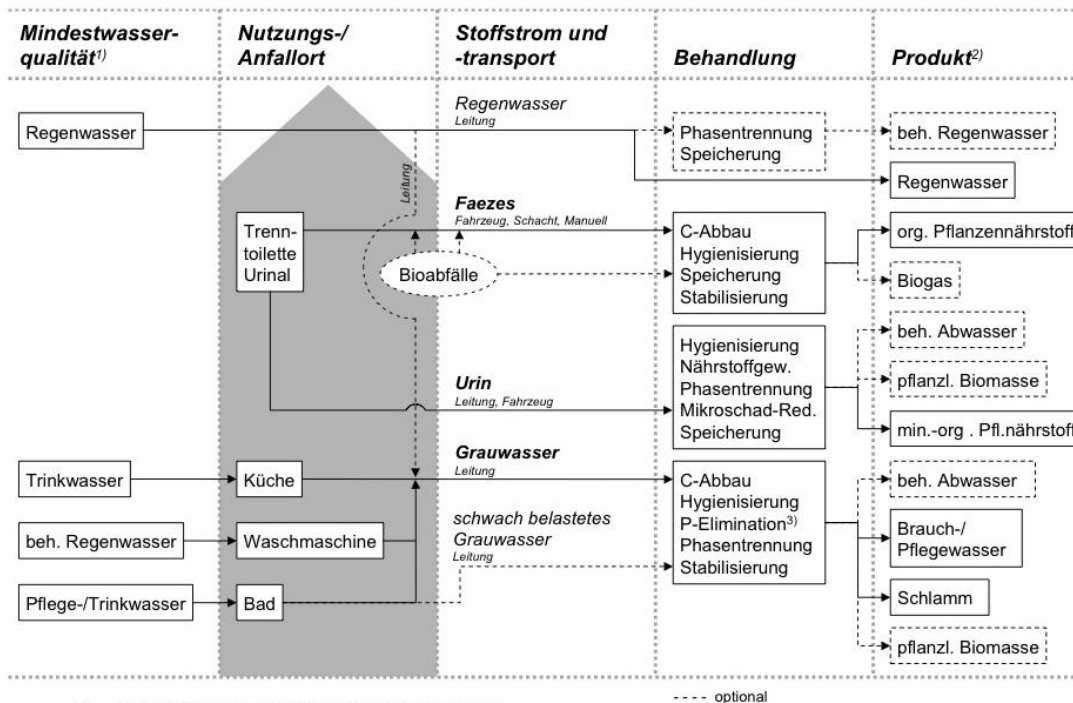
### Anhang 25 Systemdarstellung für Fäkalien 2-Stoffstromsysteme (Trockentoiletten)



- 1) Höhere Wasserqualitäten für die Nutzung einsetzbar
- 2) Verbleib gemäß Tab. 4.2
- 3) Nur bei Küchenabfällen sinnvoll

Abb. 4.5: Systemdarstellung für Fäkalien 2-Stoffstromsysteme

### Anhang 26 Systemdarstellung für Urintrennung 3-Stoffstromsysteme (Trockentoiletten)



- 1) Höhere Wasserqualitäten für die Nutzung einsetzbar
- 2) Verbleib gemäß Tab. 4.2
- 3) Nur bei Küchenabfällen sinnvoll

Abb. 4.6: Systemdarstellung für Urintrennung 3-Stoffstromsysteme (Trockentoiletten)

Quelle: DWA (2008)

Anhang 27 Übersicht über die Einsatzmöglichkeiten der Produkte aus der Stoffstromtrennung

Produkt \ Verbleib	Körperpflege	Waschmaschine	Toilette	Putzen	Versickerung	Gewässer	Garten	Landwirtschaft	Grünflächen	Baumaterial	Energieerzeugung	Ablagerung	thermische Verwertung
Pflegewasser	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				
beh. Regenwasser		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				
Brauchwasser			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				
beh. Abwasser					✓	✓	(✓)	(✓)	(✓)				
organischer Pflanzennährstoff							✓	✓	✓				
mineralischer-org. Pflanzennährstoff							✓	✓	✓				
NaWaRo										✓	✓		
Schlamm								✓		✓	✓		✓
Biogas											✓		
Asche										✓		✓	
Asche schwermetallentfrachtet							✓	✓	✓				

(✓): bedingt möglich

Die Tabelle zeigt die verschiedenen Verwendungsmöglichkeiten der Produkte wie sie aus der Stoffstromtrennung anfallen. Quelle: DWA (2008)

## Datenblätter: Kurzbeschriebe der Pilotprojekte

Für jedes Projekt werden hier knapp die wichtigsten Informationen aus den Erfassungsbögen zusammengestellt und mit (teilweise bisher unveröffentlichtem) Bildmaterial ergänzt. Diese Unterlagen sollen dem Leser helfen, sich d innert kurzer Zeit einen Überblick zu verschaffen. Weiterführende Angaben zu den Projekten, den Projektbeteiligten und ergänzenden Quellen sind in den Erfassungsbögen im Anhang 9 zu finden. Die folgenden Projekte sind eine Auswahl aus rund 50 erfassten Projekten, deren Nummerierung übernommen wurde und daher hier nicht fortlaufend erfolgt.

### 1.1 Wohnsiedlung "DEUS 21", D-Knittlingen bei Pforzheim

Anz. WE:	Anz. Bew.:	Baujahr:	Gebäudetyp:	Gebäudenutzung:	Projekttyp:
105	345	Ab 2004	Neubau	Wohnen (E/M)	Forschung

#### Kurzbeschrieb Projekt

Beim Projekt "DEUS 21" (Dezentral urbanes Infrastruktur-System) handelt es sich um ein innovatives Wasserinfrastrukturprojekt für ein Neubaugebiet für Einfamilien-, Doppel- und Reihenhäuser.

#### Abwasserkonzept

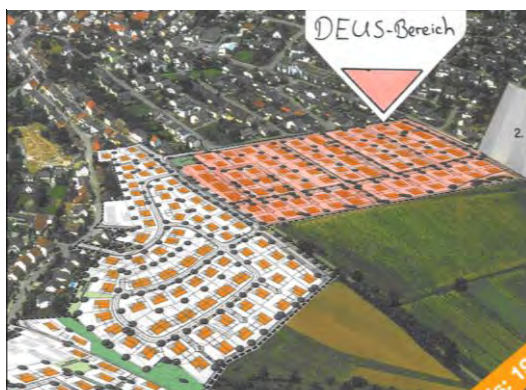
Das Konzept umfasst eine dezentrale Abwasseraufbereitung mit integrierter Entsorgung von biogenen Küchenabfällen und eine Versorgung mit hochwertigem Brauchwasser aus vor Ort gesammeltem Regenwasser.

*Regenwasser* von Dächern und Plätzen wird über ein unterirdisches Kanalsystem gesammelt und mittels Membrananlage zu Pflégewasser für WC-Spülung, Gartenbewässerung und nach Wunsch auch zum Baden aufbereitet.

*Schmutzwasser* (S1, 1-Stoffstromtrennung) wird über Schwerkraft in einen Übergabeschacht und danach in das Vakuumsystem eingespeist. Von dort wird das Abwasser zur quartierinternen Aufbereitungszentrale (Wasserhaus) geleitet und in einem membrangestütz-

ten anaeroben Hochleistungsbioreaktor behandelt. Hier werden die kohlenstoffhaltigen Abwasserbestandteile zu Biogas umgesetzt und Nährstoffe (P und N) gewonnen. Aus dem Biogas wird Strom und Wärme für die Anlage erzeugt, Überschussstrom wird in das Versorgungsnetz eingespeist. Das filtrierte Wasser wird ins Gewässer eingeleitet.

Anhang 28 Übersichtsplan des Stadtteils "DEUS 21"



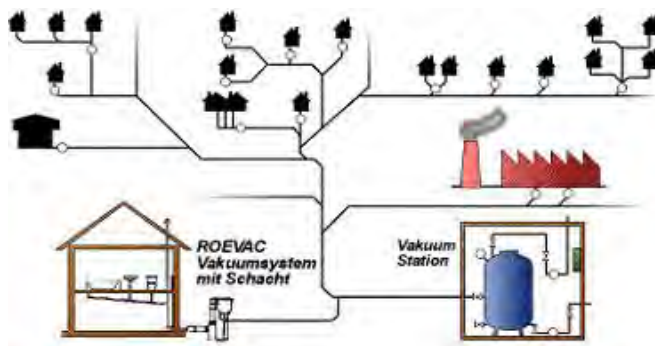
Baugebiet "DEUS 21" in Knittlingen (rote Markierung). Quelle: Bauamt\_Knittlingen ()

Auf Wunsch kann beim Hausbau die Vakuumleitung auch bis ins Haus geführt werden, damit Vakuuntoiletten und ein Küchenabfall-Zerkleinerer angeschlossen werden können. (Hiessl/Hillenbrand, 2010; Trösch/Hiessl, 2011)

### Spezielles

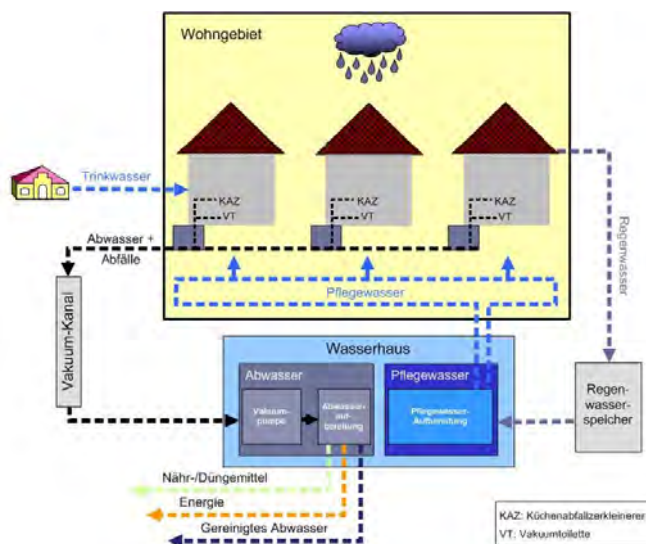
Aufgrund von Schadstoffen (Fungiziden, Algiziden, Bakteriziden), welche vermutlich aus den Fassadenoberflächen der Neubauten in das auf dem Areal gesammelte Regenwasser eingetragen werden, kann das Pflegewasser nicht zur Wiederverwendung eingesetzt werden. Eine entsprechende Bewilligung fehlt bislang, daher fließt in den Brauchwasserleitungen noch immer Trinkwasser.<sup>1</sup>

Anhang 29 Fließschema der Schwarzwasserleitung bei "DEUS 21"



Jedes Haus ist über einen Übergabeschacht an das Vakuumleitungsnetz angeschlossen. Von dort wird das häusliche Abwasser über die Vakuumpumpe in die Biogasanlage gepumpt. Quelle: Trösch/Hiessl (2011)

Anhang 30 Fließschema mit Wasserver- und entsorgung "DEUS 21"



Die Wohnhäuser werden mit Trink- und Pflegewasser versorgt. Im Quartier gesammeltes Regenwasser wird zu Pflegewasser aufbereitet. Die Abwasserentsorgung erfolgt mittels Vakuumsystem. In der membrangestützten Biogasanlage werden Düngemittel, Energie und gereinigtes Abwasser gewonnen. Quelle: Hiessl/Hillenbrand (2010)

<sup>1</sup> Notiz: Telefongespräch mit Herrn Kesselbach, Stadtverwaltung Knittlingen (Kesselbach, 2011)

## 1.2 "NMRH", Neue Monte Rosa Hütte SAC, CH-Zermatt

Anz. WE:	Anz. Gäste:	Baujahr:	Gebäudetyp:	Gebäudenutzung:	Projekttyp:
-	120	2010	Neubau	Touristenunterkunft	Angewandt

### Kurzbeschreibung Projekt

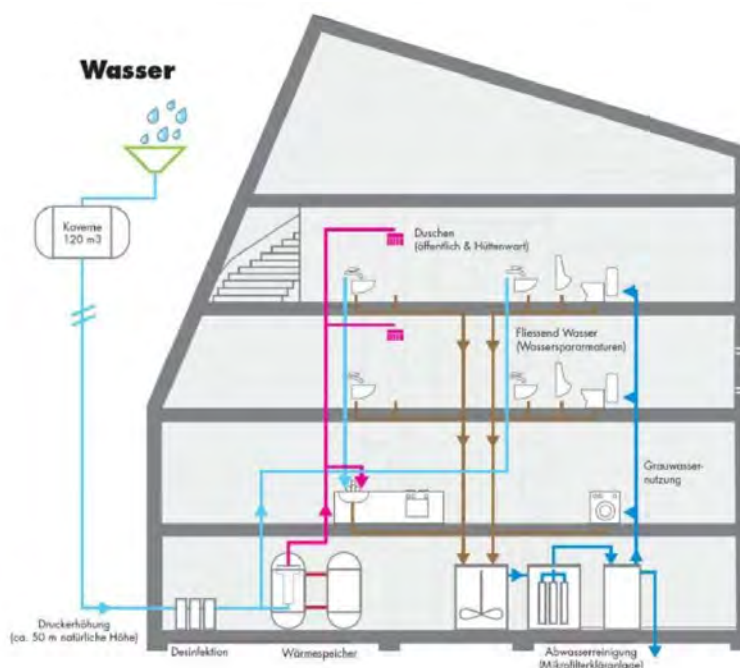
Die Neue Monte Rosa Hütte (NMRH) ist ein Forschungs- und Demonstrationsobjekt der ETH auf 3000 m ü. M. Das Gebäude kann nur zu Fuss, mit Skiern oder per Helikopter erreicht werden, daher sollten die technischen Lösungen möglichst energie- und wasserautark und robust sein.

Das Energiekonzept beinhaltet eine Photovoltaikanlage mit Speicherbatterien, Solarkollektoren zur Wärmeerzeugung und ein Lüftungssystem mit Wärmerückgewinnung. Gekocht wird mit eingeflogenem Gas und dem selbst erzeugten Stromüberschuss. Um den Ressourcenverbrauch zu minimieren, wurden Gebäudehülle und -technik als ganzheitliches System betrachtet, in dessen Steuerung auch Gästebuchungen und Wetterprognosen einbezogen werden.

### Abwasserkonzept

Das Frischwasser wird aus Schmelzwasser gewonnen, welches in einer Kaverne gelagert und während des ganzen Betriebsjahres verwendet wird.

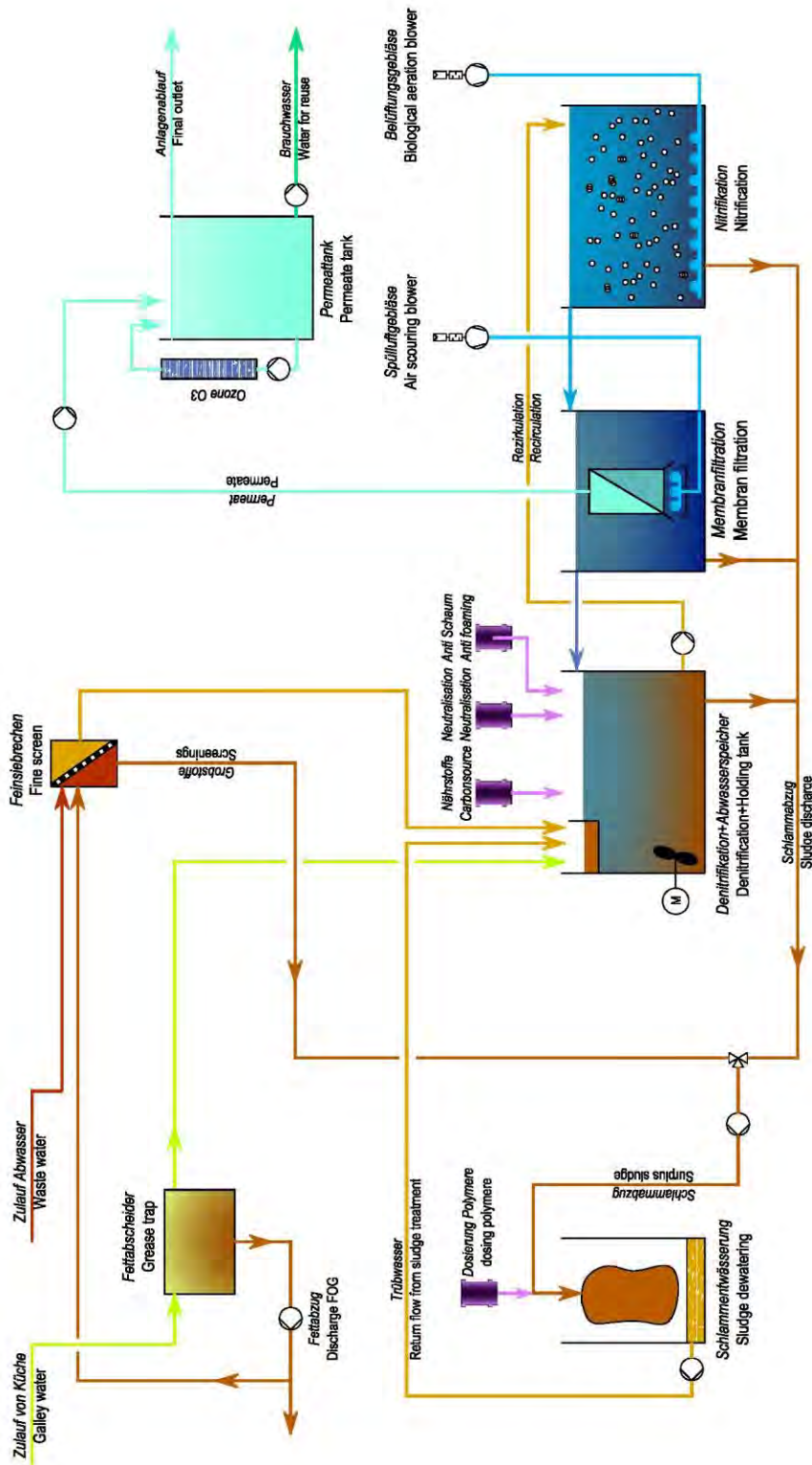
*Schmutzwasser* (1-Stoffstromsystem) wird in einer Mikrofilteranlage gereinigt und als Brauchwasser für die WC-Spülung wiederverwendet. Eine vollbiologische Kläranlage mit getauchten Flachmembranen sichert den vollständigen Rückhalt der Biomasse. Nicht zur Spülung verwendetes Wasser wird versickert. Der getrocknete Überschussschlamm und Grobstoffe werden in Säcke gefüllt, entwässert und zurück ins Tal geflogen. (Sulzer/Menti, 2010)



Anhang 31 Gebäudeschnitt mit Frischwasser- und Abwasserschema "NMRH"

Hellblau: Frischwasser gespeist aus Schmelzwasser aus der Kaverne, rosa: Warmwasser aus Frischwasser, dunkelblau: Brauchwasser aus der Mikrofilterkläranlage zur WC-Spülung, braun: Schmutzwasser. Quelle: Sulzer/Menti (2010)

Anhang 32 Verfahrensschema der "NMRH", Zermatt



Verfahrensschema ARA mit Membranbelebungs  
"Neue Monte Rosa Hütte" 2883 müNN

**Martin**  
 Werichstraße 10  
 9685 Sorneberg / Germany  
 +49 3675 7335-0  
 info@martin-systems.de  
 www.martin-systems.de

**terra Link gmbh**  
 Operations Center 1  
 8008 Zürich / Schweiz  
 +41 44 822 22 02  
 info@terralink.ch  
 www.terralink.ch

Stand 10/2011

Verfahrensschema: Zulauf Abwasser (Schmutzwasser), Feinsiebrechen, Einspeisung in die vollbiologische Kläranlage mit Denitrifikation, Nitrifikation, Membranfiltration (braun). Ozonbehandlung des Filtrates, Permeattank (türkis). Schlammabzug und -entwässerung (braun). Quelle: Kupferschmid (2011)

## 1.4 Wohnkolonie "Laughing Waters", Bangalore, Indien

Anz. WE:	Anz. Bew.:	Baujahr:	Gebäudetyp:	Gebäudenutzung:	Projekttyp:
320	1600	Ab 1994	Neubau	Wohnen (E)	Angewandt

### Kurzbeschreibung Projekt

Im Siedlungsgebiet "Laughing Waters" an der Peripherie der Stadt Bangalore wurde eine Bebauung für eine gehobene Bevölkerungsschicht geplant. Wegen der peripheren Lage konnte die Siedlung nicht an die städtische Infrastruktur angeschlossen werden. Das unkontrollierte Wachstum der Stadt trieb den Wasserverbrauch und die Bodenversiegelung voran, was zu einem kontinuierlichen Absinken des Grundwasserspiegels geführt hat. Eine dezentrale Versorgung mit Grundwasser und eine Entsorgung vor Ort war ein naheliegender Lösungsansatz. 2009 war das Siedlungsgebiet noch nicht voll überbaut.

### Abwasserkonzept

Die Abwasserreinigung der Siedlung erfolgte anfangs über Klärgruben ("Septic Tanks"), wobei das gereinigte Wasser mit der Strassenentwässerung aus der Siedlung abgeführt wurde. Wegen

Problemen mit Betrieb und Unterhalt sowie der mangelhaften Reinigungsleistung der Klärgruben wurde nach einer umweltschonenderen Lösung gesucht, mit der Möglichkeit, das gereinigte Wasser für die Bewässerung zu verwenden. Der Entscheid fiel auf ein System mit anaerober Biologie, welches für die Klärung keine Prozessenergie benötigt. Das System ist robust, verursacht moderate Erstleistungs- und kaum Unterhaltskosten.

*Schmutzwasser* (1-Stoffstromtrennung) fließt mit Schwerkraft in und durch die einzelnen Kompartimente des "High Rate Anaerobic Reactor" (HRAR). 1. Stufe: physikalische Absetzung ("Settler") von Feststoffen, 2. Stufe: biologische Klärung im "Anaerobic Baffled Reactor" (ABR) und im "Anaerobic Upflow Filter" (AF). Das gereinigte Wasser wird in einem Speichertank gesammelt und für nahegelegene Pflanzkulturen verwendet. Die Wasserqualität genügt den staatlichen Anforderungen zur Bewässerung und zur Einleitung ins Gewässer. (Zimmermann, 2011)

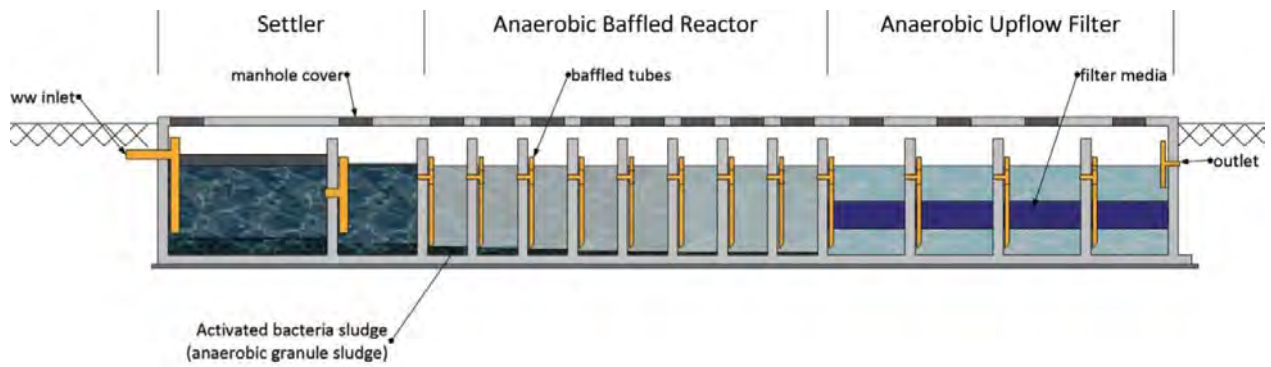
Anhang 33 Situationsplan zu "Laughing Waters"



Situationsplan (2009) mit drei HRAR- Standorten: 5 m<sup>3</sup>, 65 m<sup>3</sup>, 150 m<sup>3</sup> Fassungsvermögen. Bauperimeter (blaue Linie). Quelle: Zimmermann (2011)

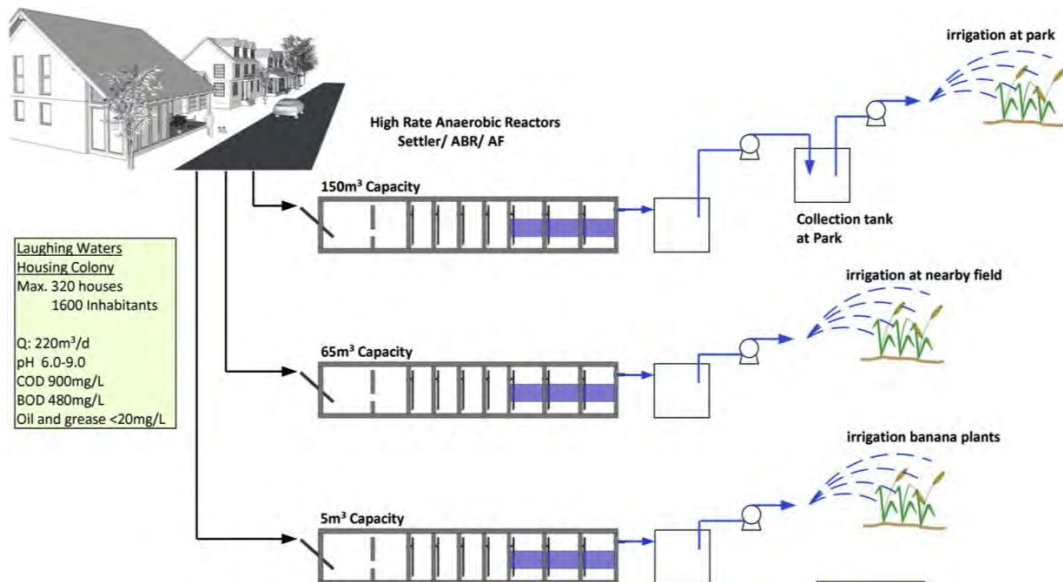


### Anhang 34 Längsschnitt durch einen HRAR



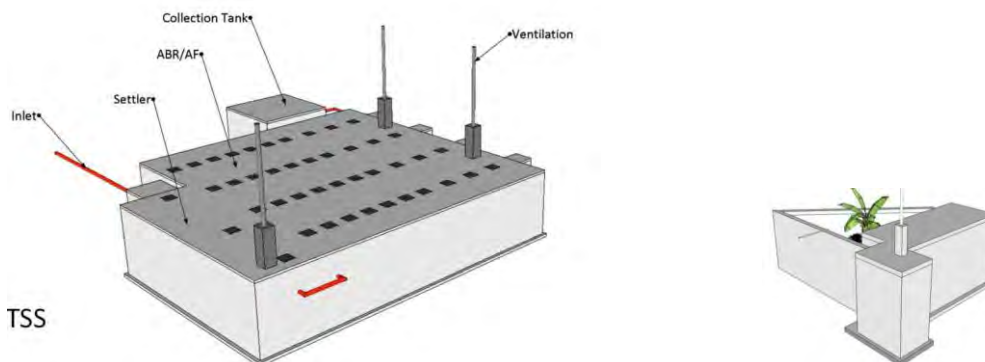
HRAR-Anlage: Ein- und Auslauf, Absetzbecken ("Settler"), "Anaerobic Baffled Reactor" (ABR) und "Anaerobic Filter" (AF). Quelle: Zimmermann (2011)

### Anhang 35 Fließschema der drei HRARs



Häusliches Abwasser durchfließt den HRAR, wird im Speichertank gelagert um danach für unterschiedliche Bewässerungszwecke eingesetzt werden zu können. Quelle: Zimmermann (2011)

### Anhang 36 Axonometrie der HRARs mit 150 m<sup>3</sup> respektive 5 m<sup>3</sup> Volumen



Links: Im Erdreich eingebauter HRAR (150 m<sup>3</sup>) mit gedecktem Sammel-tank. Rechts: Freistehender HRAR (5 m<sup>3</sup>) mit offenem Sammel-tank (mit Palme). Quelle: Zimmermann (2011)

## 2.1 Ökologische Siedlung Flintenbreite, D-Lübeck

Anz. WE:	Anz. Bew.:	Baujahr:	Gebäudetyp:	Gebäudenutzung:	Projekttyp:
30	111	1999	Neubau	Wohnen (E)	Angewandt

### Kurzbeschreibung Projekt

Die erste Bauphase der Siedlung Flintenbreite wurde an der EXPO 2000 in Hannover vorgestellt. Die Überbauung besteht aus Doppel- und Reihenhäusern, welche mit ökologischen Baumaterialien erstellt wurden und über ein weitgehend autarkes Energie- und Abwassersystem verfügen. Ab 2009 wurde die Siedlung durch einen neuen Bauträger<sup>2</sup> erweitert. Der Endausbau ist für 117 Wohnungen mit rund 350 Bewohnern vorgesehen.

### Abwasserkonzept

Grau- und Schwarzwasser werden getrennt abgeführt (S2, 2-Stoffstromtrennung). Regenwasser wird auf dem Gelände versickert.

*Grauwasser* wird über eine Pflanzenkläranlage mit vorgeschalteter Sedimentationsstufe gereinigt und danach in ein nahe gelegenes Gewässer eingeleitet. Die Pflanzenkläranlage, ein dreiteiliger, mit Schilf bepflanzter Sandfilter, wird intervallweise vertikal beschickt.

*Schwarzwasser*, durch Vakuumtoiletten erfasst, wird mit separat gesammelten, zerkleinerten Bioabfällen vermischt und thermisch hygienisiert<sup>3</sup>, bevor es im Biogasreaktor anaerob vergärt wird. Das entstehende Biogas wird zur Wärme- und Energieversorgung der Siedlung genutzt. Der flüssige Rückstand wird zur Stabilisierung gelagert und danach als Dünger auf landwirtschaftlich genutztes Kulturland ausgebracht. Das Projekt hat keinen Kanalisationsanschluss. (Ecologic\_Architecture, 2011; Oldenburg et al., 2008; OtterWasser\_GmbH, 2009, 2011)

### Spezielles

Bioabfälle werden in Tonnen gesammelt, in einer zentralen Anlage zerkleinert und in die Biogasanlage eingespeist. Die gewonnene Energie aus dem Biogas wird als Prozessenergie für den Biogasreaktor wie auch zur Wärme- oder Energieerzeugung der Siedlung verwendet.

Anhang 37 Situationsplan Flintenbreite

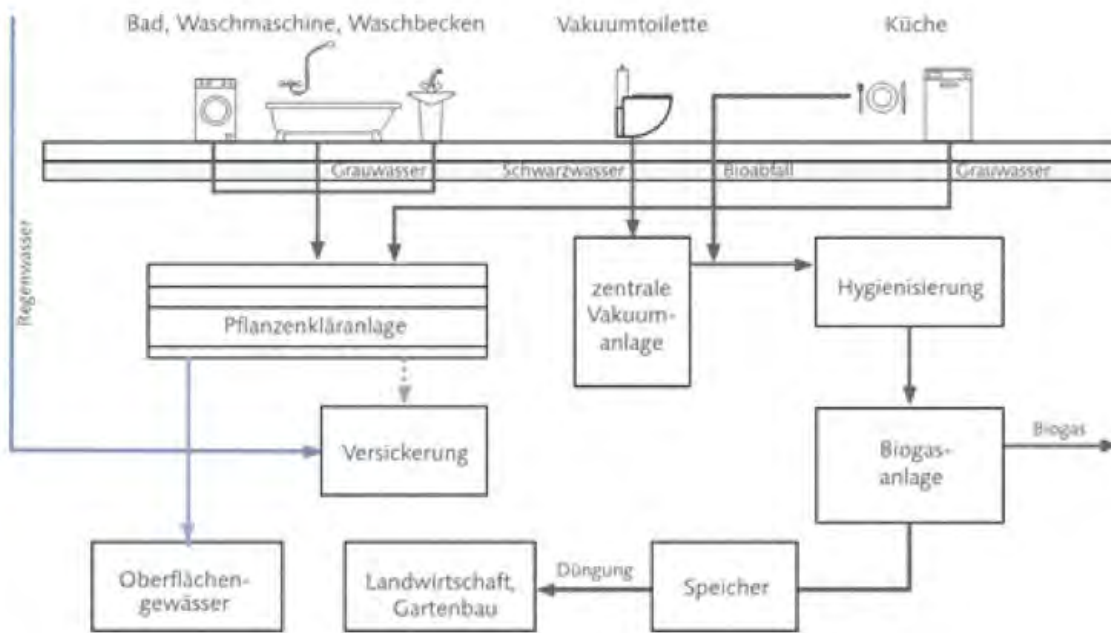


Ausbaustand 2012: Bestand (grau), aktueller Bauabschnitt (rot), möglicher Ausbau (weiss). Quelle: Schütt (2012)

<sup>2</sup> Generalunternehmer, der auch das Grundstück für den späteren Besitzer beschafft

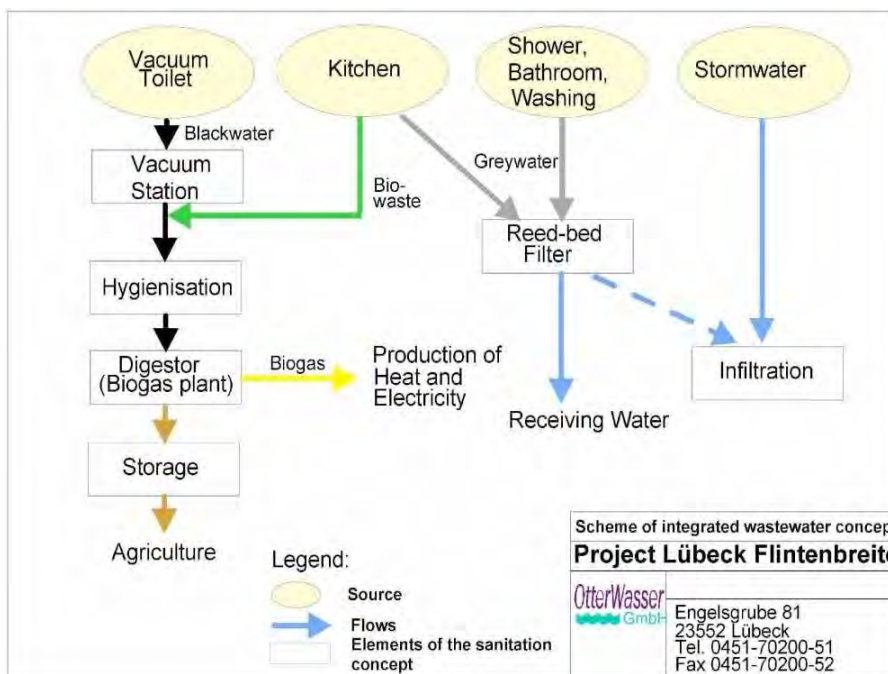
<sup>3</sup> Während einer Stunde auf 70 °C erwärmt

Anhang 38 Fließschema Flintenbreite mit einzelnen Stoffströmen



Fließschema mit den Stoffströmen Grauwasser, Schwarzwasser mit Bioabfällen und Regenwasser. Quelle: Ecologic\_Architecture (2011)

Anhang 39 Fließschema Flintenbreite mit Abwasserquellen



Fließschema mit den Abwasserquellen und den Stoffströmen. Grauwasser aus Küche und Bad, Schwarzwasser aus der Vakuumtoilette und Bioabfälle aus der Küche. Quelle: OtterWasser\_GmbH (2009)

## 2.2 Mietwohnungen "KOMPLETT", D-Oberhausen

Anz. WE:	Anz. Nutzer:	Baujahr Proj.:	Gebäudetyp:	Gebäudenutzung:	Projekttyp:
—	65	2006–2008	Umbau	Arbeiten	Forschung

### Kurzbeschreibung Projekt

Das Forschungsprojekt wurde zwischen 2006 und 2008 in drei Phasen an drei Standorten durchgeführt.

1. Die Vorversuchsphase fand im Sommer 2006 in der Versuchsanlage der Betriebsgebäude der Zentralkläranlage Kaiserslautern statt. Im Fokus stand die biologische Behandlung der Teilströme Grau- und Schwarzwasser mit einem "Sequencing Batch Reactor" (SBR). Es wurden Messungen zur Charakterisierung der Abwasserfraktionen und zur Optimierung einzelner Anlagekomponenten durchgeführt.
2. Die Testphase wurde Anfang 2007 für rund 20 Einwohner in einem Wohnblock der Technikumsanlage in Kaiserslautern durchgeführt. Hier wurden verfahrenstechnische Untersuchungen zur biologischen und chemisch-physikalischen Wasseraufbereitung sowie zur Desinfektion und Elimination von Spurenstoffen mittels Einsatz eines Membran-Bioreaktors (MBR) gemacht. Daneben fanden Tests an Sanitärprodukten sowie an einem intelligenten Diagnosesystem statt.
3. Die Pilotphase fand anschliessend bis 2008 im Bürogebäude des Fraunhofer-Instituts UMSICHT in Oberhausen mit zirka 65 Beteiligten statt. Die einzelnen in den vorangehenden Phasen untersuchten Komponenten wurden gekoppelt, die Teilkreisläufe für Grau- und Schwarzwasser wurden geschlossen. Die Anreicherung von Schadstoffen wurde als zusätzliche Fragestellung untersucht.

### Abwasserkonzept

Für die vorliegende Arbeit wurden die Daten aus der Pilotphase verwendet. Erfahrungen aus den anderen Projektphasen sind im Abschlussbericht (Villeroy\_&\_Boch et al., 2009) enthalten.

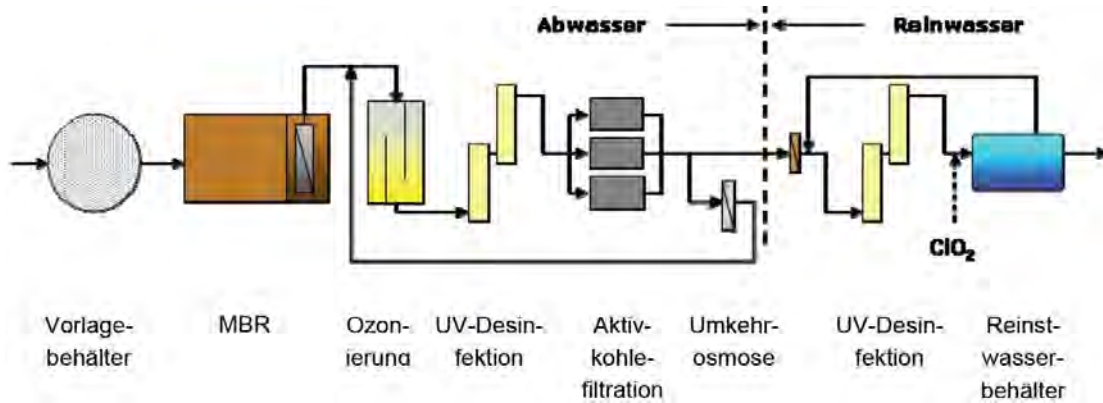
Grau- und Schwarzwasser werden getrennt erfasst (S2, 2-Stoffstromsystem).

*Grauwasser* wird gelagert und danach im MBR aufbereitet. Die flüssige Phase wird durch ein Multi-Barrier-Konzept hygienisiert (Ozonbehandlung, UV-Desinfektion, Aktivkohlefiltrierung). In einem weiteren Schritt wird mittels Umkehrosmose Reinstwasser erzeugt (Entsalzung). Dieses wird zur Sicherstellung der Trinkwasserqualität durch eine weitere UV-Desinfektion behandelt und mit Chlor dauerhaft hygienisiert.

*Schwarzwasser* wird mittels Filtersack vorgeklärt und anschliessend im Vorlagebehälter (Speicher) gelagert. Es folgt die biologische Reinigung im MBR. Das Filtrat wird einer Ozon- und einer UV-Behandlung unterzogen. Die feste Phase aus der Vorklärung wird mittels Vermikompostierung umgesetzt.

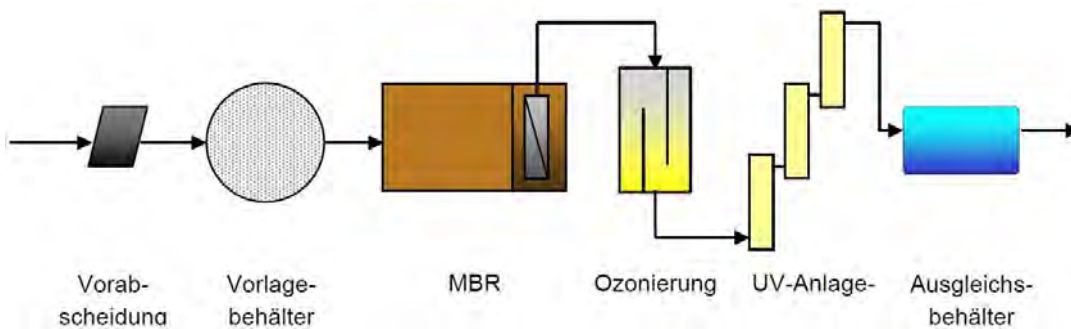
Das aufbereitete Wasser wird wiederverwendet, das Schwarzwasser zur Toilettenspülung, das Grauwasser zum Duschen und Wäschewaschen. (Villeroy\_&\_Boch et al., 2009)

Anhang 40 Fließschema der Grauwasseranlage "KOMPLETT"



Vereinfachtes Fließschema der Grauwasseranlage aus der Phase 3 mit folgenden Stationen: Vorhaltebecken, Membranbioreaktor, Ozonbehandlung, UV-Desinfektion, Aktivkohlefiltration, Umkehrosmose (Reinstwasser) UV-Desinfektion, Chlorierung, Reinstwasserbehälter. Quelle: Villeroy\_&\_Boch et al. (2009)

Anhang 41 Fließschema der Schwarzwasseranlage "KOMPLETT"



Vereinfachtes Fließschema der Schwarzwasseranlage aus der Phase 3 mit folgenden Stationen: Vorabscheidung, Vorlagebehälter, Membranbioreaktor, Ozonbehandlung, UV-Desinfektion, Ausgleichsbehälter. Quelle: Villeroy\_&\_Boch et al. (2009)

## 2.4 Hotel Arabella, D-Offenbach

Anz. Zimmer:	Anz. Betten:	Projektstart:	Gebäudetyp:	Gebäudenutzung:	Projekttyp:
212	400	1995	Umbau	Hotel	Angewandt

### Kurzbeschreibung Projekt

Beim Hotel Arabella (seit 2007 Sheraton Offenbach Hotel) handelt es sich um drei Gebäude, teilweise um historische Bausubstanz: das Büsing Palais, den Rundbau und den Neubau mit den Hotelzimmern. Der Ursprung des Büsing Palais, ein ehemaliges Herrenhaus mit Fabrikationsräumen, geht auf das Jahr 1773 zurück. 1920 wird es als Rathaus umgenutzt, 1943 wird es bei einem Luftangriff bis auf die Aussenwände zerstört, ab 1953 teilweise und ab 1980 vollständig wieder aufgebaut. Das Büsing Palais ist heute im Besitz der Stadt. Die Tagungs- und Begegnungsräume werden ans Hotel verpachtet. Im Rundbau, dem ehemaligen städtischen Hallenbad, befinden sich heute Rezeption, Hotelloobby, Restaurant, Bistro und Bar. Vom entkernten Schwimmbad sind heute noch die Fassade und das Muscheldach erhalten. Der Hoteltrakt wurde auf dem Grundstück hinter dem Rundbau zur Herrenstrasse zwischen 1993 und 1995 erstellt. (Sheraton, 2012)

Anhang 42 Situationsplan Hotel Arabella



Gebäudekomplex mit Rundbau, Bettentrakt und dem über einen Glassteg mit dem Rundbau verbundenen Büsing Palais im Norden. Quelle: Google Maps

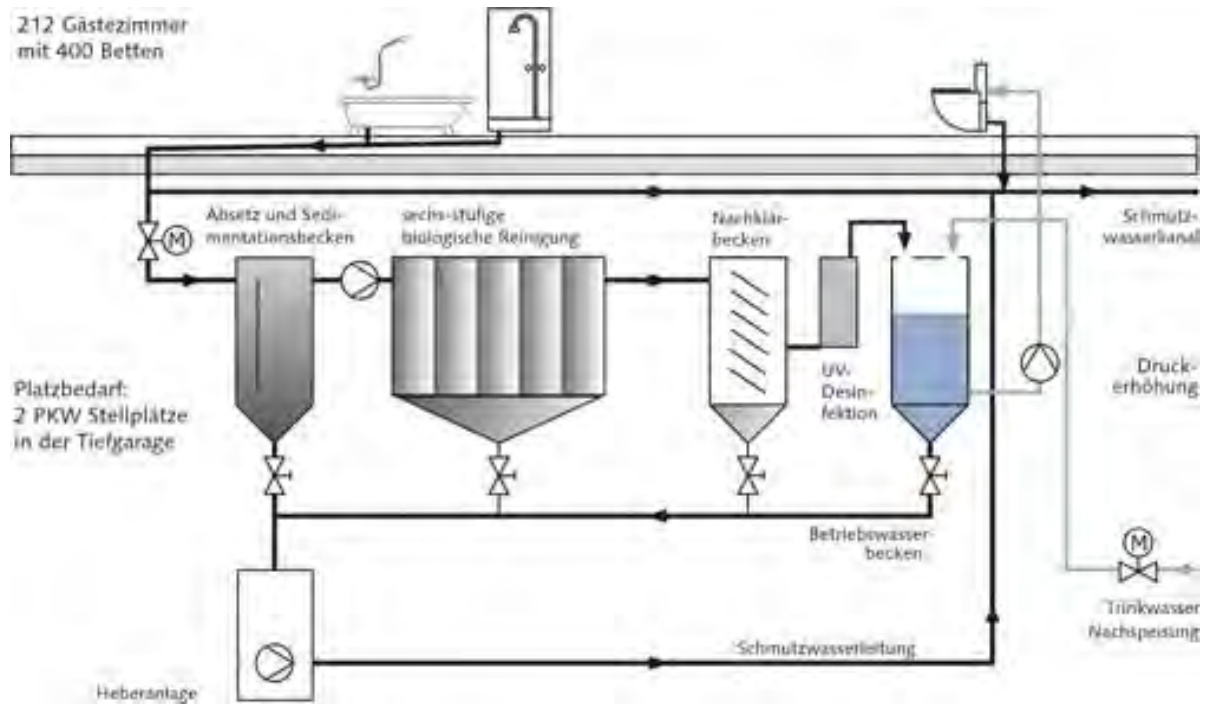
### Abwasserkonzept

Grau- und Schwarzwasser werden getrennt erfasst (S2, 2-Stoffstromtrennung). Die Grauwasseranlage wurde für den Neubau des Hotels konzipiert.

*Grauwasser* aus 212 Zimmern wird in ein Absetzbecken geleitet und danach von der sechsstufigen Reinigung mit Rotationstauchkörper geklärt. Es folgen das Nachklärbecken und die UV-Desinfektion. Das so gereinigte Grauwasser wird zur Toilettenspülung verwendet. Die Sedimente aus dem Absetzbecken werden durch eine Hebeanlage mit dem übrigen Schwarzwasser in die Kanalisationsleitung gepumpt. Die Anlage ist noch heute in Betrieb, die Qualität des Betriebswassers ist so gut, dass die Gäste keinen Unterschied feststellen.

*Schwarzwasser* wird unbehandelt der ARA übergeben. (Ecologic\_Architecture, 2011)

### Anhang 43 Fließschema Hotel Arabella



Fließschema der Grauwasseraufbereitung: Sedimentationsbecken, sechsstufige Reinigung mit Rotationstauchkörper, Nachklärbecken, UV-Desinfektion, Betriebswasserbecken (blau), Hebeanlage. Quelle: Nolde (Ecologic\_Architecture, 2011)

### Anhang 44 Foto der Tauchtropfkörperanlage



Foto der Wasseraufbereitungsanlage im Hotel Arabella. Hinten Mitte die Rotationstauchtropfkörper aus drei Filtertrommeln. Quelle: Ecologic\_Architecture (2011)

## 2.5 Hotel am Kurpark Späth, D-Bad Windsheim

Anz. Zimmer:	Anz. Betten:	Projektstart:	Gebäudetyp:	Gebäudenutzung:	Projekttyp:
20*	30*	2008	Umbau	Hotel	Angewandt

\* Anzahl bezieht sich auf das Seminargebäude, welches über die Grauwasseranlage versorgt wird.

### Kurzbeschreibung Projekt

Das Vierstern-Hotel Am Kurpark Späth wurde 1981 gegründet. Es besteht aus dem Hauptgebäude (30 Zimmer/60 Betten) und dem Seminargebäude (20 Zimmer/30 Betten), das 1992 errichtet und

1998 erweitert wurde. Im hier umgesetzten Forschungs- und Entwicklungsvorhaben "Produktionsintegrierte Umweltschutz-Massnahmen im Hotel- und Gaststättengewerbe unter besonderer Berücksichtigung vorhandener Bausubstanz" der RWTH Aachen (Pinnekamp/Günthert, 2010) sollte der Frischwasserverbrauch reduziert werden, ohne dass der Komfort für die Gäste beeinträchtigt wird.

Anhang 45 Luftansicht des Hotels am Kurpark Späth



Haupt- und Nebengebäude des Hotels am Kurpark Späth. Quelle: Keyzers et al. (2010)

Ziel war, Handlungsempfehlungen zum Einsatz von wassersparenden Technologien für weitere Hotelprojekte herleiten zu können.

### Abwasserkonzept

Die im Folgenden beschriebene Wasseraufbereitung bezieht sich nur auf das Seminargebäude.

Grau- und Schwarzwasser werden getrennt erfasst (S2, 2-Stoffstromtrennung), das Schwarzwasser wird über die Kanalisation entsorgt. Mit dem gereinigten Wasser werden 20 Gäste-WCs im Seminargebäude versorgt.

*Grauwasser* aus den Nasszellen des Seminargebäudes, aus den öffentlichen Toiletten des Haupthauses, der Theke und der Waschmaschine wird erfasst und im Vorlagebehälter gelagert. Die Aufbereitung erfolgt in einem Membranbioreaktor mit Ultrafiltration. Das Permeat lagert im Klarwassertank und zirkuliert zur Sicherung der Hygiene kontinuierlich durch eine UV-Einheit.

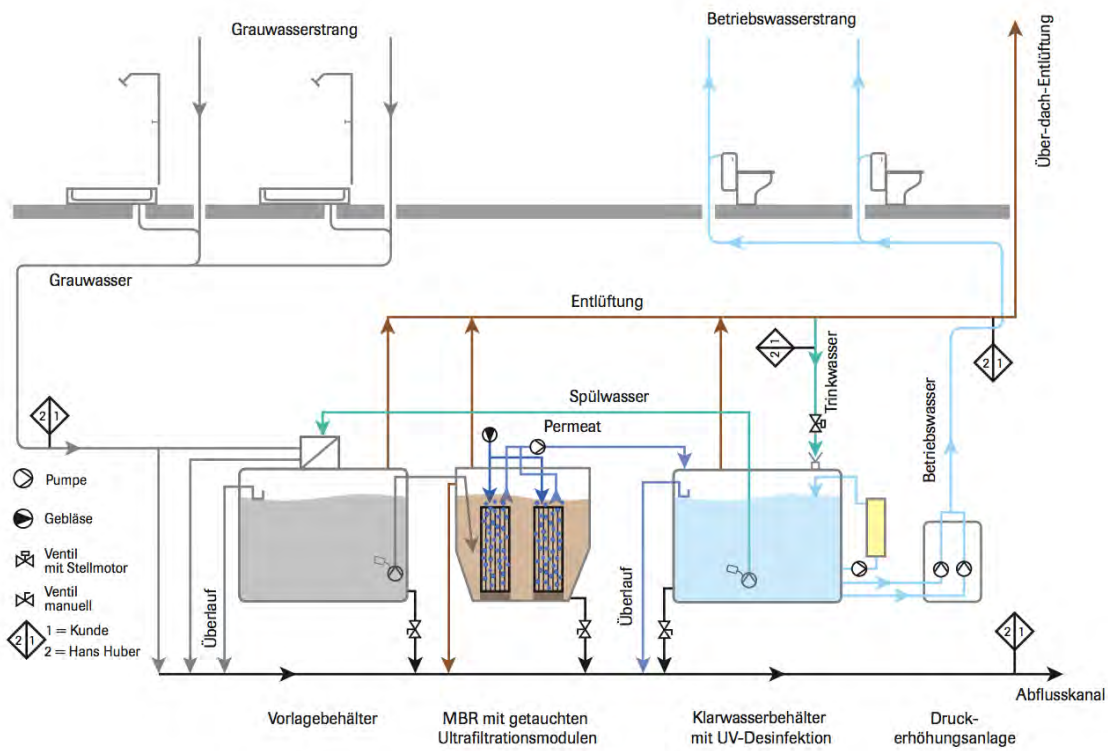
(Pinnekamp/Günthert, 2010)

### Spezielles

Die Betriebskontrolle erfolgt per Datenfernübertragung. Der Einbau der neuen Brauch- und Grauwasserleitungen sowie der Umbau der Nasszellen erfolgte bei laufendem Hotelbetrieb während einer Bauzeit von 10 Tagen, zuzüglich Anlageaufbau. Das Seminargebäude war beim Umbau während nur 9 Kalendertagen geschlossen. Das Projekt hat gezeigt, dass eine Implementierung einer Grauwasseraufbereitung im Hotel- und Gaststättengewerbe technisch möglich ist.

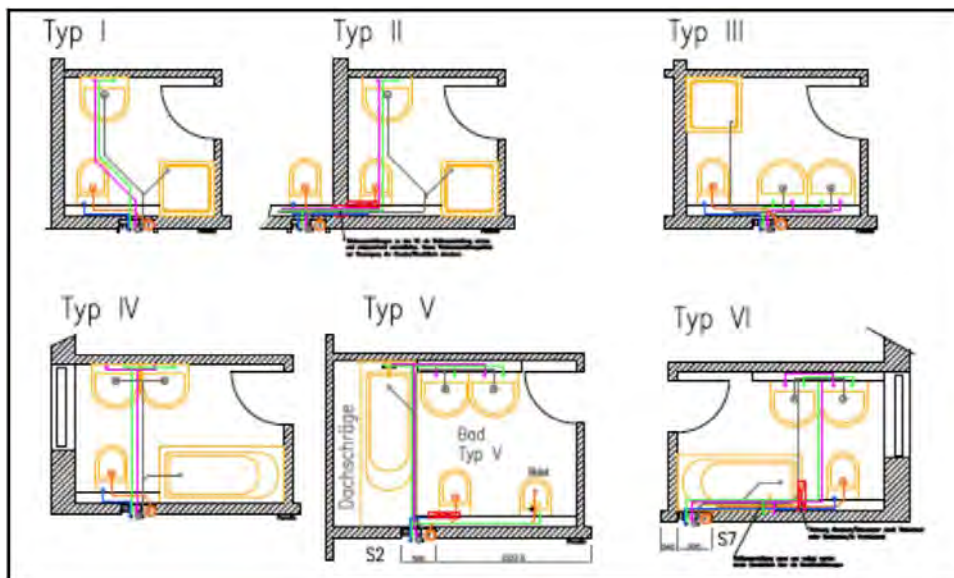


Anhang 46 Fließschema der Grauwasseraufbereitung Hotel am Kurpark Späth



Die Stationen des Fließschemas: Grauwassergewinnung (beispielsweise in Dusche), Vorlagebehälter, MBR mit getauchten Ultrafiltrationsmembranmodulen, Klarwasserbehälter mit UV-Desinfektion, Druckerhöhungsanlage zur Wiedereinspeisung des Betriebswassers. Grauwasser- (grau) und Betriebswasserleitungen (hellblau).  
Quelle: Paris et al. (2009)

Anhang 47 Bädertypen des Hotels am Kurpark Späth mit Installationen des Trennsystems



Zuleitungen: recyciertes Grauwasser kalt (blau), Trinkwasser kalt (grün), Trinkwasser warm (pink). Ableitungen: Grauwasser (grau), Schwarzwasser (rot).  
Quelle: Pinnekamp/Günthert (2010, 79)

### 3.1 Überbauung "Solar City" in Pichling, A-Linz

Anz. WE:	Anz. Bew.:	Baujahr:	Gebäudetyp:	Gebäudenutzung:	Projekttyp:
88	250	2004–2006	Neubau	Wohnen (M/E)	Angewandt

#### Kurzbeschreibung Projekt

"Solar City" ist ein Stadtteil von Linz, der zwischen 1998 und 2006 auf einer Fläche von 36 ha erbaut wurde. Auf dem Areal leben rund 3'000 Einwohner in 1'300 Wohnungen. Das Projekt integriert Solartechnologien und erfüllt dabei Niedrigenergiestandards. In einem Pilotprojekt sollte ein ganzheitliches Sanitärkonzept die Wiederverwendung der Nährstoffe aus menschlichen Ausscheidungen und organischen Abfällen ermöglichen und dabei noch die städtischen Infrastrukturkosten senken.

#### Anhang 48 Situationsplan "Solar City"



Situationsplan mit den mit neuartigen Sanitärssystemen ausgestatteten Siedlungsteilen. Von links nach rechts: "Lebensräume" mit 40 WE, "Eigenheim" mit 24 WE, "GIWOG" mit 24 WE. Quelle: Linz\_Leben (2012)

#### Abwasserkonzept

Das Abwasserkonzept wurde auf 88 Wohnungen und eine Schule angewendet. Urin und Schwarzwasser werden in Trenntoiletten (NoMix Rödingen) und wasserlosen Urinalen separat erfasst (S2, 2-Stoffstromsystem). Schwarz- und Grauwasser (Schmutzwasser) werden gemeinsam verarbeitet.

*Schmutzwasser* wird in einem Strukturfilter aus organischem Material (Kompostfilter) in Feststoff und flüssige Phase aufgetrennt. Der Strukturfilter funktioniert gleichzeitig wie ein Rieselskörper (aerobe Bedingungen) mit dem Unterschied, dass das Strukturmaterial, auf dem die Mikroorganismen leben, selber kompostiert wird. Je nach Struktur des Materials (Stroh, Holzschnittel, Holzspäne, Sägemehl) variiert die Kompostierfähigkeit des Filters. Das Filtrat fließt in einen Pumpensumpf, von wo es in die Pflanzenkläranlage gepumpt wird. Der vertikal durchströmte Bodenfilter (Pflanzenkläranlage) ist mit Schilfrohr (*Phragmites Australis*) bepflanzt und erzielt eine sehr gute Wasserqualität.

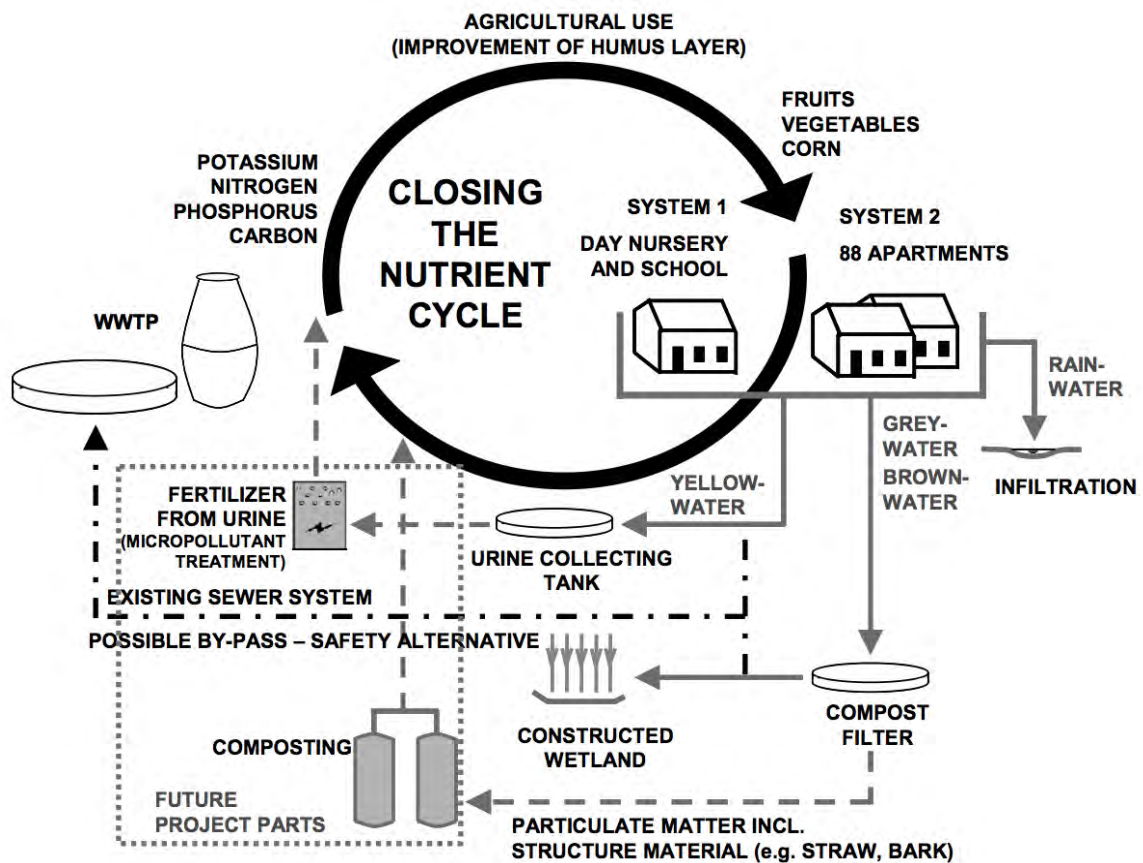
Aufgrund fehlender Bewilligung muss das gereinigte Schwarzwasser heute noch in die Kanalisation eingeleitet werden.

Urin wird im Urintank gelagert und danach ebenfalls der Kanalisation übergeben, das Ausbringen auf Felder ist aufgrund des Bodenschutzgesetzes in Österreich nicht möglich. (Hochedlinger et al., 2008; Oldenburg et al., 2009)

### Spezielles

Die das Forschungsprojekt begleitende Bachelorarbeit über die PKA von Schroft (2007) zeigt eine Nährstoffbilanzierung und Optimierung der Inbetriebnahme auf.

### Anhang 49 Prinzipschema der Überbauung "Solar City"



Geplant war die Wiederverwendung von Urin als Dünger sowie von Kompost als landwirtschaftlicher Bodenverbesserer. Das gereinigte Schmutzwasser sollte direkt ins Gewässer eingeleitet werden können. Aufgrund von bewilligungstechnischen Gründen wird jedoch Urin und gereinigtes Wasser der Kanalisation übergeben. Quelle: Hochedlinger et al. (2008)

### 3.3 Stranddorf Augustenhof, D-Grube

Anz. WE:	Anz. Betten:	Baujahr:	Gebäudetyp:	Gebäudenutzung:	Projekttyp:
6	22	2004	Neubau	Ferienwohnung (M)	Angewandt

#### Kurzbeschreibung Projekt

Das Feriendorf umfasst insgesamt 32 Häuser, von denen fünf sowie das Gemeinschaftshaus mit Trenntoiletten ausgerüstet wurden, um Urin separiert zu sammeln.

Das Projekt nahm teil am Förderprogramm "Sustainable Water Management and Wastewater Purification in Tourism Facilities" (SWAMP), bei dem touristische Einrichtungen mit innovativen Abwassertechniken ausgerüstet werden sollten. Mangels finanzieller Unterstützung und fehlender Bewilligungen konnten Versuche zu Mikroverunreinigungen in Urindüngung nicht durchgeführt werden.

Anhang 50 Übersichtsfoto der Feriensiedlung



Die 32 Ferienhäuser mit Gemeinschaftshaus, rechts der Strand. Quelle: Google Maps

Bei diesem Projekt erfolgt nur Urinsammlung, keine Aufbereitung. Für die vorliegende Arbeit war das Projekt wegen den Erfahrungen mit Trenntoiletten in Ferienwohnungen von Interesse.

#### Abwasserkonzept

Urin und Schwarzwasser werden in Trenntoiletten separat erfasst (S3, 2-Stoffstromsystem).

*Urin* fließt in einen zentralen Sammelbehälter und wird von dort mittels Druckpumpe in Kugeltanks gepumpt, wo er langfristig gelagert wird. Geplant war eine Nutzung des Urins zu Forschungszwecken, was aber bislang noch nicht möglich war.

*Schmutzwasser*, Schwarz- und Grauwasser werden gemischt und über die Kanalisation entsorgt.

#### Spezielles

Beide Tanks, insgesamt 15 m<sup>3</sup>, sind randvoll und bereit zum Einsatz für ein Forschungsvorhaben. Interessierte können sich bei Herrn Bollmann melden.<sup>4</sup>

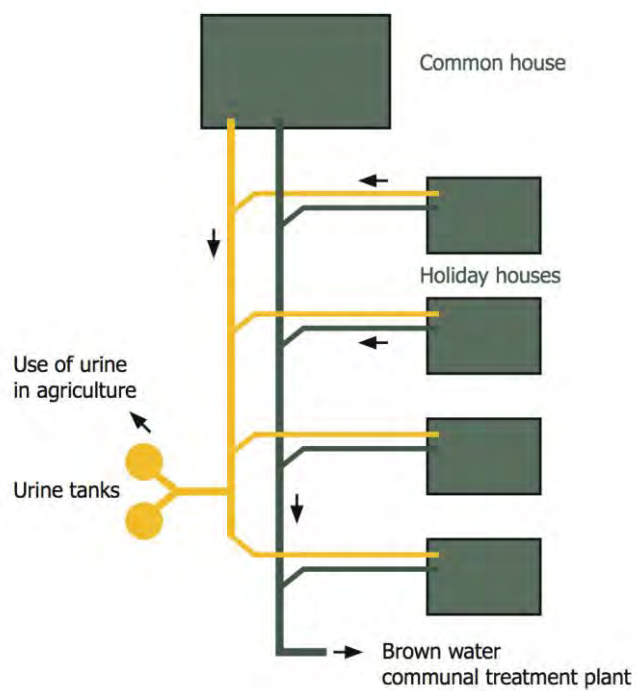
<sup>4</sup> Notiz: Telefongespräch mit Hr. Bollmann, Architekt Stranddorf Augustenhof (Bollmann, 2011)

### Anhang 51 Ansicht der Siedlung Stranddorf Augustenhof



Quelle: SWAMP (2011)

### Anhang 52 Abwasserschema der Siedlung Stranddorf Augustenhof



Fliessschema mit Urinleitung und Sammel tanks (gelb) und der Schwarzwasserleitung, welche an die kommunale Kanalisation angeschlossen ist (grün). Quelle: SWAMP (2011)

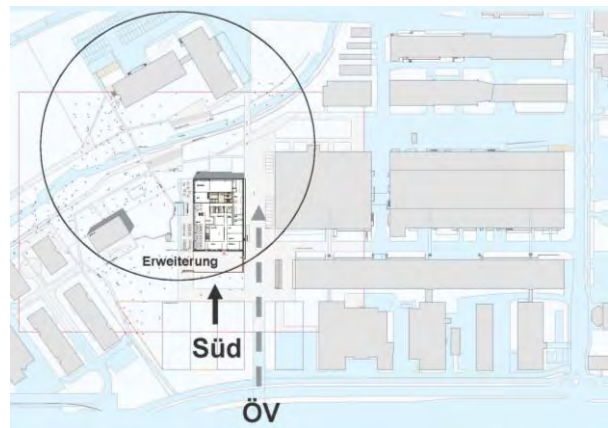
### 3.4 "Forum Chriesbach", Eawag, CH-Dübendorf

Anz. WE:	Anz. Nutzer:	Baujahr:	Gebäudetyp:	Gebäudenutzung:	Projekttyp:
—	150–400	2006	Neubau	Arbeiten	Angewandt

#### Kurzbeschreibung Projekt

Das "Forum Chriesbach" ist das Bürogebäude der Eawag, des nationalen Wasserforschungsinstitutes der Schweiz. Es beinhaltet 150 Büroarbeitsplätze (mittlere Belegung 220 Personen, Höchstbelegung 400 Personen), einen Vortragssaal, Kommunikationsräume, eine Bibliothek sowie ein Personalrestaurant. Das Energiekonzept beruht auf einem Zweiklimazonenmodell, welches ohne Heizung und Kühlung der Bürozone neben einer hochwertigen Gebäudehülle lediglich über thermoaktive Massivbauteile (TAB) erfolgt. Ein Erdregister erwärmt die Luft im Winter und kühlt sie im Sommer ab. Energieeffiziente Apparate, Wärmerückgewinnung und eine intelligente Lichtsteuerung reduzieren den Energieverbrauch auf einen Viertel gegenüber einem konventionellen Gebäude. Ein Drittel des Strombedarfs wird über die Photovoltaikanlage gedeckt. (Eawag, 2011; Eawag et al., 2006)

Anhang 53 Situationsplan des Empa/Eawag-Areals



Quelle: BGP/3-Plan (2006)

#### Abwasserkonzept

Urin und Schwarzwasser werden getrennt in NoMix-Toiletten erfasst (S3, 2-Stoffstromsystem).

*Braun- und Grauwasser* wird der öffentlichen Kanalisation übergeben.

*Urin* wird unverdünnt und nach Geschlechtern getrennt gesammelt. Nach der Lagerung wird er zu Forschungszwecken verwendet.

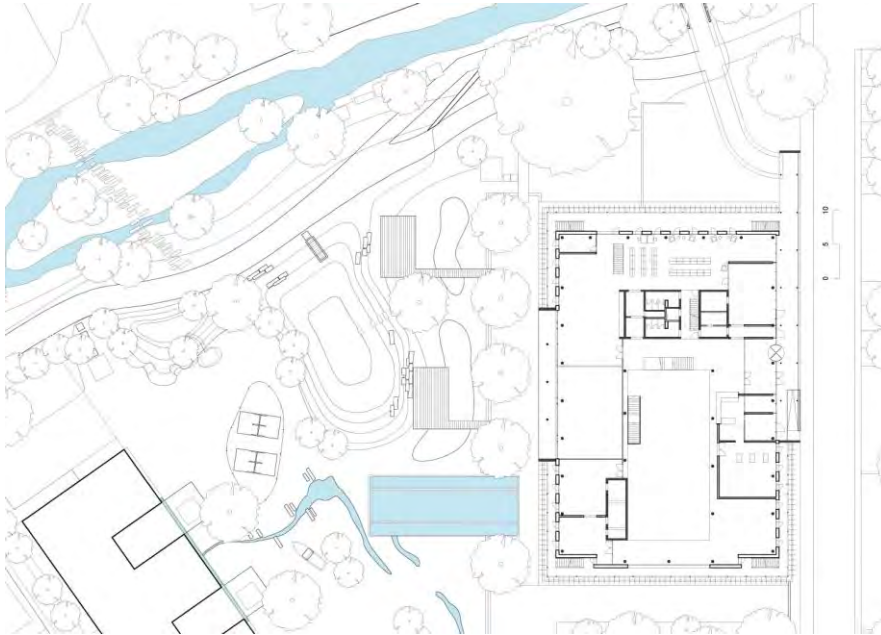
*Regenwasser* wird auf dem Dach des Gebäudes gesammelt, filtriert und im Speicherbecken, welches Teil der Umgebungsgestaltung ist, gelagert. Das so gewonnene Regenwasser wird zur Spülung der Trenn-WCs verwendet, was die Bildung von Urinstein verhindert. (Goosse, 2009)

#### Spezielles

Bei der Wahl der Baumaterialien für die Dachflächen zur Sammlung des Regenwassers wurde auf die potenzielle Abgabe von Feinstoffen geachtet. Diverse Installations- und Reinigungshinweise zur Sanitäranlage sind im Erfassungsbogen zu finden. Die Urinleitungen waren ursprünglich über Dach entlüftet, was zu Ammoniakausgasungen und folglich zu Geruchsemissionen auf dem Dach und zu

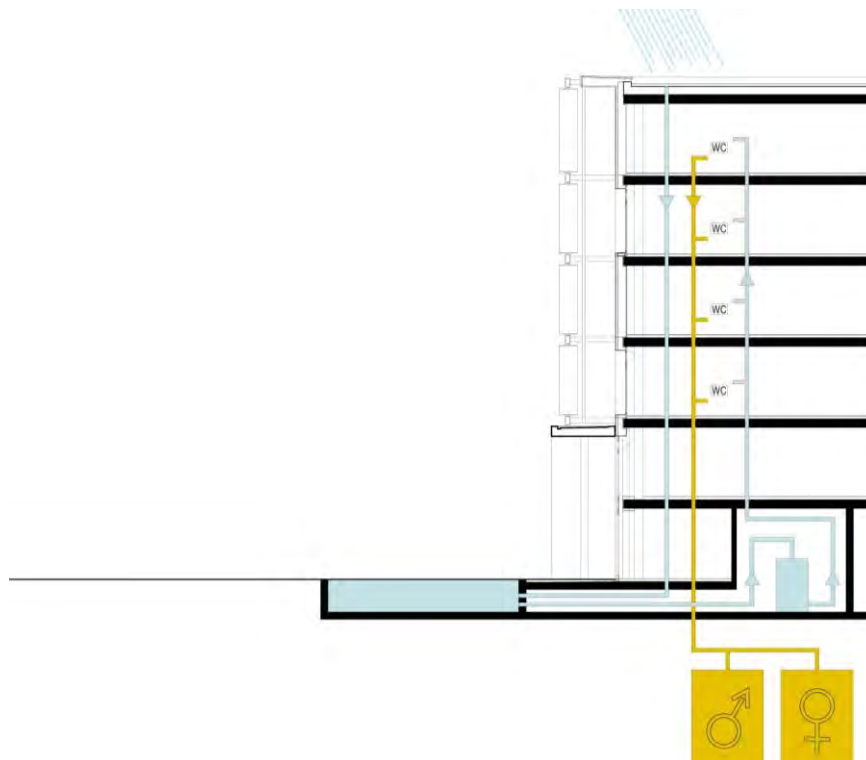
Verlusten von Stickstoff im gelagerten Urin geführt hat. Es wurden Urinale von fünf Herstellern getestet. Begleitend zum Projekt wurden Akzeptanzstudien durchgeführt.

#### Anhang 54 Umgebungsplan des "Forums Chriesbach"



Eingangsgeschoss und Umgebungsgestaltung mit Wasserspeicher. Quelle: BGP/3-Plan (2006)

#### Anhang 55 Gebäudeschnitt des "Forums Chriesbach" mit Fließschema



Schemaschnitt mit WC-Versorgung (blau) inkl. Regenwassergewinnung und -speicher sowie Urinableitung und -lagerung (gelb). Nicht gezeichnet: Trinkwasserzu- und Braunwasserableitung. Quelle: BGP/3-Plan (2006)

#### 4.1 "SCST", Wohnhaus, Klärwerk Stahnsdorf, D-Berlin

a) Anz. WE:	Anz. Bew.:	Projektstart:	Gebäudetyp:	Gebäudenutzung:	Projekttyp:
10	25	2003	Umbau	Wohnen (M)	Forschung

b) Anz. WE:	Anz. Nutzer:	Projektstart:	Gebäudetyp:	Gebäudenutzung:	Projekttyp:
—	15	2003	Umbau	Arbeiten	Forschung

#### Kurzbeschreibung Projekt

Nach einer Vorstudie ab 2000 und einer Pilotphase ab 2002 wurde vom 1.1.2003 bis 31.12.2006 das EU-Demonstrationsprojekt auf dem Gelände der Abwasserreinigungsanlage Stahnsdorf Berlin durchgeführt.

Ziel des Projektes war, Sanitärkonzepte zu entwickeln, die ökologische sowie ökonomische Vorteile bieten gegenüber konventionellen Systemen im Hinblick auf entfernt liegende Regionen, schnell wachsende Städte in Schwellen- und Entwicklungsländern sowie Länder mit Wasserknappheit.

#### Abwasserkonzept

Für diese Masterarbeit flossen die Daten aus dem Demonstrationsprojekt ein. Projektbeschreibung a) bezieht sich auf das Wohngebäude, b) auf das Betriebsgebäude. Das Projekt bestand aus zwei Teilprojekten, in denen Variablen getestet wurden. Urin, Braunwasser und Grauwasser wurden separat

#### Anhang 56 Übersichtsfoto des Klärwerks Stahnsdorf



Auf dem Areal des Klärwerks ist hinten links das Wohngebäude, in der Mitte das Bürogebäude zu sehen.

Quelle: Peter-Fröhlich et al. (2007)

erfasst (S4, 3-Stoffstromtrennung). Die Grauwasseraufbereitung mittels Pflanzenkläranlage und die Urinlagerung erfolgten gemeinsam.

*Braunwasser:* a) Im Wohngebäude waren Schwerkraft-Trenntoiletten installiert. Der Braunwasserstrom wurde in einem Grobfilter entwässert, eingedickt und danach kompostiert. Das Filtrat wurde mit Grauwasser vermischt und weiter behandelt.

b) Im Betriebsgebäude waren Vakuum-Trenntoiletten im Einsatz. Das daraus hervorgehende, dickflüssige Braunwasser wurde in

einer zweistufigen thermophilen Biogasanlage behandelt.

*Grauwasser* wurde mit dem Filtrat des Braunwassers gemischt und über eine Zweikammergrube (Vorklärung) in die Pflanzenkläranlage geleitet, um dort biologisch gereinigt zu werden. Als Variante wurde Grauwasser (ohne Braunwasserfiltrat) im Membranbioreaktor aufbereitet. Das behandelte Abwasser wurde in die Kanalisation eingeleitet.

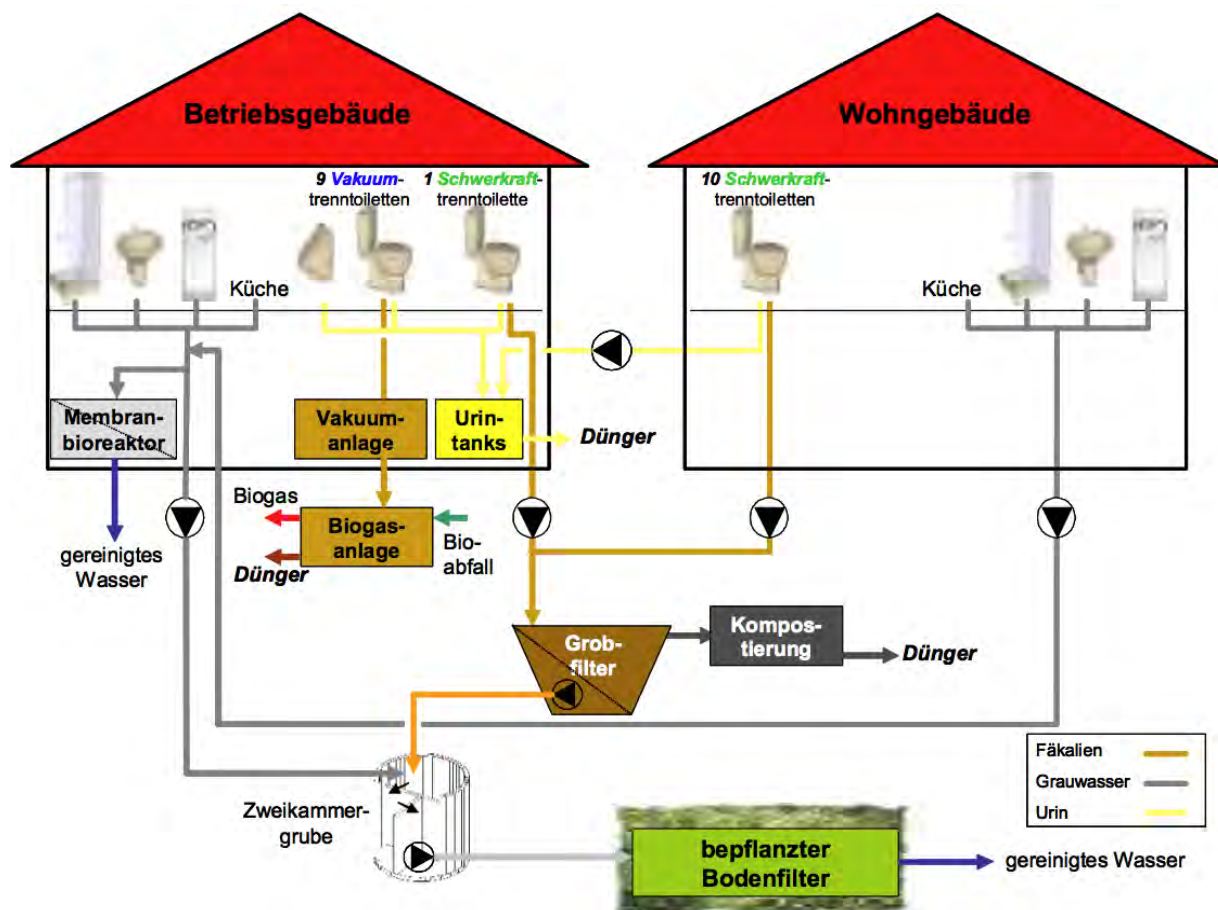


Urin aus beiden Projektteilen wurde mittels Schwerkraft in gemeinsame Speichertanks geleitet und zu Forschungszwecken (Dünger) verwendet. (Peter-Fröhlich et al., 2007; Peter-Fröhlich et al., 2006)

### Spezielles

In der Vorstudie wurden fünf wasserlose Urinale von vier Herstellern getestet. Die Ergebnisse dazu sowie technische Angaben zum Leitungssystem sind im Schlussbericht von Peter-Fröhlich et al. (2007, 14-15; 32-33) zu finden. In derselben Studie sind auch die Ergebnisse der Akzeptanzstudie zu finden. Die Kosten wurden mit dem konventionellen System verglichen (Oldenburg, 2007). Eine Lebenszyklusanalyse wurde erstellt (Remy et al., 2006). Die Elimination von Mikroverunreinigungen bei der Wiederverwendung der gewonnenen Ressourcen wurde untersucht (Tettenborn et al., 2007) und Düngeversuche mit dem gesammelten Urin wurden durchgeführt (Muskolus/Ellmer, 2006).

Anhang 57 Fließschema des Projektes "SCST"



Das Braunwasser (braun) im Betriebsgebäude wurde mittels Vakuum erfasst und in einem Biogasreaktor vergärt. Im Wohngebäude wurde es mittels Schwerkraft abgeführt, filtriert und kompostiert. Grauwasser (grau) wurde im MBR oder in der Pflanzenkläranlage gereinigt. Gelbwasser (gelb) wurde gelagert und für Düngeversuche verwendet. Quelle: Peter-Fröhlich et al. (2007)

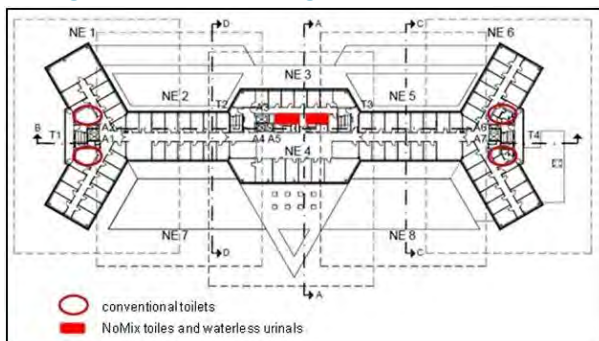
#### 4.6 "SANIRESCH", Bürogebäude der GIZ, D-Eschborn

Anz. WE:	Anz. Nutzer:	Projektstart:	Gebäudetyp:	Gebäudenutzung:	Projekttyp:
—	400	2006	Umbau	Arbeiten	Forschung

##### Kurzbeschreibung Projekt

Im Auftrag des deutschen Ministeriums für wirtschaftliche Zusammenarbeit betreibt das GIZ seit 2001 ein Programm zur Förderung der Kommunikation über Ecosan-Projekte. Das Bürogebäude des GIZ sollte aufgrund von veralteter Gebäudetechnik und hohen Unterhaltskosten erneuert werden.

##### Anhang 58 Grundriss des Bürogebäudes der GIZ



NoMix-Toiletten und wasserlose Urinale (rote Fläche), konventionelle Toiletten (roter Kreis). Quelle: Winker et al. (2011 a)

Diese Chance wurde genutzt, um das Demonstrationsprojekt "SANIRESCH" (Sanitär Recycling Eschborn) umzusetzen und ein neuartiges Sanitärsystem in einem städtischen Umfeld zu zeigen.

Phase 1: Urinseparierung und -lagerung wurden eingebaut, Inbetriebnahme 2006.

Phase 2: Der Fokus lag auf den Verfahrenstechniken für Urin- und Braunwasser.

##### Abwasserkonzept

Grau- Braun- und Gelbwasser werden separat behandelt (S4, 3-Stoffstromtrennung). Für die vorliegende Masterarbeit wurden die Daten aus Phase 2 verwendet.

*Urin* wird in Trenntoiletten und wasserlosen Urinalen erfasst und in einem Urintank gelagert. Die Aufbereitung zu Struvit erfolgt in einem halbautomatischen Fällungsreaktor ( Anhang 60) unter Zugabe von Magnesiumoxyd. Pro Tag werden 200 Liter Urin verarbeitet (möglich wären 400 Liter).

*Braunwasser* wird in einer Vorreinigung von Grobstoffen befreit, danach in einem MBR unter Einsatz von Ultrafiltrationsmembranen aufbereitet. Die feste Phase wird kompostiert.

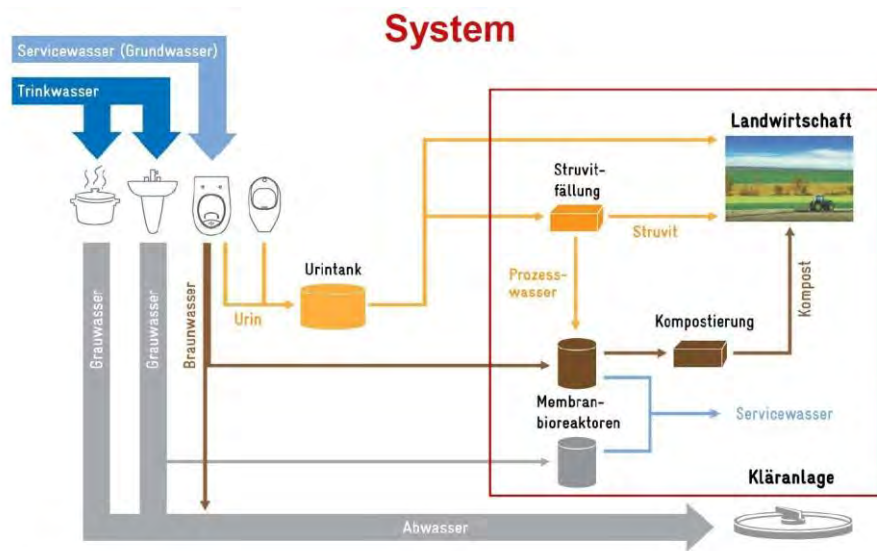
*Grauwasser* gelangt über einen Zwischenspeicher ebenfalls zur Aufbereitung in einen MBR. Das Permeat aus der Braun- und der Schwarzwasseraufbereitung wird nur zu Forschungszwecken erzeugt, zur Toilettenspülung wird aus ökonomischen Gründen lokales Grundwasser verwendet.

(Winker et al., 2011 a; Winker/Saadoun, 2011 b)

##### Spezielles

Weitere Untersuchungsergebnisse zum Projekt: Saniresch (2011), Akzeptanzstudie: Romich (2010), Romich (2011), Ökonomische Machbarkeit: Paéz (2010). Internationalen Übertragbarkeit: De Trincheria (2010).

Anhang 59 Fließschema des Projektes "SANIRESCH"

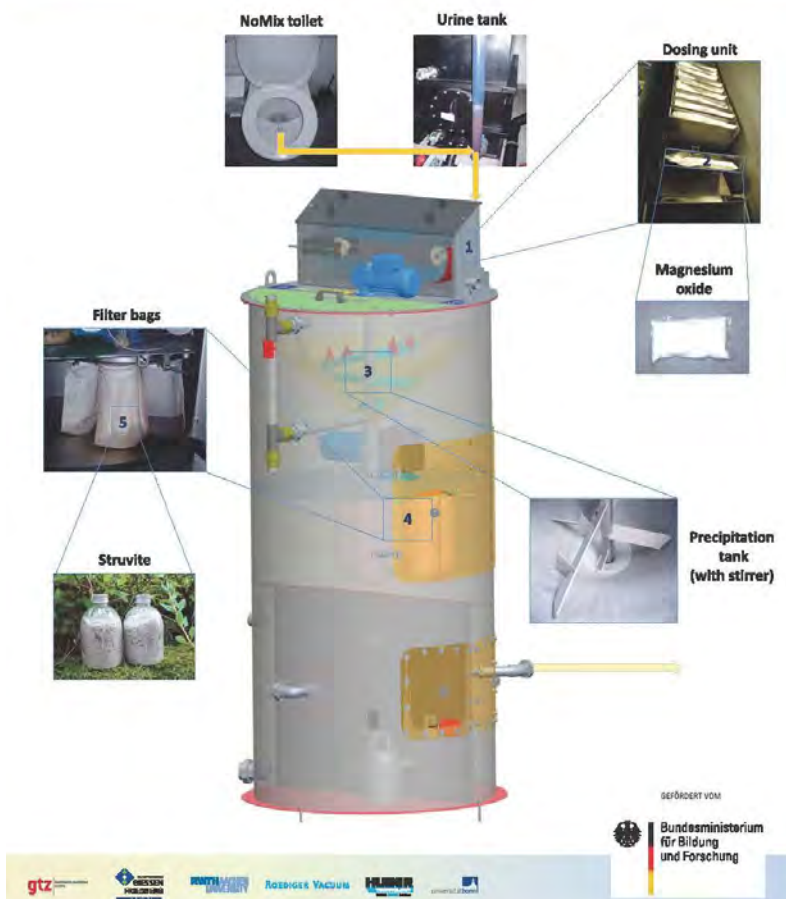


Urin (gelb) wird zu Struvit verarbeitet. Braun- und Grauwasser (braun, grau) werden zu Forschungszwecken in separaten MBRs zu Servicewasser (hellblau) aufbereitet. Quelle: Saniresch (2011)

Anhang 60 MAP-Fällungsreaktor "SANIRESCH"

**Magnesium-Ammonium-Phosphate (MAP) reactor**

Der MAP-Reaktor, ein halbautomatischer Fällungsreaktor, erzeugt aus Urin unter Zugabe von Magnesiumoxyd Struvit (Magnesium-Ammonium-Phosphat). Quelle: Winker/Saadoun (2011 c)



## 5.1 Ökosiedlung Allermöhe, D-Hamburg

Anz. WE:	Anz. Bew.:	Baujahr:	Gebäudetyp:	Gebäudenutzung:	Projekttyp:
36	105	1985–2002	Neubau	Wohnen (E)	Angewandt

### Kurzbeschreibung Projekt

Die Siedlung Allermöhe gehört zu den ersten ökologischen Siedlungen Deutschlands. Sie ist ein Teil des Neubaugebietes Neu-Allermöhe, wo zwischen 1982 und 1994 3'800 Wohneinheiten in verdichteter Bauweise mit bis zu vier Geschossen gebaut wurden.

Ziel war der Einbezug der Quartierbewohner, eine kompakte ökologische Bauweise und die Schließung von Stoffkreisläufen. Die Siedlung wurde in zwei Phasen zwischen 1985 und 2002 erstellt (Pionieretappe, etablierte Etappe), 1986 zogen die ersten Eigentümer ein.

### Anhang 61 Übersichtsplan Ökosiedlung Allermöhe



Die Gebäude sind um drei Höfe gruppiert, den Nordhof, den Mittelhof und den Südhof. Rechts im Plan befindet sich die Pflanzenkläranlage (hellblau). Quelle: Mangold (2011), Kossak et al. (1989, 19)

Neben den Einrichtungen zum Wassersparen wurden energiesparende Massnahmen realisiert wie Solar- und Photovoltaikanlagen und starke Wärmedämmungen mit Recycling-Materialien.

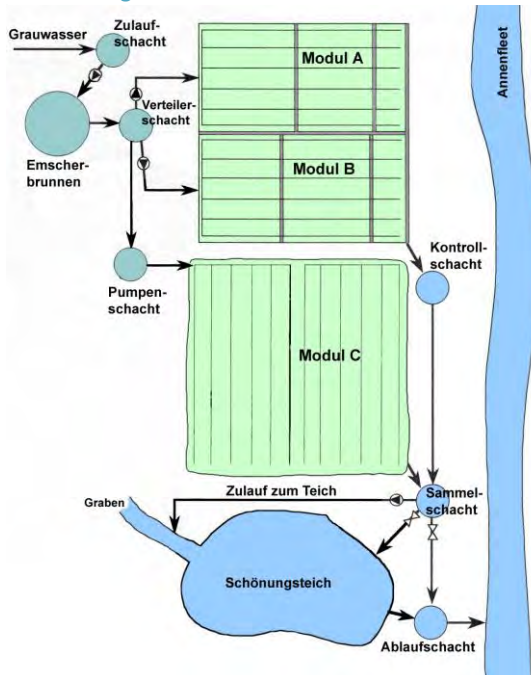
### Abwasserkonzept

Ein wichtiges Element dieses Sanitärsystems (S5, 2-Stoffstromtrennung) sind die Trockentoiletten, welche Fäkalien ohne Spülwasser erfassen (siehe Kap. 2.4.5).

*Fäkalien* (Fäzes und Urin) werden im Kompostcontainer im Keller gesammelt und zu Kompost umgesetzt. Dabei verdunstet der Urin zum grössten Teil. Der Kompost wird später in Grünflächen als Bodenverbesserer eingearbeitet.

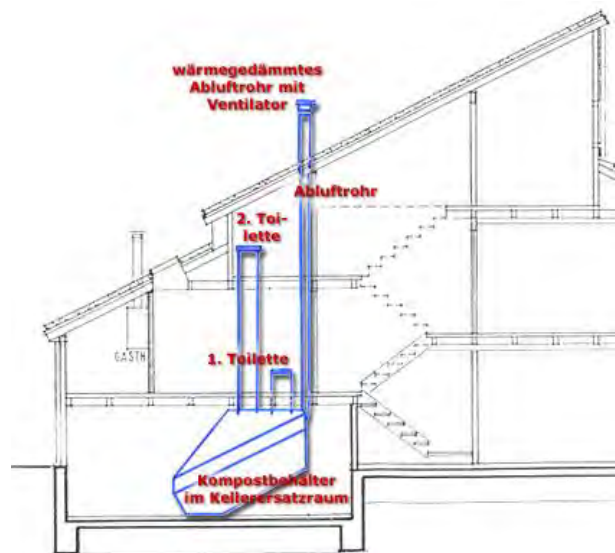
*Grauwasser* wird über einen Zulaufschacht in einen Emscherbrunnen/Imhoff-Tank geleitet und dort mechanisch vorgereinigt. Danach erfolgt die biologische Klärung im dreiteiligen intervallbeschiedenen Vertikalfilter, welcher mit Schilfrohr (*Phragmites Australis*) bepflanzt ist. Anschliessend wird das Grauwasser in den Schönungsteich und von dort in den Vorfluter geleitet. Zur Intervallbeschiedung der Klärbeete werden Pumpen eingesetzt. (Berger/Lorenz-Ladener, 2008, 137-139; Rauschnig et al., 2009)

Anhang 62 Fließschema Grauwasserverarbeitung, Ökosiedlung Allermöhe



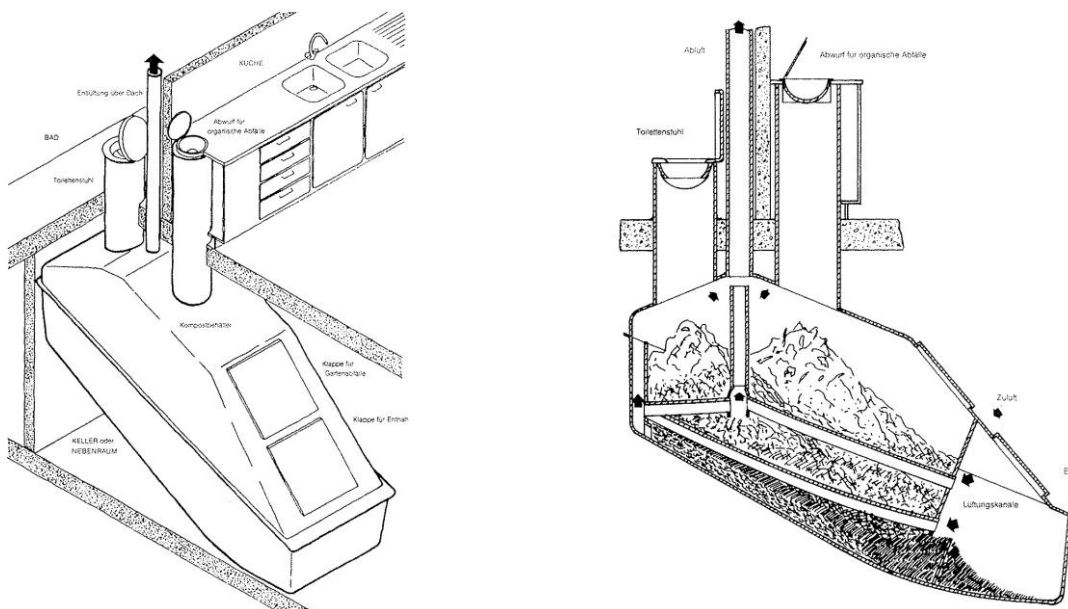
Fließschema für die Grauwasserbehandlung mit Emscherbrunnen, den drei Klärbeeten und dem Schönungsteich. Quelle: Mangold (2011)

Anhang 63 Gebäudeschnitt Trockentoilettensystem



Schnitt durch ein Trockentoilettensystem mit zwei Toiletten inkl. Fallrohren, Abluftrohr und Kompostcontainer im Keller. Quelle: Mangold (2011)

Anhang 64 Axonometrie und Schnitt Trockentoilettensystem



Darstellung eines Kompostcontainers mit Toilette, Belüftung (siehe Pfeile) und Kompostabwurf. Axonometrie (links) und Schnitt (rechts). Quelle: Berger/Lorenz-Ladener (2008, 30)

## 5.2 Waldquellesiedlung, D-Bielefeld

Anz. WE:	Anz. Bew.:	Baujahr:	Gebäudetyp:	Gebäudenutzung:	Projekttyp:
96	206	1994–1999	Neubau	Wohnen (E)	Angewandt

### Kurzbeschreibung Projekt

Aufgrund einer Initiative ökologisch engagierter Bauinteressenten entstanden in der Waldquellesiedlung in den 90er-Jahren 130 Wohneinheiten für rund 300 Bewohner mit einer Mischung verschiedener sozialer Wohnformen. Dies war lange Zeit die grösste Siedlung mit Komposttoiletten. In der Zwischenzeit wurden jedoch einigen Trockentoiletten durch WCs ersetzt.

### Abwasserkonzept

Fäkalien und Grauwasser werden separat behandelt (S5, 2-Stoffstromtrennung).

*Fäkalien* (Fäzes und Urin) werden in der Trockentoilette erfasst und über ein Fallrohr in den genau darunter liegenden Kompostcontainer im Keller befördert, wo sie über ein Jahr zur Kompostierung gelagert werden. Ein Ventilator saugt Gerüche aus der Toilette direkt ab und versorgt den Kompost mit genügend Sauerstoff. Eine ausser Haus liegende Lagerfläche zur Nachkompostierung gewährleistet die hygienische Sicherheit. (Trockentoiletten siehe Kap. 2.4.5).

*Restliches Siedlungsabwasser* (Grauwasser sowie Schwarzwasser von Gebäuden mit konventionellen Toiletten) wird in die Kanalisation eingeleitet. Eine ursprünglich geplante Pflanzenkläranlage zur Reinigung des Grauwassers wurde aus finanziellen Gründen nicht erstellt. (Berger, 2004; Berger/Lorenz-Ladener, 2008, 148-150)

### Spezielles

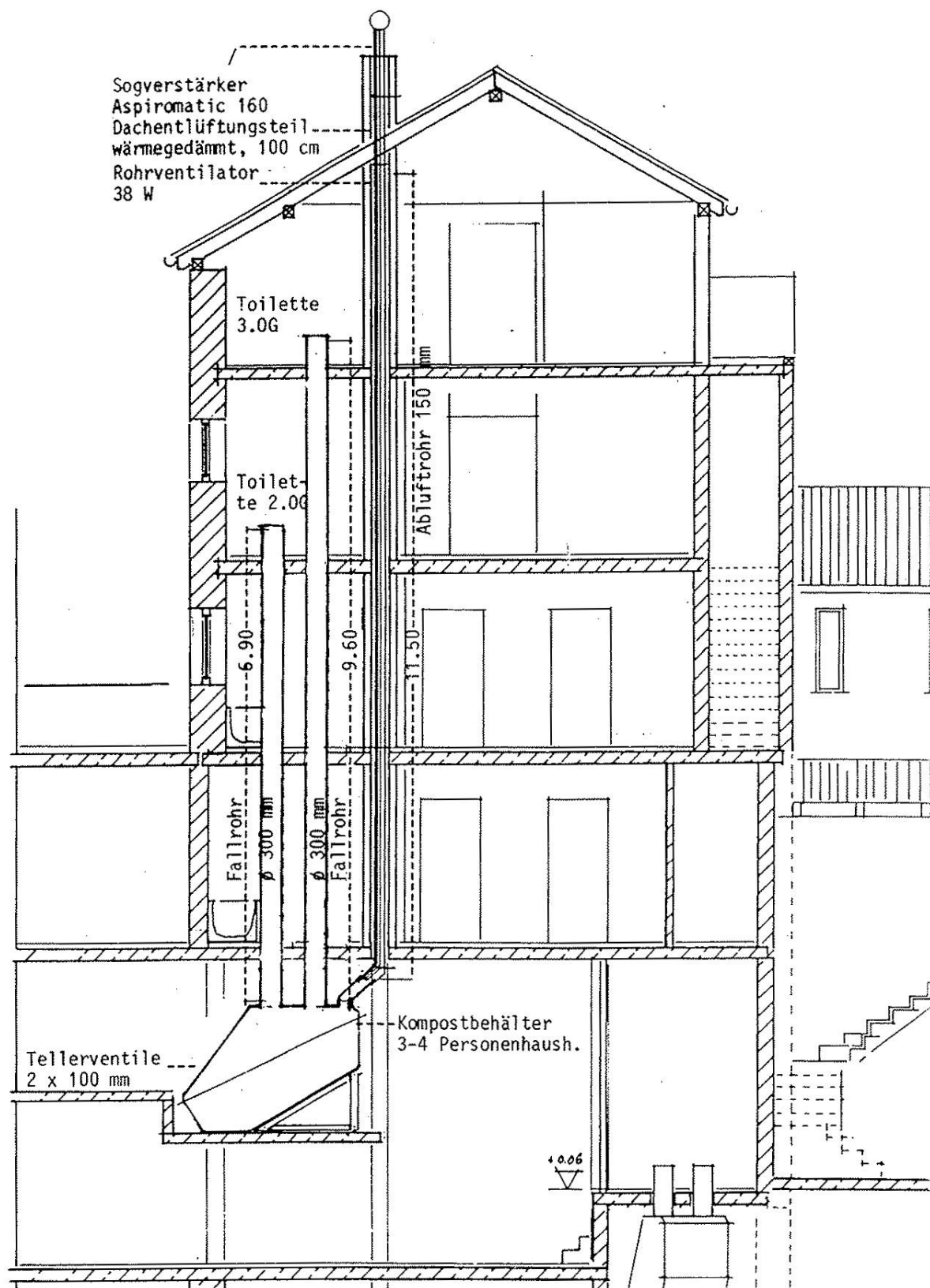
Erstmals wurden Komposttoiletten auf bis zu vier Stockwerken eingebaut. Dadurch wurden an einen Kompostbehälter Toiletten von mehreren Wohnungen angeschlossen, was sich als problematisch herausgestellt hat. Einerseits muss in diesem Fall die Arbeit am Kompostcontainer unter mehreren Parteien aufgeteilt werden, andererseits kann es zu Geruchsbelästigungen aufgrund von Störungen des Unterdrucks kommen (offener WC-Deckel, gleichzeitige Benutzung des WCs). Der Einbau der Anlage auf mehreren Stockwerken für unterschiedliche Parteien erforderte erhöhte Massnahmen für Schallschutz, Brandschutz, Entlüftung und Sicherheit.

Anhang 65 Übersichtsfoto Waldquellesiedlung



Quelle: Google Maps (2011)

Anhang 66 Gebäudequerschnitt aus der Waldquellesiedlung



Gebäudequerschnitt einer viergeschossigen Anlage mit Trockentoiletten: Kompostcontainer, zwei Fallrohre mit Toilette, über Dach geführtes Lüftungsrohr. Quelle: Berger/Lorenz-Ladener (2008, 149)

## 6.1 Gemeinschaftswohnheim "Gebers", S-Orhem

Anz. WE:	Anz. Bew.:	Projektstart:	Gebäudetyp:	Gebäudenutzung:	Projekttyp:
32	80	1998	Umbau	Wohnen (E)	Angewandt

### Kurzbeschreibung Projekt

Das Projekt "Gebers" entstand in Zusammenhang mit der Umnutzung einer ehemaligen Gensungsanstalt im schwedischen Orhem, welche verlassen und Ziel von Vandalismus geworden war. Das Projekt wurde durch ein Netzwerk von Freunden und Nachbarn injiziert, welche eine Vision von kommunalem Zusammenleben umsetzen wollten. Sie gründeten die Kollektive "EKBO" (Ecological Collective Housing in Orhem) und verwirklichten gemeinsam mit Schwedens grösster Haus-Kooperative HSB, welche die Finanzierung bereitstellte und ihr bauliches Know-how einbrachte, ein sanitärtechnisch ambitioniertes Projekt.

### Abwasserkonzept

Neben Urin und Fäzes, welche in Separations-Trockentoiletten (Wost Man Ecology AB, ES-Classic) getrennt werden, wird auch Grauwasser gesondert erfasst (S6, 3-Stoffstromsystem).

*Urin* wird mit wenig Wasser gespült (0.1 l) und in einem Tank gesammelt. Zwei- bis dreimal jährlich wird der Urin als Flüssigdünger in der Landwirtschaft ausgebracht.

*Fäzes* werden im Keller in einem Container (140 l) gesammelt. Der Behälter ist mit Unterdruck versorgt, damit die Gerüche direkt abgesaugt werden und nicht in den Toilettenraum aufsteigen können. Wenn ein Behälter voll ist, wird dessen Inhalt für 4–5 Jahre auf einem externen Kompostplatz gelagert, bevor er als Bodenverbesserer eingesetzt wird.

*Grauwasser* wird in einer nahe gelegenen ARA aufbereitet. (Syahril et al., 2005)

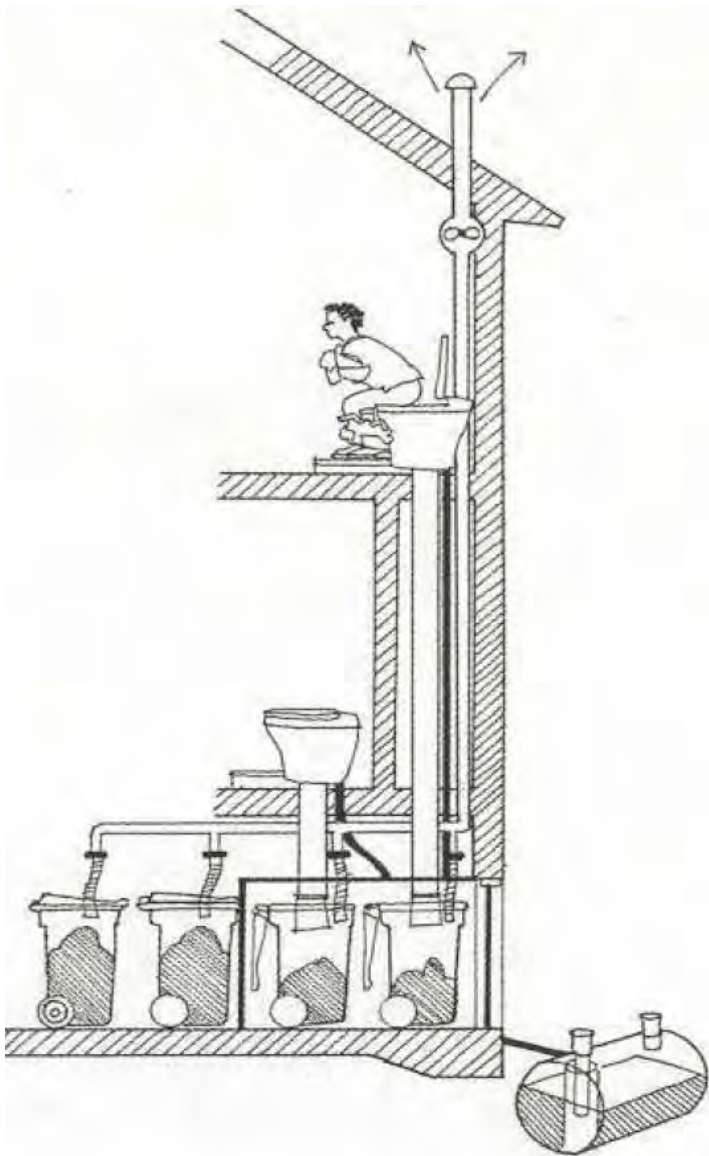
### Spezielles

Bei diesem Projekt wird über erstaunlich grosse Urinstein-Kristalle berichtet, welche die Ableitungen blockieren. Daher wird für die Urinleitungen ein Querschnitt von 110 mm empfohlen.

Erfahrungen von weiteren Ecosan-Projekte aus Schweden, siehe in Petersens (2009) und Norén (2010).



Anhang 67 Schnitt durch Separations-Trockentoilette bei "Gebers"



Trockentoilette, Kompostcontainer, Entlüftung über Dach, Urintank. Quelle: Syahril et al. (2005)

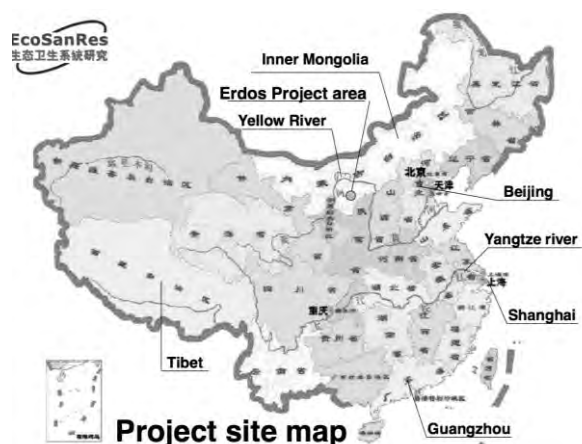
## 6.2 Ecotown Erdos, Dongsheng, Innere Mongolei, China

Anz. WE:	Anz. Bew.:	Baujahr:	Gebäudetyp:	Gebäudenutzung:	Projekttyp:
832	3000	2004–2009	Neubau	Wohnen (M)	Angew./Forsch.

### Kurzbeschreibung Projekt

Im Dongsheng-Distrikt fand nach den 90er-Jahren im Zusammenhang mit Kohleabbau ein starker Urbanisierungstrend statt. Als das Neubauprojekt lanciert wurde, gab es vor Ort nur 3–4 Stunden täglich fließendes Wasser. Die Wasserversorgung basierte auf spärlichen Niederschlagsreservem (300–400 mm/y; Schweizer Mittelland 1000 mm/y) und der Wasserentnahme aus einem fossilen Grundwasserspeicher. 2005 wurde eine 100 km lange Wasserleitung zum Yellow River gebaut, um ab 2010 täglich 100'000 Kubikmeter Wasser in die Stadt zu befördern. Trotzdem fehlten täglich weitere 3'000 Kubikmeter. Von den 60'000 Haushalten im Dongsheng-Distrikt verfügten ein Drittel über wassergespülte Toiletten, die anderen hatten Zugang zu öffentlichen, schlecht unterhaltenen Plumpsklos. Das marode und unvollständige Kanalisationssystem führte zu Grundwasserverunreinigungen.

### Anhang 68 Übersichtplan von China



Projekt Erdos, Distrikt Dongsheng, Provinz Innere Mongolei, nahe Yellow River. Quelle: Flores (2010)

### Anhang 69 Situationsplan der Ecotown Erdos



Situationsplan mit 832 WE und der Lage der Ökostation. Quelle: Flores (2010)

Diese Umstände und die Aussicht auf steigende Wasserpreise führten zur Idee, hier versuchsweise ein gehobenes Ecosan-System mit Trockentoiletten einzusetzen. 2006/2007 zogen die ersten Bewohner ein. Technische Mängel aufgrund unsorgfältiger Arbeitsweise führten seit Beginn des Projektes zu Geruchsbelästigungen. Diese Mängel an den Anlagen wurden laufend behoben und Verbesserungen erarbeitet. Die Akzeptanz der Trockentoiletten sank jedoch zunehmend, auch aufgrund von strukturellen Änderungen im Distrikt, was schlussendlich zu einem Systemwechsel mit konventionellen WCs führte.

## Abwasserkonzept

In der Siedlung wurde ein Trennsystem mit Separations-Trockentoiletten umgesetzt (S6, 3-Stoffstromtrennung). Ein Toiletten-Prototyp, der den Benutzerkomfort erhöhen sollte, mit drehender Fäzesschale, einem Sägemehltank und -abwurf, wurde speziell entwickelt.

Fäzes wurden direkt über einen horizontalen Fallstrang in die Kompostbehälter abgegeben. Eine Entlüftung mit Ventilator saugte Gerüche ab. Fäzes aus den vollen Containern wurden in einer gedeckten, beheizbaren Kompostanlage weiter behandelt.

Urin wurde mittels Schwerkraft abgeleitet und in 22 Urintanks in den Untergeschossen gelagert, bevor sie in der Landwirtschaft als Flüssigdünger eingesetzt wurden.

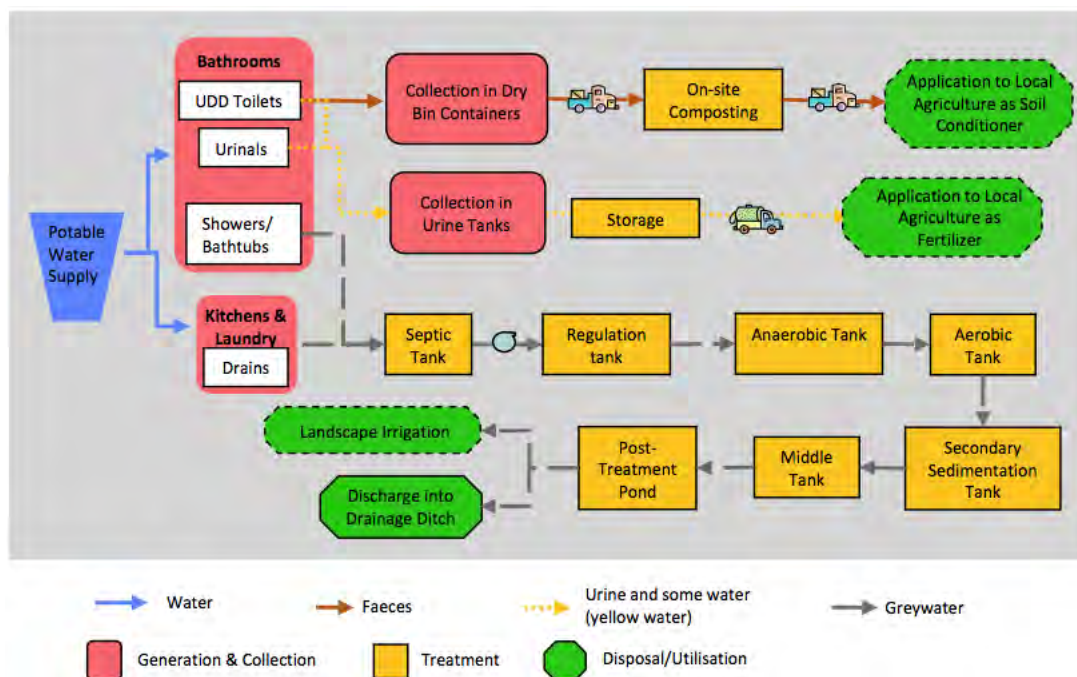
Grauwasser wurde in einem mehrstufigen Verfahren behandelt, bevor es versickert wurde: Absetzbecken, anaerobe Behandlung, Belebtschlammverfahren, aerobes Biofilm-Verfahren, zweites Absetzbecken, Teich als Wasserspeicher. (Flores, 2010; Flores et al., 2009; Mc Conville/Rosemarin, 2011)

## Spezielles

Teil des Versuchsprogramms war die landwirtschaftliche Verwertung von Urin und Kompost.

Eine Lebenszyklus-Analyse im Rahmen der Dissertation von Flores (2010) wurde erstellt. Die Erfahrungen ("Lessons Learned") über das Projekt sind in Jurga (2009) nachzulesen.

Anhang 70 Fließschema des Sanitärsystems der Ecotown Erdos



Fließschema des Sanitärsystems mit Trockentoiletten und Urentrennung. Pfeile: Trinkwasser (blau), Fäzes (braun), Urin (gelb). Flächen: Erzeugung und Sammlung (rot), Behandlung (gelb), Deponie/Wiederverwendung (grün). Gepunktete Linien: Optionen, die bis 2009 nicht vollständig umgesetzt wurden. Quelle: Flores (2010)

### Anhang 71 Schnitt durch Separations-Trockentoilette

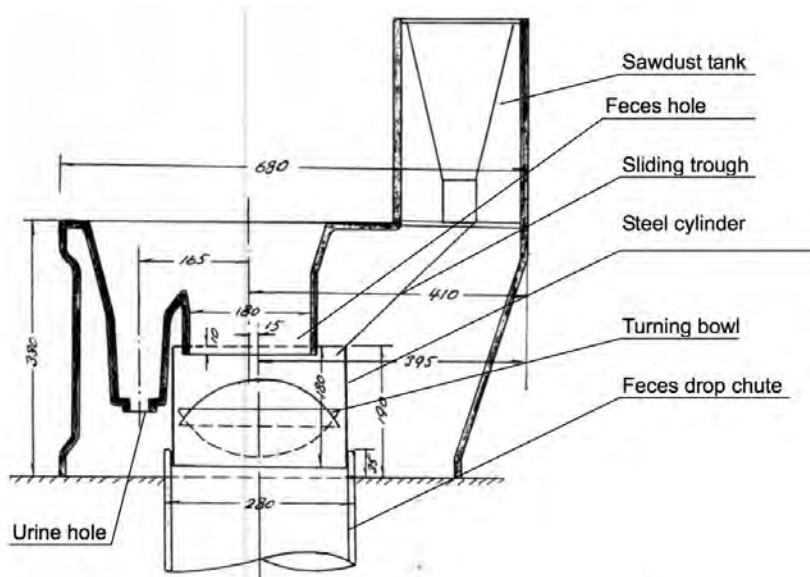
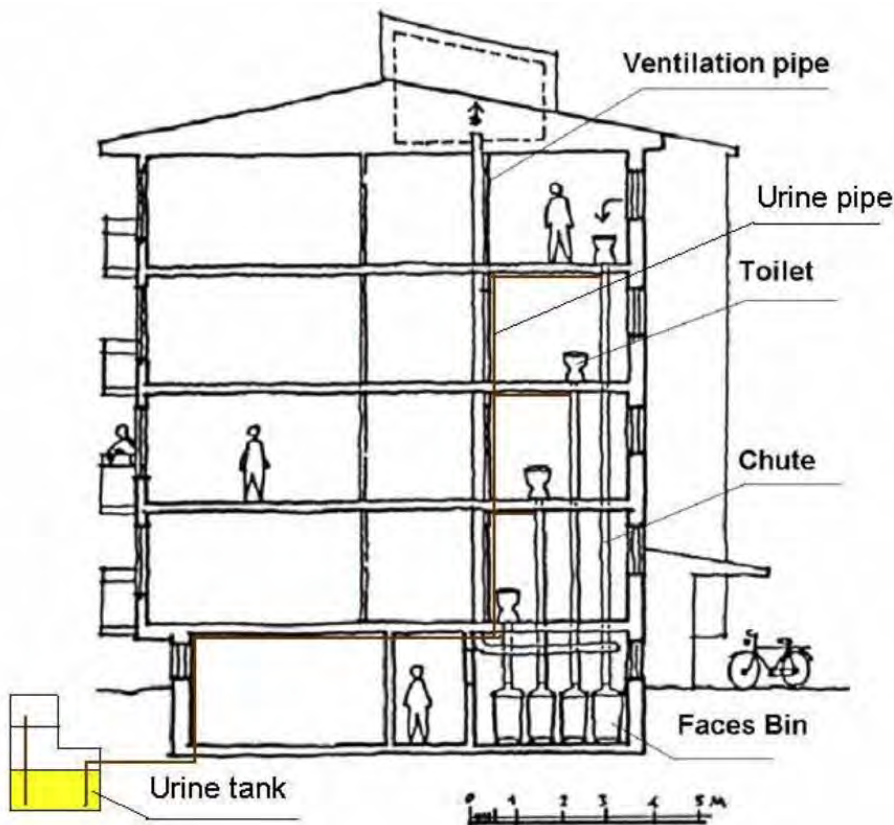


Figure 2-2 Section of the toilet and mechanism

Schnitt durch die speziell für dieses Projekt entwickelte Separations-Toilette mit Sägemehlbehälter und -abwurfkanal, drehender Fäzesschale aus Chromstahl als Einblickschutz über dem Fallrohr und Urinableitung. Quelle: Flores (2010)

### Anhang 72 Gebäudeschnitt mit Trockentoiletten-Anlage, Erdos



Schnitt durch ein typisches Gebäude mit Installationssystem: Separations-Trockentoiletten, Fallrohre für Fäzes, Fäzescontainer, Ventilationsleitung, Urinleitungen, Urintank (gelb). Quelle: Flores (2010)

## Bauanleitung

### Anhang 73 Hundertwassers Bauanleitung für eine Trockentoilette



Der österreichische Künstler Friedensreich Hundertwassers hat neben dem Manifest "Die heilige Scheisse" diese Anleitung zum Selbstbau einer Humustoilette verfasst. Quelle: Hundertwasser (1997)

## Literaturverzeichnis

- Bauamt\_Knittlingen. *Neubaugebiet "Am Römerweg". 150 Bauplätze aus erster Hand*. Knittlingen.
- Berger, W. (2004). *Sanitärtechnik ohne Wasser - Komposttoiletten in der Ökologischen Siedlung Bielefeld-Waldquelle*. (16.11.2011),  
<http://www.ecosan.at/info/workshops/sanitaetskonzepte-ohne-wasser-im-mehrgeschossigen-wohnbau-1.pdf/view?searchterm=berger>
- Berger, W./Lorenz-Ladener, C. (2008). *Kompost-Toiletten. Sanitärtechnik ohne Wasser* (1 ed.). Staufen bei Freiburg: Ökobuch.
- BGP/3-Plan (2006, 11.11.2011). [Pläne vom Forum Chriesbach].
- Bollmann, A. (2011, 08.10.2011). [Telefongespräch: Umsetzungsprobleme].
- De Trincheria, J. M. (2010). *Framework to Assess the International Adaptability of the Urban Sanitation System implemented within the Project Saniresch*. Master, Technische Universität Hamburg-Harburg TUHH, Hamburg. Zugriff: (05.10.2011)  
<http://www.saniresch.de/images/stories/downloads/deTrincheria-thesis-latestversion.pdf>
- DWA. (2008). *Neuartige Sanitärsysteme* (1. ed.). Hennef: Deutsche Vereinigung für Abwasserwirtschaft und Abfall e.V.
- Eawag. (2011). *Forum Chriesbach - Ein nachhaltiges Gebäude für die Wasserforschung*. Zugriff: (04.11.2011) <http://www.eawag.ch/about/nachhaltig/fc/index>
- Eawag/Bob\_Gysin\_Partner/Implenla. (2006). *Eawag Forum Chriesbach. Ein "nachhaltiger" Neubau - A "Sustainable" new Building*. . Zugriff: (14.11.2011)  
[www.eawag.ch/about/nachhaltig/fc/dl/documents/baumono.pdf](http://www.eawag.ch/about/nachhaltig/fc/dl/documents/baumono.pdf)
- Ebert, T./Essig, N./Hauser, G. (2010). *Zertifizierungssysteme für Gebäude: Nachhaltigkeit bewerten. Internationaler Systemvergleich, Zertifizierung und Ökonomie*. München.
- Ecologic\_Architecture. (2011). *Lübeck-Flintenbreite*. Zugriff: (12.01.2012) <http://ecologic-architecture.org/main/index.php?id=191>
- fbr. (2005). *Grauwasser-Recycling. Planungsgrundlagen und Betriebshinweise*. In F. B.-u. R. e. V. (fbr) (Ed.). Darmstadt.
- Flores, A. (2010). *Towards Sustainable Sanitation: Evaluating the Sustainability of Resource-Oriented Sanitation*. Dissertation, Cambridge, United Kingdom. Zugriff: (02.02.2012)  
[http://www.susana.org/docs\\_ccbk/susana\\_download/2-1172-en-towards-sustainable-sanitation-flores-2010.pdf](http://www.susana.org/docs_ccbk/susana_download/2-1172-en-towards-sustainable-sanitation-flores-2010.pdf)
- Flores, A./Rosemarin, A./Fenner, R. (2009). *Evaluating the Sustainability of an Innovative Dry Sanitation (Ecosan) System in China as Compared to a Conventional Waterborne Sanitation System* *Water Environment Federation*, 18. Zugriff: (10.04.2012)  
<http://www.ingentaconnect.com/content/wef/wefproc/2009/00002009/00000008/art00006>
- Frei, M. (2002, 17.10.2002). *Verbrauch (Wasser)*. Zugriff: (26.01.2012)  
<http://www.eawag.ch/news/trinkwasser/verbrauch.html>
- Freiberger, E. (2007). *Sustainability Evaluation of Sanitation Projects*. Master, University of Natural Resources and Applied Life Sciences, Vienna.
- Goosse, P. (2009). *NoMix-Toilettensystem: Erste Monitoringergebnisse im Forum Chriesbach*. *GWA Magazin*, 7, 8. Zugriff: (22.11.2011)  
[http://www.eawag.ch/about/nachhaltig/fc/dl/documents/Monitoring\\_NoMix\\_2007](http://www.eawag.ch/about/nachhaltig/fc/dl/documents/Monitoring_NoMix_2007)
- Hiessl, H./Hillenbrand, T. (2010). *DEzentrales Urbanes Infrastruktur System DEUS 21. Abschlussbericht*. Karlsruhe. F.-I. f. S.-u. Innovationsforschung. (12.12.2011)  
<http://publica.fraunhofer.de/documents/N-151574.html>
- Hochedlinger, M./Steinmüller, H./Oldenburg, M./Schroft, J./Schweighofer, P./Plattner, G. (2008). *Experiences from the EcoSan full scale pilot project solarCity Linz*. Artikel präsentiert an der: 11th international Conference on Urban Drainage, Edinburgh, Scotland. (10.04.2012),  
<http://www2.gtz.de/Dokumente/oe44/ecosan/en-experiences-from-the-ecosan-full-scale-pilot-project-2008.pdf>

- Jurga, I. (2009). *Workshop report: Erdos Eco-Town Project: Lessons learned and ways forward*. Artikel präsentiert an der: Erdos Lessons-learned Workshop, Beijing. (20.11.2011), [http://www.ecosanres.org/pdf\\_files/ErdosWorkshop-FinalReport.pdf](http://www.ecosanres.org/pdf_files/ErdosWorkshop-FinalReport.pdf)
- Kesselbach (2011, 21.11.2011). [Telefongespräch: Verwendung von Brauchwasser].
- Keyzers, C./Pinnekamp, J./Holtorff, M./Rödel, S./Günthert, F. (2010). *Grauwasserrecycling im Hotel- und Gaststättengewerbe - Anforderungen, Technik und Realisierung*. Zugriff: (06.12.1011) [http://www.uni-weimar.de/Bauing/siwawi/publikation/vortraege%20NASS\\_tage/Keyzers\\_Grauwasserrecycling.pdf](http://www.uni-weimar.de/Bauing/siwawi/publikation/vortraege%20NASS_tage/Keyzers_Grauwasserrecycling.pdf)
- Kossak, E./Stieghorst, K./Müller, U. (1989). *Allermöhe: Wohnen am Wasser - Stadtentwicklung in Hamburg*. Hamburg.
- Kupferschmid, H. (2011). *Verfahrensschema ARA mit Membranbelebung "Neue Monte Rosa Hütte" 2883 m ü. NN*. Terra-Link GmbH.
- Linz\_Leben. (2012). Zugriff: (01.11.2011) <http://www.linz.at/leben/4689.asp>
- Longdong, J. (Ed.). (2009). *Neuartige Sanitärsysteme* (1. ed.). Weimar: Bauhaus-Universität Weimar.
- LUBW. *Hydrozyklonklassierung*. Zugriff: (26.01.2012) <http://www.fachdokumente.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/10034/hbbod0049.html?OMMAND=DisplayBericht&FIS=161&OBJECT=10034&MODE=BER&RIGHTMENU=null>
- Mangold, H. (2011). *Ökologisches Leben Allermöhe e.V.* Zugriff: (27.10.2011) <http://www.oeko-siedlung-allermoehe.de/Home.htm>
- Mc Conville, J./Rosemarin, A. (2011). *Urine diversion dry toilets in multi-storey buildings. Erdos City, Inner Mongolia Autonomous Region, China - Draft*. Case study of sustainable sanitation projects. S. S. A. (SuSanA). (18.11.2011) <http://susana.org/lang-en/case-studies?view=ccbctypeitem&type=2&id=1049>
- Muskolus, A./Ellmer, F. (2006). *Düngeversuche mit Nährstoffen aus dem SCST-Projekt und Ergebnisse aus Akzeptanzumfragen*. Artikel präsentiert an der: SCST-Abschlusseminar, Berlin. (06.10.2011), [http://www.kompetenzwasser.de/fileadmin/user\\_upload/pdf/forschung/scst/SCST\\_Abschluss\\_Muskolus\\_text.pdf](http://www.kompetenzwasser.de/fileadmin/user_upload/pdf/forschung/scst/SCST_Abschluss_Muskolus_text.pdf)
- Norén, G. (2010). *Eco-Sanitation Solutions Implemented in Sweden. Case studies of successful projects implementing alternative techniques for wastewater treatment in Sweden*. Artikel präsentiert an der: PKE-CCB Conference - Wastewater treatment in rural areas, Gliwice, Poland. (25.09.2011), [http://www.ccb.se/documents/Ecosanitation\\_Noren\\_19Oct\\_2010.pdf](http://www.ccb.se/documents/Ecosanitation_Noren_19Oct_2010.pdf)
- Oldenburg, M. (2007). *Final cost calculation report for the demonstration project "Sanitation Concepts for Separate Treatment of Urine, Feaces and Greywater" (SCST)*. (06.10.2011) <http://www.kompetenz-wasser.de/SCST-Downloads.295.0.html>
- Oldenburg, M./Albold, A./Wendland, C./Otterpohl, R. (2008). *Erfahrungen aus dem Betrieb eines neuen Sanitärkonzepts über einen Zeitraum von acht Jahren*. Zugriff: (18.12.2011) <http://www.susana.org/lang-en/library?view=ccbctypeitem&type=2&id=933>
- Oldenburg, M./Werner, C./Schlick, J./Klingel, F. (2009). *Urban urine diversion and greywater treatment system Linz, Austria*. . Case study of sustainable sanitation projects. <http://www.susana.org/lang-en/case-studies?view=ccbctypeitem&type=2&id=66>
- OtterWasser\_GmbH. (2009). *Ecological housing estate, Flintenbreite, Lübeck, Germany - Draft*. Case study of sustainable sanitation projects. S. S. A. (SuSanA). (18.12.2011) <http://www.susana.org/lang-en/library?view=ccbctypeitem&type=2&id=59>
- OtterWasser\_GmbH. (2011). *Ökologische Wohnsiedlung Lübeck - Flintenbreite. Darstellung des integrierten Abwasserkonzeptes*. Zugriff: (16.12.2012) <http://www.otterwasser.de/german/konzepte/flintg.htm>

- Paéz, A. L. (2010). *Economic Feasability Study of the new Sanitation System in Building 1 in the GTZ Headquarters*. Master, Hamburg University of Technology, Hamburg. Zugriff: (05.10.2011) <http://www.saniresch.de/images/stories/downloads/MasterThesisAndresLazo.pdf>
- Paris, S./Schlapp, C./Keysers, C./Holtorff, M./Späth, H. (2009). *Nachrüstung eines Hotels im laufenden Betrieb. fbr-Wasserspiegel(1/09)*. Zugriff: (08.12.2011) [http://www.fbr.de/fileadmin/user\\_upload/files/fbr\\_ws\\_1\\_09.pdf](http://www.fbr.de/fileadmin/user_upload/files/fbr_ws_1_09.pdf)
- Peter-Fröhlich, A./Bonhomme, A./Oldenburg, M. (2007). *Sanitation Concepts for Separate Treatment of Urine, Feaces and Greywater (SCST) - Results. SCST Final Report May 2007*. Berlin. (06.10.2011) <http://www.kompetenz-wasser.de/SCST-Downloads.295.0.html>
- Peter-Fröhlich, A./Pawlowski, L./Bonhomme, A./Oldenburg, M. (2006). *Separate Ableitung und Behandlung von Urin, Fäkalien, und Grauwasser - Übersicht zum EU-Demonstrationsvorhaben SCST und Ergebnisse*. Artikel präsentiert an der: SCST Abschlusseminar, Berlin. (06.11.2011), [http://www.kompetenz-wasser.de/fileadmin/user\\_upload/pdf/forschung/scst/SCST\\_Abschluss\\_Peter-Froehlich\\_text.pdf](http://www.kompetenz-wasser.de/fileadmin/user_upload/pdf/forschung/scst/SCST_Abschluss_Peter-Froehlich_text.pdf)
- Petersens, E. (2009). *The Swedish Eco-Sanitation Experience. Case studies of successful project implementating alternative techniques for wastewater treatment in Sweden*. (25.09.2011) [http://www.ccb.se/documents/CCB\\_SwedishEconSanExperience\\_FINAL.pdf](http://www.ccb.se/documents/CCB_SwedishEconSanExperience_FINAL.pdf)
- Pinnekamp, J./Güntherth, F. (2010). *Produktionsintegrierte Umweltschutzmassnahmen im Hotel- und Gaststättengewerbe unter besonderer Berücksichtigung vorhandener Bausubstanz. Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben*. Aachen, München.
- Rauschnig, G./Berger, W./Ebeling, B./Schöpe, A. (2009). *Ökologische Siedlung mit Komposttoiletten, Allermöhe, Hamburg, Deutschland*. Case study of sustainable sanitation projects. S. S. A. (SuSanA). (27.10.2011) <http://www.susana.org/lang-en/case-studies?view=ccbkyteitem&type=2&id=1184>
- Remy, C./Ruhlan, A./Jekel, M. (2006). *Ökologischer Vergleich alternativer Sanitärkonzepte mittels Life Cycle Assessment (LCA). Schriftliche Fassung zum Vortrag im SCST-Abschlusseminar am 14.12.2006 in Berlin*. Artikel präsentiert an der: SCST-Abschlusseminar, Berlin. (06.10.2011), [http://www.kompetenzwasser.de/index.php?id=353&type=0&jumpurl=fileadmin%2Fuser\\_upload%2Fpdf%2Fforschung%2Fscst%2FSCST\\_Abschluss\\_Remy.pdf](http://www.kompetenzwasser.de/index.php?id=353&type=0&jumpurl=fileadmin%2Fuser_upload%2Fpdf%2Fforschung%2Fscst%2FSCST_Abschluss_Remy.pdf)
- Romich, M. (2010). *Nutzer-/Akzeptanzbefragung. Ausgewählte Zwischenergebnisse 2010* [ppp]: Institut für Soziologie der RWTH Aachen. Zugriff: (12.11.2011) <http://www.saniresch.de/images/stories/downloads/RWTH-Befragung-Internetversion-02-2011.pdf>
- Romich, M. (2011). *Akzeptanzuntersuchung. Ausgewählte Ergebnisse der zweiten Befragungsrunde*: Institut für Soziologie der RWTH Aachen. Zugriff: (05.03.2012) <http://www.saniresch.de/images/stories/intranet/Steuerungstreffen/September2011/RWTH-H-ManfredRomich-Befragung-extern.pdf>
- Saniresch. (2011). *Ergebnisse und Publikationen*. Zugriff: (02.02.2011) <http://www.saniresch.de/de/publikationen-a-downloads/ergebnisse>
- Schroft, J. (2007). *Getrennte Stoffstromentsorgung häuslichen Abwassers - Nährstoffbilanzierung und Inbetriebnahmeoptimierung*. Bachelor, FH Oberösterreich
- Schütt. (2012). *Projektbeschreibung*. Zugriff: (04.03.2012) <http://www.flintenbreite.de/projektbeschreibung.html>
- Sheraton. (2012). Zugriff: (04.03.2012) <http://www.sheratonoffenbach.com/de/Buesing-Palais>
- Sulzer, M./Menti, U.-P. (2010). *Neue Monte-Rosa-Hütte. Insellösung mit Festlandpotential*. Artikel präsentiert an der: Forschen und Bauen in Kontext von Energie und Umwelt, ETH-Zürich.
- SWAMP. (2011). *Stranddorf Augustenhof. Demonstrationsanlagen*. Sustainable Water Management and Wastewater Purification in Tourism Facilities. Zugriff: (12.11.2011) [http://www.constructedwetlands.eu/swamp/GERMAN/demosites/germany1\\_1.html](http://www.constructedwetlands.eu/swamp/GERMAN/demosites/germany1_1.html)



- Syahril, S./Schlick, J./Klingel, F./Bracken, P./Werner, C. (2005). *Gebers collective housing project Orhem, Sweden*. Data Sheets for Ecosan Projects. Eschborn. D. G. f. T. Z. G. GmbH. (22.12.2011) <http://www.gtz.de/en/dokumente/en-ecosan-pds-008-sweden-gebers-2005.pdf>
- Tettenborn, F./Behrendt, J./Otterpohl, R. (2007). *Resource recovery and removal of pharmaceutical residues Treatment of separate collected urine. Final report for task 7 of the demonstration project "Sanitation Concepts for Separate Treatment of Urine, Faeces and Greywater" (SCST)*. Zugriff: (18.04.2012) [http://www.kompetenz-wasser.de/fileadmin/user\\_upload/pdf/forschung/scst/SCST\\_Urine\\_Treatment\\_FinalReport\\_Task\\_7\\_TUHH\\_Tettenborn\\_5.9.2007\\_.pdf](http://www.kompetenz-wasser.de/fileadmin/user_upload/pdf/forschung/scst/SCST_Urine_Treatment_FinalReport_Task_7_TUHH_Tettenborn_5.9.2007_.pdf)
- Tilley, E./Lüthi, C./Morel, A./Zurbrügg, C./Schertenleib, R. (2008). *Compendium of Sanitation Systems and Technologies*. Dübendorf, Switzerland: Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag).
- Trösch, W./Hiessl, H. (2011). *DEUS 21: DEzentral Urbanes Infrastruktur-System*. Zugriff: (18.12.2011) <http://www.deus21.de/index.php?id=73>
- Van der Vleuten-Balkema, A. (2003). *Sustainable Wastewater Treatment, developing a methodology and selecting promising systems*. Master, Technische Universität Eindhoven
- Villeroij\_&\_Boch/EnviroChemie/TU\_Kaiserslautern/Technische\_Universität\_Kaiserslautern/Friedrich-Willhelms-Universität, R./ap\_system\_engineering/Fraunhofer\_Institut. (2009). *Komplett, Water Recycling Systems. Abschlussbericht. Entwicklung und Kombination von innovativen Systemkomponenten aus Verfahrenstechnik, Informationstechnologie und Keramik zu einer nachhaltigen Schlüsseltechnologie für Wasser- und Stoffkreisläufe*. Karlsruhe.
- Winker, M./Paris, S./Montag, D./Heynemann, J. (2011 a). *Erste Ergebnisse der Implementierung der Urin-, Braun- und Grauwasserbehandlung im Eschborner GLZ-Hauptgebäude*. Artikel präsentiert an der: fbr-Fachtagung "Wasserautarkes Grundstück", Leipzig. (22.10.2011), <http://www.saniresch.de/de/publikationen-a-downloads/publikationen>
- Winker, M./Saadoun, A. (2011 b). *Urine and brownwater separation at GTZ main office building Eschborn, Germany*. Case study of sustainable sanitation projects. S. S. A. (SuSanA). (05.10.2011) <http://susana.org/lang-en/case-studies?view=ccbctypeitem&type=2&id=63>
- Winker, M./Saadoun, A. (2011 c). *Magnesium-Ammonium-Phosphat (MAP) Reaktor* [ppp]: Saniresch. Zugriff: (12.12.2011) [http://www.saniresch.de/images/stories/downloads/FactsheetMAP-final-version-de%2520%252804\\_11\\_2011%2529%5B1%5D.pdf](http://www.saniresch.de/images/stories/downloads/FactsheetMAP-final-version-de%2520%252804_11_2011%2529%5B1%5D.pdf)
- Zimmermann, N. (2011). *Decentralized Wastewater Treatment Solution for Laughing Waters*. [ppp]. Autark Engineering AG.

## 8 ANHANG B (EXPERTENINTERVIEWS)

Im Anhang B sind Auszüge aus den Experteninterviews zu finden. Die Auswertung der rund 100 Seiten Interview-Transkript ist nach Codes, in Überbegriffe und Unterkategorien gegliedert. Eine Übersicht über das Codesystem folgt. Danach sind die nach Codes gegliederten Textstellen von den befragten Personen zu finden. Die Interviews wurden in Schweizerdeutsch geführt. Der Leserlichkeit zuliebe, jedoch mit dem Anspruch möglichst nahe am Gesprächsinhalt zu bleiben wurde teilweise die Satzstellung verändert oder Wörter ergänzt. Einzelne, sich wiederholende Textpassagen wurden gekürzt. Die schriftliche Aufzeichnung wurde vom Interviewten gegengelesen und teilweise verändert oder ergänzt. Die vollständigen Transkripte können bei der Autorin eingesehen werden. Zur Nachvollziehbarkeit, von wem die Aussage stammt, wurden die Textstellen gekennzeichnet mit B1–B7 (Befragter 1–7). Am Ende jedes Textabschnittes ist der Zeitpunkt der Textstelle (#h:min:sek#) im Verlauf des Interviews aufgeführt. Anhand dieser Angaben können die Originalstellen in der Sprachdatei gefunden werden.

## Inhaltsverzeichnis

1	Problemstellung .....	4
2	Wassersparen .....	6
3a	Argumente zu NASS .....	11
3b	Chancen – Hindernisse.....	16
4	Ausblick, Ideen .....	22
5	Lehre .....	24
6	Hotel.....	26
7	Vorgehen Stöckacker .....	28

Codesystem				
Nr.	Überbegriff	Unterkategorie 1	Unterkategorie 2	Anz. Codierungen
1	Problemstellung			7
		Kausale Zusammenhänge		5
2	Wassersparen			1
		Möglichkeiten zum Wassersparen		6
		Relevanz von Wassersparen		10
		Konsumverhalten		19
3	Argumente zu NASS			0
		Relevanz von NASS		11
		Pro NASS		10
		Kontra NASS		14
		Chancen für Nass		5
		Hindernisse für NASS		26
			Politik Hindernisse	12
4	Ausblick, Ideen			21
5	Lehre			6
		Wassersparen Lehre		3
		NASS Lehre		1
6	Hotel			11
7	Vorgehen Stöckacker			44

### Abkürzungen

BX: Befragter Nr. X  
 I: Interviewerin  
 w. A. weitere Ausführungen  
 unv. unverständlich  
 Anm. Anmerkung der Interviewerin  
 ps

ARA Abwasserreinigungsanlage  
 AWA Amt für Wasser und Abfall, Bern  
 BAFU Bundesamt für Umwelt  
 Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und  
 EAWAG Gewässerschutz  
 EFH Einfamilienhaus  
 ETH Eidgenössische Technische Hochschule  
 FHNW Fachhochschule Nordwestschweiz  
 GU Generalunternehmer  
 KTI Kommission für Technologie und Innovation  
 SIA Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein

## 1 Problemstellung

Dokument	Code	Anf.	End	Segment
01_B1_Ju	Problemstellung	41	41	B1: Bevölkerungswachstum, Ressourcen zur Verfügung stellen ist ein weiteres Thema, wo man an die Grenzen stossen kann, vergleichbar mit Verkehr. Bei Wasser gibt es neue Konzepte, z.B. wasserarme oder wasserlose Urinale. Es gibt Entwicklungen mit Trocken-WCs als Paradigmenwechsel, weg von der Schwemmkanalisation hin zu Trockensystemen. #00:12:15-0#
01_B1_Ju	Problemstellung	74	74	B1: Für Schwellenländer empfehlenswert wäre wohl ein dezentrales System, jedoch die Wartung und der Betrieb der Anlagen sind ein Problem, auch die Zuverlässigkeit, die Schulung etc. #00:30:46-1#
01_B1_Ju	Kausale Zusammenhänge	40	40	B1: Wir haben zwei Seiten, Ver- und Entsorgung. Einerseits Trinkwasseraufbereitung ... nicht überall kommt das Wasser sauber aus dem Berg heraus. Basel bezieht beispielsweise etwa 70 % an Wasser aus dem Rhein. Dieses Wasser muss aufbereitet werden, was Energie benötigt. An sich haben wir genügend Wasser, aber was hier optimiert werden könnte, ist der Verbrauch, da wir dann weniger Energie verbrauchen und weniger aufbereiten müssen. Dies macht einen grossen Anteil am Budget einer Stadt oder Gemeinde aus. Weiter ist Instandhaltung und Erneuerung der Infrastruktur, Kanalisation etc. von Bedeutung. Je weniger Wasser wir brauchen, desto konzentrierter sind die Abwässer und desto effizienter und weniger energieintensiv ist der Aufbereitungsprozess. Verdünntes Abwasser braucht beispielsweise viel mehr Strom für die Belüftung als konzentriertes Abwasser. #00:11:28-8#
02_B2_Lo	Problemstellung	252	252	B1: Italien hat auch ein Riesenproblem. Wie viel Prozent des Wassers, das gewonnen wird, versickert aus den maroden Leitungen, 50 %? Das Wasser wird aufbereitet und bis es beim Verbraucher ist, ist die Hälfte wieder versickert. #01:51:03-4#
02_B2_Lo	Problemstellung	254	254	B2: In Gebieten mit dünnerer Besiedlung hängen dann weniger Einwohner an jedem Kilometer Leitung. Die haben höhere Unterhaltskosten, bis das Wasser bei den Leuten ist. #01:52:07-1#
02_B2_Lo	Kausale Zusammenhänge	106	106	B2: Die Verfügbarkeit von Wasser generiert diese Menge an Abwasser. #00:36:42-4#
02_B2_Lo	Kausale Zusammenhänge	225	226	B2: Die Betriebskosten sind ja während der Lebensdauer eines Gebäudes das X-Fache der Investitionskosten. Aber die schaut man erst in zweiter Linie an. Es gibt wenige Institutionen, die Betriebskostenrechnungen machen. Novartis, der Kanton Basel Stadt, die wollen wissen, was das Gebäude kostet, aber auch, was der Unterhalt kostet. Wobei, auch die sind auf die Welt gekommen, die haben Minergie-P-Häuser gebaut und verglichen, die Berechnungen im Voraus gemacht und schlussendlich, wenn man das Monitoring aufgezogen und die Daten ausgewertet hat, ist man nie dort. Die Werte sind alle zu hoch. Wir haben praktisch kein Haus bauen können, das dem gerecht geworden ist. #01:40:07-4#
02_B2_Lo	Kausale Zusammenhänge	234	234	B2: Alle Pilotprojekte kosten mehr, weil wir Techniken anfassen, die noch nicht Standard sind. Also ist es auch noch nicht mehrheitsfähig. Also alles, was heute passiert, das ist ein Goodwill von gewissen Gesellschaftskreisen, Institutionen etc. Daraus schöpft man Erkenntnisse, um unsere Standardbauten zu optimieren. #01:43:57-1#
03_B3_Ha	Problemstellung	43	43	B3: Was mitunter auch ein Thema ist: Wasser und Abwasser hängen ja zusammen. In Basel-Stadt haben wir eine Mischwasserkanalisation. Dort haben wir eine zu hohe Verdünnung. Aber da sind nicht die Nutzer schuld, da sind jene, die die Infrastruktur aufgebaut haben, mitverantwortlich. In den Gemeinden, die ein Trennsystem haben, Trennung zwischen Regenwasser und Schmutzabwasser, ist es ganz klar, dass der Wasserverbrauch einen direkten Einfluss hat auf die Kosten der Wasseraufbereitung. Bei uns in Basel fliesst viel zu viel Sauberwasser in die Kanalisation. #00:12:14-8#
03_B3_Ha	Problemstellung	130	130	B3: Dieser mechanische Filter braucht 5,0 l/s aber die Anlage braucht nur 1,1 l/s. Also ist diese Anlage, wie sie im 2004 gebaut wurde, fünf Mal überdimensioniert. #00:47:45-9#

03_B3_Ha	Problemstellung	250	250	B3: Das Problem, das wir hier haben mit Medikamentenrückständen, haben die dort auf dem Land weniger. Die in den wirtschaftlich weniger entwickelten Regionen, die sterben dann einfach früher. #01:53:30-0#
04_B4_Bu	Kausale Zusammenhänge	124	124	B4: Wir sind ja sowieso alle auf Zuwachs ausgerichtet. Auch das ist wichtig. Du könntest die Ökobilanz schlagartig verbessern, indem jedes Paar nur ein Kind hätte. Schlagartig würde die Menschheit wieder kompatibel mit dieser Erde. #00:29:43-2#

## 2 Wassersparen

Dokument	Code	Anf.	End	Segment
01_B1_Ju	Wassersparen/Rel evanz von Wassersparen	54	54	I: Das heisst auch, dass man zuerst dort spart, wo es am günstigsten ist, um erst danach weiterzugehen. In diesem Fall stehen die dezentralen Wasseraufbereitungsanlagen nicht vorne auf der Prioritätenliste. #00:20:04-6#
02_B2_Lo	Wassersparen	118	118	B2: Laut Statistik braucht ein Schweizer ein Drittel des gesamten Wasserverbrauchs nur für die WC-Spülung. Das ist der Punkt, auf dem alle diese Studien abfahren. So viel Wasser, um Schmutz wegzuschwemmen. Es gibt sicher auch andere Möglichkeiten, Wasser zu sparen, beim Zähneputzen nicht das Wasser laufen zu lassen. Und dass man sich bewusst ist, dass die Leitungen so dimensioniert sind, dass das Wasser schnell kommt und man nicht zehn Minuten warten muss, bis Warmwasser kommt. Die Ausstossverluste ..., ich bin auch gegen Einhebelmischer, die alle wunderschön finden. Energietechnisch sind die ein Mist, da sie in einer bestimmten Stellung stehen, wenn sie zu sind. Der nächste kommt, haut den Hebel rauf und das Wasser kommt im gegebenen Mischverhältnis. Warmwasser wird also immer mitgezogen. Aber ich will ja gar kein Warmwasser, wenn ich Hahnenwasser brauche. Aber ich merke es nicht, also verändere ich es nicht, weil ich so lange warten muss, bis das Warmwasser da ist, und dann habe ich schon wieder abgestellt. Deswegen ist gezielt (und einzeln, Anm. ps) Warmwasser- und Kaltwasseröffnen die beste Variante des Wassersparens und des Energiesparens. Andererseits muss man dazu mischen. Aber ob ich mit dem Wasserhahn dazumische oder mit einem Hebel die Wassertemperatur mische, das ist eine Komfortfrage. #00:43:46-5#
02_B2_Lo	Wassersparen/Rel evanz von Wassersparen	125	125	B2: In wasserarmen Gegenden ist Wassersparen eine Überlebensfrage, dort ist es den Menschen im Fleisch und Blut. Aber das hat nichts mit Einzelreinigungsanlagen oder Kläranlagen zu tun. Das hat damit zu tun, wie weit man von der Kläranlage weg ist und wie dicht das Leitungsnetz ist. Das Wassersparen ist in der Schweiz schon ein Thema und man ist sich völlig bewusst, dass man mit Wasser vernünftig umgehen soll. Aber weil die Schweiz so eng ist bezüglich Bewohnerdichte und Infrastruktur, ist eine Anbindung an eine ARA interessant. Die wollen Geld verdienen und wollen, dass man angeschlossen ist. #00:46:55-5#
02_B2_Lo	Wassersparen/Rel evanz von Wassersparen	133	133	B2: Das schon, aber bei uns spielt es eine Rolle, wie viel Wasser durch den Verbrauch des Menschen durch die ARA hindurch geht und ob das Wasser in einer besseren oder schlechteren Qualität in den Fluss zurückgeführt wird oder unangetastet bleibt resp. im Grundwasserspeicher weiterfliesst oder von uns verwendet wird. Das ist sicher ein Vorteil vom Wassersparen bei uns. In einem wasserarmen Land soll das saubere Wasser für das Trinken gebraucht und das andere Wasser weiterverwendet werden. #00:51:01-8#
03_B3_Ha	Wassersparen/Mö glich-keiten zum Wassersparen	126	126	B3: Den Wasserverbrauch kannst du regulieren, indem du nicht zu viel Wasser brauchst zum Duschen, du brauchst keine 12 l/min, es reicht mit 4,5-6 l/min. Der Wärmeverlust ist daran gekoppelt. Indem du weniger Wasser verbrauchst, verbrauchst du weniger Wärme. Es muss gemessen werden. #00:44:44-7#
03_B3_Ha	Wassersparen/Mö glich-keiten zum Wassersparen	129	129	I: Also, es gibt keine geschickte Technologie, um Wasser zu sparen, sondern es beginnt bei der richtigen Dimensionierung resp. dabei, den Verbrauch kritisch zu hinterfragen, die Hygienezonen und Leitungssysteme entsprechend wassersparend auszulegen und nicht zu viel Infrastruktur bereitzustellen. #00:45:27-1#
04_B4_Bu	Ausblick, Ideen	131	131	B4: Es gibt ganz einfache Möglichkeiten. Du baust weniger Badezimmer, weniger Toiletten, dann braucht es weniger Wasser, weil du auch weniger putzen musst, weil es ein wenig länger geht, bis du dort bist. #00:31:09-1#
03_B3_Ha	Wassersparen/Mö glich-keiten zum Wassersparen	134	134	B3: Beim Laborbau hat er mir Mut gemacht. Die Vorgabe war, alles um die Hälfte zu reduzieren. Es sind fünf Gebäude, die nun gebaut wurden, es hat kein Nutzer reklamiert. Jedesmal muss ich erklären, was die Hintergründe sind, die begreifen das gar nicht, dass man reduziert. Oder auch hier: 2007 ... 50 % reduziert. (Meist ist eine Reduktion der Versorgungsleistung ohne Einbusse für den Nutzer möglich, Anm. ps; ...denn nicht der Nutzer bestimmt die Leitungsgrößen, sondern der Planer und die 30-jährigen Grundlagen, der lernt auch, Anm. B3) #00:49:56-1#

03_B3_Ha	Wassersparen/Möglichkeiten zum Wassersparen	139	139	B3: Ein anderes Beispiel ist dieser Mischer, der immer kaltes Wasser zumischt, um eine bestimmte Temperatur (im Versorgungsnetz, Anm. ps) zu halten. Es soll nur 60-gradiges Wasser ans Netz gehen. Ein neuer Mischer schliesst die Kaltwasserseite, wenn die Temperaturdifferenz kleiner ist als drei Kelvin zwischen dem Boilerwasser und der gewünschten Temperatur. Damit spart man 5 bis 8 % Warmwasser. Man muss ihn nur einsetzen! #00:53:54-4#
03_B3_Ha	Wassersparen/Möglichkeiten zum Wassersparen	141	141	B3: GF ist ein Armaturen- und Leitungsmaterialhersteller und JRG, Gunzenhauser in Sissach ist ein Armaturenhersteller. Der Mischer "Jrgumat" (Thermomischer von JRG, Anm. ps), von dem ich bislang auch den Eindruck hatte, dass er sehr gut ist, mischt immer Kaltwasser bei, sodass die Temperatur gewährleistet ist. Der "Taconova-Mischer" braucht das nicht. Das ist etwas Ähnliches wie hier; anfänglich gingen die Lehrlinge mit diesem Programm an die Abschlussprüfung. Sie wurden zurückgeschickt mit einem Vierer (Note, Anm. ps), das würde nicht funktionieren. Inzwischen ist es im Lehrmittel enthalten. Es hat fünf Jahre gedauert, bis es aufgenommen wurde. Der politische Wille und der Wille von den Leuten, so etwas umzusetzen, ist eher klein! #00:55:42-8#
03_B3_Ha	Wassersparen/Möglichkeiten zum Wassersparen	143	143	B2: Bei der 2000-Watt-Gesellschaft ist definiert, wie viel Megajoule an Energie pro Person pro Tag oder Jahr zur Verfügung stehen. Aber wenn ich mich frage, welches Verteilsystem ich nehme; die Kunststoffrohre, die sternförmig an jeden Apparat gehen. Hier wird das Wasser ausgestossen. Da diese Kunststoffrohre nicht mehr isoliert sind, kühlt sich das Wasser ab. Deshalb rate ich, mit dem Pex-System aufzuhören. Besser die Steigzonen so schlau anordnen, dass unmittelbar die Nasszellen angeordnet sind, damit es keine langen Ausstossleitungen mehr gibt. Das Ausstosswasser ist Energieverlust, ist Ressourcenverlust. Damit soll aufgehört werden. Das berücksichtigt die 2000-Watt-Gesellschaft nicht, auch Minergie-P und Minergie-Eco nicht. Wenn man schon über Energie sparen nachdenkt, gehören solche Überlegungen eben auch dazu. Die Frage ist, muss man das warme Wasser überhaupt zirkulieren lassen? Was generiert weniger Verlust, zirkulieren lassen oder warten, bis das warme Wasser fliesst? Man macht Anstrengungen, dass man den Tiefkühler zentral wieder im Keller platzieren kann, dafür über die Kälteanlage die Energie entziehen und ins Warmwasser stecken. Aber die Energie verpufft bei der Verteilung; insgesamt ein Nullsummenspiel. #00:57:35-1#
03_B3_Ha	Wassersparen/Relanz von	115	115	B3: Du kannst aber mit Wassersparen den Verbrauch um 40 % reduzieren. #00:41:05-5#
03_B3_Ha	Wassersparen	151	153	B3: Der Warmwasserstrom ist im Aussenrohr und der Zirkulationsstrom im Innenrohr. Zirkulation macht man, um die Temperatur am Hahn zu halten. Das Wasser im Rohr sauge ich mit der Pumpe zurück und decke damit den Wärmeverlust. Die äussere Leitung verliert Wärme an die Umgebung. Und um diesen Verlust zu verringern, lasse ich Wasser in der Leitung zirkulieren. Mit einer dicken Dämmung haben wir weniger Wärmeverlust und wir brauchen kleinere Zirkulationsmengen. Meist sind diese Pumpen und die Zirkulationsleitungen zu gross dimensioniert. Das heisst, man generiert Wärmeverlust, der gar nicht notwendig ist. Die Idee von diesem System ist, dass man das im Rohr macht damit ... #01:09:10-2# B3: Das Wasser erwärmt sich mit dem Vorlauf, das heisst, die Ausgangstemperatur ist gleich hoch wie die Eingangstemperatur. Du sparst 3-4 Kelvin. #01:09:41-4# B3: Beim konventionellen System hast du dann etwa 2-3 Kelvin weniger. Du hast nicht 57, sondern 53-54 Grad, du hast mehr Wärmeverlust, weil das Rohr aussen ist. #01:09:58-4#
04_B4_Bu	Wassersparen/Möglichkeiten zum Wassersparen	46	47	I: Was ist in deinen Augen in der Gebäudetechnologie die effizienteste Möglichkeit, um Wasser zu sparen? #00:08:11-4#  B4: Also ich denke, die wasserlosen Geschichten sind nicht schlecht, die wasserlosen Pissoirs. Dann ist immer die Frage, was du sparen möchtest; Wasser, Abwasser oder Warmwasser. Beim Warmwasser ist es klar, dass du mit Solarenergie arbeitest oder dann die Restenergie, die beispielsweise im Hotel anfällt, mit einem Wärmetauscher rückgewinnst. Damit sparst du nicht Wasser oder Abwasser, nur Energie. Mit wassersparenden Armaturen sparst du bei der Wassermenge. Man muss an allen Enden ansetzen und es ist in jedem Fall wieder anders. #00:09:08-4#



04_B4_Bu	Wassersparen/Relevanz von Wassersparen	93	94	<p>I: Die Frage ist nun, welchen Stellenwert nimmt Wassersparen ein im Zusammenhang zur Energiesparthematik. #00:21:53-4#</p> <p>B4: In der Schweiz geht es nur um Warmwasser. Das Abwasser ist hier nie ein Thema, Frischwasserversorgung auch nicht bis jetzt. Weil man genügend Wasser hat, die Anlagen schon seit 100 Jahren funktionieren und man selten etwas ganz Neues machen muss. Das ist alles schon eingerechnet und über lange Jahre geplant. Also zum Beispiel diese Reservoirs auf dem Bruderholz ... (unv.), davon kriegt man gar nichts mit. #00:22:23-8#</p>
04_B4_Bu	Wassersparen/Relevanz von Wassersparen	95	95	<p>B4: Das Einzige, was man im Zusammenhang mit Minergie anschaut, ist der Warmwasserverbrauch, besonders die Herstellung des Warmwassers. Da man die Häuser bei uns so gut isoliert, wird der Warmwasserverbrauch plötzlich immer wichtiger im Verhältnis und zwar plötzlich doppelt (kurzer Unterbruch). #00:23:04-5#</p>
04_B4_Bu	Wassersparen/Relevanz von Wassersparen	96	96	<p>B4: Ich denke, in der Schweiz ist Warmwasser das Wichtigste.</p>
05_B5B6_	Wassersparen/Möglichkeiten zum Wassersparen	160	160	<p>B6: Wir haben zwei Forschungsprojekte durchgeführt, das eine ist Wassermanagement im Haustechnikbereich. Dort haben wir ein sogenanntes Vier-Säulen-Prinzip entwickelt. Eine Säule ist "effizienter Einsatz von Trinkwasser", die nächste ist "Ressourcenschutz", die ganze Verschmutzungsproblematik, dann "Energie, Wärmerückgewinnung" und dann "Substitution". Anhand von diesem Vier-Säulen-Prinzip haben wir Pflichtenhefte für die gesamte Planung erarbeitet, wie man das Thema angehen soll. #01:04:36-1#</p>
05_B5B6_	Wassersparen/Relevanz von Wassersparen	166	166	<p>B6: Bei Minergie-Eco ist es neu drin. Bis jetzt war es immer nur als Zusatzfrage relevant. Diesen Frühling ist der neue -Eco Katalog erschienen. Bis jetzt gab es nur Zusatzfragen zu Wasser, man konnte Zusatzpunkte holen. Nun ist es so, dass es im Hauptkatalog integriert ist. #01:04:36-1#</p>
02_B2_Lo	Konsumverhalten	99	99	<p>B2: Das geht in den Endlosverbrauch hinein. Wieso muss immer jeder genügend oder über eine unbegrenzte Menge Warmwasser verfügen? Beispiel 2000-Watt-Gesellschaft: Weshalb sagt man nicht, wenn einer dort wohnen geht, hat er so und so viel Energie für Warmwasser pro Tag zur Verfügung. Und so wird das Warmwasser ausgelegt. Und wenn es aufgebraucht ist, wird kalt geduscht. Also: "Arrangiert euch!" Das hat's früher auch gegeben. Wir haben uns als Gesellschaft so entwickelt. Weshalb müssen in einem Einfamilienhaus fünfzig Steckdosen montiert sein und weshalb braucht es eine 16- oder 32-Ampère-Absicherung? Wenn ich in der Toskana im Hinterland bin, werde ich kochen, ich mache Wäsche und föhne mir die Haare. Wenn ich zwei Dinge gleichzeitig mache, haut es die Sicherung raus. #00:33:59-1#</p>
02_B2_Lo	Konsumverhalten	103	103	<p>B2: Wann hat man die 2000 Watt gebraucht? - In den 70er-Jahren, 62 oder so. Und jetzt müssen wir wieder zurück zu diesem Standard. Jetzt muss man mal schauen, wie die dann gelebt haben, die haben auch gelebt. #00:35:04-4#</p>
02_B2_Lo	Konsumverhalten	105	105	<p>B2: Es ist einfach so, der Mensch selbst ist masslos. In einem kleinen Haus kommt man mit wenig Platz aus, in einem grossen braucht man viel, aber belegt ist es überall. Die Verfügbarkeit, ... von dem Stoff, den man den Menschen zur Verfügung stellt, nehmen sie. Wenn es wenig gibt, nehmen sie wenig, wenn es viel gibt, nehmen sie viel. Wir leben im Überfluss, also nimmt man einfach alles. Man ist sich überhaupt nicht bewusst. Es sind nur jene Leute, die kein Wasser haben ... Gehen Sie mal in die Sahara, nach Tunesien. Wir haben mal so eine Rundtour gemacht. Dort wird man sich erst richtig bewusst, was Wasser heisst. Die haben kein Wasser. Ein Wasserfall, ist er noch so klein, der wird 100 km im Voraus angezeigt. Dort fährt man stundenlang zu diesem Wasserfall. Dort in der Wüste, wo es so trocken ist, ist der Wasserfall ein kleines Wunder. #00:36:26-7#</p>

02_B2_Lo	Konsumverhalten	108	108	B2: Man hat's einfach und braucht's. In Australien hat jedes Haus einen 3/4-Zoll-Anschluss (24.5mm, Anm. ps) . Da kommt so ein dünnes, daumendickes Röhrchen aus dem Rasen raus, und dann kommt die Wasseruhr und dann die Einführung ins Haus. Dann der Rasensprenger aussen, der kommt immer erst in Betrieb, wenn alle schon geduscht haben, weil wenn der läuft, hat man im Haus kein Wasser mehr. Man muss also schauen, dass man sich zeitlich danach richtet. #00:37:39-1#
02_B2_Lo	Konsumverhalten	109	109	B2: Bei Einfamilienhäusern verwenden wir 5/4-Zoll-Rohre (39,25 mm, Anm. ps). Das ist völlig überdimensioniert, das geht auch mit 3/4 Zoll. Es fängt irgendwo an ... Irgendwer hat mal gesagt, dass ... Man fand das toll, dass man danach keine Probleme hat. Mit 5/4 Zoll hat man keine Probleme. Dann begann man durchgehend so zu dimensionieren. Das ist ein anderes Problem, bei einem alten Haus, das nach alten Leitsätzen dimensioniert wurde, hat man grosse Leitungen. Wenn man nun Wasserspararmaturen anhängen will, braucht man so viel weniger Wasser und die alten Leitungen sind überdimensioniert. Gegen das kämpft auch das Wasserwerk. Jetzt hatte man das Wassernetz ausgelegt für unsere Bedürfnisse, die wir mal hatten. Nun wird die ganze Stadt wassersparend ausgerüstet. Wir werden massive hygienische Probleme bekommen. #00:38:42-4#
02_B2_Lo	Konsumverhalten	116	116	B2: Der eine sagt, ich bin ein Wasserspar-Freak, der andere will richtig nass werden und benützt eine andere Brause. #00:41:37-3#
02_B2_Lo	Konsumverhalten	132	132	B2: Dann wasserreiche/wasserarme Gegenden: wasserarme Gegenden produzieren sowieso weniger Abwasser, da sie viel mehr Sorge tragen zum Wasser. Es geht eher darum, die wasserreichen Gegenden zum Wassersparen zu bewegen. Aber deshalb regnet es hier nicht weniger, nur weil wir hier Wasser sparen, haben die in Afrika nicht mehr Wasser. #00:50:17-3#
02_B2_Lo	Konsumverhalten	134	134	B2: Ja klar, früher hat man einmal die Woche, am Wochenende gebadet. Zuerst ging der Dorfälteste hinein und am Schluss Frau und Kind. Heute wären wohl zuerst die Frauen an der Reihe (lacht). Das Wasser wurde mehrere Male gebraucht. In Australien, in Coober Pedy, dort kostet 1 Liter Wasser fünf Stutz, das ist eine der wasserärmsten Gegenden. Die baden auch heute noch hintereinander. Eine Wannenfüllung kostet Geld. #00:51:48-3#
02_B2_Lo	Konsumverhalten	177	177	B2: Das Angebot bestimmt den Verbrauch. Davon hatten wir es schon eingangs. Man kriegt die Gesellschaft nur dorthin, wenn man ihr nicht mehr gibt, als sie braucht. Daran scheitert auch die Zeitachse der 2000-Watt-Gesellschaft. Man hinkt hintendrein. #01:12:42-9#
02_B2_Lo	Konsumverhalten	239	239	B2: Ich hatte früher einen Swimming-Pool, der fasste 18'000 l Wasser, Wahnsinn! Das ist fast der Jahresverbrauch von (unv. ...). Dann habe ich berechnet, was das kostet, 18 m <sup>3</sup> x 2.4 Fr = 43.20 Fr. Das gebe ich doch gerne aus, um so einen Pool zu füllen! Dann werfe ich noch etwas Chlor rein ... Wenn ich weiss, so eine Füllung kostet mich 1000.- Fr, dann kaufe ich kein Schwimmbad! Das ist schon ein ... #01:46:21-1#
03_B3_Ha	Konsumverhalten	118	118	B3: Mit dem Messen kann man das Verbraucherverhalten verändern. #00:42:22-8#
03_B3_Ha	Konsumverhalten	236	236	B3: Also wenn du heute nach St. Moritz gehst, dann erwartest du eine Wellnessanlage, ein Kasino und ein Siebengang-Menü ... High-End-Dienstleistungen. Und wenn du zehn Dörfer weiter gehst, an den Ofenpass, nach Il Fuorn, dort hast du die Natur, darfst die Wanderwege nicht verlassen, dort nimmst du eine Blume als Blume wahr und dort ist es umgekehrt, dort wundern sich ... die Tiere haben kein Problem mit dir, da sie wissen, dass du nicht aus deinem abgesteckten Bereich heraus darfst. Innerhalb von 30 km verändert sich das völlig. Das ist schon spannend, dem Beachtung zu schenken. #01:49:18-3#
03_B3_Ha	Konsumverhalten	237	238	I: Du meinst, das Umfeld hat einen grossen Einfluss darauf, was möglich ist resp. welche Akzeptanz gegeben wird. #01:49:28-4#  B3: Ja, weil in St. Moritz eine Regenwassernutzung zu machen ... #01:49:37-9#

04_B4_Bu	Konsumverhalten	98	98	B4: Sobald etwas teurer wird, wird es kostbar, und dann beginnen die Leute zu überlegen, wie sie weniger davon brauchen könnten. #00:24:00-5#
04_B4_Bu	Konsumverhalten	134	134	B4: ... durch die Erwartungen der Nutzer. Bei den Lampen mache ich das bewusst so. Je mehr Lampen du installierst, desto mehr Strom verbrauchst du. Wenn du nur schon 10 % weniger installierst, dann hast du sicher 5 % weniger Verbrauch. #00:32:08-2#
04_B4_Bu	Konsumverhalten	135	138	I: Das heisst auch, das Angebot beschränken respektive knapp bemessen als freiwillige Aktion ist ein wichtiger Schritt. #00:32:25-5#  B4: Wenn man das freiwillig kann, die Ökonomie hilft einem ja dabei. #00:32:31-7#  I: Aber wenn die Leute zu viel Geld haben, nützt auch das nichts (lacht). #00:32:35-9#  B4: Dann nützt alles nichts! #00:32:40-0#
04_B4_Bu	Konsumverhalten	157	158	B4: Ja, viele gehen schon wegen 10 Rp über die Grenze! Ich glaube, man kann globale Probleme nicht auf nationaler Ebene lösen, das geht nicht! Du kannst für dich selber etwas ändern, aber wenn es so ist, dann muss es auf einer anderen Ebene stattfinden. #00:38:40-5#  B4: Flugbenzin ist das beste Beispiel ... #00:38:57-5#
04_B4_Bu	Konsumverhalten	168	168	B4: Deshalb meine ich, es geht um's Geld. Alles andere sind winzige Mengen. Wenn die Leute eine Möglichkeit sehen, ein bisschen mehr zu verdienen, geht es plötzlich weltweit. #00:40:56-9#
05_B5B6_	Konsumverhalten	223	224	I: Aber die Kunden müssen ja auch sensibilisiert sein ... #01:27:08-1#  B5: Ja, die Kunden sind schneller sensibilisiert, als wir denken. #01:27:18-3#

### 3a Argumente

Dokument	Code	Anf.	Ende	Segment
02_B2_Lo	Argumente zu NASS\Relevanz von NASS	42	42	B2: Es gibt so Einzelreinigungsanlagen, im Speziellen bei Häusern, die im Nichts liegen, die keine Anbindung haben an die öffentliche Kanalisation, die sogenannten Kleinkläranlagen ... Das ist der Punkt: Einzelreinigungsanlagen für Gebäude, die im Juhee draussen liegen, sodass sie das Abwasser ungereinigt in den Vorfluter lassen. Das ist natürlich schon ein Muss, wenn man heute den GEP, den generellen Entwässerungsplan befolgt, ist das ja quasi vorgegeben. Einen Siedlungsbau, der die Abwässer selber managt, kenne ich nicht. Man muss vielleicht auch ausserhalb der Schweiz schauen, die Schweiz ist ja so eng und verrohrt, dass wenn man ARAs hat, die finanziert werden, ist dies ein anderes Thema. Aber baue ich eine Siedlung in der Wüste, wie es in Kuwait der Fall ist, oder in entlegensten Gebieten von China oder Russland. Dort kann das durchaus Sinn machen, dass man sagt, ja ... Aber schlussendlich wird man verschiedene Dörfer zusammenhängen. #00:10:16-4#
03_B3_Ha	Argumente zu NASS\Relevanz von NASS	157	158	I: Hat das überhaupt einen Sinn, wenn man sich bei uns über dezentrale Abwassersysteme Gedanken macht, wenn so viel über Energie- und Wassersparen herausgeholt werden kann? #01:13:00-1#  B3: Das ist eine politische Frage. Wenn ich die Macht hätte, eine ganze Stadt zu entwickeln, dann wäre das die Grundlage. #01:14:35-3#
01_B1_Ju	Argumente zu NASS\Relevanz von NASS	45	45	B1: Aber diese Systeme werden ja vorwiegend für Schwellenländer entwickelt, in denen Wasserknappheit herrscht, wo wasserintensive Systeme wie unseres nicht sinnvoll sind, um die menschlichen Ausscheidungen loszuwerden, auch vor dem Hintergrund des Bevölkerungswachstums. #00:14:20-7#
04_B4_Bu	Argumente zu NASS\Relevanz von NASS	96	96	B4: Wenn man so etwas machen möchte (dezentrale Abwasserreinigung), dann für ein Hotel in Afrika, in der Sahara, dort wo sie das Grundwasser hochpumpen ... Das finde ich das Allerschlimmste, dass sie dort das Grundwasser anzapfen. #00:23:47-9#
05_B5B6_	Argumente zu NASS\Relevanz von NASS	113	113	B6: Das Wasser ist auch zu günstig, um wirklich Trinkwasser sparen zu können. Ein anderes Thema ist die Verschmutzung der Stoffflüsse, die mit dem Wasser verschwinden. #00:40:15-0#
05_B5B6_	Argumente zu NASS\Relevanz von NASS	114	116	I: Dann sind wir bei der Stoffstromtrennung. #00:40:19-0#  B6: Genau! ... die erste Stufe ist der Input, welche Stoffe verwenden wir, welche Chemikalien im Haushalt, welche Rohstoffe im Industrieprozess. Als Zweites gilt es den Prozess zu optimieren; braucht es Schwemmreinigung oder gibt es effizientere Prozesse, dass man beispielsweise nur besprüht, dort wo nötig. Man kann auch sagen, dass zur Prozessoptimierung im Haushalt auch Spararmaturen und Spülstopp gehören ... #00:42:12-8#  B6: Das nächste ist die Auftrennung, der entsprechende Wassertyp für die spezifische Nutzung. Das heisst, wenn ich als Grossbetrieb Kartoffeln reinigen muss, für die erste Reinigung nicht Trinkwasser einsetzen muss, sondern Wasser aus einer tieferen Kaskade nutzen kann. Erst am Schluss kommt die dezentrale Reinigung, die "End-of-pipe"-Lösung, wie wir dem sagen. Im Studium habe ich das so gelernt, das beste Beispiel war Phosphat. Wann war das, als das Phosphat-Verbot eingesetzt wurde, in den 80ern? #00:43:29-0#
05_B5B6_	Argumente zu NASS\Relevanz von NASS	119	119	B6: Die Reinigungsstufe am Schluss, ganz unten, das bringt am wenigsten. Auf jeder tieferen Stufe bringt es weniger. Am meisten bringt es, wenn man drauf achtet, gewisse Stoffe gar nicht mit dem Wasser in Verbindung zu bringen. Dann, wenn unbedingt nötig, optimiert und aufgetrennt, sodass man es möglichst konzentriert wieder reinigen kann, wie zum Beispiel Urinseparierung, wo man sagen kann, man kann es effizient reinigen, bevor man es wieder vermischt. Die Reinigung ist erst am Schluss zentral oder dezentral, das ist dann ... Aber gerade bei Industrien, da sieht man, es ist am schwierigsten, Einfluss nehmen zu können. #00:45:10-0#

05_B5B6_	Argumente zu NASS\Relevanz von NASS	126	127	<p>I: Dann hat Stoffstromtrennung einen hohen Stellenwert im Zusammenhang mit der reduzierten Verschmutzung von Wasser. #00:46:57-0#</p> <p>B6: Ja, das ist sehr zentral. Das sieht man im Schlussbericht von Novaquatis. Im Haus ist das gut möglich, wie beim EAWAG-Gebäude. Es verlangt dann aber auch eine intensivere Hauswartung. Wir empfehlen es beispielsweise, ... wir haben schon mehrere Projekte, wo wir vorgeschlagen hatten, mit EAWAG in Kontakt zu treten. Aber immer nur in einer Siedlung (einem grösseren Projekt), wo die Wartung gewährleistet ist. Nicht bei kleinteiligem Privateigentum (EFH) ... #00:47:56-3#</p>
05_B5B6_	Argumente zu NASS\Relevanz von NASS	168	172	<p>B6: Man muss schon sagen, in der Schweiz ist man ..., wenn man an Umwelttechnik-Messen geht, die östlichen Länder sind da viel weiter, die haben viel mehr Technologien und Systeme für dezentrale Abwasserreinigung. #01:07:59-1#</p> <p>I: Das heisst, dort wird das eingesetzt. #01:08:01-1#</p> <p>B6: Ja, aufgrund der dezentralen Besiedlung. #01:08:07-0#</p> <p>I: Welche Länder sind das? China? #01:08:12-4#</p> <p>B6: China weiss ich nicht, aber nein, eher Osteuropa, zum Beispiel Tschechien ist sehr stark, Ungarn, ...In Rumänien hat's nicht so viel, aber Tschechien ist schon sehr weit, ... Ukraine ... #01:08:40-5#</p>
05_B5B6_	Argumente zu NASS\Relevanz von NASS	268	268	<p>B6: Was wir nun gesehen haben, ist, dass in industriellen Bereichen mit einzelnen punktuellen Lösungen sehr viel zu erreichen ist. Eine Bäckerei hat denselben Verschmutzungsgrad wie tausend Einwohner. Und es ist viel schwieriger, mit tausend Einwohnern etwas zu machen als bei einem Betrieb. Das Klumpenrisiko, das ich vorher angesprochen hatte, ist schon ... aber natürlich die breite Masse. Die Gruppe um Eckhardt Störmer sieht das Potenzial schon vor allem in Entwicklungsländern. #01:43:31-6#</p>
06_B7_Bo	Argumente zu NASS\Relevanz von NASS	221	221	<p>B7: Aufgrund unserer Abklärungen bin ich eher der Meinung, dass wir hier auf dem richtigen Weg sind. Ich war im EAWAG, die kommen nicht weiter mit dem Urin. Wir haben das echt geprüft, Grau- und Schwarzwasserreinigung. Solange es keine andere Lösung gibt, als mit einem energiefressenden Vakuumsystem Schwarzwasser zu bewirtschaften. Ausser dem Plumpsklo, doch ich denke, dass diese Zeiten vorbei sind. Von mir aus gesehen ist Stoffstromtrennung ein schwieriger Weg. Ich glaube eher, dass wir mit unserem System etwas zur Lösung beitragen können. Es gibt echt Probleme: bei Urin sowieso, Grauwasser wäre ja noch o.k., aber das Schwarzwasser ist ja dann kein Wasser mehr, sondern man braucht Vakuum, sonst bringt man diese Masse nicht mehr fort. Wenn wir nun davon ausgehen, dass in allen Gebäuden Spararmaturen eingesetzt werden, wird das Wasser immer "dicker" werden. Irgendwann werden sie in der Schwemmkanalisation Probleme. Ich kenne Orte, wo die Kanalisation nicht so steil verlegt ist, dass sie zu gewissen Jahreszeiten mit Trinkwasser nachgespült werden muss. #01:44:35-8#</p>
02_B2_Lo	Wichtigste Massnahmen	146	147	<p>I: Es heisst einfach, dass die Nasszellen nahe beieinander und die Steigzonen übereinander liegen sollen. #00:58:29-7#</p> <p>B2: Ja, das ist Ressourcen schonender und auch für den Schallschutz besser. Das müssen die Architekten lernen, dass sie, wenn sie günstig bauen wollen, auch auf die Ressourcen achten sollen. #00:58:45-3#</p>
03_B3_Ha	Argumente zu NASS\Pro NASS	80	80	<p>B3: ... dann ist die Frage, ob eine Substitution Sinn macht. Ich meine nein, aber das ganze Wasser im Jura, in den Franches Montagnes (Freiberge, Anm. ps), das muss alles aus dem Tal hoch gepumpt werden, weil die dort oben kein Wasser haben. Die Substitution sollte dort einen höheren Wert haben. Dort sollte man vom Staat Förderbeiträge erhalten, dass für Abwasserrecycling investiert würde. #00:28:19-1#</p>
04_B4_Bu	Argumente zu NASS\Pro NASS	37	37	<p>B4: Wenn man das (Abwasser, Anm. ps) nicht zu einer riesigen Menge anschwellen lässt, dann muss man auch nicht so eine riesige Menge behandeln. #00:06:30-0#</p>

04_B4_Bu	Argumente zu NASS\Pro NASS	113	113	B4: Also ich denke, man müsste wirklich probieren, die Menge von verunreinigtem Wasser niedrig zu halten und das dezentral zu behandeln. Das weniger verschmutzte Wasser könnte man ablassen. Dann ist es auch nicht so schlimm, wenn eine Röhre undicht ist. Was wir ausgeben für Leitungen, für jeden kleinen Umbau musst du 20'000.- bis 30'000.- Fr. für den Anschluss an die Hauptkanalisation einrechnen bei jedem Haus, das du sanierst, sobald du die Sanitärinstallationen im Haus anrührst. Das kann man sich auch fast nicht leisten. #00:27:23-7#
05_B5B6_	Argumente zu NASS\Pro NASS	113	113	B6: Ein anderes Thema ist die Verschmutzung der Stoffflüsse, die mit dem Wasser verschwinden. Wenn man nun die Frage so stellen würde, was ist die effizienteste Massnahme, um den Wasserkreislauf möglichst wenig zu verschmutzen, dann haben wir ganz klar die Meinung, dass man versucht, Stoffflüsse an der Quelle aufzutrennen. Keine "End-of-pipe"-Lösungen. #00:40:15-0#
05_B5B6_	Argumente zu NASS\Pro NASS	122	123	I: Schlussendlich denke ich, ist es sinnvoller, wenn eine Firma das Abwasser möglichst vor Ort reinigt, da sie spezifische Zuschlagstoffe haben, die bei der ARA gar nicht so effizient eliminiert werden können. #00:45:48-1#  B6: Das stimmt, deshalb eben dezentrale Reinigung. Das ist so. Hier sind die Abwässer viel konzentrierter, zum Beispiel ein Schlachtereibetrieb, bei dem viel Blut im Abwasser ist. Hier gibt es aber auch Vorgaben, die müssen selber reinigen. Oder Küchen mit Fettabscheidern, die haben Vorgaben, dass eine gewisse Fettmenge zurückgehalten werden muss. #00:46:18-7#
06_B7_Bo	Argumente zu NASS\Pro NASS	212	212	B7: Das habe ich vielleicht noch zu wenig gesagt. Die Ursprungsidee war nicht, Wasser zu sparen. Dies schon auch, aber was wir anfänglich mit M. Z. (Seecon) besprochen hatten, ist die Schliessung von Stoffkreisläufen. Das hilft mir auch bei den Begründungen gegenüber CSD Ingenieure. Forschungsprojekte müssen dort erstellt werden, wo man die Möglichkeit hat, die Stoffe an die ARA abzugeben. Aber wenn man da Erfahrungen gewonnen hat, kann man die Projekte weiter anwenden. Dann weiss man, was das heisst, den Stoffkreislauf zu schliessen. #01:37:57-9#
06_B7_Bo	Argumente zu NASS\Pro NASS	213	213	I: Ein Punkt ist ja die beschränkte Ressource Phosphor, welche sich nach etwa 80 Jahren Abbau erschöpfen wird. Alle Lebewesen benötigen Phosphor, ohne Phosphor existiert kein Leben. Für meine Arbeit ist der Phosphorkreislauf der Aufhänger, natürlich auch der Wasserkreislauf, Eutrophierung etc. ... #01:38:33-9#
06_B7_Bo	Argumente zu NASS\Pro NASS	219	219	B7: Schwermetalle kommen nicht von den Haushalten, sondern von der Strassenentwässerung und so. Im Stöckacker werden wir also kein Schwermetallproblem haben. Dezentrale Abwasseraufbereitung hat Vorteile. #01:42:00-0#
06_B7_Bo	Argumente zu NASS\Pro NASS	223	223	B7: Wenn es noch weniger regnet, wird sich dies auch negativ auf die Kanalisation auswirken. Dazu kommt, dass wir vorwiegend Trennsysteme machen hier. Irgendwann kommt die Schwemmbarkeit der Kanalisation an ihre Grenze. Dann ist die dezentrale Aufbereitung nicht so schlecht. Die Frage ist, wenn Leitungen von Weilern ersetzt werden müssen, welche Auswirkungen dies auf die Meinung der Beteiligten hat. Wenn man diese Kosten rechnet, ist die Frage, ob man gewisse Konzessionen eingehen will. Bei einer Gesamtbetrachtung der Energie, der grauen Energie und der Umweltbelastung, bis man diese Leitungen erneuert hat, sind dann vielleicht diese paar Gramm, die das Wasser schlechter ist, nicht so schlimm, das müsste man abwägen. Aber wir haben ja leider noch keine Messwerte, um dies abzuschätzen. #01:46:04-6#
06_B7_Bo	Argumente zu NASS\Pro NASS	235	235	B7: Wenn man hier für diese Region Abwasser dezentral aufbereitet, dann kommt das billiger, als eine Leitung für 500'000.- Fr. für fünfzehn Häuser zur Hauptleitung zu bauen. #01:52:06-9#
01_B1_Ju	Argumente zu NASS/Kontra NASS	55	55	B1: Es gibt Konzepte von Häusern, die autark sind, jedoch sollte man den Energieverbrauch nachrechnen. Der Energieverbrauch wird um einiges höher sein, wenn jede Siedlung ihr Abwasser selber aufbereitet. Und auch der Platzbedarf ist ein wichtiges Thema. #00:20:52-9#

01_B1_Ju	Argumente zu NASS/Kontra NASS	58	58	B1: Ein physikalisches Gesetz sagt, es ist effizienter, wenn man eine grosse Anlage laufen lassen kann. #00:23:08-4#
02_B2_Lo	Argumente zu NASS/Kontra NASS	127	127	B2: Es ist auch eine Frage der Verantwortlichkeit. Wenn einer ein Haus hat und eine eigene Reinigungsanlage, dann ist er für die Anlage verantwortlich. #00:47:33-2#
02_B2_Lo	Argumente zu NASS/Kontra NASS	161	161	B2: Wasserlose Urinale kennt man ja, der St. Jakob-Park in Basel war prädestiniert dafür. Nach den Anlässen wird geputzt, der Reinigungsaufwand ist ja höher. #01:06:18-3#
02_B2_Lo	Argumente zu NASS/Kontra NASS	170	171	I: Das heisst für eine grosse Anlage ist es sinnvoll, wasserlose Urinale zu installieren, bei kleinen Anlagen ist es fragwürdig wegen dem Reinigungsaufwand. #01:08:30-6#  B2: Ein Wasserspar-Freak nimmt das in Kauf. Ich arbeite für eine Firma, die nimmt alles in Kauf, Hauptsache, sie haben ein Ökohaus. Aber das ist nicht mehrheitsfähig. Ein GU oder Investor baut nicht so. #01:08:56-0#
03_B3_Ha	Argumente zu NASS/Kontra NASS	80	80	B3: Wichtig ist auch die Botschaft: Wenn man in einem Bereich lebt, wo die Infrastruktur schon voll gebaut ist, wo bereits von der Öffentlichkeit viel investiert wurde für diese Infrastruktur, dann ist die Frage, ob eine Substitution Sinn macht. Ich meine, nein. #00:28:19-1#
03_B3_Ha	Argumente zu NASS/Kontra NASS	86	86	B3: Aber wenn die Infrastruktur gebaut ist, fängst du nicht an, alles neu zu bauen. Dann erweiterst und ergänzt du. Vielleicht wurde diese Grösse aufgrund der Wachstumsprognose nach dem Krieg erstellt. #00:30:44-8#
03_B3_Ha	Argumente zu NASS/Kontra NASS	111	112	I: Dezentrale Abwassersysteme kommen also erst in zweiter Linie zum Zug? #00:40:16-5#  B3: Genau, erstens Wasser sparen, zweitens Wasser substituieren. Ich habe das ausgerechnet. Du bezahlst heute 4.20 Fr. für einen Kubikmeter Wasser. Dort inbegriffen ist die Abwassergebühr. Wenn du eine Regenwassernutzung machst, kostet der Kubikmeter 8 Fr. und wenn du eine Abwasserrückgewinnung machst, kostet der Kubikmeter 25 Fr. #00:40:51-9#
04_B4_Bu	Argumente zu NASS/Kontra NASS	49	49	B4: Regenwasser sammeln ist eine aufwendige Übung: Du musst es sammeln, dann musst du es messen, weil das Abwasser ja über die Wassermenge berechnet wird. Man könnte nämlich sehr viele Gebühren sparen, wenn man Regenwasser für die WC-Spülung verwendet (du bezahlst nur den Anteil der Abwassergebühr, den Anteil Frischwasser sparst du ein, Anm. ps). #00:10:29-0#
04_B4_Bu	Argumente zu NASS/Kontra NASS	55	56	I: Wie ist das, Basel hat ja ein Mischsystem. Wird verlangt, dass man Regenwasser versickern lässt? #00:11:50-1#  B4: Es ist freiwillig. Du hast einen ganz kleinen Vorteil, der aber niemals die Investition wettmacht. Aber sie könnten ein Instrument daraus machen, wenn sie möchten. Du bezahlst pro versiegelte Fläche 95 Rp. pro Jahr für das Abführen des Regenwassers, das ja, wenn die Fläche versiegelt ist, in die Kanalisation fliesst. Wenn du das bewiesenermassen nicht machst, ... wir haben ja hier zum Teil Flächen aufgemacht (die Versiegelung weggenommen, Anm. ps), damit das Wasser wieder versickern kann, dann bezahlst du für diese Fläche 95 Rp. weniger. Es ist ein lächerlicher Beitrag, den man höher setzen könnte, 5 Fr., 10 Fr., bis es rentiert. #00:12:36-7#
04_B4_Bu	Argumente zu NASS/Kontra NASS	69	69	B4: Allerdings im städtischen Raum ist das alles sehr komplex. Ich finde, wenn die Leitungen nicht allzu lang sind, macht es nicht unbedingt Sinn, es (die Abwasserreinigung) dezentral zu machen. Ich denke, sobald du weiter aussen bist und lange Leitungen brauchst ... das könnte man mit einer Grenzkostenanalyse berechnen, wie lang die Leitung sein muss, damit ein dezentrales System billiger ist. #00:15:45-3#
04_B4_Bu	Argumente zu NASS/Kontra NASS	75	75	B4: Im Stadtnetz macht das keinen Sinn. Das ist wie beim Strom, wenn du ein Stromnetz hast, schliesst du an, dann hast du eine Verbesserung für alle und nicht nur für einen, der da seine Solaranlage hat. #00:17:15-5#

06_B7_Bo	Argumente zu NASS/Kontra NASS	235	235	B7: Das Leitungsnetz muss erneuert werden. Das gleiche Problem wie bei den SBB. Man hat es (das Leitungsnetz, Anm. ps) mal gebaut und gemeint, man hat für ewig Ruhe ... #01:52:06-9#
06_B7_Bo	Argumente zu NASS/Kontra NASS	249	249	B7: Es kommt drauf an, wo man den Betrachtungsperimeter legt. Wenn man sagt, die Kanalisationsleitungen gibt es ja schon alle, da muss man keine graue Energie rechnen, alles, was du da machst, ist zusätzlich. 02:00:12-7#



### 3b Chancen - Hindernisse

Dokument	Code	Anf.	End	Segment
05_B5B6_	Chancen für Nass	101	102	<p>I: Aber andererseits hat man ja auch das Problem, dass die Kanalsanierungen in der Schweiz anstehen und dass man zu viel Abwasser behandeln muss. Daher müsste es ja auch ein Anliegen bei uns sein. Vielleicht nicht ganz so dringend wie anderswo, aber eigentlich erstaunt es mich, dass nichts geschieht. #00:36:21-2#</p> <p>B6: Es sind 50 Milliarden Fr., die in den nächsten zehn Jahren in die Erneuerung der Abwassersysteme gesteckt werden müssen. Anstatt, dass man das alles eins zu eins ersetzt, würde es sehr viel Sinn machen, wenn man das mit einem neuen, intelligenteren System machen würde. #00:36:34-6#</p>
05_B5B6_	Chancen für Nass	133	134	<p>I: Zum Erfolg möchte ich hier nachfragen: Wie gross sind die Chancen auf Erfolg von dezentralen Abwassersystemen, NoMix-Systemen? ... Oder wie könnte man diese voranbringen? #00:50:13-4#</p> <p>B6: Hmm, ja, voranbringen kann man es ..., das ist, was wir eben diskutiert haben ... Der eine Grund, wie man sie voranbringen kann, ist der Druck, den es auf die Wasserressourcen geben wird in Zukunft. Man sieht das aus der Vergangenheit. Als sich Schaum bildete in den Bächen und niemand mehr darin baden konnte, hat man gemerkt, dass man etwas machen muss (lacht). Eine weitere Möglichkeit sehe ich, wenn der Druck auf die Behörden wächst. #00:51:08-2#</p>
05_B5B6_	Chancen für Nass	136	136	<p>B6: Genau. Und ein dritter Grund ist ein rein ökonomischer. Das ganze Abwassernetz, wie es in den 50er- und 60er-Jahren erstellt wurde, ist grösstenteils mit Steuergeldern bezahlt worden, unabhängig davon, wer wie viel Wasser verschmutzte. Man hatte Abwassergebühren, die nicht kostendeckend waren. Mittlerweile ist es so, seit 2008 gibt es vom Schweizerischen Verband für Abwasser die Reglementierung für verursachergerechte Gebührenermittlung für Industrieabwässer. Diese wird zurzeit noch nicht konsequent angewendet. Dort wo sie konsequent angewendet wird, wird das Abwasser massiv teurer. Wir hatten so Fälle; da wird der Verschmutzungsfaktor dazugerechnet, dieser ist so hoch, dass sie so 12 Fr./m3 Abwasser bezahlen müssen. Die haben über eine viertel Million Abwasserkosten pro Jahr. Das Problem ist aber, sobald man mit Lösungen kommt, mit dezentralen Reinigungsanlagen, die weiter gehen als die gesetzlichen minimalen Anforderungen, dann krebst die Behörde wieder zurück. #00:53:05-7#</p>
06_B7_Bo	Chancen für Nass	84	85	<p>I: Gut, der ARA-Schlamm enthält mehr Schwermetalle als der rein häusliche Abwasserschlamm. Der ist sicher schlechter. Der Schlamm, der hier entstehen würde, besteht ja nur aus (menschlichen) Hausabfällen und der ist nicht so belastet wie ARA-Schlamm. #00:32:24-0#</p> <p>B7: Ja, ich gehe davon aus, weil hier keine Industrie angeschlossen ist.</p>
06_B7_Bo	Chancen für Nass	192	193	<p>B7: Ja, weil ich stur geblieben bin ... Ich habe mich immer wieder gewehrt gegen Versuche, mich von diesem Projekt abzubringen. Ein wesentlicher Teil war auch die Auszeichnung, die wir erhalten hatten, und so war ich der Meinung, dass nicht gleich wenn der erste Nein sagt, dieses Nein auch für das gesamte Projekt gültig ist. #01:25:116#</p> <p>B7: Erste positive Ansätze sind nun vorhanden und man ist bereit, die Bewilligungsfähigkeit zu prüfen. #01:25:53-5#</p>
06_B7_Bo	Chancen für Nass	241	241	<p>B7: Dieser politische Zyklus ist daran, sich zu ändern, sodass mehr Verantwortung für die Umwelt übernommen wird. #01:53:56-6#</p>
01_B1_Ju	Hindernisse für NASS	47	47	<p>B1. Praktisch gibt es andere Hindernisse, zum Beispiel die Finanzierung. Viele Länder können das gar nicht bezahlen. Jedoch die Aufbereitung ist kostenintensiv. #00:15:35-5#</p>

01_B1_Ju	Hindernisse für NASS	62	62	B1: Wenn man in einer Siedlung Grauwasseraufbereitung macht ... dann gibt es kein Industrierwasser, jedoch Mikroverunreinigungen, was ein kritisches Thema ist, aber hier könnte man sagen, dass man dieses Wasser für das Bewässern oder Spülzwecke verwenden könnte. #00:25:19-3#
01_B1_Ju	Hindernisse für NASS	109	109	B1: In der Schweiz ist dies kein Markt, weil wir alle angeschlossen sind. #00:48:47-6#
01_B1_Ju	Hindernisse für NASS\Politik Hindernisse	51	51	B1: Ja, genau, es hängt auch mit dem Finanzierungsmodell zusammen, Wasser ist zu billig, so wie Strom auch. Das führt dazu, dass man zu viel braucht. Sparer werden nicht belohnt, Vielverbraucher werden nicht bestraft. Andere Tarifmodelle wären sinnvoll, wie beim Abfall, wo Trennen seither ein Thema ist. Und klar, Regenwassernutzung könnte ebenfalls forciert werden. #00:18:11-1#
02_B2_Lo	Hindernisse für NASS	246	246	B2: Und die Gemeinde, das ist die andere Krux, die hat gar kein Interesse an privaten Anliegen. Die haben kein Interesse, dass sich niemand mehr an die ARA anschliesst. #01:48:03-9#
02_B2_Lo	Hindernisse für NASS\Politik Hindernisse	79	80	B2: Ja, Regenwasser ist natürlich salonfähig. Leider, und an dem scheitert alles: Wasserkosten mit Abwassergebühren sind einfach zu günstig. Vor allem das Wasser, aber wenn ich Abwasser in die Kläranlage gebe, muss ich Abwassergebühr bezahlen. Das ist o.k. Aber wir haben das Problem, dass das Wasser selber viel zu billig ist. Deswegen greift es nicht, man hat die „Pay-back“-Zeit (gemeint ist Amortisationszeit, Anm. ps) nicht. Es braucht ein zweites Leitungsnetz und dann die Nachhaltigkeit. Bilanzrechnung mit grauer Energie, und irgendwann interessiert es niemand mehr (weil zu teuer gegenüber den billigen Wasserkosten, Anm. ps). #00:24:40-5#
03_B3_Ha	Hindernisse für NASS	50	50	B3: Wir haben es von der Wirtschaftlichkeit her angeschaut. Weil die Wasser- und die Abwasserkosten so tief sind, ist man draufgekommen, dass sich das wirtschaftlich gar nicht lohnt. #00:14:42-4#
03_B3_Ha	Hindernisse für NASS	72	72	B3: Wirtschaftlich ist es nicht, das ist das Problem. Du kommst dezentral nicht zu Wirtschaftlichkeit. Das habe ich hier aufgezeigt. Einerseits ist die Menge, die du auf dem Dach sammeln kannst, zu klein, als dass du Verbrauchswasser damit generieren könntest. Dafür müsstest du zuerst Wasser sparen. #00:24:16-1#
03_B3_Ha	Hindernisse für NASS	117	117	B3: Das WC-Wasser muss an die Kanalisation geschlossen werden, in Basel-Stadt erhält man sonst keine Bewilligung. Es gilt der Anschlusszwang. #00:41:48-1#
04_B4_Bu	Hindernisse für NASS	72	73	I: Wie ist das mit der Anschlusspflicht? Ist es möglich, dass man ein Haus abwasserfrei konzipiert? #00:16:37-4#  B4: Es braucht eine Ausnahmegewilligung. Im Moment gilt Anschlusspflicht praktisch überall, ausser du bist so weit ausserhalb auf einem Hof, sodass die Anschlussgebühren unverhältnismässig wären für die Leitung. Dann können sie eine Erlaubnis geben für einen "Septic Tank" (Klärgrube, Anm. ps) oder eine Naturkläranlage. #00:16:55-6#
04_B4_Bu	Hindernisse für NASS\Politik Hindernisse	81	81	B4: Es ist ja nicht die Abwasseraufbereitung, sondern es ist die Nutzung des Grauwassers. Das ist eine reine Kostenfrage. Sobald es billiger wird, Grauwasser aufzubereiten als Frischwasser zu bringen, wird man es machen. Solange es teurer ist, macht man es nicht, ausser es gibt eine gesetzliche Regelung. #00:19:13-5#
04_B4_Bu	Hindernisse für NASS\Politik Hindernisse	82	82	I: Das heisst eigentlich, ohne politische Massnahmen hat das (dezentrale Abwassersysteme, Anm. ps) gar keine Chancen, denn entweder gibt es eine gesetzliche Regelung, wie du sagst, oder dann müssen die Wasserpreise höher sein, was auch eine politische Massnahme ist. Das heisst, der Wasserpreis muss kostenwahr sein. #00:19:32-5#

04_B4_Bu	Hindernisse für NASS\Politik Hindernisse	83	84	<p>B4: Was man könnte, ist eine grössenabhängige Erhöhung machen. Genau das Gegenteil, als man sonst macht. Wenn man mehr bezieht, ist es teurer. Das haben sie beispielsweise in Südafrika mit dem Strom gemacht, das fand ich extrem intelligent. Den Minimalbedarf für Beleuchtung inkl. einem kleinen Kühlschranks hat man gratis erhalten. Alles, was darüber ist, je mehr man braucht, desto mehr kostet es pro kW. In Portugal ist das auch so, je mehr man braucht, desto mehr kostet es (der Strom, Anm. ps). #00:20:08-3#</p> <p>B4: Bei uns ist es genau umgekehrt, je mehr man braucht, desto weniger kostet die Einheit, und das ist ein ganz falsches Signal. Mit dem Preis kannst du sehr viel steuern. #00:20:20-3#</p>
05_B5B6_	Hindernisse für NASS	92	92	<p>B6: Nein, und zwar aus dem einfachen Grund. Wir probieren uns nun auch stark zu machen in diesem Sektor und das Ganze aufzugreifen ... In der Schweiz ist es halt schon so, dass Wasserver- und -entsorgung sehr stark an die Behörden gekoppelt sind. Es ist ein Machtfeld, das die Behörden nicht abgeben wollen. Jedes Mal stossen wir an Grenzen, wenn wir dezentrale Wassertechnologien einsetzen möchten. Wir versuchen immer wieder, diese Themen in Projekten aufzugreifen, dass man Urinseparierung machen sollte, wobei es in der Schweiz schon so ist, dass der weitere Zyklus von Struvit ... Wie man den Dünger macht respektive die Zulassung für den Dünger erhält, das ist sehr in der Entwicklungsphase. Jedoch Struvit ist meiner Meinung nach schon als Düngemittel zugelassen. #00:33:19-2#</p>
05_B5B6_	Hindernisse für NASS	93	94	<p>I: Dünger aus Urin braucht wohl eine Bewilligung und so weit ist man noch nicht, aber im WSL hat man, soviel ich weiss, schon Versuche mit Urindünger gemacht. #00:33:30-3#</p> <p>B6: Da sind schon Grenzen, wo man anstösst ... Das sind die bestehenden Abwasser-Infrastrukturen, wo die Behörde die Hoheit bei sich behalten will. Auch aufgrund des Gewässerschutzes, was auch richtig ist, da sie den Auftrag haben, den Gewässerschutz einzuhalten, und darum geben sie das nicht gerne ab in die private Hand. Darum ist diese Marktdurchdringung für dezentrale Abwasserreinigung sehr schwierig. #00:34:06-1#</p>
05_B5B6_	Hindernisse für NASS	95	96	<p>I: Ist das mehr auf Kantons- oder auf Bundesebene, wo es diese Öffnung geben müsste? #00:34:13-1#</p> <p>B6: Auf der Ebene der Gemeinde. Der Kanton ist für den Gewässerschutz verantwortlich und der klopft den Gemeinden auf die Finger, wenn er nicht eingehalten wird. Aber die Verantwortlichkeit für die Einhaltung liegt auf Gemeindeebene ... Das ist die Schwelle, die überschritten werden müsste. Aber solange die Schwemmkanalisation vorhanden ist und man das alles so entsorgen kann ... Darum hat die EAWAG das Projekt Novaquatis ... Man hat gesehen, dass in Europa – in Schweden gibt es auch so Siedlungen oder in Österreich ... in Deutschland ist es beispielsweise so, dass gerade im Osten, der weniger stark besiedelt ist, und man viel längere Wege hat, um das Wasser zu sammeln, da gibt es das Projekt Deus 21 vom Fraunhofer Institut, das Urin selber sammelt und direkt zu Dünger aufbereitet. #00:35:26-1#</p>
05_B5B6_	Hindernisse für NASS	98	100	<p>B6: In der Schweiz ist es halt doch so, dass der Siedlungsraum sehr eng ist und dadurch für dezentrale Anlagen nicht wirtschaftlich. Es würde einen ganzen Umbau der Abwasserinfrastruktur bedeuten, darum hat die EAWAG den Fokus nun auf Drittweltländer gelegt. #00:35:51-7#</p> <p>I: Weil dort die Wahrscheinlichkeit grösser ist, dass das Projekt impliziert werden kann? #00:35:56-3#</p> <p>B6: Und dadurch auch das Problem der Überdüngung der Gewässer löst. #00:36:01-9#</p>

05_B5B6_	Hindernisse für NASS	105	106	<p>I: Gibt es denn auf Bundesebene keine Ideen in diese Richtung? Geht da nichts? #00:37:07-0#</p> <p>B6: Nein, im Moment nicht. Zum einen ist Abwasserreinigung nach wie vor eine Einnahmequelle für die Behörde, zum anderen - ich verstehe das schon - es geht um Verantwortlichkeiten, die Gemeinde ist verantwortlich, dass der Gewässerschutz eingehalten wird und der Kanton das kontrolliert. Solange die Gemeinde dafür verantwortlich ist, wollen sie das nicht weitergeben an Private. Wir hatten einen Fall, wo eine Firma bereit gewesen wäre, eine Membrananlage hinzustellen, ihr Wasser besser zu reinigen, als es bei der ARA hinten herauskommt. Aber das Projekt ist gestorben, weil die Behörde sich quergestellt hat. Das Wasser, das man auf eine super Qualität reinigt, muss dann wieder in die Kanalisation hinein. Das ist energetisch und von den Stoffflüssen her einfach sinnlos. #00:38:08-1#</p>
05_B5B6_	Hindernisse für NASS	129	130	<p>B6: Ein Problem ist auch, dass es Urinstein gibt in den Leitungen drin. Ich glaube, das ist ein weiteres Problem, weshalb Novaquatis nicht weiterverfolgt wurde in der Schweiz, weil man das (die Urinaufbereitung/den Urintank, Anm. ps) nicht in den einzelnen Gebäuden drin möchte, sondern für eine grössere Siedlung (zentral), dann müsste man in die Erde gehen ... Und das war dann das Problem, dass man den Urin wegschwemmen könnte. #00:48:38-4#</p> <p>I: Ja, die nachfolgende Verarbeitungskette ist noch nicht gelöst. #00:48:43-0#</p>
05_B5B6_	Hindernisse für NASS	138	138	<p>B5: Es gibt ja so Vorgaben, dass man in einer Grossküche ab 300 Menüs einen Fettabscheider haben muss. Oder in einer Autogarage muss man einen Ölabscheider haben. Oder in einer Schlachtereier braucht es eine Flotationsanlage, da gibt es Vorgaben, wie viel von einem Stoff eingeleitet werden darf. Sobald man weiter gehen will, um Kosten zu sparen, ist es so, dass sie (die Behörden, Anm. ps) auf einmal die Kosten senken ... (lacht) (Anm. ps: und argumentieren, dass die Abwasserreinigung in ihrer Kompetenz liegt). #00:53:47-7#</p>
06_B7_Bo	Hindernisse für NASS	85	85	<p>B7: Was das grosse Thema ist, aber ich bin der Meinung, dass das überbewertet wird, sind die Mikroverunreinigungen. Bern macht nun noch eine Stufe, um diese auch zu eliminieren. Und dann sagen sie, ja, und ihr habt das nicht und müsst es nicht machen ... Das ist die Diskussion ... #00:32:42-6#</p>
06_B7_Bo	Hindernisse für NASS	155	155	<p>B7: Ja, aber eine erste Anlage (Pilotprojekt, Anm. ps) war noch nie ökonomisch. Das ist einfach so. Das sehen wir auch mit der Wohnungsbelüftung. #01:06:44-2#</p>
06_B7_Bo	Hindernisse für NASS	160	160	<p>B7: Das war mein grosses Highlight ... Bis ich alle Planer so weit hatte, bis sie alle wussten, was ich meine mit Nachhaltigkeit. Es ging mir nicht darum, hier noch ein wenig mehr Energieeffizienz hinzukriegen. Klar, der Elektroplaner sieht nur seinen Teil. Ich glaube, heute ist er so weit, dass er auch soziale Aspekte zur Nachhaltigkeit sieht. Dies ist ja der einzige Teil, den man nicht so gut messen kann. Ich bin nun gerade dran mit der Arbeitsgruppe die soziale Nachhaltigkeit sichtbar und messbar zu machen. Bei Energie können wir Resultate zeigen, ich hoffe gute, bei Wirtschaftlichkeit kommen die Resultate unweigerlich, aber beim Sozialen ist es schwierig, messbare Indikatoren zu finden. #01:08:40-4#</p>
06_B7_Bo	Hindernisse für NASS	176	176	<p>B7: Es sind vorwiegend die Leute, die von Gesetzes wegen für die Umwelt und Wasserqualität involviert sind, es sind die Umweltämter. Klar, die haben Vorschriften, welche Qualität die Luft, das Wasser etc. haben muss. Vor allem jene, die etwas Neues bewilligen und somit verantworten müssten, haben Scheuklappen an, weil es etwas ganz Neues ist. Das ging teilweise gar nicht, das hatte auch nicht mit dem Alter oder sonstwas zu tun. #01:18:53-4#</p>

06_B7_Bo	Hindernisse für NASS	178	178	B7: Sie sagen, ja, wenn man das bei einem Projekt lockert, dann wollen es alle ... Dies sind die Ängste, die zum Teil auch berechtigt sind. Wir möchten mit diesem Projekt ja auch beweisen, dass es bei weiteren Projekten später nicht mal mehr eine Ausnahmegewilligung braucht, sondern dass man die Alternative hat, das Abwasser in die ARA zu leiten oder dezentral zu reinigen, mit klaren Vorschriften für den Betreiber und die Qualitätskontrollen. Das muss man alles noch aufbauen, das gibt es nun einfach noch nicht. Manchmal kommt auch die Angst, dass man ihr Gärtchen "jäten" möchte. Bis man dies erkennt und sagt, nein, im Gegenteil, helfe doch mit, das ist auch eine Chance für euch. #01:19:50-9#
06_B7_Bo	Hindernisse für NASS	179	180	I: Wie ist das Gefüge unter den Ämtern? Es gibt ja die drei Ebenen Bund, Kanton, Gemeinde. Wie sind die untereinander verknüpft? #01:20:16-0#  B7: Wenn ich das wüsste, hätte ich keine Probleme mehr (lacht)! #01:20:21-1#
06_B7_Bo	Hindernisse für NASS	183	184	I: Also ein rechter Dschungel, bis man überhaupt weiss, an wen man sich wenden muss? #01:22:17-7#  B7: Ja, das ist richtig. Es geht genau um dasselbe, wie bei der vorherigen Frage. Wenn ich von Anfang an gewusst hätte, wer da alles interessiert sein könnte, dann müsste ich von diesen Stellen auch jemanden in der Arbeitsgruppe drin haben. Die nächste Schwierigkeit ist dann, dass man diese Leute von Anfang an den Tisch bekommt, zu einem Brainstorming, ohne denen zu sagen, was man genau will. Das ist eine "Schwanzbeisser-Situation". #01:23:00-3#
06_B7_Bo	Hindernisse für NASS	186	186	B7: Wenn ich einem vom Kanton sage, kommst du an eine Sitzung, wir möchten da eine dezentrale Wasserreinigungsanlage bewilligen lassen, dann sagt der, ich brauche nicht an diese Sitzung zu kommen, das geht gar nicht - Ende. Das war das erste Mail, das ich erhielt. Man muss dann sagen, wir möchten da etwas Neues erarbeiten; helfe ihr mit? Dann kommt ein langer Prozess, es braucht zwei, drei Arbeitsgruppensitzungen, die man alle im Voraus planen muss. Ich könnte nun nicht mehr alles rekonstruieren, da es von Anfang an schwierig war, alle dabei zu haben. Aber es sind viele, genauso wie Sie das hier aufgezeichnet haben (weist auf die Skizze: "Dreifaltigkeit: Bund, Kanton, Gemeinde, Anm. ps). #01:23:58-3#
06_B7_Bo	Hindernisse für NASS	217	217	B7: Jedenfalls in der Diskussion ging es manchmal nur noch darum, dass man einen Abwasseranschluss hat und nicht eingesehen wurde, weshalb man dezentral aufbereiten will. #01:41:06-2#
06_B7_Bo	Hindernisse für NASS	260	260	B7: Die Flintenbreite, die machen da einen kleinen Teil der Siedlung: Nun ist ihnen das Geld ausgegangen. Sie haben Vakuumtoiletten, trennen Schwarz- und Grauwasser, das sie nur durch den Sandfilter hindurchlassen. Das funktioniert, das kann ich bestätigen. Die Wasserqualität (Grauwasser, Anm. ps) ist gut. Noch heute wird das Schwarzwasser mit einem Pumpwagen geholt und ausgetragen. In Deutschland ist das möglich. Bei denen ist der Kreislauf geschlossen. Aber schon im zweiten Teil der Siedlung kam ein anderer Investor, der nicht alles verwirklichen wollte, und schon zerfällt die Idee. #02:09:26-1#
06_B7_Bo	Hindernisse für NASS/Politik Hindernisse	29	29	I: Ich habe dann gemerkt, dass das eine riesige Schwierigkeit ist für die Einführung von dezentralen Abwasserprojekten. Es gibt da grosse Hürden. #00:07:05-5#
06_B7_Bo	Hindernisse für NASS/Politik Hindernisse	33	33	B7: Es ist schon so, es geht um die Bewilligungen. #00:07:34-7#

06_B7_Bo	Hindernisse für NASS/Politik Hindernisse	134	135	<p>I: Was heisst das in Bezug auf die Bewilligungen, die das Projekt beantragen muss. Welche Schwierigkeiten gibt es da für die dezentrale Abwasseraufbereitung? #00:58:40-7#</p> <p>B7: Es gibt im Eidgenössischen Recht die Bestimmung, dass das Abwasser an eine Kanalisation angeschlossen werden muss. Es gibt die Anschlusspflicht in der Schweiz. Die müsste man hier aufheben, man müsste eine Sonderbewilligung beantragen. Zwar haben wir die Pflicht, den Kanalisationsanschluss zu machen, aber damit wir die Bewilligung erhalten, das Wasser vorher selber zu reinigen. Wir müssen auch die Anschlusskosten für die Gebäude bezahlen. Vielleicht können wir dann die Anschlussgebühren noch aushandeln, weil wir die Wassermenge und die Verschmutzung reduzieren. Dass wir zuerst reduzieren und dann schauen, ob wir das gesamte Abwasser an die Kanalisation abgeben müssen, das ist ein Punkt für die Sonderbewilligung. #00:59:40-1#</p>
06_B7_Bo	Hindernisse für NASS/Politik Hindernisse	136	137	<p>I: Das ist aber noch nicht so weit? #00:59:46-9#</p> <p>B7: Nein, es war lange nicht klar, ob dies auf Bundesebene bewilligt werden muss. Aber es ist nun klar. Es ist Kantonshoheit. Bis Ende Jahr wird über den Regierungstadthalter juristisch abgeklärt, ob das über ihn geht oder wie man das beantragen muss. Das ist etwas Neues. #01:00:04-3#</p>
06_B7_Bo	Hindernisse für NASS/Politik Hindernisse	138	139	<p>I: Ist mit der Sonderbewilligung bezüglich Anschlusspflicht alles erledigt? #01:00:11-4#</p> <p>B7: Nein, der zweite Punkt ist der Klärschlamm. Austragen darf man ihn nicht mehr. Wir gehen auch davon aus, dass, wenn man ihn in den speziellen Säcken (Geotubes, Anm. ps) austrocknen lassen möchte, eine Bewilligung benötigt wird. Und ob das vom Kanton beobachtet würde, was da passiert ... Das muss alles noch bewilligt werden. #01:00:41-2#</p>
06_B7_Bo	Hindernisse für NASS/Politik Hindernisse	149	149	<p>B7: Das Gespräch hat sich am Ende nur auf die Mikroverunreinigungen konzentriert. Leider gibt es zum Teil Beteiligte, die hier eine Gefahr sehen statt einer Chance. Ich sagte schon am Anfang, man sollte versuchen, in allem eine Chance zu sehen, die Gefahren kommen dann von selbst. Die engen uns dann am Schluss ein. #01:03:50-2#</p>
06_B7_Bo	Hindernisse für NASS/Politik Hindernisse	207	207	<p>I: Mich interessiert es, da ich sehe, man kann Stoffstromtrennung machen, aber danach, wie weiter? Ausbringen darf man den Dünger nicht, man muss so viele Hürden nehmen, sodass es schlussendlich doch niemand macht. Das ist die bittere Erkenntnis von meiner Arbeit bis anhin. Ich denke, es müsste doch weiter gehen und man müsste die richtigen Ansprechpersonen finden respektive erkennen, wie das System funktioniert und wie man vorgehen könnte in einem ähnlichen Fall wie Ihrem. #01:35:16-3#</p>

## 4 Ausblick - Ideen

Dokument	Code	Anf.	End	Segment
03_B3_Ha	Ausblick, Ideen	168	170	<p>I: Wenn man den Technologiepfad verlassen möchte, müsste man das bestehende System trotzdem weiterlaufen lassen. #01:17:03-8#</p> <p>B3: Genau, du müsstest beide Systeme aufrechterhalten. Dass eine Gesellschaft dazu bereit ist, glaube ich nicht. #01:17:11-9#</p> <p>I: Das heisst, es müsste ein relativ niederschwelliges System sein, das man so stufenweise einführen könnte? #01:17:20-5#</p>
03_B3_Ha	Ausblick, Ideen	184	184	<p>B3: Der Förderbeitrag müsste dort einsetzen, wo du nachgewiesen Wasser sparst. Bevor du Substitution machst ... (w.A.) Ich setze das gleich mit dem Grundpreis des Abwassers und erhalte 67, drei mal mehr (3 x 22 = 66, zirka). Und wenn ich nun die Förderbeiträge der Photovoltaik nehme, hört hier mein Investment auf. Ich kann noch immer keine Abwasserrückgewinnung machen. Das ist mein Dilemma. #01:28:56-3#</p>
03_B3_Ha	Ausblick, Ideen	186	186	<p>B3: In diesem Beispiel wird ja subventioniert, damit es hier amortisiert ist. Der Förderbeitrag müsste viermal so hoch sein wie bei der Photovoltaik, damit es sich rentiert, und daran glaube ich nicht. #01:29:59-2#</p>
03_B3_Ha	Ausblick, Ideen	187	188	<p>I: Der Wasserpreis müsste so hoch sein, dass sich diese Investition schneller amortisiert. #01:30:06-7#</p>
03_B3_Ha	Ausblick, Ideen	189	189	<p>B3: Das Resultat meiner einfachen Betrachtung ist, 1. Wasser sparen, 2. Wasser substituieren, und zwar nur dort, wo deine Ertragsmöglichkeit so gross wie dein Verbrauch ist. Das habe ich hier nicht. Das ist das Dilemma, das im Ganzen drinsteckt. #01:31:42-4#</p>
04_B4_Bu	Ausblick, Ideen	118	120	<p>I: Kann man eigentlich, ja ... Sodass man nur das Grauwasser abführen würde in die Kanalisation, das ist deine Vision? #00:28:14-6#</p> <p>B4: Die grossen Mengen, die muss man ja irgendwo lagern. Das wird kostspielig, wenn du das privat lagern musst und verschieben ... #00:28:34-0#</p> <p>B4: Das ist genau das Gegenteil der Lehrmeinung, ich weiss. #00:28:38-9#</p>
04_B4_Bu	Ausblick, Ideen	140	140	<p>B4: Noch schnell zum Bauen, dort wäre Dachbegrünung wichtig, dass nicht das ganze Wasser abfließt. Dann auch die Versickerung machen, man kann alte Öltanks mit einem Inlining versehen. Dort kann man noch etwas steuern, aber bei den Baumaterialien kann man nicht viel beeinflussen. #00:33:20-7#</p>
04_B4_Bu	Ausblick, Ideen	145	145	<p>B4: Meine Vision wäre, dass die Energie so viel kostet, dass du mit 2000 Watt eben herauskommst, so wie heute. Alles, was du darüber brauchst, kostet so viel mehr, dass die, die weniger brauchen, davon leben können, weil sie noch etwas herausbekommen. Also mit einer Lenkungsabgabe, die sich auf die 2000 Watt einpendelt, könnte man das machen. Ich bin ziemlich illusionslos, was Freiwilligkeit betrifft, es gibt ganz tolle Leute, die das alles machen, aber das ist so eine kleine Minderheit. Und ich finde es auch mühsam, wenn jedes einzelne Teil per Gesetz vorgeschrieben werden muss. Denn das Erste, das man macht, ist - ich auch - Schlupflöcher suchen. Aber über den Preis ...! Ich sehe nicht ein, weshalb man diesen Preis nicht mehr benutzt, um (politisch, Anm. ps) das zu erreichen, was man will. Verstehst du? #00:35:38-3#</p>
04_B4_Bu	Ausblick, Ideen	147	147	<p>B4: Also 2000 Watt, und wenn du 2000 Watt brauchst, dann kommst du eben raus, wer mehr braucht, der bezahlt. Wer weniger braucht, bekommt noch heraus. #00:35:49-5#</p>
04_B4_Bu	Ausblick, Ideen	149	149	<p>B4: Das muss der Staat, lenken ist eine Staatsaufgabe. Und in Basel macht er es hervorragend mit der Elektrizität. Die Balance ist noch zu flach, es müsste noch ein wenig steiler werden. Du musst es auf das Niveau der 2000-Watt-Gesellschaft einpendeln. #00:36:13-8#</p>

04_B4_Bu	Ausblick, Ideen	159	160	I: Du sagst, Energiepreis, Wasserpreis, Ressourcenpreise erhöhen und um den Rest kümmert sich der Markt. #00:39:08-3#  B4: Dann aber einpendeln und eine Lenkungsabgabe erheben ist meine Vision. Das wird sich einpendeln auf dem nachhaltigen Niveau, bei 2000 Watt bezüglich Energie. #00:39:28-5#
04_B4_Bu	Ausblick, Ideen	173	174	I: Dann die politischen Massnahmen ... #00:41:57-5#  B4: Eben Lenkungsabgabe, Lenkungsabgabe und nochmals Lenkungsabgabe, siehe Beispiel Basel-Stadt. #00:41:59-5#
04_B4_Bu	Ausblick, Ideen	178	178	B4: Anfänglich darf es nur unmerklich mehr kosten, dann musst du das Prinzip einführen, dann anziehen. Und wenn es heisst, die Armen kommen nicht mehr durch, dann kannst du sagen, aber die kriegen ja heraus! #00:44:08-7#
05_B5B6_	Chancen für Nass	103	104	I: Vielleicht stufenweise ... #00:36:37-4#  B6: Das ist es genau, im letzten Jahr hatten wir ein Interview mit der EAWAG wo wir genau das diskutieren, wie man dieses System aufbrechen kann, das bestehende Infrastruktursystem mit der Abwasserreinigung. #00:36:54-0#
05_B5B6_	Ausblick, Ideen	207	207	B5: Das ist ein Teil vom Weg. Ein Teil ist Verhalten, ein Teil ist Technologie, ein Teil ist Markt, ein Teil ist Preisgestaltung ... #01:22:51-6#
06_B7_Bo	Ausblick, Ideen	89	89	B7: Der Anspruch kam dann plötzlich, dass man ein System bräuchte, das man auch an eine bestehende Liegenschaft anhängen kann. Für mich ist bei diesem Forschungsprojekt nicht die Meinung, dass man im Stadtgebiet plötzlich solche Projekte macht, sicher nicht ... Aber da können wir ja dann nicht plötzlich verlangen, dass eine Urinseparierung eingebaut werden muss. Da kommt dann all das Zeug (das Abwasser, Anm. ps), Spararmaturen kann man nachrüsten, auch Low-Flush-Toiletten kann man mit der Zeit nachrüsten lassen. #00:34:34-7#
06_B7_Bo	Ausblick, Ideen	90	90	B7: Wie die Wärmedämmung kann man das subventionieren, wer die Toilette ersetzt, bekommt etwas daran bezahlt ... #00:34:45-8#
03_B3_Ha	Ausblick, Ideen	167	167	B3: Genau, auf der Ebene Infrastruktur müssen (politische, Anm. ps) Voraussetzungen geschaffen werden, damit die Leute Anreize kriegen, um in diese Richtung zu investieren. Der Unterhalt der Anlage wird nicht günstiger in den nächsten 20-30 Jahren. Die Erneuerungskosten werden vielleicht etwas günstiger. Aber die Anlagen, die daran angeschlossen sind, musst du trotzdem unterhalten. #01:16:57-8#
06_B7_Bo	Ausblick, Ideen	231	231	B7: Es braucht Pilotanlagen. Die Technik muss da sein und dann kann man sie nur fördern, wenn bei grossen Renovationen von Kläranlagen alternative Ersatzprojekte möglich werden. Heute hat man ja keine Wahl. #01:49:08-7#



## 5 Lehre

Dokument	Code	Anf.	End.	Segment
01_B1_Ju	Lehre/NASS Lehre	49	49	<p>I: Inwiefern wird dezentrale Wasseraufbereitung thematisiert in der Lehre? #00:15:46-6#</p> <p>B1: Ja, es ist ein Thema, man zeigt die Möglichkeiten auf, doch zuerst gilt es wie im Energiebereich das Sparpotenzial von 20 bis 30 % auszuschöpfen, bevor man in neue Systeme investiert. #00:16:21-3#</p>
02_B2_Lo	Lehre/Wassersparen Lehre	29	30	<p>I: War die knappe Ressource Wasser in der Ausbildung ein Thema? #00:02:27-1#</p> <p>B2: Ja, es wurde schon thematisiert, aber so richtig Wassersparen und Nachhaltigkeit ... Es hat einen neuen Schub gegeben im Zusammenhang mit den Minergie-Hausumbauten; Minergie-P, Minergie-Eco und was es alles an verschiedenen Labels gibt. Da sind wir auch gerade an einem Pilotprojekt dran, in der Stadt Basel ein MFH Plusenergie mit Minergie-Eco zu machen, wo wir auch unterstützt werden von der Fachhochschule Murtens (FHNW, Anm. ps), Energie und Nachhaltigkeit. #00:03:17-8#</p>
02_B2_Lo	Lehre/Wassersparen Lehre	35	36	<p>I: Ist die knappe Ressource Wasser heutzutage ein Thema in der Lehre? #00:04:14-2#</p> <p>B2: Ich denke schon, das ist mittlerweile in aller Munde, alle hören davon. Man konzipiert ja auch die Armaturen dementsprechend, damit die Wasserverschwendung eingedämmt wird. Das hat mit ... (unv. leise) damit, dass Armaturen für ihren Verwendungszweck entsprechend konfektioniert sind. Man kann dann natürlich schon den Hahn noch mehr zudrehen, dass noch weniger Wasser kommt. Es ist immer eine Frage zwischen absolut Notwendigem und wo hört der Komfort auf, wo wird der Komfort so stark beschnitten, dass es keinen Sinn mehr macht. #00:06:04-9#</p>
02_B2_Lo	Lehre/Wassersparen Lehre	37	38	<p>I: Und das sind die zentralen Themen, auch im Zusammenhang mit der Ausbildung? #00:06:13-8#</p> <p>B2: Nein, das Zentrale, wenn es ums Wassersparen geht, ist in der Ausbildung Regenwassernutzung. Das wird den Schülern heute gelernt. Das machen wir zum Teil auch bei unseren Abschlussprüfungsprojekten zum Thema, dass sie (die Lehrlinge) eine Regenwassernutzung planen müssen. Wie dieses Jahr bei den Sanitär-Lehrlingen. Sie müssen beim Abschluss in der Lage sein, eine Regenwassernutzung zu planen. Berechnen müssen sie sie nicht, aber sie müssen die Komponenten, die Zusammenhänge und die Abläufe kennen. #00:07:04-4#</p>
04_B4_Bu	Lehre	183	184	<p>I: Vielleicht noch zur Lehre, zur Ausbildung von Architekten. Ich bin der Meinung, dass diese Themen auch in die Lehre einfließen müssen und dass das schnell gehen sollte. Die Architekten bauen ja dann etwa dreissig Jahre, nachdem sie ihre Ausbildung absolviert haben. Wenn man mal auf einem Pfad aufgegleist ist, dann ist man drauf. #00:45:05-8#</p> <p>B4: Absolut. #00:45:06-7#</p>
04_B4_Bu	Lehre	186	186	<p>B4: Was ich so höre von der ETH beispielsweise? Zero-punto-zero! Einzelne Spinner vielleicht. Gut, ich muss schon sagen, das Bauen ist schon so sehr komplex und du musst schon so viele Vorschriften einhalten und dann kommt noch eine und noch eine Überlegung. #00:46:36-9#</p>

04_B4_Bu	Lehre	190	191	<p>I: Ich denke, die Architekten müssen eine Ahnung haben, was es alles gibt und welche Einflüsse da sind, damit sie den Bauherrn informieren können. Der Sanitärplaner sollte wissen, welche Möglichkeiten und Verfahrenstechniken es gibt, wie sie funktionieren und wie viel all das kostet, was es braucht. Aber ich glaube, beide müssen informiert sein. #00:48:10-6#</p> <p>B4: Beide müssen etwas davon wissen, aber ausbilden müsste man die Sanitäre. Die Architekten kleben ja nur noch hier oben und machen die Hülle und verstehen vielfach nicht mehr, worum es geht. #00:48:37-4#</p>
05_B5B6_	Lehre	216	218	<p>B5: 2000 Watt an der Hochschule und an der ETH wird praktisch nicht gelehrt, aus verschiedensten Gründen, wie gesagt. Ja, zwar schon, doch es gibt viele Professoren, die es brauchen und damit arbeiten. Dann gibt es ein paar entscheidende, die es nicht machen und sogar verhindern wollen. Nein, in der Hochschullandschaft wird es wenig verbreitet. #01:26:27-6#</p> <p>B6: Also an der ETH nicht, aber an der Fachhochschule schon. #01:26:29-7#</p> <p>I: In der FHNW ist es ein Thema, Energie zumindest ist ein Thema. #01:26:29-5#</p>
05_B5B6_	Lehre	219	220	<p>I: Aber ich denke, gerade für Architekten ist das wichtig, der Architekt lässt sich ausbilden und praktiziert (baut) dann 30-40 Jahre, was er gelernt hat. Gut, man lernt schon das eine oder andere dazu, aber wenn das dort unten nicht ankommt, dann ist es schwierig, all diese Themen ... Auch das Thema Wasser! #01:26:57-7#</p> <p>B5: Ja, ja, aber sie lernen es nachher, weil es die Kunden bestellen ... #01:26:59-8#</p>
06_B7_Bo	Lehre	158	158	<p>B7: Aber es ist so, dass das die Minergie-P-Bauweise zur konventionellen Bauweise wird und nicht die Ausnahme sein wird. Es hat zwar viele Architekten, die mithelfen, jedoch vielen fehlt die Ausbildung. #01:07:34-0#</p>

## 6 Hotels

Dokument	Code	Anf.	End	Segment
02_B2_Lo	Hotel	234	234	B2: Es ist natürlich so, ein Hotel muss rentieren. Das Hotel hat so und so viele Sterne, ist an einer bestimmten Lage und in dieser Region kostet ein Hotel nicht mehr als so und so viel. Auch dort wird berechnet, spielt der Markt, was möglich ist. Alle Pilotprojekte kosten mehr, weil wir Techniken anfassen, die noch nicht Standard sind. Also ist es auch noch nicht mehrheitsfähig. Also alles, was heute passiert, das ist ein Goodwill von gewissen Gesellschaftskreisen, Institutionen etc. Daraus schöpft man Erkenntnisse, um unsere Standardbauten zu optimieren. #01:43:57-1#
03_B3_Ha	Hotel	229	230	I: Ich möchte eben den Bogen weiterspannen zu Hotels. Hotels haben ja einen grossen Wasserverbrauch ... #01:45:26-1#  B3: Und hohe hygienische Anforderungen. #01:45:28-4#
03_B3_Ha	Hotel	232	234	B3: Was wichtig ist, sind diese Sprünge, die du hier erwähnst. Die beste Anlage ist diejenige, die immer unter gleichen Bedingungen läuft. Wenn eine Anlage zwei Monate stillsteht, musst du wohl neu anfangen. #01:46:43-1#  I: Also bei Saison-Hotels, dass man zwei Anlagen bräuchte? #01:46:48-7#  B3: Möglicherweise unterstützend ..., möglicherweise ist es am wirtschaftlichsten, wenn du nicht alles machst, sondern eine Basisversorgung hast und dann eine Spitzenversorgung daraus machen kannst. #01:47:07-0#
04_B4_Bu	Hotel	77	77	B4: Im Hotel Krafft haben wir diese Sachen auch alle überlegt und da war es ganz klar. Der Betrieb wäre überhaupt nicht einverstanden gewesen ... Mit den Wassersparmassnahmen waren sie einverstanden, das bringt sofort etwas, hingegen irgendetwas Spezielles zu machen ... Erstens hatten wir sehr wenig Platz dort und zweitens durfte es keine zusätzliche Arbeit geben, die rechnen wahnsinnig spitz. Und drittens die Angst, dass es schiefgehen könnte, dass sich Gerüche bilden könnten, die ist enorm gross. #00:18:04-1#
04_B4_Bu	Hotel	164	164	B4: Nur ein Beispiel, in den Hotels hat sich in Nullkommanix (sofort, Anm. ps) durchgesetzt, dass nur die Tücher, die die Gäste auf den Boden legen, ersetzt werden, die anderen nicht, mit dem Ziel, Wasser zu sparen. Das spart in allererster Linie dem Hotelbesitzer Geld. Diese Nachricht findest du in Hotels auf der ganzen Welt. Eigentlich ist im Hotel Standard, jeden Tag neue Tücher zur Verfügung zu stellen. Wenn du das nicht machen möchtest, musst du es begründen. Das mit der Umwelt ist nur ein fadenscheiniger Grund. Eigentlich geht es vor allem darum, Geld zu sparen. #00:40:29-8#
05_B5B6_	Hotel	154	154	B6: Wobei, bei Hotels gibt es schon ..., halt weniger im schweizerischen Umfeld, aber sobald wir in Italien ... Wir hatten schon zwei-/dreimal mit Hotelplanern zu tun, die sich für Grauwassernutzung und Regenwassernutzung interessierten. Ich weiss nicht mehr, wie die hiessen ... #01:00:26-4#
05_B5B6_	Hotel	157	157	B6: Bei uns ist es halt eher noch in abgelegenen Hotels von Interesse, wenn sie keinen Anschluss haben. #01:01:05-7#
05_B5B6_	Hotel	160	160	B6: Hotels hatten wir auch schon. In Costa Rica hatten wir ein Projekt, dort war es ein grosses Thema, das Wasser. Aber sonst, da wir eher im schweizerischen Raum tätig sind, beschränkt es sich im häuslichen Bereich auf Grauwassernutzungsanlagen. #01:04:36-1#
05_B5B6_	Hotel	256	256	B5: "Steinbock" macht Nachhaltigkeits-Auszeichnungen für Hotels. Die haben Kenntnisse ... ein Herr ... der das macht, der kennt die Hotelszene sehr gut. Sie können ihn von mir grüssen lassen. #01:38:06-2#
05_B5B6_	Hotel	264	264	B6: Aha, diese Gruppe, wie hat die geheissen? Eine Totalunternehmer-Gruppe für Hotellerie... (Hapimag, Anm. ps). Wir hatten damit zu tun für das "Sun West-Projekt". (Störung durch ein zweites Gespräch.) #01:41:25-3#

05_B5B6_	Hotel	265	267	I: Denken Sie, es lohnt sich, in diesem Bereich mit dem Link zu Hotels zu forschen? #01:41:37-0#  B6: Hotel ist sehr gut, doch. Bei Hotel ist halt das Problem ... (unv.) #01:42:00-3#
----------	-------	-----	-----	---

## 7 Vorgehen Stöckacker

Dokument	Code	Anf	End	Segment
				Aus dem rund zweistündigen Gespräch wurden jene Textstellen herausgezogen, welche die einzelnen Schritte des Entstehungsprozesses des Pilotprojektes Stöckacker beschreiben, um diese für Aussenstehende nachvollziehbar zu machen. Das vollständige Transkript kann bei der Autorin eingesehen werden.
				Das Projekt Stöckacker befindet sich in der Bauprojektphase. Im Juni 2012 wird über die Überbauungsordnung abgestimmt, 2013 soll mit dem Bau begonnen werden. Das Volk hat das letzte Wort darüber, was umgesetzt werden soll. All das im Folgenden Erwähnte soll als persönliche Meinung von B7 gelten und nicht als Meinung der Liegenschaftsverwaltung Bern verstanden werden. (Anm. ps).
06_B7_Bo	Vorgehen Umsetzung	38	38	B7: Im Stöckacker wurde vor sechs Jahren von Metron eine Studie gemacht, bei der überlegt wurde, was man machen könnte, da dies eine zusammenhängende Siedlung ist. Bald kam man darauf, dass es nichts bringen würde, zu verdichten, sondern man sah schnell, dass man Ersatzneubauten machen sollte, was der Startschuss zur weiteren Entwicklung war. #00:09:43-9#
06_B7_Bo	Vorgehen Umsetzung	39	39	B7: Beim Zusammenstellen der Wettbewerbsunterlagen, das ich mit Frau G. von Metron zusammen machte, entschieden wir, dass wir neben Energie auch das Thema Wasser behandeln wollten. Dann war klar, dass Regenwasser und Wassersparen beachtet werden sollten. Dann entstand der Kontakt mit Seecon, mit denen diskutiert wurde, ob der Wasserkreislauf mit Schwemmkanalisation richtig wäre oder nicht. Dies wurde der Aufhänger. Die ersten Studien wurden in Auftrag gegeben und wir haben 250'000.- Fr. gewonnen, um damit etwas zu machen. Es war auch ein wenig Zufall dabei. Aber meine Aufgabe ist ganz klar, bei den Projektentwicklungen, sei es bestehend oder Umnutzung, von Anfang an dabei zu sein und die Projekte bis zur Realisierung zu begleiten. Ich bin stark mit Wettbewerbsvorgaben, den Parameterbestimmungen beschäftigt. #00:11:09-8#
06_B7_Bo	Vorgehen Umsetzung	40	41	I: Also Rahmenbedingungen festlegen. Und die Idee, dass man Wasser zum Thema machen könnte, wo ist die entstanden? War Ihnen dies ein persönliches Anliegen oder ist das mehr im Gespräch entstanden? #00:11:30-1#  B7: Es waren verschiedene Sachen. Als wir ins Projekt eingestiegen sind, kam das Thema der Nachhaltigkeit auf. Die SIA 112 wurde, soviel ich weiss, 2005 entwickelt. Die war damals mehr oder weniger frisch. Auch 2000-Watt-Gesellschaft wurde zum Thema, Novatlantis, ich hatte Kontakt zu Hr. Stulz, er war bei uns in der Juri. Das war der Anfang, das Thema begann mich immer mehr zu interessieren. Ich fand, dass ich lange genug konventionell gebaut habe und man in der Projektentwicklung nun mal etwas anderes denken könnte. #00:12:13-2#
06_B7_Bo	Vorgehen Umsetzung	42	42	B7: Für mich war schnell klar, dass ich mich für das Thema Wasser einsetzen wollte, denn für Energie wird schon viel gemacht. In der Schweiz sagt man zwar, dass wir Wasser im Überfluss hätten, aber vielleicht denkt man nach diesem Herbst auch ein wenig anders. Auch wir müssen mit weniger Wasser rechnen. #00:12:47-8#
06_B7_Bo	Vorgehen Umsetzung	43	43	B7: Dann entstand die Zwischenarbeit "Wassersparen" im Stöckacker. Den Verbrauch eindämmen mit Wasserspararmaturen ... das ganze Programm. Pro Wohnung soll das Wasser gemessen werden, damit der Mieter sieht, wie viel Wasser er braucht, und nicht nur eine Pauschale für seine Wohnung bezahlt. #00:13:24-9#
06_B7_Bo	Vorgehen Umsetzung	44	44	B7: Der Kontakt mit Seecon entstand dann durch Frau G. und so ging es weiter. Es war kein einzelner Entscheid, sondern es waren einzelne Schritte, die sich entwickelten. Der Wunsch war schon, etwas Spezielles zu machen auf dem Stöckacker, weil sich das Terrain eignet. Wir sind voll erschlossen, man kann vieles machen. Die Rahmenbedingungen für nachhaltiges Bauen sind sehr gut und wir haben überlegt, was wir zusätzlich dazu tun könnten. #00:14:01-6#

06_B7_Bo	Vorgehen Umsetzung	49	49	B7: Bei uns ist klar, dass das AWA, der Kanton, dieses Projekt bewilligen muss. Aber wenn nicht die städtischen Behörden uns die Bewilligung erteilen, haben wir sowieso keine Chance. Der Kanton muss es bewilligen, aber weil wir uns selbst nicht die Bewilligung geben können, macht dies der Regierungstadthalter. #00:16:26-5#
06_B7_Bo	Vorgehen Umsetzung	50	50	B7: Es gibt eine Voranfrage an den Regierungstadtrat bis Ende Jahr. Alles Abwasser wird durch diese Anlage geleitet, und es ist möglich, das Wasser wieder in die Kanalisation einzuleiten, statt versickern zu lassen. Falls wir Probleme mit der Qualität des aufbereiteten Wassers haben, können wir den Schieber ziehen und alles einleiten. Damit werden wir vermutlich die eine Sondergenehmigung erhalten als Forschungsprojekt. Wir möchten Daten sammeln über die Qualität des Wassers, die aus dem Sandfilter herausläuft. Wir waren in Deutschland, ich weiss nicht, haben Sie sich schon so Anlagen angeschaut? #00:17:22-9#
06_B7_Bo	Vorgehen Umsetzung	52	52	B7: Wir waren in Hamburg in der Flintenbreite. Das Wasser dort, das riecht nicht. Die Leute dort sagen, sie würden das Wasser trinken, wenn sie müssten. Das war eindrücklich. #00:17:56-7#
06_B7_Bo	Vorgehen Umsetzung	54	54	B7: Ja, es ist getrennt. Am Anfang wollten wir auch Grauwasser und Schwarzwasser trennen und dann mit Vakuumanlage das Schwarzwasser absaugen, so wie in Flintenbreite. Je nachdem, von welchem Standpunkt aus man das anschaut, ist es schon gut, wenn man es von der Seite Wasser anschaut, aber wenn man die Seite der Energie betrachtet ... In diesem grossen Rahmen hat sich die Trennung in zwei Systeme nicht gelohnt. Deshalb kamen wir darauf, so viel Wasser zu sparen wie möglich beim Verbrauch und danach ... #00:19:05-2#
06_B7_Bo	Vorgehen Umsetzung	58	58	B7: Die Familie einer Mitarbeiterin, einer Architektin mit Kindern, wird dieses WC testen. Bevor ich dies in 50 Wohnungen einbaue, will ich es testen. Wir werden auch andere Dinge installieren. Beispielsweise haben wir keine kontrollierte Lüftung, nur eine Nachströmöffnung. Wir wollen schauen, ob wir den Komfort nur mit mechanischer Öffnung hinbringen. Auch das testen wir nun an einer bestehenden Wohnung, wo wir gerade die Fenster sanieren. Durch die Sanierung wird das Haus dichter, wir arbeiten mit Nachströmöffnungen und schauen, ob die Nachluft wirklich einströmt. #00:21:10-8#
06_B7_Bo	Vorgehen Umsetzung	65	65	B7: Das ist das Argumentarium, Zi. schreibt, dass man diese Abwasserbehandlung doch umzusetzen versuchen sollte. Er schreibt auch, dass man verschiedene Möglichkeiten hat mit mehreren Sicherheitsstufen, man kann zusätzliche Filter einbauen, um die verschiedenen Werte zu reduzieren. Man hat die verschiedenen Sicherheitsstufen und so könnte das Projekt bewilligungsfähig sein. Das ist das aktuellste Dokument. #00:25:24-0#
06_B7_Bo	Vorgehen Umsetzung	66	69	I: Nun muss ich aber doch fragen, es ist ein 1-Stoffstromsystem, es ist alles gemischt? #00:25:33-3#  B7: Ja, es ist alles gemischt. #00:25:33-3#  I: Es ist also ein "Baffled Reactor"? #00:25:49-0#  B7: Ja, hier ist die Bezeichnung, die Anlage ist anaerob. Irgendwo sieht man sicher den Reaktor in diesen Unterlagen ... Er hat mehrere Kammern. Das Wasser fliesst schneller als die Feststoffe ... #00:26:28-0#
06_B7_Bo	Vorgehen Umsetzung	78	78	B7: Man muss es baulich so machen, dass man sich die Optionen offenlässt, in diesem Ablauf Zwischenstufen einzubauen. #00:30:38-0#
06_B7_Bo	Vorgehen Umsetzung	95	95	B7: Ja, Urs-Thomas G. von CSD ist unser Nachhaltigkeitsmanager. In der Siedlung könnte man mit 2000 Watt leben, wenn man sich entsprechend verhält. #00:37:21-6#

06_B7_Bo	Vorgehen Umsetzung	96	97	B7: Wir bauen die Gebäude nach den Leitlinien der 2000-Watt-Gesellschaft, aber wenn der Strom noch immer aus Kohlekraftwerken aus Deutschland kommt, können wir das nicht beeinflussen. Der Mieter kann anderen Strom (aus nachhaltiger Produktion) einkaufen. G. unterstützt uns bei Entscheidungen. Er hat in Deutschland einen Master in Nachhaltigkeit gemacht. Er hat unser System kritisch angeschaut. Er sollte prüfen, dass wir nicht die Vorgaben für die 2000-Watt-Gesellschaft unterlaufen, beispielsweise (Dinge einbauen, die) zu viel Energie verbrauchen. Deshalb machen wir auch keine Regenwassernutzung. #00:38:55-7#
06_B7_Bo	Vorgehen Umsetzung	100	100	B7: Wir werden das versuchen, die Indikatoren festzulegen. Wir werden uns an die SIA 112 anlehnen, dort fünf bis sechs Punkte herausnehmen und auf ein Monitoring anwenden. Wir möchten an die Bewohner ein Feedback geben, ob sie im Moment nachhaltig sind oder nicht. Jeder Bewohner für sich kann dann messen, ob er nachhaltig ist. #00:40:01-7#
06_B7_Bo	Vorgehen Umsetzung	116	118	I: Ist beim Blockheizkraftwerk schon klar, welches System verwendet wird? #00:46:43-3#  B7: Nein, und ob man überhaupt eines macht, ist nicht klar. In einer sehr frühen Phase war man der Meinung, dass man die Grünabfälle hier beimischen würde, dann hätte sich das gelohnt. Aber nun ist die Menge zu klein, dass es sich lohnt. Vielleicht macht man dann trotzdem etwas, weil man das Gas aufbereiten muss. Deshalb, wir versuchen alle Eventualitäten offenzuhalten. Wenn man merkt, dass das Gas gut ist und es sich lohnt zu veredeln, dann kann man das vor Ort noch einbauen. #00:47:32-9# B7: Man würde dann die Wärme verwenden für die Vorwärmung des Warmwassers oder für die Heizung. #00:47:39-7#
06_B7_Bo	Vorgehen Umsetzung	120	120	B7: Das Heizsystem ist im Haus B untergebracht. Wir haben Erdsonden und die Wärmeerzeugung ist im Haus B. Das Haus A wird dann von dort mit einer Fernleitung für Warm- und Heizwasser beschickt. In der Technik-Unterkentrale könnte man es einspeisen. #00:48:21-8#
06_B7_Bo	Vorgehen Umsetzung	122	122	B7: Mit 39 Erdsonden können wir 100 % der Heizwärme generieren und 30 % des Warmwassers vorheizen (ausgehend von einer Temperatur von 30 °C der Erdsonden). Dann haben wir eine Solarthermie, die auch zur Erstellung des Warmwassers dient und für die letzten 16 % ist eine Gastherme zur Aufheizung des Warmwassers auf 60 °C (kein Blockheizkraftwerk) vorgesehen. #00:49:24-0#
06_B7_Bo	Vorgehen Umsetzung	123	124	B7: Mit dem Anteil von lediglich 16 % nicht erneuerbarer Energie sind wir klar innerhalb von Minergie-P oder den 2000-Watt-Anforderungen, wo drei Viertel der Energie erneuerbar sein müssen. Das wurde nun bereits mehrfach optimiert. Es war nicht vorgesehen, Erdsonden zu machen. Mit den kantonalen Behörden (wer genau? Anm. ps) haben wir Testbohrungen gemacht, Erdsonden verlegt und gemessen. Nun haben wir die Bewilligung erhalten, einfach auf 100 Meter tief. Darunter ist ein grosses Wasservorkommen, das nicht mit einer höher liegenden Wasserschicht verbunden werden darf. #00:50:15-4#
06_B7_Bo	Vorgehen Umsetzung	128	128	B7: Ja, wir haben durch eine Firma messen lassen und relativ gute Werte erhalten. Man kam zum Schluss, dass 39 Erdsonden reichen würden um alle Gebäude zu heizen und Warmwasser vorwärmen zu können. Die zusätzlichen 16 % hätte man auch mit Holz machen können, aber ich bin nicht so überzeugt von der Idee, in der Stadt mit Holz zu heizen. #00:52:01-6#
06_B7_Bo	Vorgehen Umsetzung	130	130	B7: Für den Wettbewerb wurden Anforderungen bestimmt. Es kamen dann auch andere Vorschläge. Beim Wettbewerb verlangten wir 600 m2 Fläche für den Sandfilter, die die Architekten bereits ausweisen mussten. Da kamen lustige Ideen, inkl. solche, die Flächen auf Veloständern ausgewiesen haben. Wir wollten aber kein Projekt auslesen, bei dem wir am Schluss Probleme hatten mit diesen Reservationsflächen. Damit fing es schon an. #00:53:25-6#

06_B7_Bo	Vorgehen Umsetzung	131	131	B7: Man wusste, dass es weitere Bewilligungen brauchen würde. Aber dann gab es im Kanton Bern einen Wettbewerb für besonders nachhaltige Projekte. Da haben wir das Stöckackerprojekt eingegeben, an dem sie vor allem das Wassermanagementprojekt interessant fanden. Wir haben dann mit dem Kanton eine Vereinbarung getroffen, dass wir das Geld für die Planungen einsetzen würden. Wir haben vom Kanton 250'000.- Fr. erhalten. Wir hoffen nun, dass das Geld auch noch für Publikationen oder Öffentlichkeitsarbeit (Lehrpfad) reicht. Wir wissen, dass wir für das Bauen eine Sonderfinanzierung machen müssen. Wir haben so einen Innovationsfonds, über den wir die Mehrkosten abwickeln können. #00:54:53-5#
06_B7_Bo	Vorgehen Umsetzung	130	130	B7: ein Teil des Gewinns wird alle Jahre in einen Innovationsfonds und in einen Fonds für günstigen Wohnungsbau gespiesen. Damit subventionieren wir die Baukosten, aber nicht die Mieten. In Zürich machen sie dies anders, die Mieten sind alle gleich und die Personen, die unter einem bestimmten Einkommensniveau liegen, erhalten eine Mietvergünstigung. Wir machen das anders, wir halten die Baukosten tief (subventionieren) und sagen beispielsweise, eine Dreizimmerwohnung kostet 900.- Fr., aber die Wohnung bekommen nur Mieter, die mindestens zu zweit dort wohnen, und sie dürfen nicht mehr als ein bestimmtes Einkommen und Vermögen haben, was sie alle zwei Jahre mit der Steuererklärung nachweisen müssen. Der Mietvertrag hat dann zwei Preise, 900.- oder die Marktmiete von beispielsweise 1600.- Fr. Sobald der Mieter die Reduktionskriterien nicht mehr erfüllt, muss er die Marktmiete bezahlen. Dann muss er auch die Wohnung nicht wechseln, wenn er einen Lohnschritt macht. Zum Beispiel ein Studentenpaar, das später zum Doppelverdiener wird und die Wohnung behalten kann. #00:56:51-5#
06_B7_Bo	Vorgehen Umsetzung	135	135	B7: Es gibt im eidgenössischen Recht die Bestimmung, dass das Abwasser an eine Kanalisation angeschlossen werden muss. Es gibt die Anschlusspflicht in der Schweiz. Die müsste man hier aufheben, man müsste eine Sonderbewilligung beantragen. Zwar haben wir die Pflicht, den Kanalisationsanschluss zu machen, aber damit wir die Bewilligung erhalten, das Wasser vorher selber zu reinigen. Wir müssen auch die Anschlusskosten für die Gebäude bezahlen. Vielleicht können wir dann die Anschlussgebühren noch aushandeln, weil wir die Wassermenge und die Verschmutzung reduzieren. Also dass wir zuerst reduzieren und dann schauen, ob wir das gesamte Abwasser an die Kanalisation abgeben müssen. Das ist ein Punkt für die Sonderbewilligung. #00:59:40-1#
06_B7_Bo	Vorgehen Umsetzung	136	137	I: Das ist aber noch nicht so weit? #00:59:46-9#  B7: Nein, es war lange nicht klar, ob dies auf Bundesebene bewilligt werden muss. Aber es ist nun klar. Es ist Kantonshoheit. Bis Ende Jahr wird über den Regierungstadthalter juristisch abgeklärt, ob das über ihn geht oder wie man das beantragen muss. Das ist etwas Neues. #01:00:04-3#
06_B7_Bo	Vorgehen Umsetzung	138	139	I: Ist mit der Sonderbewilligung bezüglich Anschlusspflicht alles erledigt? #01:00:11-4#  B7: Nein, der zweite Punkt ist der Klärschlamm. Austragen darf man ihn nicht mehr. Wir gehen auch davon aus, dass, wenn man ihn in den speziellen Säcken (Geotubes, Anm. ps) austrocknen lassen möchte, eine Bewilligung benötigt wird. Und ob das vom Kanton beobachtet würde, was da passiert ... Das muss alles noch bewilligt werden. #01:00:41-2#
06_B7_Bo	Vorgehen Umsetzung	151	151	B7: Ja, wir brauchen noch mehr Lobby. Konkret die ARA-Betreiber sehen da eher Konkurrenz oder eine "Unmöglichkeit". Die sagen gerade, das geht gar nicht, statt dass sie einen Weg suchen. Wir werden auch einen Klärmeister brauchen, der die Proben nimmt. An sich möchten wir die Betreuung mit den Leuten der ARA machen, aber das war anfänglich sehr schwierig. Langsam kommt das, wir versuchen, die Leute zu integrieren und zu motivieren. Das Ganze, was Nachhaltigkeit auf dem Bau betrifft, beruht nur auf Freiwilligkeit. Wir müssten ja nichts machen, wir könnten eine Ölheizung vorsehen und fertig. Wir machen das alles freiwillig. Und die Nachhaltigkeit beruht in der Schweiz noch auf Freiwilligkeit, das ist so. Ich weiss auch nicht, ob man dies gesetzlich regeln muss, vielleicht werden die Leute auch selber vernünftig. Aber wenn ich nach Durban schaue, habe ich nicht das Gefühl, dass die Leute vernünftiger werden. #01:05:12-6#



06_B7_Bo	Vorgehen Umsetzung	173	174	B7: Möglichst früh alle Anspruchsgruppen, alle Stakeholder mit einbeziehen: Abwasserwirtschaft, Mieter etc. Ein partizipatives Vorgehen, denn wenn man Gruppen nicht einschliesst, fühlen sich diese übergangen. Wir gingen zu spät zu den Leuten der ARA. Wir dachten, wir müssen denen einen Vorschlag präsentieren. Aber wir hätten die schon am Anfang mit einbeziehen sollen. #01:17:35-5# B7: Bei anderen Projekten nehmen wir von Anfang an alle städtischen Stellen dazu. Die kommen dann und sagen, ja, was soll ich dazu sagen? Doch schon sehr früh ist das Einbeziehen wichtig, dann bekommen sie mit, was läuft. #01:18:00-2#
06_B7_Bo	Vorgehen Umsetzung	182	182	B7: Aufgrund der letzten Abklärungen heisst es: "Das Konzept lässt noch offen, ob das gereinigte Wasser a) direkt über die Kanalisation oder b) zur Bewässerung von Grünflächen benutzt werden soll. Für Fall b) sind im Nebenfall auch die Abklärungen für eine Ausnahmegewilligung auch vom BAFU (der Bundesbehörde) notwendig. Sonst ist es das AWA (kantonale Behörde). So wie ich spüre, muss zuerst die kantonale Behörde überzeugt werden und danach muss die Bewilligung beim Bund eingereicht werden. Ich glaube, die ganze Klärschlammsache ist auf Bundesebene geregelt, wie auch die Verwendung von Abwasser. Dann die Gemeinde, dies ist bei uns schwierig, weil wir (Liegenschaftsverwaltung Bern) selbst Gemeinde sind. Hier muss es der Regierungstadthalter bewilligen. Aber wenn es ein Privater ist, ist es ganz klar die Bewilligungsbehörde. Bei grösseren Gemeinden ist dies die Gemeinde selbst, aber bei kleineren Gemeinden, die diese Fachleute gar nicht haben, ...? #01:22:10-0#
06_B7_Bo	Vorgehen Umsetzung	187	188	I: Man müsste also zuerst eine Netzwerkanalyse machen und danach die Projektskizze erarbeiten und dann die Interessierten mit einbeziehen? #01:24:12-0#  B7: Ja, das wäre wohl ein guter Ansatz. Und dann am Anfang kommunizieren, was die Idee ist und wo die Ansprechpersonen dazu beitragen könnten, um so was umzusetzen. Auf dieser Ebene müsste man die Leute abholen. #01:24:30-8#
06_B7_Bo	Vorgehen Umsetzung	188	189	I: Also ein rechter Dschungel, bis man überhaupt weiss an wen man sich wenden muss? #01:22:17-7#  B7: Ja, das ist richtig. Es geht genau um dasselbe, wie bei der vorherigen Frage. Wenn ich von Anfang an gewusst hätte, wer da alles interessiert sein könnte. Dann müsste ich von diesen Stellen auch jemanden in der Arbeitsgruppe drin haben. Die nächste Schwierigkeit ist dann, dass man diese Leute von Anfang an den Tisch bekommt, zu einem Brainstorming, ohne denen zu sagen, was man genau will. Das ist eine "Schwanzbeisser-Situation". #01:23:00-3#
06_B7_Bo	Vorgehen Umsetzung	189	190	I: Aber grundsätzlich hat man eine Chance, so ein Projekt auf die Beine zu stellen, das zeigt sich jetzt hier in diesem Projekt. In welcher Phase seid Ihr jetzt? #01:24:39-3#  B7: In der Bauprojektphase. #01:24:41-2#
06_B7_Bo	Vorgehen Umsetzung	191	192	I: Dass es ein Bauprojekt gibt, zeigt ja auch, dass die Möglichkeiten da sind. #01:24:50-0#  B7: Ja, weil ich stur geblieben bin ... Ich habe mich immer wieder gewehrt gegen Versuche, mich von diesem Projekt abzubringen. Ein wesentlicher Teil war auch die Auszeichnung, die wir erhalten hatten und so war ich der Meinung, dass nicht gleich, wenn der erste Nein sagt, dieses Nein auch für das gesamte Projekt gültig ist. #01:25:116#
06_B7_Bo	Vorgehen Umsetzung	193	194	B7: Erste positive Ansätze sind nun vorhanden und man ist bereit, die Bewilligungsfähigkeit zu prüfen. #01:25:53-5# B7: Wir suchen zusammen mit Seecon auch noch Forschungspartner, beispielsweise um das Wasser und das Gas zu beproben. Oder wie sich der Schlamm zusammensetzt, etc. #01:26:49-2#

06_B7_Bo	Vorgehen Umsetzung	195	196	<p>I: Wie ist das gedacht mit dem Forschungsprojekt, denkt man an ein KTI-Projekt? #01:27:04-5#</p> <p>B7: Das weiss ich noch nicht genau. Man versucht das nun publik zu machen. Wir möchten den Betrieb über zwei, drei Jahre wissenschaftlich begleiten zu lassen. Diesen Aufwand kann man privatwirtschaftlich ja gar nicht bezahlen. #01:28:37-9#</p>
06_B7_Bo	Vorgehen Umsetzung	204	205	<p>I: Nochmals zum Schlamm. An wen müsste man eine Anfrage richten für eine Bewilligung? #01:32:52-4#</p> <p>B7: Wenn ich das richtig gelesen habe, ist Klärschlamm eidgenössisch geregelt. Es gibt ein Verbot zum Ausbringen ... Im Kanton Bern geht es sicher über das kantonale Amt für Umwelt und danach wohl über das Bundesamt für Umwelt. #01:34:08-1#</p>
06_B7_Bo	Vorgehen Umsetzung	208	208	<p>B7: Ich gehe davon aus, dass die ersten Anlaufstellen die kantonalen Umweltämter sind, je nachdem, wie diese strukturiert sind. In Bern ist alles, Wasser, Energie und Abwasser, in derselben Direktion, bei einer Regierungsvertreterin, bei Frau Egger. Vielleicht ist dies in anderen Kantonen getrennt. #01:35:53-4#</p>
06_B7_Bo	Vorgehen Umsetzung	210	210	<p>B7: Die Vorschriften sind ja von hier aus (Bund) erstellt worden. Die Klärschlammverordnung wurde auf Bundesebene erstellt und der Kanton muss sie umsetzen. Der hat dann die entsprechenden Verordnungen geschrieben. Wenn man sich vom Verbot der Ausbringung von Klärschlamm distanzieren möchte, dann müsste man begründen, weshalb. Die ARA Bern trocknet Klärschlamm zurzeit, er wird in einem Turm in einen warmen Luftraum hineingeschleudert. Dadurch entsteht ein Granulat, das der Zementindustrie als Ersatz für Schlacke verkauft wird. #01:36:48-9#</p>
06_B7_Bo	Vorgehen Umsetzung	246	247	<p>I: Wer sind denn Ihre Verbündeten? Ich stelle mir vor, dass das alles sehr anstrengend ist. Man hat eine Idee und kämpft gegen viele Widerstände. Sind Sie da alleine oder ...? #01:56:11-0#</p> <p>B7: Ja, es ist schon schwierig, ... ich halte immer wieder daran fest, dass das Projekt schon mal ausgezeichnet wurde vom Kanton. Dann könnt Ihr das Projekt nun nicht einfach begraben und sagen, das ist nicht bewilligungsfähig. Die Architekten finden es schon interessant und helfen mit. Aber ich bin dran, wir brauchen in der Politik noch ein paar Zugewandte, die mitarbeiten. Ab und zu werde ich darauf angesprochen, aber es ist halt nicht so spektakulär, wie wenn man sagen kann, man hat ein Nullenergiehaus gemacht. Daher gibt es noch nicht so viele, die daran glauben, ausser diejenigen, die sich damit beschäftigen. Wir haben noch keine grosse Anhängerergemeinde zusammen. Aber immer wenn ich mit jemandem rede, spüre ich eine positive Resonanz. Ich habe schon Einzelne, die dann auch bei der Finanzierung mithelfen wollen, auch seitens Politikern. Am Schluss geht das Projekt vors Volk. Ich habe immer noch die Hoffnung, dass das alles mit den anderen Projektteilen, mit Energie, 2000 Watt etc., dass ich das in diesem "Fahrwasser" mitnehmen kann. Obwohl, wenn ich ein normales Haus bauen würde, das wäre wohl nicht möglich. Das ist auch die Taktik, dass das ein Bestandteil des Ganzen ist, obwohl das mit der 2000-Watt-Gesellschaft nichts zu tun hat. #01:58:168#</p>
06_B7_Bo	Vorgehen Umsetzung	249	249	<p>B7: Und ich hoffe nun, dass bei diesem einen Projekt, bei dem Wasser schon beim Wettbewerb ein Thema war und das Projekt auf diese Kriterien beurteilt worden war ... Wir haben Projekte rausgeschmissen, weil sie die Anforderungen bezüglich Wasser nicht erfüllten. Das war damals ein Beurteilungskriterium, die 500m2 Oberfläche für den Sandfilter. Wenn man diesen Projektteil nun absterben lässt, dann stellt man auch den damaligen Jury-Entscheid wieder infrage. #02:00:12-7#</p>
06_B7_Bo	Vorgehen Umsetzung	251	251	<p>B7: Klar, das ist schon ein Druckmittel. Darum habe ich das Gefühl, dass dieses Projekt echt eine Chance hat, weil es als Ganzes in einem ganzen Konglomerat mit verschiedenen interessanten Ansätzen in dieser Siedlung mithalten kann. Und hoffentlich daraus Erkenntnisse entstehen, die weitere Projekte entstehen lassen. Das sind meine Verbündeten; das Gesamtkonzept. #02:00:52-0#</p>

06_B7_Bo	Vorgehen Umsetzung	263	264	B7: Ein Publizist hier in Bern, der hat mich von Anfang an bei diesem Projekt begleitet in der Kommunikation. Zuerst mussten wir kommunizieren, dass wir 100 Wohnungen abreißen werden. Das ist die erste grössere Siedlung in Bern, die rückgebaut wird. Bei ihm finde ich Unterstützung. #02:13:17-9# B7: Wir gingen zu jeder Fraktion, das Projekt vorstellen. Damit die wissen, worum es geht. Aber inzwischen wissen sie, dass wir etwas Gutes machen. #02:14:07-8#
06_B7_Bo	Vorgehen Umsetzung	265	265	B7: Im Juni nächstes Jahr (2012, Anm. ps) wird über die Überbauungsordnung abgestimmt, im September wird der Kredit geholt. 2013 werden wir mit Bauen beginnen. #02:14:16-5#

## 9 ANHANG C (ERFASSUNGSBÖGEN)

Im Anhang C befinden sich die Erfassungsbögen. Sie bieten detaillierte Informationen über Erfahrungen und Erkenntnisse der Nutzer. Die Erfassungsbögen wurden durch die Autorin anhand von Literaturrecherchen ergänzt, sind jedoch mangels vorhandener Daten oft lückenhaft. Die Quellen für die Erfassungsbögen sind unter dem jeweiligen Projekt unter Punkt 9 (Weitere Bemerkungen) zu finden.

## Inhaltsverzeichnis

1.1 Wohnsiedlung "DEUS 21", D-Knittlingen bei Pforzheim.....	3
1.2 "NMRH", Neue Monte Rosa Hütte SAC, CH-Zermatt.....	8
1.4 Wohnkolonie "Laughing Waters", Bangalore, Indien .....	14
2.1 Ökologische Siedlung Flintenbreite, D-Lübeck .....	19
2.2 Mietwohnungen "KOMPLETT", D-Oberhausen .....	24
2.4 Hotel Arabella, D-Offenbach.....	29
2.5 Hotel am Kurpark Späth, D-Bad Windsheim.....	34
3.1 Überbauung "Solar City" in Pichling, A-Linz .....	39
3.3 Stranddorf Augustenhof, D-Grube.....	45
3.4 "Forum Chriesbach", Eawag, CH-Dübendorf .....	49
4.1 a) "SCST", Wohnhaus, Klärwerk Stahnsdorf, D-Berlin .....	54
4.1 b) "SCST", Wohnhaus, Klärwerk Stahnsdorf, D-Berlin .....	60
4.6 "SANIRESCH", Bürogebäude der GIZ, D-Eschborn .....	65
5.1 Ökosiedlung Allermöhe, D-Hamburg .....	72
5.2 Waldquellesiedlung, D-Bielefeld.....	77
6.1 Gemeinschaftswohnheim "Gebers", S-Orhem .....	82
6.2 Ecotown Erdos, Dongsheng Distrikt, Innere Mongolei, China .....	87



### 3.0 Technischer Beschrieb der Abwasservorbehandlungsanlage als gesamtes System

#### Zuordnung zum System

3.1 System, Art der Stoffstromtrennung<sup>1</sup> (bitte nur 1 System ankreuzen)

1.) 1-Stoffstromsystem (Schmutzwasser, alle Abwässer gemischt)

2.) Schwarzwasser 2-Stoffstromsystem (Grauwasser getrennt von Schwarzwasser)

3.) Urintrennung 2-Stoffstromsystem (Gelbwasser getrennt von Braun- und Grauwassergemisch)

4.) Urintrennung 3-Stoffstromsystem (Gelbwasser, Grauwasser, Braunwasser einzeln prozessiert)

5.) Fäkalien 2-StStS mit Trockentoiletten (Grauwasser getrennt von Trockenfäzes- und Uringemisch)

6.) Urintrennung 3-StStS mit Trockentoiletten (Grauwasser, Trockenfäzes, Urin einzeln prozessiert)

#### Die einzelnen Prozesskomponenten<sup>2</sup>

3.2 Benutzerschnittstellen für Gelb- und Braun- und Schwarzwasser

Wassergespülte Toiletten  Schwerkraftsystem<sup>oder</sup>  Vakuumsystem<sup>möglich</sup>

Trenntoiletten (NoMix)  Schwerkraftsystem  Vakuumsystem

Trockentoiletten (ohne Wasserspülung)

Wassergespülte Urinoire  Schwerkraftsystem<sup>oder</sup>  Vakuumsystem<sup>möglich</sup>

Wasserlose Urinoire  Schwerkraftsystem<sup>oder</sup>  Vakuumsystem<sup>möglich</sup>

**3.3 Schnittstelle für Grauwassererfassung**

Lavabo  Dusche  Badewanne  Spüle Küche

Geschirrspüler  Waschmaschine

3.4 Schnittstelle für Regenwassergewinnung k. A., jedoch Regenwasser wird gesammelt.

Fläche: ..... m<sup>2</sup> Erf. Menge: ..... l/y

Material der Eindeckung: ..... Dachform: .....

3.5 Sammlung und Lagerung

Urintank  Klärgrube  Kompostkammer  Biogas Reaktor

Weitere: Regenwasserspeicher .....

3.6 Transport des Abwassers

Innerhalb Gebäude:  Schwerkraftsystem  Vakuumsystem (optional)

Ausserhalb Gebäude:  Schwerkraftsystem  Tankwagen Vakuumsystem

Bemerkungen: Hauseigene Übergabestation vom Schwerkraftsystem an die Vakuumleitung. ....

<sup>1</sup> Systembezeichnungen gemäss Longdong, J., (2008). Neuartige Sanitärsysteme. Weimar, Bauhaus-Universität Weimar, S. 37.  
<sup>2</sup> Systematik gemäss Tilley, Elizabeth et al. (2008). Compendium of Sanitation Systems and Technologies. Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag). Dübendorf, Switzerland. S 13.

3.7 Prozesskomponenten zur Behandlung der einzelnen Stoffströme

Gr: Grauwasser<sup>3</sup> S: Schwarzwasser<sup>4</sup> B: Braunwasser<sup>5</sup> F: Fäzes trocken<sup>6</sup>  
 Fk: Fäkalien<sup>7</sup> G: Gelbwasser<sup>8</sup> U: Urin<sup>9</sup> R: Regenwasser  
 (Vorreinigung, Grobreinigung, Feinreinigung, Nachbehandlung z.B. Grobfiltrierung, Belebtschlamm-Verfahren, Membranfiltration, UV-Desinfektion, etc.)  
 Geschätzte Mengen mit \* bezeichnen

StSt.	Prozesskomponente(n)	Funktion, Wasserqualität	Produkttyp, Hersteller
S	Übergabestation an Vakuumleitung	häusliches Abwasser sammeln und an Vakuumleitung übergeben	
S	Vakuumpumpe	häusliches Abwasser transportieren	
S	Abwasseraufbereitung	Abwasser aufbereiten zur Einleitung in den Vorfluter	
R	Regenwasserspeicher 325 m3	Anfallendes Regenwasser speichern	
R	Pflegewasseraufbereitung	Regenwasser auf Trinkwasserqualität aufbereiten; es entsteht Pflegewasser	
R	Pflegewasserspeicher	Pflegewasser speichern	

3.8 Verwendung, Entsorgung, Deponie der einzelnen Stoffströme

Produkt	Menge	Einheit	Verwendung, Transport
Trinkwasser		m <sup>3</sup> /y	
Brauchwasser		m <sup>3</sup> /y	
Urin		l/y	
Getr. Fäzes		m <sup>3</sup> /y	
Kompost		m <sup>3</sup> /y	
Klärschlamm		m <sup>3</sup> /y	
Biogas		m <sup>3</sup> /y	
Energie		kWh/y	
	k. A.		

<sup>3</sup> Stoffstrom aus Lavabo, Dusche, Badewanne, Küchenspüle, Geschirrspüler, Waschmaschine, etc.  
<sup>4</sup> Stoffstrom aus Mischtoilette mit Wasserspülung; Vakuum- oder Schwerkraft  
<sup>5</sup> Stoffstrom aus Trenntoilette mit Wasserspülung  
<sup>6</sup> Stoffstrom aus Trockentoilette (ohne Wasserspülung)  
<sup>7</sup> Stoffstrom aus Toilette ohne Wasserspülung (nur Urin und Fäzes)  
<sup>8</sup> Stoffstrom aus Trenntoilette und Urinal mit Wasserspülung  
<sup>9</sup> Stoffstrom aus Trenntoilette und Urinal ohne Wasserspülung

#### 4.0 Vergleichswerte der einzelnen Prozesskomponenten

Bitte pro Prozesskomponente Blatt 4.0 einzeln ausfüllen (diese Seite kopieren).

4.1 Bezeichnung der Komponente:	
4.2 Kurzbeschreibung der Komponente:	
4.3 Volumenstrom:	m3/d
4.4 Mindestmenge Volumenstrom:	m3/d
4.5 Höchstmenge Volumenstrom:	m3/d
4.6 Energieverbrauch der Komponente:	kWh/d
4.7 Materialverbrauch pro Jahr:	
4.8 Flächenbedarf der Komponente:	m2
4.9 Anschaffungskosten der Komponente Preis inkl. Lieferung und Montage:	€
4.10 Personalkosten für Betrieb- und Unterhalt pro Jahr:	€/y
4.11 Materialkosten für Betrieb- und Unterhalt pro Jahr:	€/y
4.12 Bemerkungen zur Robustheit und Wartung der Komponente Anzahl Betreuungseinsätze pro Jahr: Stk/y Robustheit, Fehleranfälligkeit:	Std/y
4.13 Technische Betreuung der Komponente <input type="checkbox"/> durch betriebsinternen Techniker <input type="checkbox"/> durch Personal der Herstellerfirma Schwierigkeitsgrad der Betreuung: <input type="checkbox"/> hoch <input type="checkbox"/> mittel <input type="checkbox"/> niedrig	
4.14 Weitere Empfehlungen/Bemerkungen des Planers:	

#### 5.0 Wasserqualität

Aufgrund von ungenügender Wasserqualität fehlt die Bewilligung zur Wiederverwendung des Regenwassers.

5.1 Resultierende Wasserqualität entspricht den Qualitätsanforderungen für

<input type="checkbox"/> Toilettenspülung	aus:	<input type="checkbox"/> Grauw.	<input type="checkbox"/> Schwarz-/ Braunw.
<input type="checkbox"/> Eingeschränkte Verwendung als Bewässerungswasser	aus:	<input type="checkbox"/> Grauw.	<input type="checkbox"/> Schwarz-/ Braunw.
<input type="checkbox"/> Uneingeschränkte Verwendung als Bewässerungswasser	aus:	<input type="checkbox"/> Grauw.	<input type="checkbox"/> Schwarz-/ Braunw.
<input type="checkbox"/> Trinkwasser und Badegewässer	aus:	<input type="checkbox"/> Grauw.	<input type="checkbox"/> Schwarz-/ Braunw.
<input type="checkbox"/> Einleitung/Versickerung von Grau- und Regenwasser	aus:	<input type="checkbox"/> Grauw.	<input type="checkbox"/> Schwarz-/ Braunw.

#### 5.2 Überprüfung der Wasserqualität

Anhand welcher Indikatoren wird die Wasserqualität überprüft?     intern     extern

#### 5.3 Anforderung an Wasserqualität und Verwendung

- Ja, die Wasserqualität entspricht den Anforderungen
- Nein, die Anlage wurde nachgerüstet damit die Wasserqualität den Anforderungen entspricht.
- Nein, das resultierende Wasser wird für qualitativ niedrigere Zwecke verwendet als ursprünglich geplant.

Bemerkungen: Nein.

Bis heute fehlt die Bewilligung zum Gebrauch des Brauchwassers aus dem Regenwassertank. Aufgrund von Auswaschungen aus Fassaden entstehen diffuse Verunreinigung durch Schadstoffe, welche bislang aus dem Wasser nicht vollständig entfernt werden konnten. Verschiedene Versuche das Problem zu lösen führten noch zu keinem befriedigenden Ergebnis. Zur Zeit ist noch unklar, wie damit umgegangen werden soll.



### 6.0 Kosten keine Angaben

6.1 Erstellungskosten der Abwasseraufbereitungsanlage						
P.	Leistung	Stufe	Anz.	Einheitspreis	Gesamtpreis	W.
1						€
2						€
3						€
4						€
5						€
6						€
7						€
8						€
Total						0 €
☐ Bemerkungen: .....						
6.2 Erstellungskosten Leitungsnetz innerhalb des Gebäudes						€
Davon Kosten für doppeltes Leitungsnetz						€
☐ Bemerkungen: .....						
6.3 Erstellungskosten der Benutzerschnittstellen (Toiletten, Urinale)						
P.	Leistung	Anz.	Einheitspreis	Gesamtpreis	W.	
1	Toiletten					€
2	Urinale					€
Total						0 €
6.4 Vorbereitungskosten für Planung, Gebühren, etc.						
P.	Leistung	Anz.	Einheitspreis	Gesamtpreis	W.	
1	Planungskosten Vorprojekt Arch. und Fachplaner					€
2	Bewilligungskosten					€
3	Förderbeiträge					€
Total						0 €
☐ Bemerkungen: .....						
6.5 Jährliche Betriebskosten der gesamten Anlage						
P.	Leistung	Anz.	Einheitspreis	Gesamtpreis	W.	
1	Stromkosten für Betrieb der ges. Anlage					€
2	Personalkosten für Wartung und Unterhalt					€
3	Materialkosten für Wartung und Unterhalt					€
4						€
Total						0 €
Davon Anteil Grauwasserbehandlung:		Schwarz-/Braunwasserbehandlung:				
6.6 Einnahmen aus Verkauf resp. Rückspeisung von Ressourcen						€/y
☐ Bemerkungen: .....						
6.7 Bemerkungen zu Mehr-/Minderkosten Bau, Betrieb, Unterhalt						

### 7.0 Nutzerakzeptanz

7.1 Information und Einführung für Nutzer	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein
7.2 Verhaltensänderungen bei den Nutzern aufgrund des neuartigen Sanitärsystems	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja <b>Bemerkungen:</b> .....	
7.3 Einschränkungen für die Nutzer aufgrund des neuartigen Sanitärsystems	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja <b>Bemerkungen:</b> .....	
7.4 Anwenderfreundlichkeit der Benutzerschnittstelle (Toilette, Urinal)	Toilette Typ: ..... <input type="checkbox"/> keine <input type="checkbox"/> positive <input type="checkbox"/> negative <b>Bemerkungen</b>	
	Urinal Typ: ..... <input type="checkbox"/> keine <input type="checkbox"/> positive <input type="checkbox"/> negative <b>Bemerkungen</b>	
	<b>Bemerkungen:</b> .....	
7.5 Mehraufwand für Nutzer aufgrund des neuartigen Sanitärsystems	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja <b>Bemerkungen:</b> .....	
7.6 Probleme oder negative Rückmeldungen bezüglich Gesundheit und Hygiene	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> <b>Bemerkungen:</b> .....	
7.7 Geruchsemissionen	<input type="checkbox"/> keine Geruchsbelästigung <input type="checkbox"/> wenig, ab und zu Geruchsbelästigung	
	<input type="checkbox"/> mittelstark, oft Geruchsbelästigung <input type="checkbox"/> starke Geruchsbelästigung	
	<b>Bemerkungen:</b> .....	
7.8 Nutzerakzeptanz	<input type="checkbox"/> Positive Reaktionen: <input type="checkbox"/> keine <input type="checkbox"/> vereinzelte <input type="checkbox"/> viele	
	<input type="checkbox"/> Negative Reaktionen: <input type="checkbox"/> keine <input type="checkbox"/> vereinzelte <input type="checkbox"/> viele	
	<b>Bemerkungen:</b> .....	
7.9 Empfehlungen/Bemerkungen der Nutzer:		

Ergebnisse der Akzeptanzstudie (26 Haushalte, Befragung 2009/2010, Einzug der Nutzer 2005/2006):

- Alle Haushalte sahen vor, Pflegewasser zu nutzen:
- 88 % zur Toilettenspülung und/oder für den Garten
- 70 % für die Waschmaschine
- 15% für den Geschirrspüler
- Von den 26 HH verfügen acht HH über eine Vakuumleitung ins Haus, wovon fünf eine Vakuumtoilette besitzen
- Ökologische Überlegungen führten zum Entscheid zum Einbau einer Vakuumtoilette im eigenen Haus
- höhere Kosten führten dazu die Vakuumleitung nicht ins hinein Haus zu führen
- 54% der Befragten gaben an, Waschmittel nach dem Härtegrad des Wassers zu bemessen
- 88% bewässern im Sommer den Garten



## 8.0 Dokumentation

Zusätzliche Unterlagen:

<input type="checkbox"/> Technisches Fließschema der Anlage ( <i>wichtig</i> )
Pläne
<input type="checkbox"/> Situation/Gesamtübersicht
<input type="checkbox"/> Grundrisse (z.B. <i>typisches Geschoss</i> )
<input type="checkbox"/> Schnitte mit Steigzonen
<input type="checkbox"/> Technikraum
<input type="checkbox"/> Nasszellen Steigzonen, etc.
( <i>Massstäbliche Pläne der für die Abwasservorbehandlungsanlage relevanten Räume</i> )
<input type="checkbox"/> Fotos einzelner Systemkomponenten

Ergebnisse
<input type="checkbox"/> Ja gerne, ich möchte in den Vereiler für die fertige Masterarbeit aufgenommen werden. Meine Mailadresse: .....
<input type="checkbox"/> Nein danke.

## 9.0 Weitere Bemerkungen

Bitte versehen Sie die Bemerkungen mit den Positionsnummern aus dem Fragebogen.

1.5 * Schätzung: 105 Parzellen x ca. 3.3 Personen ((1), S. 186)
2.5 Energieverbrauch für Regenwasseraufbereitung zu Pflegewasser ((1), S 81, 82) 0.6 kWh/m3 Wasser.
Quellen: Der Erfassungsbogen konnte nur sehr beschränkt ausgefüllt werden. In der Abschlussstudie DEUS21 (1) werden viele der gefragten Parameter nicht aufgeführt. Weitere Angaben waren von der zuständigen Stelle am Fraunhofer Institut vorläufig nicht erhältlich. Im nächsten halben Jahr werden zwei Doktorarbeiten mit neuen Ergebnissen publiziert. (1) Hiessl Harald, Hillenbrand Thomas (2010): Dezentrales Urbanes InfrastrukturSystem DEUS 21. Abschlussbericht. Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung. Karlsruhe.
Beteiligte: Fraunhofer Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB, Prof. Dr. Walter Trösch Fraunhofer Institut System und Innovationsforschung EnBW Energie Baden-Württemberg AG Dipl.-Ing. Hellmuth Frey Eisenmann Maschinenbau KG Dr.-Ing. Peter Börgardts Kerafol GmbH Dipl.-Ing. Franz Koppe Roediger Vacuum GmbH GEMÜ Gebrüder Müller Apparatebau GmbH & Co. KG Gebr. Bethmer GmbH Maschinenfabrik

**ERFASSUNGSFORMULAR FÜR PILOTPROJEKTE**

**1.0 Angaben zum Projekt**

**1.2**

1.1 Projekttitle: 1.2 Neue Monte Rosa Hütte, SAC, CH-Zermatt

1.2 Adresse: Monte Rosa Massiv, 3920 Zermatt

1.3 Gebäudetyp  Neubau Baujahr: 2010  
 Umbau Erstellt: Umgebaut:

1.4 Gebäudenutzung  Wohnen  Arbeiten  andere Hütte

1.5 Grösse Arealfläche: m2 BGF: 899 m2  
 Anz. Gebäude: 1 Anz. Stockwerke: 5 Anz. Bewohner: 120 Betten

1.6 Hygieneräume Anz. Nasszellen: 4 Anz. Toiletten insges.: 7 EW-  
 Anz. Urinale insges.: 3 Gleichwert: 55

1.7 Kanalisationsnetz  
 Das Areal/Gebäude ist innerhalb eine Kanalisationsnetzes  
 Das Areal/Gebäude ist ausserhalb eine Kanalisationsnetzes  
 Das Areal/Gebäude ist an das Kanalisationsnetzes angeschlossen  
 Das Areal/Gebäude ist nicht an das Kanalisationsnetzes angeschlossen

1.8 Spezielle Hinweise, bauliche Bedingungen und Restriktionen:  
 - 2880 m ü.M., Autarke Anlage für Energie und Wasser  
 - BNL Gebiet (Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmäler von nationaler Bedeutung),  
 - SAC Hütte (Schweizerischer Alpenclub)

1.9 Ortsspezifische Bedingungen, weitere Bemerkungen:  
 Die Neue Monte Rosa Hütte ist ein Forschungs- und Demonstrationsobjekt der ETH mit Schwerpunkt Energie auf 3000 m ü.M. Das Gebäude kann nur zu Fuss, mit Skiern oder per Helikopter erreicht werden, daher sollte es weitgehendst (70-90%) Energie- und Wasser-autark, die technischen Lösungen möglichst robust sein. Unter erschwerten Bedingungen sollten innovative Konzepte getestet werden um deren Einsatz unter Normalbedingungen zu befördern. Um einen sparsamen Energie- und Ressourceneinsatz zu gewährleisten werden Besucher- und Wetterprognosen mit der Gebäudetechnik zu einem Gesamtsystem verknüpft.  
 Das Energiekonzept beinhaltet eine Fotovoltaikanlage, deren produzierter Strom in Batterien gespeichert wird, Solarkollektoren zur Wärmeerzeugung, ein Lüftungssystem mit Wärmeverteilung sowie Wärmerückgewinnung. Gekocht wird mit Gas, sobald die Batterien mit dem Solarstrom gefüllt sind steht der Stomüberschuss für die Küche zur Verfügung. Auch die Wasserver- und -entsorgung wird der Situation angepasst.  
 Frischwasser wird während wenigen Monaten durch anfallendes Schmelzwasser gewonnen und in einer Kaverne gelagert, wovon die Frischwassernutzung für das ganze Jahr gespeist wird. Das Abwasser wird über die Mikrofilteranlage gereinigt und als Brauchwasser sowie zur WC-Spülung wiederverwendet. Überflüssiges Wasser wird versickert.  
 Die Hütte ist sehr populär und wird auch von vielen Tagesgästen besucht.

**2.0 Vergleichswerte zur gesamten Abwasservorbehandlungsanlage**

2.1 Kurzbeschreibung der Anlage:  
 Bei der Anlage handelt es sich um eine vollbiologische Kläranlage mit getauchten synthetischen, polymeren Flachmembranen mit sehr kleinen Poren (>35 nm). Die Membranen sichern den vollständigen Rückhalt der Biomasse. Dadurch wird mit einem höheren Schlammalter gearbeitet, was unter anderem den Vorteil hat, dass auch auf kleinstem Platz der biologische Prozess zum Abbau der Kohlen- und Stickstoffe sichergestellt wird – auch bei stark schwankendem hydraulischen Zulauf

2.2 Einbaujahr der Anlage: 2010/2011

2.3 Täglicher Wasserverbrauch im Durchschnitt  
**Gesamtverbrauch:** (Jahresverbrauch für 242 Tage berechnen) 4 m3/d  
 Davon Frischwasserverbrauch: 2.2 m3/d  
 aus Grauwasseraufbereitung: 0 m3/d  
 aus Schwarz-/Braunwasseraufbereitung: 1.8 m3/d  
 aus Regenwasseraufbereitung: 0 m3/d

2.4 Bemerkung zum Volumenstrom der gesamten Anlage, Kapazität  
 Projektierte Durchflussmenge 7 m3/d Minimaler Volumenstrom 0 m3/d  
 Gemessene Durchflussmenge 6 m3/d Maximaler Volumenstrom 7 m3/d

2.5 Energieverbrauch für den Betrieb der gesamte Anlage: 6880 kWh/y Jahresmittel  
 Saison von Anfang Februar bis Ende September = 242 Tage Tages Spitzenwert: 39.7 kWh/d 28.4 kWh/d Jahresmittel

Energieverbrauch für Grauwasserreinigung:	Energieverbrauch für Schwarz-/Braunwasserreinigung:
kWh/y	6880 kWh/y
kWh/d	39.7 kWh/d

2.6 Materialverbrauch aus Unterhalt und Wartung insgesamt (pro Jahr)

Komponente	Material	Menge	Einheit
Membranfilter regeneriert	siClaro Filter	8	Stück
Ersatzteile / Verbrauchsmaterial	Feinsiebrennen, Ozonierung, Pumpen etc	Div	
Säcke für Absackanlage (Entwässerung)	PP-Material	150	Stück
Flockungsmittel	Polymer	240	Liter

2.7 Fläche und Raumhöhe der technischen Räume (auch Aussenräume/ -flächen)

Raumbezeichnung	Raumhöhe in m	Fläche in m2
ARA Raum	3	25
Kaverne für Schmelzwasser 200 m3	2	100.0
<b>Total</b>		<b>125.0</b>

2.8 Eignung des Abwasservorbehandlungssystems für den Einbau bei Sanierungen  
 System in Altbau einbaubar  
 System während laufender Nutzung des Gebäudes einbaubar.  
 **Bemerkungen:** Anlage speziell geeignet an Orten mit knappen Platzverhältnissen, modular aufbaubar

\* Schätzung

### 3.0 Technischer Beschrieb der Abwasservorbehandlungsanlage als gesamtes System

#### Zuordnung zum System

3.1 System, Art der Stoffstromtrennung<sup>1</sup> (bitte nur 1 System ankreuzen)

1.) 1-Stoffstromsystem (Schmutzwasser, alle Abwässer gemischt)

2.) Schwarzwasser 2-Stoffstromsystem (Grauwasser getrennt von Schwarzwasser)

3.) Urinentrennung 2-Stoffstromsystem (Gelbwasser getrennt von Braun- und Grauwassergemisch)

4.) Urinentrennung 3-Stoffstromsystem (Gelbwasser, Grauwasser, Braunwasser einzeln prozessiert)

5.) Fäkalien 2-StStS mit Trockentoiletten (Grauwasser getrennt von Trockenfäzes- und Uringemisch)

6.) Urinentrennung 3-StStS mit Trockentoiletten (Grauwasser, Trockenfäzes, Urin einzeln prozessiert)

#### Die einzelnen Prozesskomponenten<sup>2</sup>

3.2 Benutzerschnittstellen für Gelb- und Braun- und Schwarzwasser

Wassergespülte Toiletten  Schwerkraftsystem  Vakuumsystem

Trenntoiletten (NoMix)  Schwerkraftsystem  Vakuumsystem

Trockentoiletten (ohne Wasserspülung)

Wassergespülte Urinoire  Schwerkraftsystem  Vakuumsystem

Wasserlose Urinoire  Schwerkraftsystem  Vakuumsystem

3.3 Schnittstelle für Grauwassererfassung

Lavabo  Dusche  Badewanne  Spüle Küche

Geschirrspüler  Waschmaschine

3.4 Schnittstelle für Regen-/ Schmelzwassergewinnung 40 m höher gelegene Kaverne 200 m<sup>3</sup>,  
 Fläche: ..... m<sup>2</sup> Erf. Menge: ..... l/y  
 Material der Eindeckung: ..... Dachform: .....

3.5 Sammlung und Lagerung

Urintank  Klärgrube  Kompostkammer  Biogas Reaktor

Weitere: .....

3.6 Transport des Abwassers

Innerhalb Gebäude:  Schwerkraftsystem  Vakuumsystem

Ausserhalb Gebäude:  Schwerkraftsystem  Tankwagen

Bemerkungen: Absacksystem aus Platzgründen - Kompostsäcke werden per Heli ins Tag geflogen

<sup>1</sup> Systembezeichnungen gemäss Longdong, J., (2008). Neuartige Sanitärsysteme. Weimar, Bauhaus-Universität Weimar, S. 37.  
<sup>2</sup> Systematik gemäss Tilley, Elizabeth et al. (2008). Compendium of Sanitation Systems and Technologies. Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag). Dübendorf, Switzerland. S 13.

3.7 Prozesskomponenten zur Behandlung der einzelnen Stoffströme  
 Gr: Grauwasser<sup>3</sup> S: Schwarzwasser<sup>4</sup> B: Braunwasser<sup>5</sup> F: Fäzes trocken<sup>6</sup>  
 Fk: Fäkalien<sup>7</sup> G: Gelbwasser<sup>8</sup> U: Urin<sup>9</sup> R: Regenwasser  
 (Vorreinigung, Grobreinigung, Feinreinigung, Nachbehandlung z.B. Grobfiltrierung, Belebtschlamm-Verfahren, Membranfiltration, UV-Desinfektion, etc.)  
 Geschätzte Mengen mit \* bezeichnen

StSt.	Prozesskomponente(n)	Funktion, Wasserqualität	Produkttyp, Hersteller
S	Fettabscheider	Abscheiden Fett ex Küche	Kessel GmbH, D-Lenting
S	Feinsiebrechnung	1 mm Lochsieb - Abtrennung Grobstoffe	Martin Membrane Systems AG, D-Warin
S	Vollbiologische Kläranlage mit getauchten Membranfiltern zur fest/flüssig Trennung des Belebtschlammes.	Nitrifizierung, Denitrifizierung und Hygienisierung des Abwassers - Brauchwasseraufbereitung zur Wiederverwendung Toilettenspülung	terraLink GmbH / siClaro, CH-Zürich
S	Ozonierung	Aufhellung des Brauchwassers für die Toilettenspülung	03 Technology AB
R	Kaverne	Lagerung von Schmelzwasser	k. A.

3.8 Verwendung, Entsorgung, Deponie der einzelnen Stoffströme

Produkt	Menge	Einheit	Verwendung, Transport
Trinkwasser		m <sup>3</sup> /y	
Brauchwasser	300	m <sup>3</sup> /y	Hygienisiertes Brauchwasser - WC-Spülung (mehrmaliges Verwenden)
restl. Brauchw.			Versickerung (nur geklärtes Brauchwasser)
Urin		l/y	
Getr. Fäzes		m <sup>3</sup> /y	
Kompost		m <sup>3</sup> /y	
Klärschlamm	k. A.	m <sup>3</sup> /y	(Klärschlamm getrocknet) per Heli ins Tal geflogen, Entsorgung
Biogas		m <sup>3</sup> /y	
Energie		kWh/y	
Abfälle	k. A.		Menge nicht bekannt

<sup>3</sup> Stoffstrom aus Lavabo, Dusche, Badewanne, Küchenspüle, Geschirrspüler, Waschmaschine, etc.  
<sup>4</sup> Stoffstrom aus Mischtoilette mit Wasserspülung; Vakuum- oder Schwerkraft  
<sup>5</sup> Stoffstrom aus Trenntoilette mit Wasserspülung  
<sup>6</sup> Stoffstrom aus Trockentoilette (ohne Wasserspülung)  
<sup>7</sup> Stoffstrom aus Toilette ohne Wasserspülung (nur Urin und Fäzes)  
<sup>8</sup> Stoffstrom aus Trenntoilette und Urinal mit Wasserspülung  
<sup>9</sup> Stoffstrom aus Trenntoilette und Urinal ohne Wasserspülung

#### 4.0 Vergleichswerte der einzelnen Prozesskomponenten

Bitte pro Prozesskomponente Blatt 4.0 einzeln ausfüllen (diese Seite kopieren).

4.1 Bezeichnung der Komponente:	vollbiologische Kärnanlage mit getauchten Ultramembranfiltern
4.2 Kurzbeschreibung der Komponente:	Vollbiologische Kläranlage mit getauchten Membranfiltern, verschiedenen Tanks für die Nitrifizierung und Denitrifizierung und Permeattank zur Vorhaltung des hygienisierten Tanks. Ueberschussschlamm sowie Grobstoffe werden über ein statisches Absacksystem entwässert.
4.3 Volumenstrom:	7 m <sup>3</sup> /d
4.4 Mindestmenge Volumenstrom:	0 m <sup>3</sup> /d
4.5 Höchstmenge Volumenstrom:	7 m <sup>3</sup> /d
4.6 Energieverbrauch der Komponente:	39 kWh/d
4.7 Materialverbrauch pro Jahr:	Ultramembranfilter - werden jährlich regeneriert Bürste für Feinsiebrechen Polymer für die Flockung der Absackanlage Säcke für das Auffangen der Grobstoffe , Revisionsmaterial
4.8 Flächenbedarf der Komponente:	15 m <sup>2</sup>
4.9 Anschaffungskosten der Komponente	
Preis inkl. Lieferung und Montage:	115'000 €
4.10 Personalkosten für Betrieb- und Unterhalt pro Jahr:	5'800 €/y
4.11 Materialkosten für Betrieb- und Unterhalt pro Jahr:	2'000 €/y
4.12 Bemerkungen zur Robustheit und Wartung der Komponente	
Anzahl Betreuungseinsätze pro Jahr:	1 Stk/y
Robustheit, Fehleranfälligkeit:	36 Std/y
4.13 Technische Betreuung der Komponente	
<input checked="" type="checkbox"/> durch betriebsinternen Techniker	<input type="checkbox"/> durch Personal der Herstellerfirma
Schwierigkeitsgrad der Betreuung:	<input checked="" type="checkbox"/> hoch <input type="checkbox"/> mittel <input type="checkbox"/> niedrig
4.14 Weitere Empfehlungen/Bemerkungen des Planers:	

#### 4.0 Vergleichswerte der einzelnen Prozesskomponenten

Bitte pro Prozesskomponente Blatt 4.0 einzeln ausfüllen (diese Seite kopieren).

4.1 Bezeichnung der Komponente:	Feinsiebrechen
4.2 Kurzbeschreibung der Komponente:	Feinsiebrechen zur Abscheidung des organischen Materials vor dem Eintritt in die Belegunbsbecken. Bestückt mit 1 mm Lochsiebung.
4.3 Volumenstrom:	7m <sup>3</sup> /h 168 m <sup>3</sup> /d
4.4 Mindestmenge Volumenstrom:	0 m <sup>3</sup> /d
4.5 Höchstmenge Volumenstrom:	7m <sup>3</sup> /h 168 m <sup>3</sup> /d
4.6 Energieverbrauch der Komponente:	0,3 kWh/d
4.7 Materialverbrauch pro Jahr:	Kein Materialverbrauch. Revision der Pumpe 1 x pro Jahr
4.8 Flächenbedarf der Komponente:	0,5 m <sup>2</sup>
4.9 Anschaffungskosten der Komponente	
Preis inkl. Lieferung und Montage:	15000 €
4.10 Personalkosten für Betrieb- und Unterhalt pro Jahr:	400 €/y
4.11 Materialkosten für Betrieb- und Unterhalt pro Jahr:	0 €/y
4.12 Bemerkungen zur Robustheit und Wartung der Komponente	
Anzahl Betreuungseinsätze pro Jahr:	Stk/y 5 Std/y
Robustheit, Fehleranfälligkeit:	Keine Fehleranfälligkeit, sehr robust
4.13 Technische Betreuung der Komponente	
<input checked="" type="checkbox"/> durch betriebsinternen Techniker	<input type="checkbox"/> durch Personal der Herstellerfirma
Schwierigkeitsgrad der Betreuung:	<input type="checkbox"/> hoch <input type="checkbox"/> mittel <input checked="" type="checkbox"/> niedrig
4.14 Weitere Empfehlungen/Bemerkungen des Planers:	

#### 4.0 Vergleichswerte der einzelnen Prozesskomponenten

Bitte pro Prozesskomponente Blatt 4.0 einzeln ausfüllen (diese Seite kopieren).

4.1 Bezeichnung der Komponente: Fettabscheider		
4.2 Kurzbeschreibung der Komponente: Fettabscheider Küchenstrom (vor Absetzbecken).		
4.3 Volumenstrom:	4L/sek	345,6 m3/d
4.4 Mindestmenge Volumenstrom:		0 m3/d
4.5 Höchstmenge Volumenstrom:	4L/sek	345,6 m3/d
4.6 Energieverbrauch der Komponente:		0,01 kWh/d
4.7 Materialverbrauch pro Jahr: Kein Material - Revision Pumpe 1 x pro Jahr		
4.8 Flächenbedarf der Komponente:		0.8 m2
4.9 Anschaffungskosten der Komponente Preis inkl. Lieferung und Montage: 17500 €		
4.10 Personalkosten für Betrieb- und Unterhalt pro Jahr:		300 €/y
4.11 Materialkosten für Betrieb- und Unterhalt pro Jahr:		0 €/y
4.12 Bemerkungen zur Robustheit und Wartung der Komponente Anzahl Betreuungseinsätze pro Jahr: Stk/y ..... 2 Std/y Robustheit, Fehleranfälligkeit: Kein Fehleranfälligkeit sehr robust		
4.13 Technische Betreuung der Komponente <input checked="" type="checkbox"/> durch betriebsinternen Techniker <input type="checkbox"/> durch Personal der Herstellerfirma Schwierigkeitsgrad der Betreuung: <input type="checkbox"/> hoch <input type="checkbox"/> mittel <input checked="" type="checkbox"/> niedrig		
4.14 Weitere Empfehlungen/Bemerkungen des Planers:		

#### 4.0 Vergleichswerte der einzelnen Prozesskomponenten

Bitte pro Prozesskomponente Blatt 4.0 einzeln ausfüllen (diese Seite kopieren).

4.1 Bezeichnung der Komponente: Ozonierung		
4.2 Kurzbeschreibung der Komponente: Ozonierung wird zur Entfärbung des Brauchwassers eingesetzt. Die hydraulische Belastung (Mehrfachspülung) wird dadurch reduziert.		
4.3 Volumenstrom:		10 m3/d
4.4 Mindestmenge Volumenstrom:		0 m3/d
4.5 Höchstmenge Volumenstrom:		10 m3/d
4.6 Energieverbrauch der Komponente:		1.2 kWh/d
4.7 Materialverbrauch pro Jahr: Dichtungen, Ventile evtl. Schläuche.		
4.8 Flächenbedarf der Komponente:		0.01 m2
4.9 Anschaffungskosten der Komponente Preis inkl. Lieferung und Montage: 12000 €		
4.10 Personalkosten für Betrieb- und Unterhalt pro Jahr:		500 €/y
4.11 Materialkosten für Betrieb- und Unterhalt pro Jahr:		0 €/y
4.12 Bemerkungen zur Robustheit und Wartung der Komponente Anzahl Betreuungseinsätze pro Jahr: Stk/y ..... 6 Std/y Robustheit, Fehleranfälligkeit: Sehr robust		
4.13 Technische Betreuung der Komponente <input checked="" type="checkbox"/> durch betriebsinternen Techniker <input type="checkbox"/> durch Personal der Herstellerfirma Schwierigkeitsgrad der Betreuung: <input type="checkbox"/> hoch <input checked="" type="checkbox"/> mittel <input type="checkbox"/> niedrig		
4.14 Weitere Empfehlungen/Bemerkungen des Planers:		

### 5.0 Wasserqualität

5.1 Resultierende Wasserqualität entspricht den Qualitätsanforderungen für

Toilettenspülung aus:  Grauw.  Schwarz-/ Brauw.

Eingeschränkte Verwendung als Bewässerungswasser aus:  Grauw.  Schwarz-/ Brauw.

Uneingeschränkte Verwendung als Bewässerungswasser aus:  Grauw.  Schwarz-/ Brauw.

Trinkwasser und Badegewässer aus:  Grauw.  Schwarz-/ Brauw.

Einleitung/Versickerung von Grau- und Regenwasser aus:  Grauw.  Schwarz-/ Brauw.

5.2 Überprüfung der Wasserqualität

Anhand welcher Indikatoren wird die Wasserqualität überprüft?  intern  extern

Die Qualität wird sowohl intern wie auch extern durch unabhängige Labors und Institutionen geprüft.

5.3 Anforderung an Wasserqualität und Verwendung

Ja, die Wasserqualität entspricht den Anforderungen

Nein, die Anlage wurde nachgerüstet damit die Wasserqualität den Anforderungen entspricht.

Nein, das resultierende Wasser wird für qualitativ niedrigere Zwecke verwendet als ursprünglich geplant.

Bemerkungen:

### 6.0 Kosten

6.1 Erstellungskosten der Abwasseraufbereitungsanlage

P.	Leistung	Stufe	Anz.	Einheitspreis	Gesamtpreis	W.
1	Fettabscheider	0	1		17500 €	
2	Feinsiebreen	1	1		15000 €	
3	Kläranlage Kompakt	2,3,4	1		100000 €	
4	Ozonierung	5	1		12000 €	
5						
6						
7						
8						
Total					144'500 €	

Bemerkungen: EMSR Technik für die Anlage waren Teil eines Sponsorings

6.2 Erstellungskosten Leitungsnetz innerhalb des Gebäudes konventionell €

~~Davon Kosten für doppeltes Leitungsnetz €~~

Bemerkungen:

6.3 Erstellungskosten der Benutzerschnittstellen (Toiletten, Urinale)

P.	Leistung	Anz.	Einheitspreis	Gesamtpreis	W.
1	Toiletten konventionell	7			€
2	Urinale konventionell	3			€
Total					0 €

~~6.4 Vorbereitungskosten für Planung, Gebühren, etc.~~

P.	Leistung	Anz.	Einheitspreis	Gesamtpreis	W.
1	Planungskosten Vorprojekt Arch. und Fachplaner				€
2	Bewilligungskosten				€
3	Förderbeiträge				€
Total					0 €

Bemerkungen:

6.5 Jährliche Betriebskosten der gesamten Anlage

P.	Leistung	Anz.	Einheitspreis	Gesamtpreis	W.
1	Stromkosten für Betrieb der ges. Anlage			1000 €	
2	Personalkosten für Wartung und Unterhalt			7000 €	
3	Materialkosten für Wartung und Unterhalt			2000 €	
4					€
Total					10'000 €

~~Davon Anteil Grauwasserbehandlung:-~~ Schwarz-/Braunwasserbehandlung: 10'000

~~6.6 Einnahmen aus Verkauf resp. Rückspeisung von Ressourcen €/y~~

Bemerkungen:

~~6.7 Bemerkungen zu Mehr-/Minderkosten Bau, Betrieb, Unterhalt~~

## 7.0 Nutzerakzeptanz

7.1 Information und Einführung für Nutzer	<input checked="" type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein
7.2 Verhaltensänderungen bei den Nutzern aufgrund des neuartigen Sanitärsystems	<input type="checkbox"/> nein	<input checked="" type="checkbox"/> ja
Bemerkungen: .....		
7.3 Einschränkungen für die Nutzer aufgrund des neuartigen Sanitärsystems	<input checked="" type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> ja
Bemerkungen: .....		
7.4 Anwenderfreundlichkeit der Benutzerschnittstelle (Toilette, Urinal)		
Toilette Typ: .....	<input type="checkbox"/> keine	<input type="checkbox"/> positive <input type="checkbox"/> negative
Urinal Typ: .....	<input type="checkbox"/> keine	<input type="checkbox"/> positive <input type="checkbox"/> negative
Bemerkungen: Das Spülwasser weist leichte Verfärbungen auf; daher gab es anfänglich Reklamationen und mehrmaliges Spülen. Das Anbringen einer Besucherinformation konnte das Problem beheben.		
7.5 Mehraufwand für Nutzer aufgrund des neuartigen Sanitärsystems		
<input type="checkbox"/> nein	<input checked="" type="checkbox"/> ja	Bemerkungen: Schwarz/Grauwasseraufbereitung in Brauchwasser ist komplex*
7.6 Probleme oder negative Rückmeldungen bezüglich Gesundheit und Hygiene		
<input checked="" type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> Bemerkungen: .....
7.7 Geruchsemissionen		
<input type="checkbox"/> keine Geruchsbelästigung	<input checked="" type="checkbox"/> wenig, ab und zu Geruchsbelästigung	
<input type="checkbox"/> mittelstark, oft Geruchsbelästigung	<input type="checkbox"/> starke Geruchsbelästigung	
Bemerkungen: Absackanlage ist im Raum nicht gekapselt - Geruchsemission entsteht beim Abfüllen der Säcke		
7.8 Nutzerakzeptanz		
<input type="checkbox"/> Positive Reaktionen:	<input type="checkbox"/> keine	<input checked="" type="checkbox"/> vereinzelte <input type="checkbox"/> viele
<input type="checkbox"/> Negative Reaktionen:	<input type="checkbox"/> keine	<input checked="" type="checkbox"/> vereinzelte <input type="checkbox"/> viele
Bemerkungen: .....		
7.9 Empfehlungen/Bemerkungen der Nutzer:		
* damit ist gemeint, dass das Techniksystem anspruchsvoll ist für die Personen, die es betreuen. Schulung des Personals war notwendig.		

## 8.0 Dokumentation

Zusätzliche Unterlagen:

<input checked="" type="checkbox"/> Technisches Fließschema der Anlage ( <i>wichtig</i> )
Pläne
<input type="checkbox"/> Situation/Gesamtübersicht
<input type="checkbox"/> Grundrisse (z.B. <i>typisches Geschoss</i> )
<input type="checkbox"/> Schnitte mit Steigzonen
<input type="checkbox"/> Technikraum
<input type="checkbox"/> Nasszellen Steigzonen, etc.
( <i>Massstäbliche Pläne der für die Abwasservorbehandlungsanlage relevanten Räume</i> )
<input type="checkbox"/> Fotos einzelner Systemkomponenten

### Ergebnisse

<input checked="" type="checkbox"/> Ja gerne, ich möchte in den Vereiler für die fertige Masterarbeit aufgenommen werden.
Meine Mailadresse:
<input type="checkbox"/> Nein danke.

## 9.0 Weitere Bemerkungen

Bitte versehen Sie die Bemerkungen mit den Positionsnummern aus dem Fragebogen.

Zur Aufbereitung des Brauchwassers wird Grau- wie Schwarzwasser verwendet, einerseits aufgrund der engen Platzverhältnisse, andererseits fällt durch die bestehende Wasserknappheit auf der Hütte (ausserhalb der Küche) wenig Grauwasser an.  
(Zysteme wird gefüllt mit Schmelz- resp. Regenwasser - bei hoher Knappheit mit Helikopterversorgung.)

Quellen: Der Erfassungsbogen wurde von Hr. Matthias Sulzer von Lauber IWISA AG, Naters ausgefüllt. Aufgrund eines Telefongesprächs und folgender Quellen wurde er von ps ergänzt:

- Sulzer Matthias, Menti Urs-Peter (2010): Neue Monte-Rosa-Hütte. Insellösung mit Festlandpotential. 16. Status-Seminar "Forschen und Bauen im Kontext von Energie und Umwelt", ETH-Zürich.
- Datenblatt Martin: MBR Neue Monte Rosa Hütte, Schweiz. Baudaten.  
[http://www.siclaro.ch/de/referenzen/downloads/Prospekt\\_Monte\\_Rosa\\_DE.pdf](http://www.siclaro.ch/de/referenzen/downloads/Prospekt_Monte_Rosa_DE.pdf) (07.11.11)

Beteiligte:

Bauherrin: Sektion Monte Rosa des SAC (Schweizer Alpen Club).

Architektur und Konstruktion: ETH Zürich, Studio Monte Rosa und Daniel Ladner, Bearth & Deplazes Arch. AG, Chur.

Energie- und Gebäudetechnik: Lauber IWISA AG, Naters, Hr. Sulzer.

Projektpartner: Hochschule Luzern, Horw.



**ERFASSUNGSFORMULAR FÜR PILOTPROJEKTE**

**1.0 Angaben zum Projekt**

**1.4**

1.1 Projekttitel: 1.4 Wohnkolonie Laughing Waters			
1.2 Adresse: Laughing Waters, Old Airport Road, Bangalore/India			
1.3 Gebäudetyp	<input checked="" type="checkbox"/> Neubau	Baujahr: ab 1994	
	<input type="checkbox"/> Umbau	Erstellt:	Umgebaut:
1.4 Gebäudenutzung	<input checked="" type="checkbox"/> Wohnen	<input type="checkbox"/> Arbeiten	<input type="checkbox"/> andere ....
1.5 Grösse	Arealfläche: 16m <sup>2</sup> ha	320 WE	BGF: m <sup>2</sup>
	Anz. Gebäude: 320	Anz. Stockwerke:	Anz. Bewohner: 1600
1.6 Hygieneräume	Anz. Nasszellen:	Anz. Toiletten insges.:	Anz. Urinale insges.:
1.7 Kanalisationsnetz			
<input type="checkbox"/> Das Areal/Gebäude ist innerhalb eine Kanalisationsnetzes			
<input type="checkbox"/> Das Areal/Gebäude ist ausserhalb eine Kanalisationsnetzes			
<input type="checkbox"/> Das Areal/Gebäude ist an das Kanalisationsnetzes angeschlossen			
<input checked="" type="checkbox"/> Das Areal/Gebäude ist nicht an das Kanalisationsnetzes angeschlossen			
1.8 Spezielle Hinweise, bauliche Bedingungen und Restriktionen:			
Das Abwasser muss selber gereinigt werden, da keine Anschlussmöglichkeit an eine zentrale ARA ausserhalb der Siedlung vorhanden ist. Die Gebäude entwässern über ein siedlungsinternes Kanalnetz (Schwerkraft) in die drei dezentralen Kläranlagen mit Kapazitäten von 150m <sup>3</sup> /d, 65m <sup>3</sup> /d, 5m <sup>3</sup> /d.			
1.9 Ortsspezifische Bedingungen, weitere Bemerkungen:			
Das Siedlungsgebiet "Laughing Water" an der Peripherie der Stadt Bangalore wurde 1994 freigegeben, um für eine gehobene Bevölkerungsschicht auf rund 16 ha 320 Landparzellen zur Bebauung anzubieten. Die Siedlung konnte wegen ihrer peripheren Lage und der schnellen, unkontrollierten Wachstum der Stadt nicht an die städtische Wasserversorgung und Kanalisation angeschlossen werden. Die Siedlung wird über Grundwasserentnahme versorgt, die Abwasserbehandlung muss vor Ort erfolgen. Die rasante bauliche Entwicklung treibt den Wasserverbrauch und die Bodenversiegelung in die Höhe, was seit einigen Jahren zum kontinuierlichen Absinken des Grundwasserspiegels führt. Die Abwasserreinigung der Siedlung erfolgte anfangs über Septic Tanks. Das gereinigte Wasser wurde mit der Strassenentwässerung aus der Siedlung abgeführt. Wegen Problemen mit Betrieb und Unterhalt sowie ungenügender Reinigungsleistung der Septic Tanks wurde nach einer neuen, umweltschonenderen Abwasserlösung gesucht, die auch eine Wiederverwendung des gereinigten Wassers zur Bewässerung in der Siedlung ermöglichen würde. Der Entscheid fiel auf ein System mit anaerober Biologie, welches für die Klärung keine Prozessenergie benötigt. Es ist robust verursacht moderate Erstellungs- und kleine Unterhaltskosten. Das gereinigte Abwasser genügt den staatlichen Anforderungen zur Einleitung in Gewässer oder zur Bewässerung.			

**2.0 Vergleichswerte zur gesamten Abwasservorbehandlungsanlage**

2.1 Kurzbeschreibung der Anlage:			
Der High Rate Anaerobic Reactors (HRAR) ist ein betonierter Raum unter Terrain, ein Reaktor mit einzelnen Kompartimenten. 1. Stufe: physikalische Absetzung von Feststoffe mit kurzer HRT, 2. Stufe: Biologische Klärung in High Rate Anaerobic Reactors: Anaerobic Baffled Reactor (ABR), Anaerobic Filter (AF). Das gereinigte Wasser wird in einem Speichertank gesammelt und steht zur Bewässerung zur Verfügung. HRT: hydraulic retention time			
2.2 Einbaujahr der Anlage:			2009
2.3 Täglicher Wasserverbrauch im Durchschnitt			
<b>Gesamtverbrauch:</b>			220 m <sup>3</sup> /d
Davon Frischwasserverbrauch:			220 m <sup>3</sup> /d
aus Grauwasseraufbereitung:			0 m <sup>3</sup> /d
aus Schwarz-/Braunwasseraufbereitung:			0 m <sup>3</sup> /d
aus Regenwasseraufbereitung:			0 m <sup>3</sup> /d
2.4 Bemerkung zum Volumenstrom der gesamten Anlage, Kapazität			
Projektierte Durchflussmenge		220 m <sup>3</sup> /d	Minimaler Volumenstrom 0 m <sup>3</sup> /d
Gemessene Durchflussmenge		85 m <sup>3</sup> /d	Maximaler Volumenstrom 220 m <sup>3</sup> /d
2.5 Energieverbrauch für den Betrieb der gesamte Anlage:			2053 kWh/y
			5.62 kWh/d
Energieverbrauch für Grauwasserreinigung:		kWh/y	Energieverbrauch für Schwarz-/Braunwasserreinigung:
		kWh/d	2053 kWh/y
			5.62 kWh/d
2.6 Materialverbrauch aus Unterhalt und Wartung insgesamt			
<i>Komponente</i>	<i>Material</i>	<i>Menge</i>	<i>Einheit</i>
Settler	kein Verbrauch		
Anaerobic Baffled Reactor	kein Verbrauch		
Anaerobic Upflow Filter	kein Verbrauch		
Pumpen für Bewässerung	Ersatzteile oder ev. ganze Pumpe wenn nicht re		
2.7 Fläche und Raumhöhe der technischen Räume ( <i>auch Aussenräume/ -flächen</i> )			
<i>Raumbezeichnung</i>	<i>Raumhöhe in m</i>	<i>Fläche in m<sup>2</sup></i>	
HRAR 150m <sup>3</sup> (Settler, ABR, AF)	3	350	
HRAR 65m <sup>3</sup> (Settler, ABR, AF)	3	160	
HRAR 5m <sup>3</sup> (Settler, ABR, AF)	3	20	
<b>Total</b>		<b>530.0</b>	
2.8 Eignung des Abwasservorbehandlungssystems für den Einbau bei Sanierungen			
<input checked="" type="checkbox"/> System in Altbau einbaubar			
<input checked="" type="checkbox"/> System während laufender Nutzung des Gebäudes einbaubar.			
<input checked="" type="checkbox"/> <b>Bemerkungen:</b> System ersetzte bestehende Septic Tanks.			

### 3.0 Technischer Beschrieb der Abwasservorbehandlungsanlage als gesamtes System

#### Zuordnung zum System

3.1 System, Art der Stoffstromtrennung<sup>1</sup> (bitte nur 1 System ankreuzen)

1.) 1-Stoffstromsystem (Schmutzwasser, alle Abwässer gemischt)

2.) Schwarzwasser 2-Stoffstromsystem (Grauwasser getrennt von Schwarzwasser)

3.) Urinentrennung 2-Stoffstromsystem (Gelbwasser getrennt von Braun- und Grauwassergemisch)

4.) Urinentrennung 3-Stoffstromsystem (Gelbwasser, Grauwasser, Braunwasser einzeln prozessiert)

5.) Fäkalien 2-StStS mit Trockentoiletten (Grauwasser getrennt von Trockenfäzes- und Uringemisch)

6.) Urinentrennung 3-StStS mit Trockentoiletten (Grauwasser, Trockenfäzes, Urin einzeln prozessiert)

#### Die einzelnen Prozesskomponenten<sup>2</sup>

3.2 Benutzerschnittstellen für Gelb- und Braun- und Schwarzwasser

Wassergespülte Toiletten       Schwerkraftsystem       Vakuumsystem

Trenntoiletten (NoMix)       Schwerkraftsystem       Vakuumsystem

Trockentoiletten (ohne Wasserspülung)

Wassergespülte Urinoire       Schwerkraftsystem       Vakuumsystem

Wasserlose Urinoire       Schwerkraftsystem       Vakuumsystem

3.3 Schnittstelle für Grauwassererfassung

Lavabo       Dusche       Badewanne       Spüle Küche

Geschirrspüler       Waschmaschine       .....

3.4 Schnittstelle für Regenwassergewinnung

Fläche: ..... m<sup>2</sup>      Erf. Menge: ..... l/y

Material der Eindeckung: .....      Dachform: .....

3.5 Sammlung und Lagerung

Urintank       Klärgrube       Kompostkammer       Biogas Reaktor

Weitere: High Rate Anaerobic Reactors, Sammeltanks für Bewässerungswasser. ....

3.6 Transport des Abwassers

Innerhalb Gebäude:       Schwerkraftsystem       Vakuumsystem

Ausserhalb Gebäude:       Schwerkraftsystem       Tankwagen

Bemerkungen: .....

<sup>1</sup> Systembezeichnungen gemäss Longdong, J., (2008). Neuartige Sanitärsysteme. Weimar, Bauhaus-Universität Weimar, S. 37.  
<sup>2</sup> Systematik gemäss Tilley, Elizabeth et al. (2008). Compendium of Sanitation Systems and Technologies. Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag). Dübendorf, Switzerland. S 13.

3.7 Prozesskomponenten zur Behandlung der einzelnen Stoffströme  
 Gr: Grauwasser<sup>3</sup>      S: Schwarzwasser<sup>4</sup>      B: Braunwasser<sup>5</sup>      F: Fäzes trocken<sup>6</sup>  
 Fk: Fäkalien<sup>7</sup>      G: Gelbwasser<sup>8</sup>      U: Urin<sup>9</sup>      R: Regenwasser  
 (Vorreinigung, Grobreinigung, Feinreinigung, Nachbehandlung z.B. Grobfiltrierung, Belebtschlamm-Verfahren, Membranfiltration, UV-Desinfektion, etc.)  
 Geschätzte Mengen mit \* bezeichnen

StSt.	Prozesskomponente(n)	Funktion, Wasserqualität	Produkttyp, Hersteller
tutti	Settler	Absetzen, erste anaerobe Biologie ca. 30% CSB Reduktion	Unterirdischer Tank (Beton, PVC Rohre, Schachdeckel), Bau vor Ort, Autark Engineering AG
	Anaerobic Baffled Reactor	anaerobe Biologie ca. 80% CSB Reduktion	Unterirdischer Tank (Beton, PVC Rohre, Schachdeckel), Bau vor Ort, Autark Engineering AG
	Anaerobic Upflow Filter	anaerobe Biologie ca. 80% CSB Reduktion	Unterirdischer Tank (Beton, PVC Rohre, Filtermaterial, Schachdeckel), Bau vor Ort, Autark Engineering AG

3.8 Verwendung, Entsorgung, Deponie der einzelnen Stoffströme

Produkt	Menge	Einheit	Verwendung, Transport
Trinkwasser		m <sup>3</sup> /y	
Brauchwasser		m <sup>3</sup> /y	
Urin		l/y	
Getr. Fäzes		m <sup>3</sup> /y	
Kompost		m <sup>3</sup> /y	
Klärschlamm		m <sup>3</sup> /y	
Biogas		m <sup>3</sup> /y	
Energie		kWh/y	

<sup>3</sup> Stoffstrom aus Lavabo, Dusche, Badewanne, Küchenspüle, Geschirrspüler, Waschmaschine, etc.  
<sup>4</sup> Stoffstrom aus Mischtoilette mit Wasserspülung; Vakuu- oder Schwerkraft  
<sup>5</sup> Stoffstrom aus Trenntoilette mit Wasserspülung  
<sup>6</sup> Stoffstrom aus Trockentoilette (ohne Wasserspülung)  
<sup>7</sup> Stoffstrom aus Toilette ohne Wasserspülung (nur Urin und Fäzes)  
<sup>8</sup> Stoffstrom aus Trenntoilette und Urinal mit Wasserspülung  
<sup>9</sup> Stoffstrom aus Trenntoilette und Urinal ohne Wasserspülung

#### 4.0 Vergleichswerte der einzelnen Prozesskomponenten

Bitte pro Prozesskomponente Blatt 4.0 einzeln ausfüllen (diese Seite kopieren).

4.1 Bezeichnung der Komponente:	HRAR 150 m3, HRAR 65 m3, HRAR 5 m3 (3 Anlagen)
4.2 Kurzbeschreibung der Komponente:	Settler, Anaerobic Baffled Reactor (ABR), Anaerobic Filter (AF); zusammengefasst in einem unterirdischen Betontank. 3 Anlagen mit Kapazitäten 150 m3/d, 65 m3/d, 5 m3/d.
4.3 Volumenstrom:	total 220 m3/d
4.4 Mindestmenge Volumenstrom:	0 m3/d
4.5 Höchstmenge Volumenstrom:	220 m3/d
4.6 Energieverbrauch der Komponente:	0 kWh/d
4.7 Materialverbrauch pro Jahr:	kein Materialverbrauch.
4.8 Flächenbedarf der Komponente:	total 530 m2
4.9 Anschaffungskosten der Komponente	
Preis inkl. Lieferung und Montage:	60'000 €
4.10 Personalkosten für Betrieb- und Unterhalt pro Jahr:	1'500 €/y
4.11 Materialkosten für Betrieb- und Unterhalt pro Jahr:	0 €/y
4.12 Bemerkungen zur Robustheit und Wartung der Komponente	
Anzahl Betreuungseinsätze pro Jahr:	52 Stk/y
Robustheit, Fehleranfälligkeit:	Sehr robust, da keine mechanischen oder elektrischen Komponenten kaum fehler
4.13 Technische Betreuung der Komponente	
<input checked="" type="checkbox"/> durch betriebsinternen Techniker	<input type="checkbox"/> durch Personal der Herstellerfirma
Schwierigkeitsgrad der Betreuung:	<input type="checkbox"/> hoch <input type="checkbox"/> mittel <input checked="" type="checkbox"/> niedrig
4.14 Weitere Empfehlungen/Bemerkungen des Planers:	
Der Kontrollschacht beim Einlass in den Settler sollte jede Wochen kurz geprüft werden ob das Abwasser ohne Verstopfen in die Anlage fließt; bei Bedarf Verstopfung beseitigen.	
Der Settler sollte alle 12 Monate geöffnet und die Absetz- und Schwebeschlammfähigkeit überprüft werden. Alles ca. 18 Monate muss der Settler gewartet werden. Dazu muss überschüssiger Schlamm und Schwebeschlamm entnommen werden (Kanalreinigungstanker). ABR und AF sollten bei der Wartung des Settlers auch mitüberprüft und bei Bedarf entschlammt werden. Ansonsten fällt für die Anaerob Reaktoren i.d.R. keine Wartung an.	

#### 5.0 Wasserqualität

5.1 Resultierende Wasserqualität entspricht den Qualitätsanforderungen für

<input type="checkbox"/> Toilettenspülung	aus:	<input type="checkbox"/> Grauw.	<input type="checkbox"/> Schwarz-/ Braunw.
<input checked="" type="checkbox"/> Eingeschränkte Verwendung als Bewässerungswasser	aus:	<input type="checkbox"/> Grauw.	<input checked="" type="checkbox"/> Schwarz-/ Braunw.
<input type="checkbox"/> Uneingeschränkte Verwendung als Bewässerungswasser	aus:	<input type="checkbox"/> Grauw.	<input type="checkbox"/> Schwarz-/ Braunw.
<input type="checkbox"/> Trinkwasser und Badegewässer	aus:	<input type="checkbox"/> Grauw.	<input type="checkbox"/> Schwarz-/ Braunw.
<input checked="" type="checkbox"/> Einleitung/Versickerung <del>von Grau- und Regenwasser</del>	aus:	<input type="checkbox"/> Grauw.	<input checked="" type="checkbox"/> Schwarz-/ Braunw.

5.2 Überprüfung der Wasserqualität

Anhand welcher Indikatoren wird die Wasserqualität überprüft?  intern  extern

Farbe, Geruch, pH, CSB, BSB, TSS, TDS, NH4-N, TK-N, Öl und Fett

Jährlich muss eine Laboranalyse, durchgeführt durch eine autorisiertes Labor, gemacht werden.

5.3 Anforderung an Wasserqualität und Verwendung

Ja, die Wasserqualität entspricht den Anforderungen

Nein, die Anlage wurde nachgerüstet damit die Wasserqualität den Anforderungen entspricht.

Nein, das resultierende Wasser wird für qualitativ niedrigere Zwecke verwendet als ursprünglich geplant.

Bemerkungen: Für die Siedlungsinterne Bewässerung der Parkanlage und einer Fläche mit Bananenbäumen genügt die Wasserqualität den Anforderungen.  
Soll zukünftig ein Teil des Wassers für die Toilettenspülung verwendet werden, muss dieses Wasser durch zusätzliche Module, z.B. Sand-Filter und Aktivkohle-Filter plus Chlorierung ergänzt, resp. das Wasser 'geschönt' werden.

### 6.0 Kosten

6.1 Erstellungskosten der Abwasseraufbereitungsanlage						
P.	Leistung	Stufe	Anz.	Einheitspreis	Gesamtpreis	W.
1	<b>Baukosten der drei Anlagen gesamt</b>				60000 €	
2						€
3						€
4						€
5						€
6						€
7						€
8						€
	<b>Total</b>				<b>60'000</b>	€

Bemerkungen: Die drei Anlagen wurden im Rahmen eines Bauauftrages ausgeführt.

6.2 Erstellungskosten Leitungsnetz innerhalb des Gebäudes						
						€
Davon Kosten für doppeltes Leitungsnetz						€
<input checked="" type="checkbox"/> Bemerkungen: Alle bis anhin gebauten Häuser haben kein doppeltes Leitungsnetz.						

6.3 Erstellungskosten der Benutzerschnittstellen (Toiletten, Urinale)						
P.	Leistung	Anz.	Einheitspreis	Gesamtpreis	W.	
1	Toiletten					€
2	Urinale					€
	<b>Total</b>				<b>0</b>	€

6.4 Vorbereitungskosten für Planung, Gebühren, etc.

P.	Leistung	Anz.	Einheitspreis	Gesamtpreis	W.	
1	Planungskosten Vorprojekt Arch. und Fachplaner			6600		€
2	Bewilligungskosten			0		€
3	Förderbeiträge			0		€
	<b>Total</b>			<b>6'600</b>		€

Bemerkungen:

6.5 Jährliche Betriebskosten der gesamten Anlage						
P.	Leistung	Anz.	Einheitspreis	Gesamtpreis	W.	
1	Stromkosten für Betrieb der ges. Anlage			182		€
2	Personalkosten für Wartung und Unterhalt			77		€
3	Materialkosten für Wartung und Unterhalt			0		€
4						€
	<b>Total</b>			<b>259</b>		€

Davon Anteil Grauwasserbehandlung: Schwarz-/Braunwasserbehandlung:

6.6 Einnahmen aus Verkauf resp. Rückspeisung von Ressourcen						
						€/y
<input checked="" type="checkbox"/> Bemerkungen: keine direkten Einnahmen aber weniger Ausgaben für Wasserbeschaffung						

6.7 Bemerkungen zu Mehr-/Minderkosten Bau, Betrieb, Unterhalt

Bei diesem Projekt gibt es keinen direkten Kontakt der Nutzer mit der Abwasseraufbereitung. Daher nur Akzeptanzäußerungen zum Thema Geruch.

### 7.0 Nutzerakzeptanz

7.1 Information und Einführung für Nutzer	<input type="checkbox"/> ja	<input checked="" type="checkbox"/> nein
7.2 Verhaltensänderungen bei den Nutzern aufgrund des neuartigen Sanitärsystems	<input checked="" type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> ja
Bemerkungen:		
7.3 Einschränkungen für die Nutzer aufgrund des neuartigen Sanitärsystems	<input checked="" type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> ja
Bemerkungen:		
7.4 Anwenderfreundlichkeit der Benutzerschnittstelle (Toilette, Urinal)		
Toilette Typ:	<input checked="" type="checkbox"/> keine	<input type="checkbox"/> positive <input type="checkbox"/> negative
Urinal Typ:	<input checked="" type="checkbox"/> keine	<input type="checkbox"/> positive <input type="checkbox"/> negative
Bemerkungen:		
7.5 Mehraufwand für Nutzer aufgrund des neuartigen Sanitärsystems		
<input checked="" type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja		
Bemerkungen:		
7.6 Probleme oder negative Rückmeldungen bezüglich Gesundheit und Hygiene		
<input type="checkbox"/> nein <input checked="" type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> Bemerkungen: s. 9.0 Bemerkungen		
7.7 Geruchsemissionen		
<input type="checkbox"/> keine Geruchsbelästigung <input checked="" type="checkbox"/> wenig, ab und zu Geruchsbelästigung		
<input type="checkbox"/> mittelstark, oft Geruchsbelästigung <input type="checkbox"/> starke Geruchsbelästigung		
Bemerkungen: s. 9.0 Bemerkungen		
7.8 Nutzerakzeptanz		
<input type="checkbox"/> Positive Reaktionen: <input type="checkbox"/> keine <input checked="" type="checkbox"/> vereinzelte <input type="checkbox"/> viele		
<input type="checkbox"/> Negative Reaktionen: <input type="checkbox"/> keine <input checked="" type="checkbox"/> vereinzelte <input type="checkbox"/> viele		
Bemerkungen: s. 9.0 Bemerkungen		
7.9 Empfehlungen/Bemerkungen der Nutzer:		
Das Wasser wird nur anaerob geklärt, es verbleiben Geruchsstoffe (vor allem H2S) im behandelten Wasser. Wird das Wasser zur Bewässerung in siedlungsnahen Räumen verwendet empfiehlt sich eine Tröpfchenbewässerung. Bei Sprinklerbewässerung kann in Randzeiten bewässert werden um Geruchsbelästigungen zu vermeiden.		



## 8.0 Dokumentation

Zusätzliche Unterlagen:

<input checked="" type="checkbox"/> Technisches Fließschema der Anlage ( <i>wichtig</i> )
Pläne
<input type="checkbox"/> Situation/Gesamtübersicht
<input type="checkbox"/> Grundrisse (z.B. <i>typisches Geschoss</i> )
<input type="checkbox"/> Schnitte mit Steigzonen
<input type="checkbox"/> Technikraum
<input type="checkbox"/> Nasszellen Steigzonen, etc.
( <i>Massstäbliche Pläne der für die Abwasservorbehandlungsanlage relevanten Räume</i> )
<input checked="" type="checkbox"/> Fotos einzelner Systemkomponenten

Ergebnisse
<input type="checkbox"/> Ja gerne, ich möchte in den Vereiler für die fertige Masterarbeit aufgenommen werden. Meine Mailadresse: .....
<input type="checkbox"/> Nein danke.

## 9.0 Weitere Bemerkungen

Bitte versehen Sie die Bemerkungen mit den Positionsnummern aus dem Fragebogen.

2.1 Das gereinigte Abwasser erfüllt die nationalen Anforderungen für "discharge into waterbodies" (BSB<20mg/L, CSB<250mg/L, TGS<30mg/L und NH4-N<50mg/L).

2.4 Aktuelle Durchflussmenge, Siedlung nicht voll bebaut. Alle Werte mit voller Bebauung der Siedlung berechnet.

6.0 Kostenberechnung basiert auf einem Umrechnungskurs Rs in € vom Juli 2009.

7.6 Das gereinigte Wasser wurde eine Zeit lang aus den Sammel tanks nicht abgepumpt und hat sich in den Reaktoren zurückgestaut, was die Reinigungsleistung reduziert hat. Dadurch sind Geruchs- und Moskitoprobleme aufgetreten. Nachdem wieder regelmässig abgepumpt wurde hat sich die Reinigungsleistung stabilisiert. Da durch die anaerobe Klärung H<sub>2</sub>S (Schwefelwasserstoff) im Wasser gelöst wird, weist das gereinigte Wasser einen schwefeligen Geruch auf. Es muss daher darauf geachtet werden, dass die Sammel tanks abgedeckt und entlüftet (Ventilationsrohr) sind. Bei Verwendung zur Bewässerung wird Tröpfchenbewässerung empfohlen wo Anwohner sehr nah angesiedelt sind. Im Falle einer Sprinkleranlage empfiehlt sich die Bewässerung in frühen Morgenstunden, um die Geruchsemissionen tagsüber einzuschränken.

Quellen:

Der Erfassungsbogen wurde von Hr. Dipl.-Ing. ETH Nanchoz Zimmermann, Autark Engineering AG ausgefüllt. Anhand eines Telefongesprächs und der freundlicherweise von Hr. Zimmermann zur Verfügung gestellte Präsentation wurden einige Angaben ergänzt.

(1) Zimmermann Nanchoz (): Decentralized Wastewater Treatment Solution für Laughing Waters.







#### 4.0 Vergleichswerte der einzelnen Prozesskomponenten

Bitte pro Prozesskomponente Blatt 4.0 einzeln ausfüllen (diese Seite kopieren).

4.1 Bezeichnung der Komponente:	
4.2 Kurzbeschreibung der Komponente:	
4.3 Volumenstrom:	m3/d
4.4 Mindestmenge Volumenstrom:	m3/d
4.5 Höchstmenge Volumenstrom:	m3/d
4.6 Energieverbrauch der Komponente:	kWh/d
4.7 Materialverbrauch pro Jahr:	
4.8 Flächenbedarf der Komponente:	m2
4.9 Anschaffungskosten der Komponente Preis inkl. Lieferung und Montage:	€
4.10 Personalkosten für Betrieb- und Unterhalt pro Jahr:	€/y
4.11 Materialkosten für Betrieb- und Unterhalt pro Jahr:	€/y
4.12 Bemerkungen zur Robustheit und Wartung der Komponente Anzahl Betreuungseinsätze pro Jahr: Stk/y Robustheit, Fehleranfälligkeit: Std/y	
4.13 Technische Betreuung der Komponente <input type="checkbox"/> durch betriebsinternen Techniker <input type="checkbox"/> durch Personal der Herstellerfirma Schwierigkeitsgrad der Betreuung: <input type="checkbox"/> hoch <input type="checkbox"/> mittel <input type="checkbox"/> niedrig	
4.14 Weitere Empfehlungen/Bemerkungen des Planers:	



#### 5.0 Wasserqualität

5.1 Resultierende Wasserqualität entspricht den Qualitätsanforderungen für

<input type="checkbox"/> Toilettenspülung	aus: <input type="checkbox"/> Grauw. <input type="checkbox"/> Schwarz-/ Braunw.
<input type="checkbox"/> Eingeschränkte Verwendung als Bewässerungswasser	aus: <input type="checkbox"/> Grauw. <input type="checkbox"/> Schwarz-/ Braunw.
<input type="checkbox"/> Uneingeschränkte Verwendung als Bewässerungswasser	aus: <input type="checkbox"/> Grauw. <input type="checkbox"/> Schwarz-/ Braunw.
<input type="checkbox"/> Trinkwasser und Badegewässer	aus: <input type="checkbox"/> Grauw. <input type="checkbox"/> Schwarz-/ Braunw.
<input type="checkbox"/> Einleitung/Versickerung von Grau- und Regenwasser	aus: <input type="checkbox"/> Grauw. <input type="checkbox"/> Schwarz-/ Braunw.

5.2 Überprüfung der Wasserqualität

Anhand welcher Indikatoren wird die Wasserqualität überprüft?       intern       extern

5.3 Anforderung an Wasserqualität und Verwendung

Ja, die Wasserqualität entspricht den Anforderungen

Nein, die Anlage wurde nachgerüstet damit die Wasserqualität den Anforderungen entspricht.

Nein, das resultierende Wasser wird für qualitativ niedrigere Zwecke verwendet als ursprünglich geplant.

Bemerkungen:



**6.0 Kosten**

6.1 Erstellungskosten der Abwasseraufbereitungsanlage						
P.	Leistung	Stufe	Anz.	Einheitspreis	Gesamtpreis	W.
1						€
2						€
3						€
4						€
5						€
6						€
7						€
8						€
	Total					0 €
<input type="checkbox"/> Bemerkungen:						
6.2 Erstellungskosten Leitungsnetz innerhalb des Gebäudes					€	
Davon Kosten für doppeltes Leitungsnetz					€	
<input type="checkbox"/> Bemerkungen:						
6.3 Erstellungskosten der Benutzerschnittstellen (Toiletten, Urinale)						
P.	Leistung	Anz.	Einheitspreis	Gesamtpreis	W.	
1	Toiletten				€	
2	Urinale				€	
	Total				0 €	
6.4 Vorbereitungskosten für Planung, Gebühren, etc.						
P.	Leistung	Anz.	Einheitspreis	Gesamtpreis	W.	
1	Planungskosten Vorprojekt Arch. und Fachplaner				€	
2	Bewilligungskosten				€	
3	Förderbeiträge				€	
	Total				0 €	
<input type="checkbox"/> Bemerkungen:						
6.5 Jährliche Betriebskosten der gesamten Anlage						
P.	Leistung	Anz.	Einheitspreis	Gesamtpreis	W.	
1	Stromkosten für Betrieb der ges. Anlage				€	
2	Personalkosten für Wartung und Unterhalt				€	
3	Materialkosten für Wartung und Unterhalt				€	
4					€	
	Total				0 €	
Davon Anteil Grauwasserbehandlung: .....						
Schwarz-/Braunwasserbehandlung: .....						
6.6 Einnahmen aus Verkauf resp. Rückspeisung von Ressourcen					€/y	
<input type="checkbox"/> Bemerkungen:						
6.7 Bemerkungen zu Mehr-/Minderkosten Bau, Betrieb, Unterhalt						

**7.0 Nutzerakzeptanz**

7.1 Information und Einführung für Nutzer	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein
7.2 Verhaltensänderungen bei den Nutzern aufgrund des neuartigen Sanitärsystems	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja	
Bemerkungen:	.....	
7.3 Einschränkungen für die Nutzer aufgrund des neuartigen Sanitärsystems	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja	
Bemerkungen:	.....	
7.4 Anwenderfreundlichkeit der Benutzerschnittstelle (Toilette, Urinal)		
Toilette Typ: .....	<input type="checkbox"/> keine	<input type="checkbox"/> positive <input type="checkbox"/> negative
Urinal Typ: .....	<input type="checkbox"/> keine	<input type="checkbox"/> positive <input type="checkbox"/> negative
Bemerkungen:	.....	
7.5 Mehraufwand für Nutzer aufgrund des neuartigen Sanitärsystems	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja	
Bemerkungen:	.....	
7.6 Probleme oder negative Rückmeldungen bezüglich Gesundheit und Hygiene	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> Bemerkungen: .....	
7.7 Geruchsemissionen	<input type="checkbox"/> keine Geruchsbelästigung <input type="checkbox"/> wenig, ab und zu Geruchsbelästigung	
	<input type="checkbox"/> mittelstark, oft Geruchsbelästigung <input type="checkbox"/> starke Geruchsbelästigung	
Bemerkungen:	.....	
7.8 Nutzerakzeptanz	<input type="checkbox"/> Positive Reaktionen: <input type="checkbox"/> keine <input type="checkbox"/> vereinzelte <input type="checkbox"/> viele	
	<input type="checkbox"/> Negative Reaktionen: <input type="checkbox"/> keine <input type="checkbox"/> vereinzelte <input type="checkbox"/> viele	
Bemerkungen:	.....	
7.9 Empfehlungen/Bemerkungen der Nutzer:	.....	

### 8.0 Dokumentation

Zusätzliche Unterlagen:

<input type="checkbox"/> Technisches Fließschema der Anlage ( <i>wichtig</i> )
Pläne
<input type="checkbox"/> Situation/Gesamtübersicht
<input type="checkbox"/> Grundrisse (z.B. <i>typisches Geschoss</i> )
<input type="checkbox"/> Schnitte mit Steigzonen
<input type="checkbox"/> Technikraum
<input type="checkbox"/> Nasszellen Steigzonen, etc.
( <i>Massstäbliche Pläne der für die Abwasservorbehandlungsanlage relevanten Räume</i> )
<input type="checkbox"/> Fotos einzelner Systemkomponenten

Ergebnisse
<input type="checkbox"/> Ja gerne, ich möchte in den Vereiler für die fertige Masterarbeit aufgenommen werden. Meine Mailadresse: .....
<input type="checkbox"/> Nein danke.

### 9.0 Weitere Bemerkungen

*Bitte versehen Sie die Bemerkungen mit den Positionsnummern aus dem Fragebogen.*

<p>4.6 Energieverbrauch für die Vakuumtoiletten wird mit 50 kWh/p*y angegeben</p> <p>4.14 Fehleranalyse zum Vakuumsystem          - Verstopfungen als hohe Fehlerursache bei Entsorgung von Abfällen wie Hygieneartikel, Putzlappen, Katzenstreu oder widerstandsfähigem Toilettenpapier und Feuchttüchen.          - vermehrte Struvitausfällungen bedingen Reinigung (Salzsäure, 1-2 Std. Einwirkzeit)          - Auslöseknopf der Spülung sehr störungsanfällig.</p> <p>4.14 Muffengeschweisste Polyethylenrohre für Vakuumleitungen haben sich als widerstandsfähig und geeignet, auch bei der mit Säure getätigten Reinigung erwiesen.</p> <p>7.0 Die Akzeptanz wird gegenüber der getrennten Erfassung von Grau- und Schwarzwasser wird als positiv beschrieben.          Die Akzeptanz gegenüber der Vakuumtoilette ist vorhanden, eine technische Modifikation an den störungsanfälligen Auslöseknöpfen hat Verbesserung gebracht.</p> <p>Der Erfassungsbogen wurde in einer Schnellaktion von aufgrund der folgenden Quellen ausgefüllt. Es wurde nur ein kurzer Systembeschreibung gemacht, technische Daten wurden aufgrund der zeitlichen Limiten nicht erfasst.</p> <p>Quellen: Oldenburg Martin et al. ( ) Erfahrungen aus dem Betrieb eines neuen Sanitärkonzepts über einen Zeitraum von acht Jahren. <a href="http://www.susana.org">http://www.susana.org</a>          susana (2009) Ecological housing estate, Flintenbreite, Lübeck, Germany - draft. Case study of sustainable sanitation projects. <a href="http://www.susana.org">http://www.susana.org</a></p>
--

**ERFASSUNGSFORMULAR FÜR PILOTPROJEKTE**

**1.0 Angaben zum Projekt**

**2.2**

1.1 Projekttitel: 2.2 Bürogebäude "KOMPLETT", Oberhausen			
1.2 Adresse: Fraunhofer-Institut Oberhausen, Deutschland			
1.3 Gebäudetyp	<input type="checkbox"/> Neubau	Baujahr: k.A.	
	<input checked="" type="checkbox"/> Umbau	Erstellt: k.A.	Umgebaut: k.A.
1.4 Gebäudenutzung	<input type="checkbox"/> Wohnen	<input checked="" type="checkbox"/> Arbeiten	<input type="checkbox"/> andere ....
1.5 Grösse	Arealfläche: k.A.m2 Anz. Gebäude:	Anz. Stockwerke: k.A.	BGF: k.A. m2 Anz. Bewohner: 65
1.6 Hygieneräume	Anz. Nasszellen: k.A.	Anz. Toiletten insges.:	19+7 Anz. Urinale insges.: 12+6
1.7 Kanalisationsnetz			
<input checked="" type="checkbox"/> Das Areal/Gebäude ist innerhalb eine Kanalisationsnetzes			
<input type="checkbox"/> Das Areal/Gebäude ist ausserhalb eine Kanalisationsnetzes			
<input checked="" type="checkbox"/> Das Areal/Gebäude ist an das Kanalisationsnetzes angeschlossen			
<input type="checkbox"/> Das Areal/Gebäude ist nicht an das Kanalisationsnetzes angeschlossen			
1.8 Spezielle Hinweise, bauliche Bedingungen und Restriktionen:			
3 Projektphasen: Beschrieb nimmt Bezug auf die Pilotpjhase			
1. Die Vorversuchsphase wurde im Sommer 2006 in der Versuchsanlage der Betriebsgebäude der Zentralkläranlage Kaiserslautern durchgeführt. Versuche zur Charakterisierung unterschiedlicher Abwasserfraktionen und Optimierung einzelner Anlagekomponenten wurden erstellt. Fokus war die biologische Behandlung der Teilströme Grau- und Schwarzwasser aus einem Betriebsgebäude.			
2. Die Testphase wurde Anfang 2007 in der Technikumsanlage im Wohnblock der Bau AG Kaiserslautern für ca. 20 Einwohner durchgeführt. Hier wurden Verfahrenstechnische Untersuchungen zur biologischen und chemisch-physikalischen Wasseraufbereitung sowie zur Desinfektion und Elimination von Spurenstoffen gemacht. Daneben fanden Funktionstests an Sanitärprodukten sowie Tests an einem intelligenten Diagnosesystem statt.			
1.9 Ortsspezifische Bedingungen, weitere Bemerkungen:			
3. Die Pilotphase fand danach bis 2008 im Bürogebäude des Fraunhofer-Instituts UMSICHT in Oberhausen mit ca. 65 Beteiligten statt. Die einzelnen vorher untersuchten Komponenten wurden gekoppelt, die Teilkreisläufe für Grau- und Schwarzwasser geschlossen. Die Problematik der Anreicherung von Schadstoffen wurde als zusätzliche Fragestellungen untersucht.			
Beim Schwarzwasser Vorabklärung (verschiedene Verfahren), biologische Reinigung im SBR, Abtrennung von Belebtschlamm und gereinigtem Schwarzwasser. Vermikompostierung der festen Phase aus der Vorklämung. Grauwasseraufbereitung mittels MB-Reaktor, Ozonierung, UV-Desinfektion, Aktivkohlefiltrierung, Umkehrosmose (Reinstwasser), UV-Desinfektion.			

**2.0 Vergleichswerte zur gesamten Abwasservorbehandlungsanlage**

2.1 Kurzbeschreibung der Anlage:			
2.2 Einbaujahr der Anlage:			
2.3 Täglicher Wasserverbrauch im Durchschnitt			
<b>Gesamtverbrauch:</b>			<b>m3/d</b>
Davon Frischwasserverbrauch:			m3/d
aus Grauwasseraufbereitung:			m3/d
aus Schwarz-/Braunwasseraufbereitung:			m3/d
aus Regenwasseraufbereitung:			m3/d
2.4 Bemerkung zum Volumenstrom der gesamten Anlage, Kapazität			
Projektierte Durchflussmenge		m3/d	Minimaler Volumenstrom
Gemessene Durchflussmenge		m3/d	Maximaler Volumenstrom
2.5 Energieverbrauch für den Betrieb der gesamte Anlage:			
		kWh/y	
		kWh/d	
Energieverbrauch für Grauwasserreinigung:		Energieverbrauch für Schwarz-/Braunwasserreinigung:	
kWh/y		kWh/y	
kWh/d		kWh/d	
2.6 Materialverbrauch aus Unterhalt und Wartung insgesamt			
<i>Komponente</i>	<i>Material</i>	<i>Menge</i>	<i>Einheit</i>
2.7 Fläche und Raumhöhe der technischen Räume ( <i>auch Aussenräume/ -flächen</i> )			
Raumbezeichnung	Raumhöhe in m	Fläche in m2	
Total		<b>0.0</b>	
2.8 Eignung des Abwasservorbehandlungssystems für den Einbau bei Sanierungen			
<input type="checkbox"/> System in Altbau einbaubar			
<input type="checkbox"/> System während laufender Nutzung des Gebäudes einbaubar.			
<input type="checkbox"/> Bemerkungen:			

### 3.0 Technischer Beschrieb der Abwasservorbehandlungsanlage als gesamtes System

#### Zuordnung zum System

3.1 System, Art der Stoffstromtrennung<sup>1</sup> *(bitte nur 1 System ankreuzen)*

1.) 1-Stoffstromsystem (Schmutzwasser, alle Abwässer gemischt)

2.) Schwarzwasser 2-Stoffstromsystem (Grauwasser getrennt von Schwarzwasser)

3.) Urintrennung 2-Stoffstromsystem (Gelbwasser getrennt von Braun- und Grauwassergemisch)

4.) Urintrennung 3-Stoffstromsystem (Gelbwasser, Grauwasser, Braunwasser einzeln prozessiert)

5.) Fäkalien 2-StStS mit Trockentoiletten (Grauwasser getrennt von Trockenfäzes- und Uringemisch)

6.) Urintrennung 3-StStS mit Trockentoiletten (Grauwasser, Trockenfäzes, Urin einzeln prozessiert)

#### Die einzelnen Prozesskomponenten<sup>2</sup>

3.2 Benutzerschnittstellen für Gelb- und Braun- und Schwarzwasser

Wassergespülte Toiletten  Schwerkraftsystem  Vakuumsystem

Trenntoiletten (NoMix)  Schwerkraftsystem  Vakuumsystem

Trockentoiletten (ohne Wasserspülung)

Wassergespülte Urinoire  Schwerkraftsystem  Vakuumsystem

Wasserlose Urinoire  Schwerkraftsystem  Vakuumsystem

3.3 Schnittstelle für Grauwassererfassung

Lavabo  Dusche  Badewanne  Spüle Küche

Geschirrspüler  Waschmaschine

3.4 Schnittstelle für Regenwassergewinnung

Fläche: ..... m<sup>2</sup> Erf. Menge: ..... l/y

Material der Eindeckung: ..... Dachform: .....

3.5 Sammlung und Lagerung

Urintank  Klärgrube  Kompostkammer  Biogas Reaktor

Weitere: .....

3.6 Transport des Abwassers

Innerhalb Gebäude:  Schwerkraftsystem  Vakuumsystem

Ausserhalb Gebäude:  Schwerkraftsystem  Tankwagen

Bemerkungen: .....

<sup>1</sup> Systembezeichnungen gemäss Longdong, J., (2008). Neuartige Sanitärsysteme. Weimar, Bauhaus-Universität Weimar, S. 37.  
<sup>2</sup> Systematik gemäss Tilley, Elizabeth et al. (2008). Compendium of Sanitation Systems and Technologies. Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag). Dübendorf, Switzerland. S 13.

3.7 Prozesskomponenten zur Behandlung der einzelnen Stoffströme

Gr: Grauwasser<sup>3</sup> S: Schwarzwasser<sup>4</sup> B: Braunwasser<sup>5</sup> F: Fäzes trocken<sup>6</sup>  
 Fk: Fäkalien<sup>7</sup> G: Gelbwasser<sup>8</sup> U: Urin<sup>9</sup> R: Regenwasser

*(Vorreinigung, Grobreinigung, Feinreinigung, Nachbehandlung z.B. Grobfiltrierung, Belebtschlamm-Verfahren, Membranfiltration, UV-Desinfektion, etc.)*

Geschätzte Mengen mit \* bezeichnen

StSt.	Prozesskomponente(n)	Funktion, Wasserqualität	Produkttyp, Hersteller
	Siebtrommel Feststoffabscheidung		

3.8 Verwendung, Entsorgung, Deponie der einzelnen Stoffströme

Produkt	Menge	Einheit	Verwendung, Transport
Trinkwasser		m <sup>3</sup> /y	
Brauchwasser		m <sup>3</sup> /y	
Urin		l/y	
Getr. Fäzes		m <sup>3</sup> /y	
Kompost		m <sup>3</sup> /y	
Klärschlamm		m <sup>3</sup> /y	
Biogas		m <sup>3</sup> /y	
Energie		kWh/y	

<sup>3</sup> Stoffstrom aus Lavabo, Dusche, Badewanne, Küchenspüle, Geschirrspüler, Waschmaschine, etc.  
<sup>4</sup> Stoffstrom aus Mischtoilette mit Wasserspülung; Vakuums- oder Schwerkraft  
<sup>5</sup> Stoffstrom aus Trenntoilette mit Wasserspülung  
<sup>6</sup> Stoffstrom aus Trockentoilette (ohne Wasserspülung)  
<sup>7</sup> Stoffstrom aus Toilette ohne Wasserspülung (nur Urin und Fäzes)  
<sup>8</sup> Stoffstrom aus Trenntoilette und Urinal mit Wasserspülung  
<sup>9</sup> Stoffstrom aus Trenntoilette und Urinal ohne Wasserspülung

#### 4.0 Vergleichswerte der einzelnen Prozesskomponenten

Bitte pro Prozesskomponente Blatt 4.0 einzeln ausfüllen (diese Seite kopieren).

4.1 Bezeichnung der Komponente:	.....
4.2 Kurzbeschreibung der Komponente:	.....
4.3 Volumenstrom:	..... m3/d
4.4 Mindestmenge Volumenstrom:	..... m3/d
4.5 Höchstmenge Volumenstrom:	..... m3/d
4.6 Energieverbrauch der Komponente:	..... kWh/d
4.7 Materialverbrauch pro Jahr:	.....
4.8 Flächenbedarf der Komponente:	..... m2
4.9 Anschaffungskosten der Komponente Preis inkl. Lieferung und Montage:	..... €
4.10 Personalkosten für Betrieb- und Unterhalt pro Jahr:	..... €/y
4.11 Materialkosten für Betrieb- und Unterhalt pro Jahr:	..... €/y
4.12 Bemerkungen zur Robustheit und Wartung der Komponente Anzahl Betreuungseinsätze pro Jahr: ..... Stk/y Robustheit, Fehleranfälligkeit:	..... Std/y
4.13 Technische Betreuung der Komponente <input type="checkbox"/> durch betriebsinternen Techniker <input type="checkbox"/> durch Personal der Herstellerfirma Schwierigkeitsgrad der Betreuung: <input type="checkbox"/> hoch <input type="checkbox"/> mittel <input type="checkbox"/> niedrig	
4.14 Weitere Empfehlungen/Bemerkungen des Planers:	.....

#### 5.0 Wasserqualität

5.1 Resultierende Wasserqualität entspricht den Qualitätsanforderungen für	
<input type="checkbox"/> Toiletenspülung	aus: <input type="checkbox"/> Grauw. <input type="checkbox"/> Schwarz-/ Braunw.
<input type="checkbox"/> Eingeschränkte Verwendung als Bewässerungswasser	aus: <input type="checkbox"/> Grauw. <input type="checkbox"/> Schwarz-/ Braunw.
<input type="checkbox"/> Uneingeschränkte Verwendung als Bewässerungswasser	aus: <input type="checkbox"/> Grauw. <input type="checkbox"/> Schwarz-/ Braunw.
<input type="checkbox"/> Trinkwasser und Badegewässer	aus: <input type="checkbox"/> Grauw. <input type="checkbox"/> Schwarz-/ Braunw.
<input type="checkbox"/> Einleitung/Versickerung von Grau- und Regenwasser	aus: <input type="checkbox"/> Grauw. <input type="checkbox"/> Schwarz-/ Braunw.
5.2 Überprüfung der Wasserqualität	
Anhand welcher Indikatoren wird die Wasserqualität überprüft? <input type="checkbox"/> intern <input type="checkbox"/> extern	
.....	
5.3 Anforderung an Wasserqualität und Verwendung	
<input type="checkbox"/> Ja, die Wasserqualität entspricht den Anforderungen	
<input type="checkbox"/> Nein, die Anlage wurde nachgerüstet damit die Wasserqualität den Anforderungen entspricht.	
<input type="checkbox"/> Nein, das resultierende Wasser wird für qualitativ niedrigere Zwecke verwendet als ursprünglich geplant.	
<input type="checkbox"/> Bemerkungen: .....	

### 6.0 Kosten

6.1 Erstellungskosten der Abwasseraufbereitungsanlage						
P.	Leistung	Stufe	Anz.	Einheitspreis	Gesamtpreis	W.
1						€
2						€
3						€
4						€
5						€
6						€
7						€
8						€
	Total					0 €
□ Bemerkungen: .....						
6.2 Erstellungskosten Leitungsnetz innerhalb des Gebäudes						€
Davon Kosten für doppeltes Leitungsnetz						€
□ Bemerkungen: .....						
6.3 Erstellungskosten der Benutzerschnittstellen (Toiletten, Urinale)						
P.	Leistung	Anz.	Einheitspreis	Gesamtpreis	W.	
1	Toiletten					€
2	Urinale					€
	Total					0 €
6.4 Vorbereitungskosten für Planung, Gebühren, etc.						
P.	Leistung	Anz.	Einheitspreis	Gesamtpreis	W.	
1	Planungskosten Vorprojekt Arch. und Fachplaner					€
2	Bewilligungskosten					€
3	Förderbeiträge					€
	Total					0 €
□ Bemerkungen: .....						
6.5 Jährliche Betriebskosten der gesamten Anlage						
P.	Leistung	Anz.	Einheitspreis	Gesamtpreis	W.	
1	Stromkosten für Betrieb der ges. Anlage					€
2	Personalkosten für Wartung und Unterhalt					€
3	Materialkosten für Wartung und Unterhalt					€
4						€
	Total					0 €
Davon Anteil Grauwasserbehandlung: ..... Schwarz-/Braunwasserbehandlung: .....						
6.6 Einnahmen aus Verkauf resp. Rückspeisung von Ressourcen						€/y
□ Bemerkungen: .....						
6.7 Bemerkungen zu Mehr-/Minderkosten Bau, Betrieb, Unterhalt						

### 7.0 Nutzerakzeptanz

7.1 Information und Einführung für Nutzer	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein
7.2 Verhaltensänderungen bei den Nutzern aufgrund des neuartigen Sanitärsystems	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja Bemerkungen: .....	
7.3 Einschränkungen für die Nutzer aufgrund des neuartigen Sanitärsystems	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja Bemerkungen: .....	
7.4 Anwenderfreundlichkeit der Benutzerschnittstelle (Toilette, Urinal)	Toilette Typ: ..... <input type="checkbox"/> keine <input type="checkbox"/> positive <input type="checkbox"/> negative Bemerkungen	
	Urinal Typ: ..... <input type="checkbox"/> keine <input type="checkbox"/> positive <input type="checkbox"/> negative Bemerkungen	
	Bemerkungen: .....	
7.5 Mehraufwand für Nutzer aufgrund des neuartigen Sanitärsystems	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja Bemerkungen: .....	
7.6 Probleme oder negative Rückmeldungen bezüglich Gesundheit und Hygiene	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> Bemerkungen: .....	
7.7 Geruchsemissionen	<input type="checkbox"/> keine Geruchsbelästigung <input type="checkbox"/> wenig, ab und zu Geruchsbelästigung	
	<input type="checkbox"/> mittelstark, oft Geruchsbelästigung <input type="checkbox"/> starke Geruchsbelästigung	
	Bemerkungen: .....	
7.8 Nutzerakzeptanz	<input type="checkbox"/> Positive Reaktionen: <input type="checkbox"/> keine <input type="checkbox"/> vereinzelte <input type="checkbox"/> viele	
	<input type="checkbox"/> Negative Reaktionen: <input type="checkbox"/> keine <input type="checkbox"/> vereinzelte <input type="checkbox"/> viele	
	Bemerkungen: .....	
7.9 Empfehlungen/Bemerkungen der Nutzer:	.....	



## 8.0 Dokumentation

Zusätzliche Unterlagen:

<input type="checkbox"/> Technisches Fließschema der Anlage ( <i>wichtig</i> )
Pläne
<input type="checkbox"/> Situation/Gesamtübersicht
<input type="checkbox"/> Grundrisse (z.B. <i>typisches Geschoss</i> )
<input type="checkbox"/> Schnitte mit Steigzonen
<input type="checkbox"/> Technikraum
<input type="checkbox"/> Nasszellen Steigzonen, etc.
( <i>Massstäbliche Pläne der für die Abwasservorbehandlungsanlage relevanten Räume</i> )
<input type="checkbox"/> Fotos einzelner Systemkomponenten

Ergebnisse
<input type="checkbox"/> Ja gerne, ich möchte in den Vereiler für die fertige Masterarbeit aufgenommen werden. Meine Mailadresse: .....
<input type="checkbox"/> Nein danke.

## 9.0 Weitere Bemerkungen

Bitte versehen Sie die Bemerkungen mit den Positionsnummern aus dem Fragebogen.

Bei der schnellen Durchsicht hat sich gezeigt, dass das Projekt zur näheren Betrachtung für die Fragestellung der vorliegenden Arbeit nicht sehr geeignet ist.

Der Erfassungsbogen wurde in einer Schnellaktion von aufgrund der folgenden Quellen ausgefüllt. Es wurde nur ein kurzer Systembeschrieb gemacht, technische Daten wurden aufgrund der zeitlichen Limiten nicht erfasst.

Quelle: Villeroy&Boch AG, EnviroChemie, et al. (2009). Komplett, Water Recycling Systems. Abschlussbericht. Entwicklung und Kombination von innovativen Systemkomponenten aus Verfahrenstechnik, Informationstechnologie und Keramik zu einer nachhaltigen Schlüsseltechnologie für Wasser- und Stoffkreisläufe.

Auftraggeber:  
Projekträgers Forschungszentrum Karlsruhe  
Forschungszentrum Karlsruhe GmbH  
Bereich Wassertechnologie und Entsorgung (WTE)

Beteiligte:  
Villeroy & Boch AG, Mettlach  
EnviroChemie GmbH, Roßdorf  
Technische Universität Kaiserslautern  
Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn  
ap system engineering, Roßdorf  
Fraunhofer Institut UMSICHT, Oberhausen





### 3.0 Technischer Beschrieb der Abwasservorbehandlungsanlage als gesamtes System

#### Zuordnung zum System

3.1 System, Art der Stoffstromtrennung<sup>1</sup> (bitte nur 1 System ankreuzen)

1.) 1-Stoffstromsystem (Schmutzwasser, alle Abwässer gemischt)

2.) Schwarzwasser 2-Stoffstromsystem (Grauwasser getrennt von Schwarzwasser)

3.) Urinentrennung 2-Stoffstromsystem (Gelbwasser getrennt von Braun- und Grauwassergemisch)

4.) Urinentrennung 3-Stoffstromsystem (Gelbwasser, Grauwasser, Braunwasser einzeln prozessiert)

5.) Fäkalien 2-StStS mit Trockentoiletten (Grauwasser getrennt von Trockenfäzes- und Uringemisch)

6.) Urinentrennung 3-StStS mit Trockentoiletten (Grauwasser, Trockenfäzes, Urin einzeln prozessiert)

#### Die einzelnen Prozesskomponenten<sup>2</sup>

3.2 Benutzerschnittstellen für Gelb- und Braun- und Schwarzwasser

Wassergespülte Toiletten  Schwerkraftsystem  Vakuumsystem

Trenntoiletten (NoMix)  Schwerkraftsystem  Vakuumsystem

Trockentoiletten (ohne Wasserspülung)

Wassergespülte Urinoire  Schwerkraftsystem  Vakuumsystem

Wasserlose Urinoire  Schwerkraftsystem  Vakuumsystem

3.3 Schnittstelle für Grauwassererfassung

Lavabo  Dusche  Badewanne  Spüle Küche

Geschirrspüler  Waschmaschine

3.4 Schnittstelle für Regenwassergewinnung

Fläche: ..... m<sup>2</sup> Erf. Menge: ..... l/y

Material der Eindeckung: ..... Dachform: .....

3.5 Sammlung und Lagerung

Urintank  Klärgrube  Kompostkammer  Biogas Reaktor

Weitere: Grauwassertank 6.8 m<sup>3</sup>, Brauchwassertank 3.4 m<sup>3</sup>

3.6 Transport des Abwassers

Innerhalb Gebäude:  Schwerkraftsystem  Vakuumsystem

Ausserhalb Gebäude:  Schwerkraftsystem  Tankwagen

Bemerkungen: .....

<sup>1</sup> Systembezeichnungen gemäss Longdong, J., (2008). Neuartige Sanitärsysteme. Weimar, Bauhaus-Universität Weimar, S. 37.  
<sup>2</sup> Systematik gemäss Tilley, Elizabeth et al, (2008). Compendium of Sanitation Systems and Technologies. Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag), Dübendorf, Switzerland. S 13.

3.7 Prozesskomponenten zur Behandlung der einzelnen Stoffströme

Gr: Grauwasser<sup>3</sup> S: Schwarzwasser<sup>4</sup> B: Braunwasser<sup>5</sup> F: Fäzes trocken<sup>6</sup>

Fk: Fäkalien<sup>7</sup> G: Gelbwasser<sup>8</sup> U: Urin<sup>9</sup> R: Regenwasser

(Vorreinigung, Grobreinigung, Feinreinigung, Nachbehandlung z.B. Grobfiltrierung, Belebtschlamm-Verfahren, Membranfiltration, UV-Desinfektion, etc.)

Geschätzte Mengen mit \* bezeichnen

StSt.	Prozesskomponente(n)	Funktion, Wasserqualität	Produkttyp, Hersteller
Gr	Grauwasserspeicher 6.8 m <sup>3</sup>		
	Klarwasserspeicher 3.4 m <sup>3</sup>		
	6-stufige Rotationstauchtropfkörperanlage	Grauwasser aufbereiten zu Brauchwasser	Fa. Lokus, Berlin Eigenbau

3.8 Verwendung, Entsorgung, Deponie der einzelnen Stoffströme

Produkt	Menge	Einheit	Verwendung, Transport
Trinkwasser		m <sup>3</sup> /y	
Brauchwasser	13	m <sup>3</sup> /y	Toilettenspülung, Hofreinigung, Reinigung des Fettabscheiders. Überschüssiges Wasser wird in Regenwasserspeicher gelagert und für Grünflächenbewässerung eingesetzt.
Urin		l/y	
Getr. Fäzes		m <sup>3</sup> /y	
Kompost		m <sup>3</sup> /y	
Klärschlamm		m <sup>3</sup> /y	
Biogas		m <sup>3</sup> /y	
Energie		kWh/y	

<sup>3</sup> Stoffstrom aus Lavabo, Dusche, Badewanne, Küchenspüle, Geschirrspüler, Waschmaschine, etc.  
<sup>4</sup> Stoffstrom aus Mischtoilette mit Wasserspülung; Vakuum- oder Schwerkraft  
<sup>5</sup> Stoffstrom aus Trenntoilette mit Wasserspülung  
<sup>6</sup> Stoffstrom aus Trockentoilette (ohne Wasserspülung)  
<sup>7</sup> Stoffstrom aus Toilette ohne Wasserspülung (nur Urin und Fäzes)  
<sup>8</sup> Stoffstrom aus Trenntoilette und Urinal mit Wasserspülung  
<sup>9</sup> Stoffstrom aus Trenntoilette und Urinal ohne Wasserspülung

#### 4.0 Vergleichswerte der einzelnen Prozesskomponenten

Bitte pro Prozesskomponente Blatt 4.0 einzeln ausfüllen (diese Seite kopieren).

4.1 Bezeichnung der Komponente:	
4.2 Kurzbeschreibung der Komponente: 6-stufige Tauchtropfkörperanlage	
4.3 Volumenstrom:	m3/d
4.4 Mindestmenge Volumenstrom:	m3/d
4.5 Höchstmenge Volumenstrom:	m3/d
4.6 Energieverbrauch der Komponente:	kWh/d
4.7 Materialverbrauch pro Jahr:	
4.8 Flächenbedarf der Komponente:	m2
4.9 Anschaffungskosten der Komponente Preis inkl. Lieferung und Montage:	€
4.10 Personalkosten für Betrieb- und Unterhalt pro Jahr:	€/y
4.11 Materialkosten für Betrieb- und Unterhalt pro Jahr:	€/y
4.12 Bemerkungen zur Robustheit und Wartung der Komponente Anzahl Betreuungseinsätze pro Jahr: Stk/y Robustheit, Fehleranfälligkeit:	Std/y
4.13 Technische Betreuung der Komponente <input type="checkbox"/> durch betriebsinternen Techniker <input type="checkbox"/> durch Personal der Herstellerfirma Schwierigkeitsgrad der Betreuung: <input type="checkbox"/> hoch <input type="checkbox"/> mittel <input type="checkbox"/> niedrig	
4.14 Weitere Empfehlungen/Bemerkungen des Planers: Der hohe Grauwasseranfall und der hohe Bedarf an Recyclingwasser rechtfertigen den hohen technischen Aufwand der Anlage. Inzwischen konkurriert die Membranfiltertechnik mit diesem System. (2)	

#### 5.0 Wasserqualität

5.1 Resultierende Wasserqualität entspricht den Qualitätsanforderungen für	
<input checked="" type="checkbox"/> Toilettenspülung	aus: <input checked="" type="checkbox"/> Grauw. <input type="checkbox"/> Schwarz-/ Braunw.
<input checked="" type="checkbox"/> Eingeschränkte Verwendung als Bewässerungswasser	aus: <input checked="" type="checkbox"/> Grauw. <input type="checkbox"/> Schwarz-/ Braunw.
<input type="checkbox"/> Uneingeschränkte Verwendung als Bewässerungswasser	aus: <input type="checkbox"/> Grauw. <input type="checkbox"/> Schwarz-/ Braunw.
<input type="checkbox"/> Trinkwasser und Badegewässer	aus: <input type="checkbox"/> Grauw. <input type="checkbox"/> Schwarz-/ Braunw.
<input type="checkbox"/> Einleitung/Versickerung von Grau- und Regenwasser	aus: <input type="checkbox"/> Grauw. <input type="checkbox"/> Schwarz-/ Braunw.
5.2 Überprüfung der Wasserqualität	
Anhand welcher Indikatoren wird die Wasserqualität überprüft? <input checked="" type="checkbox"/> intern <input type="checkbox"/> extern	
5.3 Anforderung an Wasserqualität und Verwendung	
<input checked="" type="checkbox"/> Ja, die Wasserqualität entspricht den Anforderungen	
<input type="checkbox"/> Nein, die Anlage wurde nachgerüstet damit die Wasserqualität den Anforderungen entspricht.	
<input type="checkbox"/> Nein, das resultierende Wasser wird für qualitativ niedrigere Zwecke verwendet als ursprünglich geplant.	
<input type="checkbox"/> Bemerkungen:	



## 8.0 Dokumentation

Zusätzliche Unterlagen:

Technisches Fließschema der Anlage (*wichtig*) Veröffentlicht u. a. in Schriftenreihe fbr 8 Seite 319 ff.

Pläne

- Situation/Gesamtübersicht
- Grundrisse (z.B. *typisches Geschoss*)
- Schnitte mit Steigzonen
- Technikraum
- Nasszellen Steigzonen, etc.

(*Massstäbliche Pläne der für die Abwasservorbehandlungsanlage relevanten Räume*)

Fotos einzelner Systemkomponenten

Ergebnisse

Ja gerne, ich möchte in den Vereiler für die fertige Masterarbeit aufgenommen werden.

Meine Mailadresse: .....

Nein danke.

## 9.0 Weitere Bemerkungen

*Bitte versehen Sie die Bemerkungen mit den Positionsnummern aus dem Fragebogen.*

1.5 Einwohnerwerte: Annahme: 400 Betten x 50% Belegung 200 EW.

2.3 Der Trinkwasserbedarf in einem Vier-Sternhotel pro Gast ist etwa 5x so hoch wie in einem normalen Haushalt.

3.7 Rotationstropfkörper:

Das vorgereinigte Abwasser rieselt durch einen Filter aus Lavaschlacke oder Kunststofffüllkörpern auf denen Mikroorganismen wachsen (sessile Bakterien, biologischer Rasen). Die Mikroorganismen werden regelmässig mit Nährstoffen (aus dem Abwasser) versorgt. Zusätzlich benötigen sie Sauerstoff.

Quelle: Der Erfassungsbogen wurde von Hr. Dipl.-Ing Erwin Nolde, innovative Wasserkonzepte, D-Berlin ausgefüllt und danach von ps aufgrund der folgenden Quellen ergänzt:

(2) <http://ecologic-architecture.org/main/index.php?id=192&L=1%27> (01.11.2011)

(3) Angaben Hr. Büttner, Lokus GmbH, Berlin (Telefongespräch 31.10.11)

(4) Geschichte Hotel Arabella: <http://www.sheratonoffenbach.com/de/Buesing-Palais> (6.03.2012)

Beteiligte: Dipl.-Ing. Erwin Nolde, innovative Wasserkonzepte, D-Berlin, Konzept.



### 3.0 Technischer Beschrieb der Abwasservorbehandlungsanlage als gesamtes System

#### Zuordnung zum System

3.1 System, Art der Stoffstromtrennung<sup>1</sup> (bitte nur 1 System ankreuzen)

1.) 1-Stoffstromsystem (Schmutzwasser, alle Abwässer gemischt)

2.) Schwarzwasser 2-Stoffstromsystem (Grauwasser getrennt von Schwarzwasser)

3.) Urinentrennung 2-Stoffstromsystem (Gelbwasser getrennt von Braun- und Grauwassergemisch)

4.) Urinentrennung 3-Stoffstromsystem (Gelbwasser, Grauwasser, Braunwasser einzeln prozessiert)

5.) Fäkalien 2-StStS mit Trockentoiletten (Grauwasser getrennt von Trockenfäzes- und Uringemisch)

6.) Urinentrennung 3-StStS mit Trockentoiletten (Grauwasser, Trockenfäzes, Urin einzeln prozessiert)

#### Die einzelnen Prozesskomponenten<sup>2</sup>

3.2 Benutzerschnittstellen für Gelb- und Braun- und Schwarzwasser

Wassergespülte Toiletten  Schwerkraftsystem  Vakuumsystem

Trenntoiletten (NoMix)  Schwerkraftsystem  Vakuumsystem

Trockentoiletten (ohne Wasserspülung)

Wassergespülte Urinoire  Schwerkraftsystem  Vakuumsystem

Wasserlose Urinoire  Schwerkraftsystem  Vakuumsystem

3.3 Schnittstelle für Grauwassererfassung

Lavabo  Dusche  Badewanne  Spüle Küche

Geschirrspüler  Waschmaschine  Theke

3.4 Schnittstelle für Regenwassergewinnung

Fläche: ..... m<sup>2</sup> Erf. Menge: ..... l/y

Material der Eindeckung: ..... Dachform: .....

3.5 Sammlung und Lagerung

Urintank  Klärgrube  Kompostkammer  Biogas Reaktor

Weitere: Vorlagebehälter (vor Reinigung) und Klarwassertank .....

3.6 Transport des Abwassers

Innerhalb Gebäude:  Schwerkraftsystem  Vakuumsystem

Ausserhalb Gebäude:  Schwerkraftsystem  Tankwagen

Bemerkungen: .....

<sup>1</sup> Systembezeichnungen gemäss Longdong, J., (2008). Neuartige Sanitärsysteme. Weimar, Bauhaus-Universität Weimar, S. 37.  
<sup>2</sup> Systematik gemäss Tilley, Elizabeth et al. (2008). Compendium of Sanitation Systems and Technologies. Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag). Dübendorf, Switzerland. S 13.

3.7 Prozesskomponenten zur Behandlung der einzelnen Stoffströme

Gr: Grauwasser<sup>3</sup> S: Schwarzwasser<sup>4</sup> B: Braunwasser<sup>5</sup> F: Fäzes trocken<sup>6</sup>

Fk: Fäkalien<sup>7</sup> G: Gelbwasser<sup>8</sup> U: Urin<sup>9</sup> R: Regenwasser

(Vorreinigung, Grobreinigung, Feinreinigung, Nachbehandlung z.B. Grobfiltrierung, Belebtschlamm-Verfahren, Membranfiltration, UV-Desinfektion, etc.)

Geschätzte Mengen mit \* bezeichnen

StSt.	Prozesskomponente(n)	Funktion, Wasserqualität	Produkttyp, Hersteller
Gr	Membranbioreaktor inkl. Vorlagebehälter, biologische Stufe und Betriebswasserbehälter	Grauwasseraufbereitung	Huber
Gr	UV-Desinfektion	Hygienisierung, Bestrahlungsintensität mit 400 J/m <sup>2</sup>	WEDECO
Gr	Druckerhöhung	Betriebwasserversorgung	WILCO
Gr	Prozessleitsystem	Anlagensteuerung, TW-Nachspeisung	Huber
Gr	Verrohrung	Transport der Wasser	Huber
Gr	Vorlagebehälter	Lagerung vor Grauwasserbehandlung um Reaktor kontinuierlich zu beschicken	
Gr	Klarwassertank 5.5 m <sup>2</sup>	Lagerung des gereinigten Wassers zur Verwendung als WC Spülung.	

3.8 Verwendung, Entsorgung, Deponie der einzelnen Stoffströme

Produkt	Menge	Einheit	Verwendung, Transport
Trinkwasser		m <sup>3</sup> /y	
Brauchwasser	766.5	m <sup>3</sup> /y	(2.1 m <sup>3</sup> /y x 365)
Urin		l/y	
Getr. Fäzes		m <sup>3</sup> /y	
Kompost		m <sup>3</sup> /y	
Klärschlamm		m <sup>3</sup> /y	
Biogas		m <sup>3</sup> /y	
Energie		kWh/y	

<sup>3</sup> Stoffstrom aus Lavabo, Dusche, Badewanne, Küchenspüle, Geschirrspüler, Waschmaschine, etc.  
<sup>4</sup> Stoffstrom aus Mischtoilette mit Wasserspülung; Vakuums- oder Schwerkraft  
<sup>5</sup> Stoffstrom aus Trenntoilette mit Wasserspülung  
<sup>6</sup> Stoffstrom aus Trockentoilette (ohne Wasserspülung)  
<sup>7</sup> Stoffstrom aus Toilette ohne Wasserspülung (nur Urin und Fäzes)  
<sup>8</sup> Stoffstrom aus Trenntoilette und Urinal mit Wasserspülung  
<sup>9</sup> Stoffstrom aus Trenntoilette und Urinal ohne Wasserspülung

#### 4.0 Vergleichswerte der einzelnen Prozesskomponenten

Bitte pro Prozesskomponente Blatt 4.0 einzeln ausfüllen (diese Seite kopieren).

4.1 Bezeichnung der Komponente:	Membranbelebungsreaktor, Grauwasserreinigung
4.2 Kurzbeschreibung der Komponente:	Die mechanische Reinigung erfolgt über ein Feinsieb (Maschenweite 3 mm). Dies verringert die Verstopfung der Membranen. Ein Vorlagebehälter dient als hydraulischen Puffer, damit die Membranbelegung gleichmässig beschickt werden kann. Die Membranbelegung kombiniert Belebtschlammverfahren und Membranfiltration (MCB 3x2-2, Porengrösse 38nm). Danach wird das Wasser des Klarwasserbehälters mit UV bestrahlt.
4.3 Volumenstrom:	m3/d
4.4 Mindestmenge Volumenstrom:	m3/d
4.5 Höchstmenge Volumenstrom:	m3/d
4.6 Energieverbrauch der Komponente:	kWh/d
4.7 Materialverbrauch pro Jahr:	
4.8 Flächenbedarf der Komponente:	m2
4.9 Anschaffungskosten der Komponente	
Preis inkl. Lieferung und Montage:	10'000 €
4.10 Personalkosten für Betrieb- und Unterhalt pro Jahr:	2'000 €/y
4.11 Materialkosten für Betrieb- und Unterhalt pro Jahr:	€/y
4.12 Bemerkungen zur Robustheit und Wartung der Komponente	
Anzahl Betreuungseinsätze pro Jahr:	4 Stk/y
Robustheit, Fehleranfälligkeit: Wartung pro Quartal 1x.	8 Std/y
4.13 Technische Betreuung der Komponente	
<input type="checkbox"/> durch betriebsinternen Techniker	<input checked="" type="checkbox"/> durch Personal der Herstellerfirma
Schwierigkeitsgrad der Betreuung:	<input type="checkbox"/> hoch <input type="checkbox"/> mittel <input type="checkbox"/> niedrig
4.14 Weitere Empfehlungen/Bemerkungen des Planers:	
Die Bedienung der auf dem Markt erhältlichen Anlagen zur Grauwasseraufbereitung sind einfach. In grösseren Hotels kann dies der technisch versierte Hausmeister übernehmen. Für kleinere Hotels empfiehlt sich den Betrieb der Anlage fremd zu vergeben. Die Kontrolle der Anlage kann über Datenfernübertragung erfolgen, was in diesem Projekt erfolgreich war. Die regelmässige Wartung (1 x pro Jahr) sollte an die Herstellerfirma vergeben werden. Für die Kontrolle der Wasserqualität ist es aus Gründen der rechtlichen Absicherung gegenüber Gästen sinnvoll, ein zertifiziertes Labor zu beauftragen.	

#### 5.0 Wasserqualität

5.1 Resultierende Wasserqualität entspricht den Qualitätsanforderungen für	
<input checked="" type="checkbox"/> Toilettenspülung	aus: <input checked="" type="checkbox"/> Grauw. <input type="checkbox"/> Schwarz-/ Brauw.
<input type="checkbox"/> Eingeschränkte Verwendung als Bewässerungswasser	aus: <input type="checkbox"/> Grauw. <input type="checkbox"/> Schwarz-/ Brauw.
<input checked="" type="checkbox"/> Uneingeschränkte Verwendung als Bewässerungswasser	aus: <input checked="" type="checkbox"/> Grauw. <input type="checkbox"/> Schwarz-/ Brauw.
<input type="checkbox"/> Trinkwasser und Badegewässer	aus: <input type="checkbox"/> Grauw. <input type="checkbox"/> Schwarz-/ Brauw.
<input type="checkbox"/> Einleitung/Versickerung von Grau- und Regenwasser	aus: <input type="checkbox"/> Grauw. <input type="checkbox"/> Schwarz-/ Brauw.
5.2 Überprüfung der Wasserqualität	
Anhand welcher Indikatoren wird die Wasserqualität überprüft? <input checked="" type="checkbox"/> intern <input type="checkbox"/> extern	
Im Rahmen der jährlichen Anlagenwartung wird die Wasserqualität überprüft	
5.3 Anforderung an Wasserqualität und Verwendung	
<input checked="" type="checkbox"/> Ja, die Wasserqualität entspricht den Anforderungen	
<input type="checkbox"/> Nein, die Anlage wurde nachgerüstet damit die Wasserqualität den Anforderungen entspricht.	
<input type="checkbox"/> Nein, das resultierende Wasser wird für qualitativ niedrigere Zwecke verwendet als ursprünglich geplant.	
<input type="checkbox"/> Bemerkungen: Zu Zeiten des Vorhabens, mussten die mikrobiologischen Anforderungen der TrinkV eingehalten werden, für die chemisch-physikalischen weitergehende Anforderungen Im Routinebetrieb werden die Anforderungen des Ibr Hinweisblatts H201 sicher eingehalten bzw. deutlich unterschritten.	

möglicherweise beinhaltet dies nur die Lieferung ohne Installationskosten

### 6.0 Kosten

6.1 Erstellungskosten der Abwasseraufbereitungsanlage						
P.	Leistung	Stufe	Anz.	Einheitspreis	Gesamtpreis	W.
1	Membranbelebungsreaktor		1		10'000 €	
2	Installation EMSR (Mess-Steuerungs-Regeltech)		1		8'300 €	
3	Druckerhöhungsanlage		1		7'000 €	
4					€	
5					€	
6					€	
7					€	
8					€	
Total					25'300 €	

Bemerkungen: Inbetriebnahme der Anlage: 8990 €

6.2 Erstellungskosten Leitungsnetz innerhalb des Gebäudes im Umbau 58'762 €  
 Davon Kosten für doppeltes Leitungsnetz 41'700 €

Bemerkungen: Kosten für Weiswasserleitung (8'800.-), Grauwasserleitung (16'400.-) und Systemtrennung (16'500.-).

6.3 Erstellungskosten der Benutzerschnittstellen (Toiletten, Urinale)						
P.	Leistung	Anz.	Einheitspreis	Gesamtpreis	W.	
1	Toiletten	40	400	16'000 €		* Schätzung
2	Urinale	6	350	2'100 €		* Schätzung
Total					18'100 €	

6.4 Vorbereitungskosten für Planung, Gebühren, etc.

P.	Leistung	Anz.	Einheitspreis	Gesamtpreis	W.
1	Planungskosten Vorprojekt Arch. und Fachplaner				€
2	Bewilligungskosten				€
3	Förderbeiträge BMBF			110'974 €	
Total					110'974 €

Bemerkungen: 50% auf Maschinentechnik, 100% auf Grau- und Betriebswassernetz

6.5 Jährliche Betriebskosten der gesamten Anlage

P.	Leistung	Anz.	Einheitspreis	Gesamtpreis	W.
1	Stromkosten für Betrieb der ges. Anlage			90 €	
2	Personalkosten für Wartung und Unterhalt			€	
3	Materialkosten für Wartung und Unterhalt			€	
4	Wartungskosten (Personal + Material)			2'000 €	
Total					2'090 €

Davon Anteil Grauwasserbehandlung: 947 Schwarz-/Braunwasserbehandlung:

6.6 Einnahmen aus Verkauf resp. Rückspeisung von Ressourcen €/y  
 Bemerkungen:

6.7 Bemerkungen zu Mehr-/Minderkosten Bau, Betrieb, Unterhalt

### 7.0 Nutzerakzeptanz

Diese Fragen können nicht beantwortet werden.

7.1 Information und Einführung für Nutzer	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein
7.2 Verhaltensänderungen bei den Nutzern aufgrund des neuartigen Sanitärsystems	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja Bemerkungen: .....	
7.3 Einschränkungen für die Nutzer aufgrund des neuartigen Sanitärsystems	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja Bemerkungen: .....	
7.4 Anwenderfreundlichkeit der Benutzerschnittstelle (Toilette, Urinal)	Toilette Typ: ..... <input type="checkbox"/> keine <input type="checkbox"/> positive <input type="checkbox"/> negative Bemerkungen Urinal Typ: ..... <input type="checkbox"/> keine <input type="checkbox"/> positive <input type="checkbox"/> negative Bemerkungen Bemerkungen: .....	
7.5 Mehraufwand für Nutzer aufgrund des neuartigen Sanitärsystems	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja Bemerkungen: .....	
7.6 Probleme oder negative Rückmeldungen bezüglich Gesundheit und Hygiene	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> Bemerkungen: .....	
7.7 Geruchsemissionen	<input type="checkbox"/> keine Geruchsbelästigung <input type="checkbox"/> wenig, ab und zu Geruchsbelästigung <input type="checkbox"/> mittelstark, oft Geruchsbelästigung <input type="checkbox"/> starke Geruchsbelästigung Bemerkungen: .....	
7.8 Nutzerakzeptanz	<input type="checkbox"/> Positive Reaktionen: <input type="checkbox"/> keine <input type="checkbox"/> vereinzelte <input type="checkbox"/> viele <input type="checkbox"/> Negative Reaktionen: <input type="checkbox"/> keine <input type="checkbox"/> vereinzelte <input type="checkbox"/> viele Bemerkungen: .....	
7.9 Empfehlungen/Bemerkungen der Nutzer:	.....	

Die oben aufgeführten Fragen können anhand der Akzeptanzumfragen nicht beantwortet werden, da damit andere Zusammenhänge erforscht wurden. Bei der Grauwasseraufbereitung ist für den Gast keine Veränderung wahrnehmbar (was auch ein Teil des Ziels ist: keine Komforteinbusse für den Gast).

- Zwei Umfragen untersuchten die Akzeptanz der Gäste gegenüber Systemen zur Grauwasserwiederverwendung. Beide Gästeumfragen hatten eine sehr kleine Resonanz. Bei der 2. Runde wussten 50% (von 18) der Befragten nicht, was Grauwasser ist. 88% gaben an, auf ihren Wasserverbrauch zu achten, 66% könnten sich eine Wasserwiederverwendung bei sich zuhause vorstellen. Mehr als 83% sahen in der Wiederverwendung von Grauwasser in Hotels einen effektiven Beitrag für die Umwelt.  
 - Eine Umfrage wurde bei Hotelbetrieben durchgeführt um Stamm-, Verbrauchsdaten, Ausstattungs- und Wassereinsparmerkmale zu sammeln.





## 8.0 Dokumentation

Zusätzliche Unterlagen:

<input type="checkbox"/> Technisches Fließschema der Anlage ( <i>wichtig</i> )
Pläne
<input type="checkbox"/> Situation/Gesamtübersicht
<input type="checkbox"/> Grundrisse (z.B. <i>typisches Geschoss</i> )
<input type="checkbox"/> Schnitte mit Steigzonen
<input type="checkbox"/> Technikraum
<input type="checkbox"/> Nasszellen Steigzonen, etc.
( <i>Massstäbliche Pläne der für die Abwasservorbehandlungsanlage relevanten Räume</i> )
<input type="checkbox"/> Fotos einzelner Systemkomponenten

Ergebnisse
<input checked="" type="checkbox"/> Ja gerne, ich möchte in den Vereiler für die fertige Masterarbeit aufgenommen werden. Meine Mailadresse: .....
<input type="checkbox"/> Nein danke.

## 9.0 Weitere Bemerkungen

Bitte versehen Sie die Bemerkungen mit den Positionsnummern aus dem Fragebogen.

1.5 Bewohner: aktuell ca. 17 Gäste/d im Seminarhaus; 6205 Gäste/y (2) 30 Zimmer im Haupthaus, 20 Zimmer im Seminarhaus (= Nebenhaus) "Früher waren es vorwiegend EZ, also 20 Betten, jetzt aber eher 30 Betten." (2)
2.3 "Fakt ist ,dass wir nach wie vor Frischwasser einspeisen, weil die Gäste, vereinfacht gesprochen , zu oft aufs WC und zu selten unter die Dusche gehen." (2)
2.5 Gemessener Wert: 3.65 kWh (d.h. 87.5 kWh/d, 31937.5 kWh/y), (2) Herstellerangabe: 2.0 kWh/m3 (d.h. 767 m3/y x 2 kWh/m3 = 1534 kWh/y) (Keysers)
3.8 Brauchwassermenge: 2.1 m2/d x 365 d = 766.5 m3
5.3 fbr Hinweisblatts H201: <a href="http://www.fbr.de/publikation/H201_Grauwasser.pdf">http://www.fbr.de/publikation/H201_Grauwasser.pdf</a>
6.1 Angaben in (1), S. 167 6.2 Angaben in (1), S. 168, weitere Angaben der Wasserleitungskosten von Keysers. 6.4 Angaben in (1), S. 169
Quellen: Der Erfassungsbogen wurde in einem ersten Durchgang von Hr. Dipl.-Ing. Christoph Keysers, ISA, D-Aachen ausgefüllt, danach von ps anhand der folgenden Quellen ergänzt: (1) RWTH ISA (2010): Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben. Produktionsintegrierte Umweltschutzmassnahmen im Hotel- und Gaststättengewerbe unter besonderer Berücksichtigung vorhandener Bausubstanz. Aachen und München. (2) Mail Hr. Oliver Späth, 29.11.11 (3) Späth Hans (2009): Dokumentation für den Bayrischen Umweltpreis. Wasserwiederverwendung im Hotel und Gaststättengewerbe - Theorie und weitere Einsatzfelder.
Beteiligte am Forschungs- und Entwicklungsvorhaben des Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF):

- Institut für Siedlungswasserwirtschaft (ISA) der RWTH D-Aachen, Hr. Dipl.-Ing. Christopher Keysers.
- Institut für Wasserwesen, Professur Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik (SWA) der Universität der Bundeswehr D-München, Fr. Dipl.-Ing. Marika Holtorff.
- Hotel "Am Kurpark" Späth, D-Bad Windsheim.
- Deutscher Hotel- und Gaststättenverband Nordrhein (DEHOGA)
- Ingenieurbüro ECON Umweltingenieure GmbH aus Aachen, Planung Rohrleitungssysteme.



### 3.0 Technischer Beschrieb der Abwasservorbehandlungsanlage als gesamtes System

#### Zuordnung zum System

3.1 System, Art der Stoffstromtrennung<sup>1</sup> (bitte nur 1 System ankreuzen)

1.) 1-Stoffstromsystem (Schmutzwasser, alle Abwässer gemischt)

2.) Schwarzwasser 2-Stoffstromsystem (Grauwasser getrennt von Schwarzwasser)

3.) Urinentrennung 2-Stoffstromsystem (Gelbwasser getrennt von Braun- und Grauwassergemisch)

4.) Urinentrennung 3-Stoffstromsystem (Gelbwasser, Grauwasser, Braunwasser einzeln prozessiert)

5.) Fäkalien 2-StStS mit Trockentoiletten (Grauwasser getrennt von Trockenfäzes- und Uringemisch)

6.) Urinentrennung 3-StStS mit Trockentoiletten (Grauwasser, Trockenfäzes, Urin einzeln prozessiert)

#### Die einzelnen Prozesskomponenten<sup>2</sup>

3.2 Benutzerschnittstellen für Gelb- und Braun- und Schwarzwasser - nicht separat erfasst.

Wassergespülte Toiletten  Schwerkraftsystem  Vakuumsystem

Trenntoiletten (NoMix)  Schwerkraftsystem  Vakuumsystem

Trockentoiletten (ohne Wasserspülung)

Wassergespülte Urinoire  Schwerkraftsystem  Vakuumsystem

Wasserlose Urinoire Nur in Schule und Hort  Schwerkraftsystem  Vakuumsystem

3.3 Schnittstelle für Grauwassererfassung

Lavabo  Dusche  Badewanne  Spüle Küche

Geschirrspüler  Waschmaschine

3.4 Schnittstelle für Regenwassergewinnung keine Regenwassergewinnung

Fläche: ..... m<sup>2</sup> Erf. Menge: ..... l/y

Material der Eindeckung: ..... Dachform: .....

3.5 Sammlung und Lagerung (Rottebehälter)

Urintank  Klärgrube  Kompostkammer  Biogas Reaktor

Weitere: Urin in Urintanks bzw. Umschieberung in konvent. Kanal möglich; .....

3.6 Transport des Abwassers

Innerhalb Gebäude:  Schwerkraftsystem  Vakuumsystem

Ausserhalb Gebäude:  Schwerkraftsystem  Tankwagen (geplant nicht ausgeführt)

Bemerkungen: Gelbwasserkanäle und Braun + Grauwasserkanäle .....

<sup>1</sup> Systembezeichnungen gemäss Longdong, J., (2008). Neuartige Sanitärsysteme. Weimar, Bauhaus-Universität Weimar, S. 37.  
<sup>2</sup> Systematik gemäss Tilley, Elizabeth et al. (2008). Compendium of Sanitation Systems and Technologies. Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag). Dübendorf, Switzerland. S 13.

3.7 Prozesskomponenten zur Behandlung der einzelnen Stoffströme

Gr: Grauwasser<sup>3</sup> S: Schwarzwasser<sup>4</sup> B: Braunwasser<sup>5</sup> F: Fäzes trocken<sup>6</sup>  
 Fk: Fäkalien<sup>7</sup> G: Gelbwasser<sup>8</sup> U: Urin<sup>9</sup> R: Regenwasser  
 (Vorreinigung, Grobreinigung, Feinreinigung, Nachbehandlung z.B. Grobfiltrierung, Belebtschlamm-Verfahren, Membranfiltration, UV-Desinfektion, etc.)  
 Geschätzte Mengen mit \* bezeichnen

StSt.	Prozesskomponente(n)	Funktion, Wasserqualität	Produkttyp, Hersteller
U / B	Urin-Trenntoiletten	Urin und Braunwasser trennen	NoMix, Rödinger, D
U	Wasserloses Urinal	Erfassung von unverdünntem Urin	Urinal, Hellbrock, A
U	Urintanks	Urin speichern und lagern	
S	Kompostfilter	Feststoffe abtrennen	Eigenbau (Prototyp)
S	Pflanzenkläranlage	Wasser reinigen	erstellt durch eine Kanalbaufirma

3.8 Verwendung, Entsorgung, Deponie der einzelnen Stoffströme NICHT ERMITTELT

Produkt	Menge	Einheit	Verwendung, Transport
Trinkwasser		m <sup>3</sup> /y	
Brauchwasser		m <sup>3</sup> /y	Kanalisation (Vorgesehen in Vorfluter einleiten)
Urin		l/y	Kanalisation (Vorgesehen als Dünger in Landwirtschaft ausbringen)
Getr. Fäzes		m <sup>3</sup> /y	
Kompost		m <sup>3</sup> /y	
Klärschlamm		m <sup>3</sup> /y	
Biogas		m <sup>3</sup> /y	
Energie		kWh/y	

<sup>3</sup> Stoffstrom aus Lavabo, Dusche, Badewanne, Küchenspüle, Geschirrspüler, Waschmaschine, etc.  
<sup>4</sup> Stoffstrom aus Mischtoilette mit Wasserspülung; Vakuumsystem oder Schwerkraft  
<sup>5</sup> Stoffstrom aus Trenntoilette mit Wasserspülung  
<sup>6</sup> Stoffstrom aus Trockentoilette (ohne Wasserspülung)  
<sup>7</sup> Stoffstrom aus Toilette ohne Wasserspülung (nur Urin und Fäzes)  
<sup>8</sup> Stoffstrom aus Toilette und Urinal mit Wasserspülung  
<sup>9</sup> Stoffstrom aus Trenntoilette und Urinal ohne Wasserspülung

#### 4.0 Vergleichswerte der einzelnen Prozesskomponenten

Bitte pro Prozesskomponente Blatt 4.0 einzeln ausfüllen (diese Seite kopieren).

4.1 Bezeichnung der Komponente:	System Trenntoilette mit Urintank
4.2 Kurzbeschreibung der Komponente:	Die Trenntoiletten (No-Mix Rödinger) separieren unverdünnten Urin von Braunwasser. Wasserlose Urinale (Hellbrock). Das Rohrsystem hat einen Durchmesser von 100 mm, ein Gefälle von 1 - 2 %. Der Urin wird in Fiberglas Tanks gelagert, insgesamt mit einem Volumen von 4.5m <sup>3</sup> um den Urin 30 - 60 Tage lagern zu können. Die Tanks sind verschlossen, der Druckausgleich erfolgt über die Zulaufrohre, ein Warnsystem für Leckagen, eine Füllstandsanzeige, ein Notüberlauf mit Kanalisationsanschluss und ein Anschluss für die Entleerung sind eingebaut.
4.3 Volumenstrom:	m <sup>3</sup> /d
4.4 Mindestmenge Volumenstrom:	m <sup>3</sup> /d
4.5 Höchstmenge Volumenstrom:	m <sup>3</sup> /d
4.6 Energieverbrauch der Komponente:	kWh/d
4.7 Materialverbrauch pro Jahr:	Bowdenzüge reissen, pro Jahr ca. 20 -25 Stk. Kosten 48.- €/Stk. Ersatz von Urin-Siphonen. Zitronensäure zur Entfernung von Urinstein.
4.8 Flächenbedarf der Komponente:	Urintanks: Volumen: 2x 1.5 m <sup>3</sup> , 4 x 0.75 m <sup>3</sup> 8 m <sup>2</sup>
4.9 Anschaffungskosten der Komponente	
Preis inkl. Lieferung und Montage:	€
4.10 Personalkosten für Betrieb- und Unterhalt pro Jahr:	4040.- €/y
4.11 Materialkosten für Betrieb- und Unterhalt pro Jahr:	Bowdenzüge 20 Stk. à 48.- = 960.- €/y
4.12 Bemerkungen zur Robustheit und Wartung der Komponente	
Anzahl Betreuungseinsätze pro Jahr:	120 Stk/y 60 Std/y
Robustheit, Fehleranfälligkeit:	Nach 3 Jahren stark ansteigend!!!
4.13 Technische Betreuung der Komponente	
<input type="checkbox"/> durch betriebsinternen Techniker	<input type="checkbox"/> durch Personal der Herstellerfirma
Schwierigkeitsgrad der Betreuung:	<input checked="" type="checkbox"/> hoch <input type="checkbox"/> mittel <input type="checkbox"/> niedrig
4.14 Weitere Empfehlungen/Bemerkungen des Planers:	
<p>- Toiletten: Die Wartung der Urinentrenn-Anlagen wird durch die Linz AG (Betreiber der Anlage) durchgeführt. Bei der jährlichen Inspektion werden Benutzerinformationen gegeben und Wartungsarbeiten (Urinsteinentfernung, Auswechseln der Bowdenzüge, etc.) durchgeführt. Empfehlung: Urinsteinentfernung monatlich mit 1 L Wasser verdünnter Zitronensäure (20%), über Nacht eingeweicht.</p> <p>- Trenntoiletten in der Schule: Nach 2 Jahren Betrieb wurden sie durch konventionelle Toiletten ersetzt. Es hat sich gezeigt, dass die Trenntoiletten für Schüler unter 1.4 m Grösse ungeeignet sind, da oft Fäzes in den Bereich des Urinablaufs geraten, was zu Geruchsemissionen und zu grösserem Reinigungsaufwand führte. Versuche mit einer Erhebung für die kleineren Kinder führte zu einer schlechten Akzeptanz, da die Kinder die "Baby-Toilette" nicht benutzen wollten.</p> <p>- Probleme mit den Trenntoiletten: Der Geruchsverschluss muss regelmässig gereinigt werden, sonst setzt sich Urinstein an. Der Urinstein führt dazu, dass der Verschluss blockiert und keine Urinseparation mehr stattfinden kann, was zu Verlusten bei der Urinsammlung führt. Geruchsprobleme rühren von Verschmutzung des Urinablaufs durch Fäzes. Oft ist es notwendig mehrfach zu spülen um Toilettenpapier und/oder Fäzes vollständig wegzuspülen. Spülwasser kann den Toilettensitz benützen. Die Spülleistung der der NoMix-Toilette sollte bei einer Überarbeitung des Toilettendesigns optimiert werden.</p> <p>- Urinale (Schule): Geruchlosigkeit ist abhängig von einem regelmässigen Reinigung und Wartung. Urinale werden täglich gereinigt, die Geruchsverschlüsse nach 1- 2 Jahren ausgewechselt.</p> <p>- Urintank: Während Zeiten in denen der Urin zur Verwendung gesammelt wurde, musste er monatlich durch ein Tankwagen abgesaut werden. Zur Zeit wird der Urin über die Kanalisation abgeführt.</p>	

Ausgefüllt: ps

Blattnummer

#### 4.0 Vergleichswerte der einzelnen Prozesskomponenten

Bitte pro Prozesskomponente Blatt 4.0 einzeln ausfüllen (diese Seite kopieren).

4.1 Bezeichnung der Komponente:	Schwarzwasseraufbereitung in Pflanzenkläranlage
4.2 Kurzbeschreibung der Komponente:	Ein Strukturfilter aus organischem Material (Stroh, Rinde) dient als Filtrationssystem. Das Grau- Braunwassergemischs wird unter aeroben Bedingungen durch einen Filter aus Strukturmaterial hindurchgeleitet um von Feststoffen zu trennen. Zugleich wird das Strukturmaterial kompostiert. Danach fliesst das Filtrat zu einem Pumpensumpf von wo es in die Pflanzenkläranlage gepumpt wird. Die Anlage ist ein vertikal durchströmter Bodenfilter, der mit Schilfrohr (Phragmites Australis) bepflanzt ist.
4.3 Volumenstrom:	Unbekannt m <sup>3</sup> /d
4.4 Mindestmenge Volumenstrom:	Unbekannt m <sup>3</sup> /d
4.5 Höchstmenge Volumenstrom:	Unbekannt m <sup>3</sup> /d
4.6 Energieverbrauch der Komponente:	kWh/d
4.7 Materialverbrauch pro Jahr:	
4.8 Flächenbedarf der Komponente:	1 m <sup>2</sup> pro EW-Wert 460 m <sup>2</sup>
4.9 Anschaffungskosten der Komponente	
Preis inkl. Lieferung und Montage:	€
4.10 Personalkosten für Betrieb- und Unterhalt pro Jahr:	€/y
4.11 Materialkosten für Betrieb- und Unterhalt pro Jahr:	€/y
4.12 Bemerkungen zur Robustheit und Wartung der Komponente	
Anzahl Betreuungseinsätze pro Jahr:	Stk/y Std/y
Robustheit, Fehleranfälligkeit:	
4.13 Technische Betreuung der Komponente	
<input type="checkbox"/> durch betriebsinternen Techniker	<input type="checkbox"/> durch Personal der Herstellerfirma
Schwierigkeitsgrad der Betreuung:	<input type="checkbox"/> hoch <input type="checkbox"/> mittel <input type="checkbox"/> niedrig
4.14 Weitere Empfehlungen/Bemerkungen des Planers:	
<p>Da Urin bereits aus dem Schwarzwasser entfernt wurde, benötigt die Schwarzwasseraufbereitung lediglich 1 m<sup>2</sup>/p (ohne Urinentrennung werden 2.5 - 3 m<sup>2</sup>/p Fläche benötigt. Um Austrocknung in den Sommermonaten zu vermeiden kann das Durchflusssystem als Kreislaufsystem betrieben werden.</p> <p>Die Pflanzenkläranlage liefert eine exzellente Wasserqualität.</p> <p>Da das Schilfrohr langsam wächst war es noch nicht notwendig zu schneiden (2009). Im Herbst sterben die oberen Pflanzenteile ab. Um die Rhizome vor Frost zu schützen, sollte das Stroh über den Winter liegengelassen werden. Sobald die Pflanzen gross genug sind, können sie im Frühjahr geschnitten werden. Vorgesehen war die geschnittenen Pflanzenteile als Strukturmaterial im Feststofffilter zu verwenden.</p>	

Ausgefüllt: ps

Blattnummer

#### 4.0 Vergleichswerte der einzelnen Prozesskomponenten

Bitte pro Prozesskomponente Blatt 4.0 einzeln ausfüllen (diese Seite kopieren).

4.1 Bezeichnung der Komponente: ????	
4.2 Kurzbeschreibung der Komponente: Siehe beigefügte Beschreibungen	
4.3 Volumenstrom: siehe Edinburgh-Paper + Diplomarbeit Schroft	m3/d
4.4 Mindestmenge Volumenstrom: ???	m3/d
4.5 Höchstmenge Volumenstrom: ???	m3/d
4.6 Energieverbrauch der Komponente: NICHT dezidiert ERMITTELT	kWh/d
4.7 Materialverbrauch pro Jahr: schon ausgefüllt bzgl. Bowdenzüge!	
siehe vorangehenden Seiten	
4.8 Flächenbedarf der Komponente: ???	m2
4.9 Anschaffungskosten der Komponente ca. 2.400 € pro Toilette ohne Montage	
Preis inkl. Lieferung und Montage: (inkl. Spülkasten, Siphon, Bowdenzug)	€
4.10 Personalkosten für Betrieb- und Unterhalt pro Jahr: ca. 5.000 € pro Jahr	€/y
4.11 Materialkosten für Betrieb- und Unterhalt pro Jahr: 1 Bowdenzug = 48,00 €	€/y
4.12 Bemerkungen zur Robustheit und Wartung der Komponente	
Anzahl Betreuungseinsätze pro Jahr: 120 Stk/y	60 Std/y
Robustheit, Fehleranfälligkeit: Nach ca. 3 Jahren stark einsteigend !!!	
4.13 Technische Betreuung der Komponente	
<input checked="" type="checkbox"/> durch betriebsinternen Techniker	<input type="checkbox"/> durch Personal der Herstellerfirma (ist ein guter Scherz)
Schwierigkeitsgrad der Betreuung: <input checked="" type="checkbox"/> hoch	<input type="checkbox"/> mittel <input type="checkbox"/> niedrig
4.14 Weitere Empfehlungen/Bemerkungen des Planers:	
<p>Bitte Installateure separat ausbilden lassen (NICHT ZUKAUFEN); Wir haben die Installation vergeben und sind darauf gekommen, dass ca. 25% falsch installiert waren; =richtige Installation Bowdenzüge + Gelbwassersiphone; Kein Verständnis der normalen Installateure vorhanden!!! Nur weil es abrinnt, heißt noch nicht, dass das System funktioniert !!!</p> <p>Rödiger Toilette ist noch nicht Serienreif. Betreuung durch Hersteller lässt zu wünschen übrig. Problematik zwischen wissenschaftlichen Planern (Kreislauforientiertes Abwassersystem) und Praxis-Planer; Optimal einer der beides kann --&gt; sonst selber machen!!!</p> <p>Viele wollen mitreden; jedoch wenige können's auch wirklich.</p>	

Ausgefüllt: MH

#### 5.0 Wasserqualität NICHT relevant für dieses Projekt

5.1 Resultierende Wasserqualität entspricht den Qualitätsanforderungen für

<input type="checkbox"/> Toilettenspülung	aus: <input type="checkbox"/> Grauw. <input type="checkbox"/> Schwarz-/ Braunw.
<input type="checkbox"/> Eingeschränkte Verwendung als Bewässerungswasser	aus: <input type="checkbox"/> Grauw. <input type="checkbox"/> Schwarz-/ Braunw.
<input type="checkbox"/> Uneingeschränkte Verwendung als Bewässerungswasser	aus: <input type="checkbox"/> Grauw. <input type="checkbox"/> Schwarz-/ Braunw.
<input type="checkbox"/> Trinkwasser und Badegewässer	aus: <input type="checkbox"/> Grauw. <input type="checkbox"/> Schwarz-/ Braunw.
<input type="checkbox"/> Einleitung/Versickerung von Grau- und Regenwasser	aus: <input type="checkbox"/> Grauw. <input type="checkbox"/> Schwarz-/ Braunw.

5.2 Überprüfung der Wasserqualität

Anhand welcher Indikatoren wird die Wasserqualität überprüft?  intern  extern

5.3 Anforderung an Wasserqualität und Verwendung

Ja, die Wasserqualität entspricht den Anforderungen

Nein, die Anlage wurde nachgerüstet damit die Wasserqualität den Anforderungen entspricht.

Nein, das resultierende Wasser wird für qualitativ niedrigere Zwecke verwendet als ursprünglich geplant.

Bemerkungen: Abwasser wird in öffentliche Kanalisation eingeleitet.

### 6.0 Kosten

6.1 Erstellungskosten der Abwasseraufbereitungsanlage						
P.	Leistung	Stufe	Anz.	Einheitspreis	Gesamtpreis	W.
1	Trenntoiletten					€
2	Urinale					€
3	Urintanks					€
4	Rohrleitungen					€
5	Pumpen, Steuerung					€
6	Kompostfilter					€
7	Pflanzenkläranlage inkl. Grundstückskosten					€
8	alles inkl.				1'700'000	€
	<b>Total</b>				<b>1'700'000</b>	€

Bemerkungen: 6.3 in 6.1 schon enthalten

6.2 Erstellungskosten Leitungsnetz innerhalb des Gebäudes ..... €  
 Davon Kosten für doppeltes Leitungsnetz ..... €

Bemerkungen: übliche Kanalkosten aus der Praxis für DN 75 bis DN 150 - ganz einfach mal 2

6.3 Erstellungskosten der Benutzerschnittstellen (Toiletten, Urinale)						
P.	Leistung	Anz.	Einheitspreis	Gesamtpreis	W.	
1	Toiletten	125	2'400	300'000	€	
2	Urinale	keine Preisangabe	12	350	4'200	€ * Schätzung
	<b>Total</b>			<b>304'200</b>	€	

6.4 Vorbereitungskosten für Planung, Gebühren, etc.

P.	Leistung	Anz.	Einheitspreis	Gesamtpreis	W.
1	Planungskosten Vorprojekt Arch. und Fachplaner				€
2	Bewilligungskosten				€
3	Förderbeiträge	nur steuerlich 8%			€
	<b>Total</b>			<b>0</b>	€

Bemerkungen:

6.5 Jährliche Betriebskosten der gesamten Anlage

P.	Leistung	Anz.	Einheitspreis	Gesamtpreis	W.
1	Stromkosten für Betrieb der ges. Anlage	nicht eruiert	(untergeordnet)		€
2	Personalkosten für Wartung und Unterhalt			4'040	€
3	Materialkosten für Wartung und Unterhalt			960	€
4					€
	<b>Total</b>			<b>5'000</b>	€

Davon Anteil Grauwasserbehandlung: Schwarz-/Braunwasserbehandlung:

6.6 Einnahmen aus Verkauf resp. Rückspeisung von Ressourcen ..... €/y

Bemerkungen:

6.7 Bemerkungen zu Mehr-/Minderkosten Bau, Betrieb, Unterhalt

- Deutliche Mehrkosten gegenüber ersten Voraussagen, weil nicht vorhersehbare Schwierigkeiten (gesetzl. OÖ Bodenschutzgesetz; Gülle darf ausgebracht werden, Urin nicht; nicht-Funktion Toiletten, teilw. nicht-Funktion Rottebehälter, nicht praxisnahe Planung durch Planer)  
 - Betrieb und Unterhalt 2006 - Mitte 2008 = 100'000.- €. Danach hat es sich auf 5'000.- €y eingependelt.

### 7.0 Nutzerakzeptanz

siehe Paper Edingburgh

7.1 Information und Einführung für Nutzer	<input checked="" type="checkbox"/> ja (weitgehend) <input type="checkbox"/> nein
7.2 Verhaltensänderungen bei den Nutzern aufgrund des neuartigen Sanitärsystems	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja Bemerkungen: die meisten haben damit leben gelernt
7.3 Einschränkungen für die Nutzer aufgrund des neuartigen Sanitärsystems	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja Bemerkungen:
7.4 Anwenderfreundlichkeit der Benutzerschnittstelle (Toilette, Urinal)	Toilette Typ: NoMix, Rödinger, D <input type="checkbox"/> keine <input type="checkbox"/> positive <input checked="" type="checkbox"/> negative Bemerkungen Urinal Typ: Wasserloses Urinal, Hellbrock, A <input type="checkbox"/> keine <input checked="" type="checkbox"/> positive <input type="checkbox"/> negative Bemerkungen Bemerkungen: Geruchsbelästigungen durch falsches Toilettendesign (Fäzes im Urinteil). Ungeeignet für Kinder unter 1.40 m Grösse.
7.5 Mehraufwand für Nutzer aufgrund des neuartigen Sanitärsystems	<input type="checkbox"/> nein <input checked="" type="checkbox"/> ja Bemerkungen: bei richtiger Nutzung nur geringfügig
7.6 Probleme oder negative Rückmeldungen bezüglich Gesundheit und Hygiene	<input checked="" type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> Bemerkungen:
7.7 Geruchsemissionen	<input type="checkbox"/> keine Geruchsbelästigung <input type="checkbox"/> wenig, ab und zu Geruchsbelästigung <input type="checkbox"/> mittelstark, oft Geruchsbelästigung <input checked="" type="checkbox"/> starke Geruchsbelästigung Bemerkungen: siehe Beschreibung 7.4
7.8 Nutzerakzeptanz	<input checked="" type="checkbox"/> Positive Reaktionen: <input type="checkbox"/> keine <input checked="" type="checkbox"/> vereinzelte <input type="checkbox"/> viele <input checked="" type="checkbox"/> Negative Reaktionen: <input type="checkbox"/> keine <input checked="" type="checkbox"/> vereinzelte <input type="checkbox"/> viele Bemerkungen: siehe Auswertung Edinburgh-Paper
7.9 Empfehlungen/Bemerkungen der Nutzer:	Dieses System kann den Benutzern nicht auferzungen werden. (Persönliche Anmerkung MH)

- 2/3 der Bewohner sind Mieter, 1/3 ist Eigentümer.  
 - 10 % der Personen, die in die Gebäude mit Urin-Trenntoiletten eingezogen sind zogen hierher, weil sie in einer Siedlung mit ökologischem Sanitärkonzept wohnen wollten.  
 - In der Akzeptanzstudie gaben nur 11% der Bewohner eine negative Einstellung gegenüber dem Projekt an, die anderen waren neutral oder positiv eingestellt.  
 - Gegenüber der NoMix-Trenntoiletten war die Einstellung sehr schlecht bis neutral. (Erg. ps)



### 8.0 Dokumentation

Zusätzliche Unterlagen:

<input checked="" type="checkbox"/> Technisches Fließschema der Anlage ( <i>wichtig</i> )
Pläne
<input type="checkbox"/> Situation/Gesamtübersicht
<input type="checkbox"/> Grundrisse (z.B. <i>typisches Geschoss</i> )
<input type="checkbox"/> Schnitte mit Steigzonen
<input type="checkbox"/> Technikraum
<input type="checkbox"/> Nasszellen Steigzonen, etc.
( <i>Massstäbliche Pläne der für die Abwasservorbehandlungsanlage relevanten Räume</i> )
<input checked="" type="checkbox"/> Fotos einzelner Systemkomponenten
siehe: (2) <i>susana</i> (2009)

Ergebnisse
<input checked="" type="checkbox"/> Ja gerne, ich möchte in den Vereiler für die fertige Masterarbeit aufgenommen werden.
Meine Mailadresse: .....
<input type="checkbox"/> Nein danke.

### 9.0 Weitere Bemerkungen

Bitte versehen Sie die Bemerkungen mit den Positionsnummern aus dem Fragebogen.

1.5 250 Bewohner + 260 Schüler entspricht 460 Einwohneräquivalenten. (2)  
 3.8 - Urin: Vorgesehen war eine Verwendung in Landwirtschaft. Keine Bewilligung, das Österreichische Bodenschutzgesetz verbietet dies, daher Einleitung in die Kanalisation.  
 - Kompost: geplant war eine Kompostierung der Kompostfilter (mit Strukturmaterial, Sägespäne, Schnitzel, Schilfrohrstreu aus der Pflanzenkläranlage, etc.). Funktion unbefriedigend, daher ausser Betrieb gesetzt.  
 - Wasser: Vorgesehen war das durch die Pflanzenkläranlage gereinigte Schwarzwasser in den Vorfluter einzuleiten. Die Bewilligung dazu wurde nicht erteilt, somit wird das Wasser in die Kanalisation eingeleitet.

4.1 Die Trenntoiletten (No-Mix Rödinger) verlangen eine sitzende Position, da ein mechanischer Verschluss den Urinablauf nur bei Belastung des Drückers unter der WC-Brille öffnet und ablaufen lässt. Urin kann ohne mit Wasser vermischt zu werden ablaufen. Zur Betätigung der Spülung steht der Benutzer auf, das Ventil schliesst sich, das Wasser reinigt die Schüssel von Urinrückständen und fließt durch den Ablauf für das Braunwasser weg. Zweistufen-Spülung. Durch Sammlung von purem Urin nur kleines Speichervolumen benötigt. (2)

6.4-3 Das Projekt wurde zu 8 % der Projektkosten steuerbegünstigt.  
 6.5 Die Bewohner der Häuser mit Urinentoiletten bezahlen gleich viel an die Infrastruktur wie jene mit einem konventionellen System. Dies sind für einen 4-Personen-Haushalt mit 160 m3 Wasserverbrauch pro Jahr (0.32 €/m3) und eine Toilette (112.- €/Toilette) Kosten von rund 160.- €y (plus 10% Tax). (2)

Allg: Die theoretische Idee ist eine gute, jedoch müssen solche Systeme für die Praxis in Europa noch besser ausgereift werden. Der Nutzer sieht derzeit noch nicht den großen Vorteil (weitgehend). (Anm. MH)

Quellen: Erfassungsbogen ausgefüllt von Hr. Dr. Martin Hochedlinger, Linz AG - Abwasser, Linz., Ergänzt durch ps aufgrund folgender Quellen sowie einem Telefongespräch mit Hr. Hochedlinger.  
 (2) [http://www.susana.org/docs\\_ccbk/susana\\_download/2-66-en-susana-cs-austria-linz-solar-city-2009.pdf](http://www.susana.org/docs_ccbk/susana_download/2-66-en-susana-cs-austria-linz-solar-city-2009.pdf)  
 (3) Hochedlinger Martin et al. (2008) Experiences from the EcoSan full scale pilot project solarCity Linz. 11th international Conference on Urban Drainage, Edinburgh, Scotland, UK.  
<http://www2.gtzt.de/Dokumente/oe44/ecosan/en-experiences-from-the-ecosan-full-scale-pilot-project-2008.pdf>

Projektpartner:  
 Linz AG - Abwasser, A-Linz, Hr. Dr. Martin Hochedlinger. Projektmanagement und Besitzer.  
 Otterwasser GmbH, D-Lübeck, Hr. Dr. Martin Oldenburg. Engineering Consultant, Technisches Design.  
 TB Steinmüller, A-Linz, Hr. Dr. Horst Steinmüller. Projektmanagement und Prozess Engineering.  
 Technische Universität Hamburg-Harburg, D-Hamburg, Hr. Prof. Ralph Otterpohl, wissenschaftliche Beratung.





### 3.0 Technischer Beschrieb der Abwasservorbehandlungsanlage als gesamtes System

#### Zuordnung zum System

3.1 System, Art der Stoffstromtrennung<sup>1</sup> (bitte nur 1 System ankreuzen)

1.) 1-Stoffstromsystem (Schmutzwasser, alle Abwässer gemischt)

2.) Schwarzwasser 2-Stoffstromsystem (Grauwasser getrennt von Schwarzwasser)

3.) Urinentrennung 2-Stoffstromsystem (Gelbwasser getrennt von Braun- und Grauwassergemisch)

4.) Urinentrennung 3-Stoffstromsystem (Gelbwasser, Grauwasser, Braunwasser einzeln prozessiert)

5.) Fäkalien 2-StStS mit Trockentoiletten (Grauwasser getrennt von Trockenfäzes- und Uringemisch)

6.) Urinentrennung 3-StStS mit Trockentoiletten (Grauwasser, Trockenfäzes, Urin einzeln prozessiert)

#### Die einzelnen Prozesskomponenten<sup>2</sup>

3.2 Benutzerschnittstellen für Gelb- und Braun- und Schwarzwasser

Wassergespülte Toiletten  Schwerkraftsystem  Vakuumsystem

Trenntoiletten (NoMix)  Schwerkraftsystem  Vakuumsystem

Trockentoiletten (ohne Wasserspülung)

Wassergespülte Urinoire  Schwerkraftsystem  Vakuumsystem

Wasserlose Urinoire  Schwerkraftsystem  Vakuumsystem

3.3 Schnittstelle für Grauwassererfassung

Lavabo  Dusche  Badewanne  Spüle Küche

Geschirrspüler  Waschmaschine  keine separate Gr.-Erfassung

3.4 Schnittstelle für Regenwassergewinnung

X keine Regenwassergewinnung Erf. Menge: /y

Fläche: m2 Erf. Menge: /y

Material der Eindeckung: Dachform:

3.5 Sammlung und Lagerung

Urintank  Klärgrube  Kompostkammer  Biogas Reaktor

Weitere:

3.6 Transport des Abwassers

Innerhalb Gebäude:  Schwerkraftsystem  Vakuumsystem

Ausserhalb Gebäude:  Schwerkraftsystem  Tankwagen

Bemerkungen: geplanter Abtransport vom Urintank. Bis dahin Schwerkraftsystem

<sup>1</sup> Systembezeichnungen gemäss Longdong, J., (2008). Neuartige Sanitärsysteme. Weimar, Bauhaus-Universität Weimar, S. 37.  
<sup>2</sup> Systematik gemäss Tilley, Elizabeth et al. (2008). Compendium of Sanitation Systems and Technologies. Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag). Dübendorf, Switzerland. S 13.

3.7 Prozesskomponenten zur Behandlung der einzelnen Stoffströme  
 Gr: Grauwasser<sup>3</sup> S: Schwarzwasser<sup>4</sup> B: Braunwasser<sup>5</sup> F: Fäzes trocken<sup>6</sup>  
 Fk: Fäkalien<sup>7</sup> G: Gelbwasser<sup>8</sup> U: Urin<sup>9</sup> R: Regenwasser  
 (Vorreinigung, Grobreinigung, Feinreinigung, Nachbehandlung z.B. Grobfiltrierung, Belebtschlamm-Verfahren, Membranfiltration, UV-Desinfektion, etc.)  
 Geschätzte Mengen mit \* bezeichnen

StSt.	Prozesskomponente(n)	Funktion, Wasserqualität	Produkttyp, Hersteller
U	Separationstoiletten	Urinseparation	Roediger, Hanau
U	Sammelschacht		
U	Pumpe		
U	Urintanks		
	Grau- und Braunwasser werden über die Kanalisation abgeführt.		

3.8 Verwendung, Entsorgung, Deponie der einzelnen Stoffströme

Produkt	Menge	Einheit	Verwendung, Transport
Trinkwasser		m <sup>3</sup> /y	
Brauchwasser		m <sup>3</sup> /y	
			Bewilligung vorhanden,
Urin	ca 3000	l/y	geplant Aufbringen auf einem Acker Forschungsgelder fehlen
Getr. Fäzes		m <sup>3</sup> /y	
Kompost		m <sup>3</sup> /y	
Klärschlamm		m <sup>3</sup> /y	
Biogas		m <sup>3</sup> /y	
Energie		kWh/y	

<sup>3</sup> Stoffstrom aus Lavabo, Dusche, Badewanne, Küchenspüle, Geschirrspüler, Waschmaschine, etc.  
<sup>4</sup> Stoffstrom aus Mischtoilette mit Wasserspülung; Vakuu- oder Schwerkraft  
<sup>5</sup> Stoffstrom aus Trenntoilette mit Wasserspülung  
<sup>6</sup> Stoffstrom aus Trockentoilette (ohne Wasserspülung)  
<sup>7</sup> Stoffstrom aus Toilette ohne Wasserspülung (nur Urin und Fäzes)  
<sup>8</sup> Stoffstrom aus Trenntoilette und Urinal mit Wasserspülung  
<sup>9</sup> Stoffstrom aus Trenntoilette und Urinal ohne Wasserspülung

#### 4.0 Vergleichswerte der einzelnen Prozesskomponenten

Bitte pro Prozesskomponente Blatt 4.0 einzeln ausfüllen (diese Seite kopieren).

4.1 Bezeichnung der Komponente:	Urinsammlung und Lagerung
4.2 Kurzbeschreibung der Komponente: Beinhaltet: WC's, Sammelschacht und Urintank.	
4.3 Volumenstrom:	- m3/d
4.4 Mindestmenge Volumenstrom:	- m3/d
4.5 Höchstmenge Volumenstrom:	m3/d
4.6 Energieverbrauch der Komponente: minimaler Verbrauch	kWh/d
4.7 Materialverbrauch pro Jahr: Urinsteinentferner	
4.8 Flächenbedarf der Komponente:	21 m2
4.9 Anschaffungskosten der Komponente Preis inkl. Lieferung und Montage: siehe Zusammenstellung unter 6.1	€
4.10 Personalkosten für Betrieb- und Unterhalt pro Jahr:	140 €/y
4.11 Materialkosten für Betrieb- und Unterhalt pro Jahr:	30 €/y
4.12 Bemerkungen zur Robustheit und Wartung der Komponente Anzahl Betreuungseinsätze pro Jahr: 4 Stk/y ..... 7 Std/y Robustheit, Fehleranfälligkeit: Alle Vierteljahre Reinigung der Toiletten mit Urinsteinentferner	
4.13 Technische Betreuung der Komponente <input type="checkbox"/> durch betriebsinternen Techniker <input type="checkbox"/> durch Personal der Herstellerfirma Schwierigkeitsgrad der Betreuung: <input type="checkbox"/> hoch <input type="checkbox"/> mittel <input checked="" type="checkbox"/> niedrig	
4.14 Weitere Empfehlungen/Bemerkungen des Planers:	

#### 5.0 Wasserqualität

5.1 Resultierende Wasserqualität entspricht den Qualitätsanforderungen für	
<input type="checkbox"/> Toiletenspülung	aus: <input type="checkbox"/> Grauw. <input type="checkbox"/> Schwarz-/ Braunw.
<input type="checkbox"/> Eingeschränkte Verwendung als Bewässerungswasser	aus: <input type="checkbox"/> Grauw. <input type="checkbox"/> Schwarz-/ Braunw.
<input type="checkbox"/> Uneingeschränkte Verwendung als Bewässerungswasser	aus: <input type="checkbox"/> Grauw. <input type="checkbox"/> Schwarz-/ Braunw.
<input type="checkbox"/> Trinkwasser und Badegewässer	aus: <input type="checkbox"/> Grauw. <input type="checkbox"/> Schwarz-/ Braunw.
<input type="checkbox"/> Einleitung/Versickerung von Grau- und Regenwasser	aus: <input type="checkbox"/> Grauw. <input type="checkbox"/> Schwarz-/ Braunw.
5.2 Überprüfung der Wasserqualität	
Anhand welcher Indikatoren wird die Wasserqualität überprüft? <input type="checkbox"/> intern <input type="checkbox"/> extern	
5.3 Anforderung an Wasserqualität und Verwendung	
<input type="checkbox"/> Ja, die Wasserqualität entspricht den Anforderungen	
<input type="checkbox"/> Nein, die Anlage wurde nachgerüstet damit die Wasserqualität den Anforderungen entspricht.	
<input type="checkbox"/> Nein, das resultierende Wasser wird für qualitativ niedrigere Zwecke verwendet als ursprünglich geplant.	
<input type="checkbox"/> Bemerkungen:	

### 6.0 Kosten

6.1 Erstellungskosten der Abwasseraufbereitungsanlage						
P.	Leistung	Stufe	Anz.	Einheitspreis	Gesamtpreis	W.
1	Sammelschacht mit Pumpe		1		5'000.-	€
2	Erdtank mit Füllstandanzeige		2	7'000.-	14'000.-	€
3						€
4						€
5						€
6						€
7						€
8						€
	<b>Total</b>				19'000.-	€
□ Bemerkungen:						
6.2 Erstellungskosten Leitungsnetz innerhalb des Gebäudes						€
Davon Kosten für doppeltes Leitungsnetz						€
□ Bemerkungen: keine Angaben						
6.3 Erstellungskosten der Benutzerschnittstellen (Toiletten, Urinale)						
P.	Leistung	Anz.	Einheitspreis	Gesamtpreis	W.	
1	Toiletten	7	1'000	7'000	€	
2	Urinale				€	
	<b>Total</b>			7000	€	
6.4 Vorbereitungskosten für Planung, Gebühren, etc.						
P.	Leistung	Anz.	Einheitspreis	Gesamtpreis	W.	
1	Planungskosten Vorprojekt Arch. und Fachplaner				€	
2	Bewilligungskosten				€	
3	Förderbeiträge				€	
	<b>Total</b>			0	€	
□ Bemerkungen:						
6.5 Jährliche Betriebskosten der gesamten Anlage						
P.	Leistung	Anz.	Einheitspreis	Gesamtpreis	W.	
1	Stromkosten für Betrieb der ges. Anlage			5	€	
2	Personalkosten für Wartung und Unterhalt			140	€	
3	Materialkosten für Wartung und Unterhalt			30	€	
4					€	
	<b>Total</b>			175	€	
Davon Anteil Grauwasserbehandlung: Schwarz-/Braunwasserbehandlung:						
6.6 Einnahmen aus Verkauf resp. Rückspeisung von Ressourcen						€/y
□ Bemerkungen:						
6.7 Bemerkungen zu Mehr-/Minderkosten Bau, Betrieb, Unterhalt						

### 7.0 Nutzerakzeptanz

7.1 Information und Einführung für Nutzer	<input checked="" type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein
7.2 Verhaltensänderungen bei den Nutzern aufgrund des neuartigen Sanitärsystems	<input checked="" type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja	
Bemerkungen:		
7.3 Einschränkungen für die Nutzer aufgrund des neuartigen Sanitärsystems	<input type="checkbox"/> nein <input checked="" type="checkbox"/> ja	
Bemerkungen: die Toiletten spülen nicht optimal, ließe sich beheben		
7.4 Anwenderfreundlichkeit der Benutzerschnittstelle (Toilette, Urinal)		
Toilette Typ: Trenntoilette Rödinger	<input checked="" type="checkbox"/> keine	<input type="checkbox"/> positive <input type="checkbox"/> negative
Urinal Typ:	<input type="checkbox"/> keine	<input type="checkbox"/> positive <input type="checkbox"/> negative
Bemerkungen:		
7.5 Mehraufwand für Nutzer aufgrund des neuartigen Sanitärsystems	<input checked="" type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja	
Bemerkungen:		
7.6 Probleme oder negative Rückmeldungen bezüglich Gesundheit und Hygiene	<input checked="" type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> Bemerkungen:	
7.7 Geruchsemissionen	<input checked="" type="checkbox"/> keine Geruchsbelästigung <input type="checkbox"/> wenig, ab und zu Geruchsbelästigung	
	<input type="checkbox"/> mittelstark, oft Geruchsbelästigung <input type="checkbox"/> starke Geruchsbelästigung	
Bemerkungen:		
7.8 Nutzerakzeptanz	<input checked="" type="checkbox"/> Positive Reaktionen: <input type="checkbox"/> keine <input type="checkbox"/> vereinzelte <input checked="" type="checkbox"/> viele	
	<input type="checkbox"/> Negative Reaktionen: <input type="checkbox"/> keine <input type="checkbox"/> vereinzelte <input type="checkbox"/> viele	
Bemerkungen:		
7.9 Empfehlungen/Bemerkungen der Nutzer:	Nach einer Weiterentwicklung der Toilette wäre die Akzeptanz durch unsere Gäste voll gegeben	



### 3.0 Technischer Beschrieb der Abwasservorbehandlungsanlage als gesamtes System

#### Zuordnung zum System

3.1 System, Art der Stoffstromtrennung<sup>1</sup> (bitte nur 1 System ankreuzen)

1.) 1-Stoffstromsystem (Schmutzwasser, alle Abwässer gemischt)

2.) Schwarzwasser 2-Stoffstromsystem (Grauwasser getrennt von Schwarzwasser)

3.) Urintrennung 2-Stoffstromsystem (Gelbwasser getrennt von Braun- und Grauwassergemisch)

4.) Urintrennung 3-Stoffstromsystem (Gelbwasser, Grauwasser, Braunwasser einzeln prozessiert)

5.) Fäkalien 2-StStS mit Trockentoiletten (Grauwasser getrennt von Trockenfäzes- und Uringemisch)

6.) Urintrennung 3-StStS mit Trockentoiletten (Grauwasser, Trockenfäzes, Urin einzeln prozessiert)

#### Die einzelnen Prozesskomponenten<sup>2</sup>

3.2 Benutzerschnittstellen für Gelb- und Braun- und Schwarzwasser

Wassergespülte Toiletten  Schwerkraftsystem  Vakuumsystem

Trenntoiletten (NoMix)  Schwerkraftsystem  Vakuumsystem

Trockentoiletten (ohne Wasserspülung)

Wassergespülte Urinoire  Schwerkraftsystem  Vakuumsystem

Wasserlose Urinoire  Schwerkraftsystem  Vakuumsystem

3.3 Schnittstelle für Grauwassererfassung Keine Grauwasseraufbereitung

Lavabo  Dusche  Badewanne  Spüle Küche

Geschirrspüler  Waschmaschine

3.4 Schnittstelle für Regenwassergewinnung

Fläche: 1886 m<sup>2</sup> Erf. Menge: 470'000 l/y

Material der Eindeckung: extensive Begrünung Dachform: Flachdach

3.5 Sammlung und Lagerung

Urintank  Klärgrube  Kompostkammer  Biogas Reaktor

Weitere:

3.6 Transport des Abwassers

Innerhalb Gebäude:  Schwerkraftsystem  Vakuumsystem

Ausserhalb Gebäude:  Schwerkraftsystem  Tankwagen

Bemerkungen: Urin wird intern zu Forschungszwecken verwendet, Überschuss geht über Kanalisation weg.

<sup>1</sup> Systembezeichnungen gemäss Longdong, J., (2008). Neuartige Sanitärsysteme. Weimar, Bauhaus-Universität Weimar, S. 37.  
<sup>2</sup> Systematik gemäss Tilley, Elizabeth et al., (2008). Compendium of Sanitation Systems and Technologies. Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag), Dübendorf, Switzerland. S 13.

3.7 Prozesskomponenten zur Behandlung der einzelnen Stoffströme  
 Gr: Grauwasser<sup>3</sup> S: Schwarzwasser<sup>4</sup> B: Braunwasser<sup>5</sup> F: Fäzes trocken<sup>6</sup>  
 Fk: Fäkalien<sup>7</sup> G: Gelbwasser<sup>8</sup> U: Urin<sup>9</sup> R: Regenwasser  
 (Vorreinigung, Grobreinigung, Feinreinigung, Nachbehandlung z.B. Grobfiltrierung, Belebtschlamm-Verfahren, Membranfiltration, UV-Desinfektion, etc.)  
 Geschätzte Mengen mit \* bezeichnen

StSt.	Prozesskomponente(n)	Funktion, Wasserqualität	Produkttyp, Hersteller
U	Trenntoiletten	getrenntes Erfassen von Urin und Braunwasser	NoMix, Rödinger
U	2 Urintanks, je 1 m <sup>3</sup> , (Urin Männer, Urin Frauen)	Sammeln und Lagern von Urin	nicht bekannt
U	wasserloses Urinal mit Membranverschluss	Erfassen von unverdünntem Urin	Hellbrok, Ernst
U	wasserloses Urinal mit Siphon mit Sperrflüssigkeit (Hersteller 1)	Erfassen von unverdünntem Urin	Uridan (umgerüstet auf Membran)
U	wasserloses Urinal mit Siphon mit Sperrflüssigkeit (Hersteller 2)	Erfassen von unverdünntem Urin	---
U	wasserloses Urinal mit Siphon mit integr. Duftstein	Erfassen von unverdünntem Urin	Keramik Laufen/Geberit (umgerüstet auf Membran)
U	wasserloses Urinal mit elektromechanischem Verschluss (mit Stromanschluss)	Erfassen von unverdünntem Urin	Urimat (umgerüstet auf Membran)
R	offener Wasserspeicher (Teich), 80 m <sup>3</sup>	Speichern von Regenwasser	
R	Regenwasserfilter	Entfernen von Partikeln welche zu Ablagerungen in den Leitungen führen könnten	Fa. Aqua Dällikon AG
R	Regenwassertank, 4 m <sup>3</sup>	Speichern von Regenwasser	

3.8 Verwendung, Entsorgung, Deponie der einzelnen Stoffströme

Produkt	Menge	Einheit	Verwendung, Transport
Trinkwasser		m <sup>3</sup> /y	
Brauchwasser		m <sup>3</sup> /y	
Urin	ca 24'000	l/y	Menge/d = 90 - 110 L, rund 24'000 L/y. Verwendung für Forschungszwecke
Getr. Fäzes		m <sup>3</sup> /y	
Kompost		m <sup>3</sup> /y	
Klärschlamm		m <sup>3</sup> /y	
Biogas		m <sup>3</sup> /y	
Energie		kWh/y	
Regenwasser	ca. 470	m <sup>3</sup> /y	Wassersersparnis durch Regenwassernutzung

<sup>3</sup> Stoffstrom aus Lavabo, Dusche, Badewanne, Küchenspüle, Geschirrspüler, Waschmaschine, etc.  
<sup>4</sup> Stoffstrom aus Mischtoilette mit Wasserspülung; Vakuums- oder Schwerkraft  
<sup>5</sup> Stoffstrom aus Trenntoilette mit Wasserspülung  
<sup>6</sup> Stoffstrom aus Trockentoilette (ohne Wasserspülung)  
<sup>7</sup> Stoffstrom aus Toilette ohne Wasserspülung (nur Urin und Fäzes)  
<sup>8</sup> Stoffstrom aus Trenntoilette und Urinal mit Wasserspülung  
<sup>9</sup> Stoffstrom aus Trenntoilette und Urinal ohne Wasserspülung



#### 4.0 Vergleichswerte der einzelnen Prozesskomponenten

Bitte pro Prozesskomponente Blatt 4.0 einzeln ausfüllen (diese Seite kopieren).

4.1 Bezeichnung der Komponente: System Trenntoiletten mit Urintank	
4.2 Kurzbeschreibung der Komponente: Die Trenntoiletten (No-Mix Rödinger) separieren unverdünnten Urin von Braunwasser. Wasserlose Urinale (5 verschiedene Hersteller) sammeln Urin. Das Rohrsystem hat einen Durchmesser von mind. 65 mm und ein Mindestgefälle von 2.6% eingehalten. Der Urin wird in Tanks gelagert, durchschnittlich 42 Tage (+/- 5 Tage, Männer) resp. 27 Tage (+/- 5 Tage, Frauen).	
4.3 Volumenstrom:	m3/d
4.4 Mindestmenge Volumenstrom:	m3/d
4.5 Höchstmenge Volumenstrom:	m3/d
4.6 Energieverbrauch der Komponente:	kWh/d
4.7 Materialverbrauch pro Jahr: Ersatzsiphons ---> Austausch von Membranen ca. 1/a Sperrflüssigkeit Nachfüllen ---> entfällt Zitronensäure zur Reinigung ---> ca. 40 l/a 5% für Unterhalt + ca. 100 l/a 10% für Absäuerung	
4.8 Flächenbedarf der Komponente:	m2
4.9 Anschaffungskosten der Komponente Preis inkl. Lieferung und Montage:	€
4.10 Personalkosten für Betrieb- und Unterhalt pro Jahr:	€/y
4.11 Materialkosten für Betrieb- und Unterhalt pro Jahr:	€/y
4.12 Bemerkungen zur Robustheit und Wartung der Komponente Anzahl Betreuungseinsätze pro Jahr: Stk/y Robustheit, Fehleranfälligkeit:	Std/y
4.13 Technische Betreuung der Komponente <input checked="" type="checkbox"/> durch betriebsinternen Techniker <input type="checkbox"/> durch Personal der Herstellerfirma Schwierigkeitsgrad der Betreuung: <input type="checkbox"/> hoch <input type="checkbox"/> mittel <input checked="" type="checkbox"/> niedrig	
4.14 Weitere Empfehlungen/Bemerkungen des Planers: - Für die Reinigung und Entfernung von Urinstein wird mit Wasser verdünnte, 5%-ige Zitronensäure verwendet. Ein mit 5%-iger Zitronensäure befeuchtetes Mikrofasertuch wird verwendet. Da der Urin für Forschungszwecke verwendet wird, darf keine Flüssigkeit in den Urinablauf gelangen. verwendet werden. Weitere detaillierte Angaben zu Reinigung und Unterhalt siehe (2). - Die tägliche Reinigung der Urinale und der Trenntoiletten benötigt nicht viel mehr Zeit als die eines konventionellen WC's. Für die Trenntoiletten entsteht ein Mehraufwand für die monatliche Spülung mit Zitronensäure von 10 min/WC * Monat, respektive 2.5 min./Büroarbeitsplatz. - Unterhaltsarbeiten bei den 5 Urinaltypen beschränkte sich auf den Austausch der Membranfilter (ca. 1/a). Dieser Wartungseinsatz dauerte durchschnittlich 20 min.	



#### 4.0 Vergleichswerte der einzelnen Prozesskomponenten

Bitte pro Prozesskomponente Blatt 4.0 einzeln ausfüllen (diese Seite kopieren).

4.1 Bezeichnung der Komponente: Regenwassersammlung	
4.2 Kurzbeschreibung der Komponente: Sammlung des auf dem Dach des Gebäudes anfallenden Regenwassers, Lagerung in einem offenen Teich (Speicherbecken). Danach erfolgt eine mechanische Reinigung mit einem Textfilter. Im inneren Zwischenspeicher wird das Wasser zur Nutzung für die Toilettenspülung aufbewahrt.	
4.3 Volumenstrom:	m3/d
4.4 Mindestmenge Volumenstrom:	m3/d
4.5 Höchstmenge Volumenstrom:	m3/d
4.6 Energieverbrauch der Komponente:	kWh/d
4.7 Materialverbrauch pro Jahr:	keine Angabe
4.8 Flächenbedarf der Komponente:	keine Angabe m2
4.9 Anschaffungskosten der Komponente Preis inkl. Lieferung und Montage:	keine Angabe €
4.10 Personalkosten für Betrieb- und Unterhalt pro Jahr:	€/y
4.11 Materialkosten für Betrieb- und Unterhalt pro Jahr:	€/y
4.12 Bemerkungen zur Robustheit und Wartung der Komponente Anzahl Betreuungseinsätze pro Jahr: Stk/y Robustheit, Fehleranfälligkeit:	keine Angabe Std/y
4.13 Technische Betreuung der Komponente <input type="checkbox"/> durch betriebsinternen Techniker <input type="checkbox"/> durch Personal der Herstellerfirma Schwierigkeitsgrad der Betreuung: <input type="checkbox"/> hoch <input type="checkbox"/> mittel <input type="checkbox"/> niedrig	
4.14 Weitere Empfehlungen/Bemerkungen des Planers: Um die Filter nicht zusätzlich zu belasten wurde das Substrat auf dem Dach ohne Ton- und Kalkbestandteile ausgeführt, die Betonfundamente der Solaranlage auf dem Dach wurden mit einem Kunststoff-vergüteten Beton ausgeführt, damit sie nicht auskalken.	



**5.0 Wasserqualität** unwichtig, da ausser Regenwasser kein Wasser wiederverwendet wird; Ableitung in Kanalisation

5.1 Resultierende Wasserqualität entspricht den Qualitätsanforderungen für Regenwasser

Toilettenspülung aus:  Grauw.  Schwarz-/ Braunw.

Eingeschränkte Verwendung als Bewässerungswasser aus:  Grauw.  Schwarz-/ Braunw.

Uneingeschränkte Verwendung als Bewässerungswasser aus:  Grauw.  Schwarz-/ Braunw.

Trinkwasser und Badegewässer aus:  Grauw.  Schwarz-/ Braunw.

Einleitung/Versickerung von Grau- und Regenwasser aus:  Grauw.  Schwarz-/ Braunw.

5.2 Überprüfung der Wasserqualität

Anhand welcher Indikatoren wird die Wasserqualität überprüft?  intern  extern

5.3 Anforderung an Wasserqualität und Verwendung

Ja, die Wasserqualität entspricht den Anforderungen

Nein, die Anlage wurde nachgerüstet damit die Wasserqualität den Anforderungen entspricht.

Nein, das resultierende Wasser wird für qualitativ niedrigere Zwecke verwendet als ursprünglich geplant.

Bemerkungen:



**6.0 Kosten** Uringewinnung, Regenwassergewinnung

6.1 Erstellungskosten der ~~Abwasseraufbereitungsanlage~~ resp. Erfassung von Urin und Regenwasser

P.	Leistung	Stufe	Anz.	Einheitspreis	Gesamtpreis	W.
1	Urintanks 1 m3		2			€
2						€
3	offener Wasserspeicher (aussen)					€
4	Regenwasserfilter					€
5	Regenwassertank 4 m3		1			€
6						€
7						€
8						€
	Total					0 €

Bemerkungen:

6.2 Erstellungskosten Leitungsnetz innerhalb des Gebäudes ..... €

Davon Kosten für doppeltes Leitungsnetz ..... €

Bemerkungen:

6.3 Erstellungskosten der Benutzerschnittstellen (Toiletten, Urinale)

P.	Leistung	Anz.	Einheitspreis	Gesamtpreis	W.
1	Toiletten	37			€
2	Urinale	7			€
	Total				0 €

~~6.4 Vorbereitungskosten für Planung, Gebühren, etc.~~

P.	Leistung	Anz.	Einheitspreis	Gesamtpreis	W.
1	Planungskosten Vorprojekt Arch. und Fachplaner				€
2	Bewilligungskosten				€
3	Förderbeiträge				€
	Total				0 €

Bemerkungen:

6.5 Jährliche Betriebskosten der gesamten Anlage

P.	Leistung	Anz.	Einheitspreis	Gesamtpreis	W.
1	Stromkosten für Betrieb der ges. Anlage				€
2	Personalkosten für Wartung und Unterhalt				€
3	Materialkosten für Wartung und Unterhalt				€
4					€
	Total				0 €

Davon Anteil Grauwasserbehandlung: ..... Schwarz-/Braunwasserbehandlung: .....

6.6 Einnahmen aus Verkauf resp. Rückspeisung von Ressourcen resp. Ersparnisse ..... €/y

Bemerkungen: Regenwasser für Spülung

6.7 Bemerkungen zu Mehr-/Minderkosten Bau, Betrieb, Unterhalt

**7.0 Nutzerakzeptanz**

7.1 Information und Einführung für Nutzer	<input checked="" type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein
7.2 Verhaltensänderungen bei den Nutzern aufgrund des neuartigen Sanitärsystems	NoMix-WCs erfordern z.B., dass man sich setzt, auch fürs kleine Geschäft. s. auch unten	
<input type="checkbox"/> nein <input checked="" type="checkbox"/> ja	Bemerkungen:	
7.3 Einschränkungen für die Nutzer aufgrund des neuartigen Sanitärsystems	siehe oben; da die NoMix-WCs noch nicht wirklich ausgereift sind, verschmutzen sie z.B. leichter (Fäkalien bleiben kleben), was eine Einschränkung ist - z.B. muss man eher zum WC-Bürsteli greifen als bei einem konventionellen WC.	
<input type="checkbox"/> nein <input checked="" type="checkbox"/> ja	Bemerkungen:	
7.4 Anwenderfreundlichkeit der Benutzerschnittstelle (Toilette, Urinal)	NoMix-WC Roediger	
Toilette Typ:	<input type="checkbox"/> keine	<input checked="" type="checkbox"/> positive <input checked="" type="checkbox"/> negative Bemerkungen
Urinal Typ: verschiedene Typen	<input type="checkbox"/> keine	<input checked="" type="checkbox"/> positive <input checked="" type="checkbox"/> negative Bemerkungen
Bemerkungen: Es gibt immer sowohl positive als auch negative Bemerkungen. Das Konzept per se (Urinseparierung) findet i.d.R. grossen Anklang bei NutzerInnen und Nutzern, während die praktischen Probleme der Toilette selbst als mehr oder weniger störend empfunden werden. Bei NoMix-WCs in öffentlichen Gebäuden eingebaut, ist Unterhalt einfacher.		
7.5 Mehraufwand für Nutzer aufgrund des neuartigen Sanitärsystems	z.B. mehr Reinigung/ Entstopfung (durch Hausdienst in öff. Geb.)	
<input type="checkbox"/> nein <input checked="" type="checkbox"/> ja	Bemerkungen:	
7.6 Probleme oder negative Rückmeldungen bezüglich Gesundheit und Hygiene	<input checked="" type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> Bemerkungen:	
7.7 Geruchsemissionen	<input type="checkbox"/> keine Geruchsbelästigung <input checked="" type="checkbox"/> wenig, ab und zu Geruchsbelästigung	
<input type="checkbox"/> mittelstark, oft Geruchsbelästigung	<input type="checkbox"/> starke Geruchsbelästigung	
Bemerkungen: Hängt auch stark von der Empfindlichkeit der NutzerInnen ab. Ueber alle NoMix-Projekte (auch international) nicht wirklich das grösste Problem.		
7.8 Nutzerakzeptanz	<input type="checkbox"/> Positive Reaktionen: <input type="checkbox"/> keine <input type="checkbox"/> vereinzelte <input checked="" type="checkbox"/> viele	
<input type="checkbox"/> Negative Reaktionen:	<input type="checkbox"/> keine <input checked="" type="checkbox"/> vereinzelte <input type="checkbox"/> viele	
Bemerkungen:		
7.9 Empfehlungen/Bemerkungen der Nutzer:		

**8.0 Dokumentation**

Zusätzliche Unterlagen:

<input type="checkbox"/> Technisches Fließschema der Anlage (wichtig)
Pläne
<input type="checkbox"/> Situation/Gesamtübersicht
<input type="checkbox"/> Grundrisse (z.B. typisches Geschoss)
<input type="checkbox"/> Schnitte mit Steigzonen
<input type="checkbox"/> Technikraum
<input type="checkbox"/> Nasszellen Steigzonen, etc.
(Massstäbliche Pläne der für die Abwasservorbereitung relevanten Räume)
<input type="checkbox"/> Fotos einzelner Systemkomponenten

**Ergebnisse** Ja gerne, ich möchte in den Vereiler für die fertige Masterarbeit aufgenommen werden.

Meine Mailadresse:

 Nein danke.**9.0 Weitere Bemerkungen**

Bitte versehen Sie die Bemerkungen mit den Positionsnummern aus dem Fragebogen.

2.3 Die effektiven Verbrauchswerte von Wasser sind etwas höher als die Planungswerte: ca. 1700 m<sup>3</sup>/y (statt 810 m<sup>3</sup>/y) total Trinkwasser (Anteil für Küche/Mensa ca. 300 m<sup>3</sup>/a). (Anmerkung per Mail Hr. Güttinger 8.12.11)

3.8 Pro Arbeitstag fallen 90 - 110 L an. (Mittel aus 90 L x 260 d = 23'400 L, 110 L x 220 d = 24'200 L; 23'800 L/y)

4.2 Die Urinleitungen sind über Dach entlüftet. Dies führt zu Ammoniakausgasungen und damit zu Verlust von Stickstoff im Lagerurin sowie zu Geruchsemissionen auf dem Dach. 2009 wurden Massnahmen zur Behebung dieses Problems erwogen.

Stellen mit Sichtleitungen in den Abflussrohren ermöglichen das Erkennen von Ablagerungen in den Rohrleitungen. Im Erdgeschoss sind Probeentnahmestellen installiert.

Quellen: Der Erfassungsbogen wurde in einem ersten Durchgang durch Hr. Stefan van Velsen, 3-Plan Haustechnik AG, Winterthur ausgefüllt. Anhand der untenstehenden Quellen wurde er von ps ergänzt. Teil 7.0 Nutzerakzeptanz wurde durch Fr. Dr. Judith Lienert, weitere technische Angaben durch Hr. Dr. Herbert Güttinger, beide Eawag, Dübendorf ergänzt.

(2) Goosse Patrice (2009) NoMix-Toilettensysteme. Erste Monitoingenergebnisse im Forum Chriesbach. In: GWA 7/2009, S. 567-574.

(3) <http://www.eawag.ch/about/nachhaltig/fc/index> (4.11.11)

(4) Eawag (2006) Baumonografie Eawag Chriesbach. Dübendorf, Eawag Forum Chriesbach.

Beteiligte:

Eigentümer/Nutzer: Eawag, Eidg. Wasserforschungs-Institut des ETH-Bereichs, CH-Dübendorf, Hr. Herbert Güttinger

Architekt: BGP Bob Gysin + Partner AG, CH-Zürich, Hr. Franz Aeschbach

Haustechnikplaner: 3-Plan Haustechnik AG, CH-Winterthur, Hr. Stefan van Velsen





### 3.0 Technischer Beschrieb der Abwasservorbehandlungsanlage als gesamtes System

#### Zuordnung zum System

3.1 System, Art der Stoffstromtrennung<sup>1</sup> (bitte nur 1 System ankreuzen)

1.) 1-Stoffstromsystem (Schmutzwasser, alle Abwässer gemischt)

2.) Schwarzwasser 2-Stoffstromsystem (Grauwasser getrennt von Schwarzwasser)

3.) Urintrennung 2-Stoffstromsystem (Gelbwasser getrennt von Braun- und Grauwassergemisch)

4.) Urintrennung 3-Stoffstromsystem (Gelbwasser, Grauwasser, Braunwasser einzeln prozessiert)

5.) Fäkalien 2-StStS mit Trockentoiletten (Grauwasser getrennt von Trockenfäzes- und Uringemisch)

6.) Urintrennung 3-StStS mit Trockentoiletten (Grauwasser, Trockenfäzes, Urin einzeln prozessiert)

#### Die einzelnen Prozesskomponenten<sup>2</sup>

3.2 Benutzerschnittstellen für Gelb- und Braun- und Schwarzwasser

Wassergespülte Toiletten       Schwerkraftsystem       Vakuumsystem

Trenntoiletten (NoMix)       Schwerkraftsystem       Vakuumsystem

Trockentoiletten (ohne Wasserspülung)

Wassergespülte Urinoire       Schwerkraftsystem       Vakuumsystem

Wasserlose Urinoire       Schwerkraftsystem       Vakuumsystem

3.3 Schnittstelle für Grauwassererfassung

Lavabo       Dusche       Badewanne       Spüle Küche

Geschirrspüler       Waschmaschine           

~~3.4 Schnittstelle für Regenwassergewinnung~~

Fläche: ..... m<sup>2</sup>      Erf. Menge: ..... l/y

Material der Eindeckung: .....      Dachform: .....

3.5 Sammlung und Lagerung

Urintank       Klärgrube       Kompostkammer       Biogas Reaktor

Weitere: .....

3.6 Transport des Abwassers

Innerhalb Gebäude:       Schwerkraftsystem       Vakuumsystem

Ausserhalb Gebäude:       Schwerkraftsystem       Tankwagen

Bemerkungen: .....

<sup>1</sup> Systembezeichnungen gemäss Longdong, J., (2008). Neuartige Sanitärsysteme. Weimar, Bauhaus-Universität Weimar, S. 37.  
<sup>2</sup> Systematik gemäss Tilley, Elizabeth et al. (2008). Compendium of Sanitation Systems and Technologies. Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag). Dübendorf, Switzerland. S 13.

3.7 Prozesskomponenten zur Behandlung der einzelnen Stoffströme  
 Gr: Grauwasser<sup>3</sup>      S: Schwarzwasser<sup>4</sup>      B: Brauwasser<sup>5</sup>      F: Fäzes trocken<sup>6</sup>  
 Fk: Fäkalien<sup>7</sup>      G: Gelbwasser<sup>8</sup>      U: Urin<sup>9</sup>      R: Regenwasser  
 (Vorreinigung, Grobreinigung, Feinreinigung, Nachbehandlung z.B. Grobfiltrierung, Belebtschlamm-Verfahren, Membranfiltration, UV-Desinfektion, etc.)  
 Geschätzte Mengen mit \* bezeichnen

StSt.	Prozesskomponente(n)	Funktion, Wasserqualität	Produkttyp, Hersteller
B	Grobfilter d/h = 600/800 mm	Entwässerung des Brauwasserstroms	Filtersäcke von Fugafil-Saran GmbH, PE 1200/500, PP 1500/500
Fk	Kompostierung mit Eisenia fetida-Würmern	Umwandlung des Fäkalien in Kompost (Vermikompostierung)	
Gr+ Fi	Zweikammergrube (Septic Tank) d/h = 2.2 / 2.9 m	Vorbehandlung von Grau- und Filtrat aus Brauwasser	
	Fi = Filtrat aus Brauwasseraufbereitung		
	Pflanzenkläranlage l/b = 14.5 m / 8 m		
U	4 x 1000 L-Urintanks, doppelwandig, (galvanisiertes Stahl und Polyethylene)	Lagern von Urin	

3.8 Verwendung, Entsorgung, Deponie der einzelnen Stoffströme

Produkt	Menge	Einheit	Verwendung, Transport
Trinkwasser		m <sup>3</sup> /y	
Brauchwasser		m <sup>3</sup> /y	Ableitung in Kanalisation
Urin	21900	l/y	60 L/d, Versuche für Einsatz in Landwirtschaft als Dünger
Getr. Fäzes		m <sup>3</sup> /y	
Kompost		m <sup>3</sup> /y	
Klärschlamm		m <sup>3</sup> /y	
Biogas		m <sup>3</sup> /y	
Energie		kWh/y	

<sup>3</sup> Stoffstrom aus Lavabo, Dusche, Badewanne, Küchenspüle, Geschirrspüler, Waschmaschine, etc.  
<sup>4</sup> Stoffstrom aus Mischtoilette mit Wasserspülung; Vakuum- oder Schwerkraft  
<sup>5</sup> Stoffstrom aus Trenntoilette mit Wasserspülung  
<sup>6</sup> Stoffstrom aus Trockentoilette (ohne Wasserspülung)  
<sup>7</sup> Stoffstrom aus Toilette ohne Wasserspülung (nur Urin und Fäzes)  
<sup>8</sup> Stoffstrom aus Trenntoilette und Urinal mit Wasserspülung  
<sup>9</sup> Stoffstrom aus Trenntoilette und Urinal ohne Wasserspülung

#### 4.0 Vergleichswerte der einzelnen Prozesskomponenten

Bitte pro Prozesskomponente Blatt 4.0 einzeln ausfüllen (diese Seite kopieren).

4.1 Bezeichnung der Komponente:	Braunwasserbehandlung aus Schwerkraft-Trenntoiletten		
4.2 Kurzbeschreibung der Komponente:	Braunwasserstrom aus Trenntoilette wird mittels Schneiradpumpe zum Fäkalienseparator (Grobfilter) mit PE-Filtersäcken entwässert. Die eingedickten Fäzes werden mit Eisenia fetida-Würmern kompostiert (Vermikompostierung). Das Filtrat wird in der Zweikammergrube mit Grauwasser vermischt und mechanisch vorgereinigt, s. Pos.		
4.3 Volumenstrom:	k. A.	m <sup>3</sup> /d	
4.4 Mindestmenge Volumenstrom:	k. A.	m <sup>3</sup> /d	
4.5 Höchstmenge Volumenstrom:	k. A.	m <sup>3</sup> /d	
4.6 Energieverbrauch der Komponente:	k. A.	kWh/d	
4.7 Materialverbrauch pro Jahr:	k. A.		
4.8 Flächenbedarf der Komponente:		m <sup>2</sup>	
4.9 Anschaffungskosten der Komponente	Preis inkl. Lieferung und Montage: k. A. €		
4.10 Personalkosten für Betrieb- und Unterhalt pro Jahr:	k. A.	€/y	
4.11 Materialkosten für Betrieb- und Unterhalt pro Jahr:	k. A.	€/y	
4.12 Bemerkungen zur Robustheit und Wartung der Komponente	Anzahl Betreuungseinsätze pro Jahr: Stk/y Std/y Robustheit, Fehleranfälligkeit:		
4.13 Technische Betreuung der Komponente	<input type="checkbox"/> durch betriebsinternen Techniker <input type="checkbox"/> durch Personal der Herstellerfirma Schwierigkeitsgrad der Betreuung: <input type="checkbox"/> hoch <input type="checkbox"/> mittel <input type="checkbox"/> niedrig		
4.14 Weitere Empfehlungen/Bemerkungen des Planers:	<p>- Während der Projektphase traten an 6 von 10 Toiletten beim Urinablauf Verstopfungen infolge von Ausfällung auf. Diese führten dazu, dass das Abflussventil blockiert wurde und keine Stoffstromtrennung mehr stattfand.</p> <p>- Die Spülung der Toilette müsste verbessert werden. Um dies zu erreichen muss die Geometrie der Schüssel überarbeitet werden. Weitere Details zum Optimierungs-Bedarf der NoMix-Toilette sofern sie in größerem Rahmen eingesetzt werden sollte siehe im Schlussbericht (Peter-Fröhlich et al. 2007, S. 30-31).</p> <p>- Bei der Urinsammlung wurden deutlich niedrigere Stoff-Konzentrationen als in der Literatur vorgefunden. Es konnte nicht bestimmt werden, weshalb res. ob dies eventuell aufgrund undichter Ventile zustande kam.</p>		

#### 4.0 Vergleichswerte der einzelnen Prozesskomponenten

Bitte pro Prozesskomponente Blatt 4.0 einzeln ausfüllen (diese Seite kopieren).

4.1 Bezeichnung der Komponente:	Grauwasseraufbereitungsanlage Pflanzenkläranlage		
4.2 Kurzbeschreibung der Komponente:	Ein Gemisch aus Grauwasser und Braunwasserfiltrat werden in der Zweikammergrube mechanisch gereinigt und danach in die Pflanzenkläranlage (vertikal beschickter Bodenfilter) geleitet. Der Abfluss wird der Kanalisation übergeben. Alternativ zur Behandlung des Grauwassers beider Gebäude (a und b) in dieser Pflanzenkläranlage wurde das Grauwasser in einem Membranbioreaktor (s. Projektteil b) behandelt.		
4.3 Volumenstrom:	Zeitfenster 29.6.05-1.7.06	5.191	m <sup>3</sup> /d
4.4 Mindestmenge Volumenstrom:		k. A.	m <sup>3</sup> /d
4.5 Höchstmenge Volumenstrom:		k. A.	m <sup>3</sup> /d
4.6 Energieverbrauch der Komponente:		k. A.	kWh/d
4.7 Materialverbrauch pro Jahr:			
4.8 Flächenbedarf der Komponente:		m <sup>2</sup>	
4.9 Anschaffungskosten der Komponente	Preis inkl. Lieferung und Montage: k. A. €		
4.10 Personalkosten für Betrieb- und Unterhalt pro Jahr:	k. A.	€/y	
4.11 Materialkosten für Betrieb- und Unterhalt pro Jahr:	k. A.	€/y	
4.12 Bemerkungen zur Robustheit und Wartung der Komponente	Anzahl Betreuungseinsätze pro Jahr: Stk/y Std/y Robustheit, Fehleranfälligkeit:		
4.13 Technische Betreuung der Komponente	<input type="checkbox"/> durch betriebsinternen Techniker <input type="checkbox"/> durch Personal der Herstellerfirma Schwierigkeitsgrad der Betreuung: <input type="checkbox"/> hoch <input type="checkbox"/> mittel <input type="checkbox"/> niedrig		
4.14 Weitere Empfehlungen/Bemerkungen des Planers:			

#### 4.0 Vergleichswerte der einzelnen Prozesskomponenten

Bitte pro Prozesskomponente Blatt 4.0 einzeln ausfüllen (diese Seite kopieren).

4.1 Bezeichnung der Komponente:	Urinbehandlung
4.2 Kurzbeschreibung der Komponente:	Erfassung des Urins mit a) Schwerkraft- und b) Vakuum-Trenntoiletten. Lagerung in einem Sammel tank.
4.3 Volumenstrom:	a) 0.06 m3/d    b) 0.007 m3/d
4.4 Mindestmenge Volumenstrom:	m3/d
4.5 Höchstmenge Volumenstrom:	m3/d
4.6 Energieverbrauch der Komponente:	kWh/d
4.7 Materialverbrauch pro Jahr:	
4.8 Flächenbedarf der Komponente:	m2
4.9 Anschaffungskosten der Komponente Preis inkl. Lieferung und Montage:	k. A. €
4.10 Personalkosten für Betrieb- und Unterhalt pro Jahr:	k. A. €/y
4.11 Materialkosten für Betrieb- und Unterhalt pro Jahr:	k. A. €/y
4.12 Bemerkungen zur Robustheit und Wartung der Komponente Anzahl Betreuungseinsätze pro Jahr:        Stk/y        Std/y Robustheit, Fehleranfälligkeit:	
4.13 Technische Betreuung der Komponente <input type="checkbox"/> durch betriebsinternen Techniker <input type="checkbox"/> durch Personal der Herstellerfirma Schwierigkeitsgrad der Betreuung: <input type="checkbox"/> hoch <input type="checkbox"/> mittel <input type="checkbox"/> niedrig	
4.14 Weitere Empfehlungen/Bemerkungen des Planers:	

#### 5.0 Wasserqualität

5.1 Resultierende Wasserqualität entspricht den Qualitätsanforderungen für

<input type="checkbox"/> Toiletenspülung	aus:	<input type="checkbox"/> Grauw.	<input type="checkbox"/> Schwarz-/ Braunw.
<input type="checkbox"/> Eingeschränkte Verwendung als Bewässerungswasser	aus:	<input type="checkbox"/> Grauw.	<input type="checkbox"/> Schwarz-/ Braunw.
<input type="checkbox"/> Uneingeschränkte Verwendung als Bewässerungswasser	aus:	<input type="checkbox"/> Grauw.	<input type="checkbox"/> Schwarz-/ Braunw.
<input type="checkbox"/> Trinkwasser und Badegewässer	aus:	<input type="checkbox"/> Grauw.	<input type="checkbox"/> Schwarz-/ Braunw.
<input type="checkbox"/> Einleitung/Versickerung von Grau- und Regenwasser	aus:	<input type="checkbox"/> Grauw.	<input type="checkbox"/> Schwarz-/ Braunw.

5.2 Überprüfung der Wasserqualität

Anhand welcher Indikatoren wird die Wasserqualität überprüft?     intern         extern

5.3 Anforderung an Wasserqualität und Verwendung

Ja, die Wasserqualität entspricht den Anforderungen

Nein, die Anlage wurde nachgerüstet damit die Wasserqualität den Anforderungen entspricht.

Nein, das resultierende Wasser wird für qualitativ niedrigere Zwecke verwendet als ursprünglich geplant.

**Bemerkungen:** Untersuchungen der Wasserqualität aus der Pflanzenkläranlage (Grauwasseraufbereitung Mischwasseraufbereitung) zu den koliformen und faecalkoliformen Keimen zeigten, dass Grauwasser ohne Fäkalienfiltrat die Qualitätsstandards (Grenzwerte) deutlich unterschritten, jenes mit Fäkalienfiltrat teilweise überschritten.



### 6.0 Kosten

6.1 Erstellungskosten der Abwasseraufbereitungsanlage						
P.	Leistung	Stufe	Anz.	Einheitspreis	Gesamtpreis	W.
	Total					€
6.2 Erstellungskosten Leitungsnetz innerhalb des Gebäudes						€
Davon Kosten für doppeltes Leitungsnetz						€
6.3 Erstellungskosten der Benutzerschnittstellen (Toiletten, Urinale)						
P.	Leistung	Anz.	Einheitspreis	Gesamtpreis	W.	
	Total					€
6.4 Vorbereitungskosten für Planung, Gebühren, etc.						
P.	Leistung	Anz.	Einheitspreis	Gesamtpreis	W.	
	Total					€
6.5 Jährliche Betriebskosten der gesamten Anlage						
P.	Leistung	Anz.	Einheitspreis	Gesamtpreis	W.	
	Total					€

Die Kosten des Pilotprojektes selbst waren nicht verfügbar. Die begleitende Kostenberechnung von OtterWasser GmbH wurde für den Stadtteil Berlin-Nicolassee auf 5000 Bewohner hochgerechnet um ein System, wie es im Klärwerk Stahnsdorf untersucht wurde, für diese Größe bewerten. Die daraus resultierenden Angaben können nicht direkt auf das Pilotprojekt in Stahnsdorf übertragen werden, da Mengen nicht übereinstimmen. Daher werden hier die Kosten nicht abgebildet,

Schlussfolgerungen aus der Kostenstudie (Oldenburg 2007):

Als Referenzobjekt wurde ein konventionelles System betrachtet, bei dem Mischwasser über ein Schwerkraftsystem zur Pumpstation und von da in die zentralen Kläranlage (an welche nur die Bewohner des betrachteten Stadtteils angeschlossen sind) befördert wird. Als Behandlung wurde ein Sequencing-Batch-Reaktor vorgesehen. Die konsumierte Wassermenge wurde mit 101 L/p\*d eingesetzt, Zeithorizont 50 Jahre. Fazit:

- Die Neuartigen Sanitärsysteme sind für das betrachtete Siedlungsgebiet nicht kostengünstiger
- Sie verursachen die gleichen Kosten wie konventionelles System
- Mehrfache Leitungsführung führt zu hohen Investitionskosten, die sich auf die Gesamtkosten auswirken
- Die Betriebskosten sind deutlich tiefer als beim Referenzsystem.
- Systeme mit Energiegewinn (Biogas) wirken sich langfristig deutlich positiv aus.
- Für andere Gebiete mit hohen Gebührensätzen sind eindeutige Kostenvorteile erkennbar.
- Die Analyse sollte für deutlich höher verdichtete Gebiete detailliert werden.

Schlussfolgerungen aus der Life-Cycle Analyse (Remy et al. 2006)

Die Life-Cycle Analyse bezieht sich auf die in der Kostenstudie verwendeten Grundlagen (5000 Einwohner, etc.). Die relevanten Prozesse des Systembetriebs sowie der Erstellung der Infrastruktur wurden in einem Stoffstrommodell abgebildet. Daten wurden aus Pilotprojekt und Literatur abgeleitet sowie aus Datenbanken herausgezogen. Fazit:

- Die alternativen Systeme weisen in vielen Indikatoren eine geringere Umweltbelastung und einen niedrigeren Ressourcenverbrauch auf als das konventionelle System
- Der Eintrag von toxischen Schwermetallen auf landwirtschaftliche Böden durch Mineräldünger kann durch die Verwendung von Urin und Fäkalien gesenkt werden.
- Die Abtrennung von Urin und Fäkalien entlastet die Abwasserreinigung und verringert die aus ihr hervorgehenden Umweltbelastung signifikant.
- Naturnahen Verfahren (bewachsener Bodenfilter) stellen eine kostengünstige Variante für Grauwasser dar, sollten jedoch mit einer Phosphatfällung ausgerüstet werden, um Phosphorbelastung im Gewässer zu verhindern.



### 7.0 Nutzerakzeptanz

Die Bewertung beruht auf den in der Akzeptanzstudie erwähnten Angaben (Peter-Fröhlich et al. 2007, S. 33-45)

7.1 Information und Einführung für Nutzer	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein
7.2 Verhaltensänderungen bei den Nutzern aufgrund des neuartigen Sanitärsystems	<input type="checkbox"/> nein <input checked="" type="checkbox"/> ja Bemerkungen: 57% spülten mehr als 1x	
7.3 Einschränkungen für die Nutzer aufgrund des neuartigen Sanitärsystems	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja Bemerkungen:	
7.4 Anwenderfreundlichkeit der Benutzerschnittstelle (Toilette, Urinal)	Toilette Typ: NoMix-WC Roedinger, D-Hanau <input type="checkbox"/> keine <input type="checkbox"/> positive <input type="checkbox"/> negative Bemerkungen	
	Urinal Typ: <input type="checkbox"/> keine <input type="checkbox"/> positive <input type="checkbox"/> negative Bemerkungen	
Bemerkungen:	- Benutzerkomfort gleich wie konventionelles WC - 9% gaben an, sich vor der Benutzung der NoMix Toilette zu fürchten	
7.5 Mehraufwand für Nutzer aufgrund des neuartigen Sanitärsystems	<input type="checkbox"/> nein <input checked="" type="checkbox"/> ja Bemerkungen: Reinigung	
7.6 Probleme oder negative Rückmeldungen bezüglich Gesundheit und Hygiene	<input type="checkbox"/> nein <input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> Bemerkungen: Hygiene wird von 15% als schlechter empfunden (im Betriebsgebäude von 28%).	
7.7 Geruchsemissionen	<input type="checkbox"/> keine Geruchsbelästigung <input type="checkbox"/> wenig, ab und zu Geruchsbelästigung	
	<input type="checkbox"/> mittelstark, oft Geruchsbelästigung <input type="checkbox"/> starke Geruchsbelästigung	
Bemerkungen:		
7.8 Nutzerakzeptanz	<input checked="" type="checkbox"/> Positive Reaktionen: <input type="checkbox"/> keine <input checked="" type="checkbox"/> vereinzelte <input type="checkbox"/> viele	
	<input checked="" type="checkbox"/> Negative Reaktionen: <input type="checkbox"/> keine <input checked="" type="checkbox"/> vereinzelte <input type="checkbox"/> viele	
Bemerkungen:	65% können sich vorstellen ein solches System bei sich zuhause zu verwenden.	
7.9 Empfehlungen/Bemerkungen der Nutzer:	Es wurden zwei Akzeptanzstudien parallel durchgeführt, eine im Bürogebäude zu Trenntoiletten mit und ohne Vakuum, eine im Wohngebäude zu Trenntoiletten ohne Vakuumabsaugung.	

Bei der Befragung im Wohngebäude kamen folgende Antworten (9 Familien) heraus:

- Für den Abtransport v. Braun- und Gelbwasser wurde durchschn. 2.8x, für Gelbwasser 1.2x die Spülung betätigt.
- 85% gaben an, dass das hygienische Empfinden gleich gut oder besser sei.
- 56% der Befragten hatten innerhalb einem Jahr Probleme mit der Toilette (Blockage, Ventil, Geruch).
- 57% empfanden die Spülung als schlechter und 67% die Reinigung als aufwändiger.
- Das Design wurde nur von 1 Partei als schlechter empfunden.
- Generell kann von einer guten Akzeptanz gesprochen werden.

Die Bewertung der NoMix-Schwerkraft- Systems im Bürogebäude führte zu folgenden Resultaten (40 Antworten):

- 24 % der Befragten hatten bereits vorher eine solche NoMix-Trenntoilette gesehen
- 9% gaben an, sich zu fürchten eine solche Toilette zu benützen.
- Die meisten Benutzer sahen keinen Unterschied zwischen diesem und einem konventionellen System, 70% der Befragten beurteilten das System mit besser oder gleich.
- Jed. wurden die Spülung durch 42%, das hygienische Empfinden durch rund 28 % als schlechter empfunden.
- Das Design schnitt gut ab, es wurde von nur 16% der Befragten als schlechter beurteilt.
- 69% der Befragten könnten sich vorstellen ein solches System bei sich zuhause zu verwenden.
- Spülmenge: 57% gaben an, mehr als 1x gespült zu haben.



## 8.0 Dokumentation

Zusätzliche Unterlagen:

<input type="checkbox"/> Technisches Fließschema der Anlage ( <i>wichtig</i> )
Pläne
<input type="checkbox"/> Situation/Gesamtübersicht
<input type="checkbox"/> Grundrisse (z.B. <i>typisches Geschoss</i> )
<input type="checkbox"/> Schnitte mit Steigzonen
<input type="checkbox"/> Technikraum
<input type="checkbox"/> Nasszellen Steigzonen, etc.
( <i>Massstäbliche Pläne der für die Abwasservorbehandlungsanlage relevanten Räume</i> )
<input type="checkbox"/> Fotos einzelner Systemkomponenten

Ergebnisse
<input type="checkbox"/> Ja gerne, ich möchte in den Vereiler für die fertige Masterarbeit aufgenommen werden. Meine Mailadresse:
<input type="checkbox"/> Nein danke.

## 9.0 Weitere Bemerkungen

Bitte versehen Sie die Bemerkungen mit den Positionsnummern aus dem Fragebogen.

4.0 Verwendete Dimensionen der Rohrleitungen bei Schwerkraft-Trenntoiletten:  
Gelbwasserleitungen: Polypropylene, nominaler Innendurchmesser von 50 und 70 mm, hauptsächlich 70 mm.  
Braunwasserleitungen: Grauguss, nominaler Innendurchmesser von 100 bis 150 mm, hauptsächlich 100 mm.  
Grauwasserleitungen: Grauguss, nominaler Innendurchmesser von 50 bis 150 mm, hauptsächlich 100 mm.

Der Erfassungsbogen wurde von ps ausgefüllt und beruht vorwiegend auf den Angaben des Schlussberichtes (Peter-Fröhlich et al. 2007) und der Zusammenfassung des Abschlusseseminars (Peter-Fröhlich et al. 2006).

Quellen: - Oldenburg Martin (2007) Cost Calculations. Final cost calculation report fo the demonstration project "Sanitation Concepts for Separate Treatment of Urine, Faeces and Greywater" (SCST).  
- Peter-Fröhlich Anton, et al. (2007) EU-Demonstration Project. Sanitation Concepts for Separate Treatment of Urine, Faeces and Greywater (SCST) - Results.  
- Peter-Fröhlich Anton et al. (2006) Separate Ableitung und Behandlung von Urin, Fäkalien und Grauwasser - Übersicht zum EU-Demonstrationsvorhaben SCST und Ergebnisse. Berlin, SCST-Abschlusseseminar 16.12.2006.  
- Remy C. et al. (2006) Ökologischer Vergleich alternativer Sanitäkonzepte mittels Life Cycle Assessment (LCA). Berlin, Schriftliche Fassung zum Vortrag im SCST-Abschlusseseminar vom 16.12.2006 in Berlin.

Downloads unter:  
- <http://www.kompetenz-wasser.de/SCST-Downloads.295.0.html?&L=0&type=http%25253A%25252F%25252Fbusca.uol.com.br%25252Fuol%25252Findex.html> (6.11.11)

Beteiligte:

Berliner Wasserbetriebe Berlin, Dr.-Ing. Anton Peter-Fröhlich.  
KompetenzZentrum Wasser Berlin, Berlin, Dipl.-Ing. Ludwig Pawlowski.  
Otterwasser GmbH, Lübeck, Dr.-Ing. Martin Oldenburg.  
TU Berlin. Veolia Water.

Unterstützt durch das Finanzierungsinstrument LIFE der Europäischen Kommission, LIFE 03 ENV/D/000025



### 3.0 Technischer Beschrieb der Abwasservorbehandlungsanlage als gesamtes System

#### Zuordnung zum System

3.1 System, Art der Stoffstromtrennung<sup>1</sup> (bitte nur 1 System ankreuzen)

1.) 1-Stoffstromsystem (Schmutzwasser, alle Abwässer gemischt)

2.) Schwarzwasser 2-Stoffstromsystem (Grauwasser getrennt von Schwarzwasser)

3.) Urinentrennung 2-Stoffstromsystem (Gelbwasser getrennt von Braun- und Grauwassergemisch)

4.) Urinentrennung 3-Stoffstromsystem (Gelbwasser, Grauwasser, Braunwasser einzeln prozessiert)

5.) Fäkalien 2-StStS mit Trockentoiletten (Grauwasser getrennt von Trockenfäzes- und Uringemisch)

6.) Urinentrennung 3-StStS mit Trockentoiletten (Grauwasser, Trockenfäzes, Urin einzeln prozessiert)

#### Die einzelnen Prozesskomponenten<sup>2</sup>

3.2 Benutzerschnittstellen für Gelb- und Braun- und Schwarzwasser

Wassergespülte Toiletten  Schwerkraftsystem  Vakuumsystem

Trenntoiletten (NoMix)  Schwerkraftsystem  Vakuumsystem

Trockentoiletten (ohne Wasserspülung)

Wassergespülte Urinoire  Schwerkraftsystem  Vakuumsystem

Wasserlose Urinoire  Schwerkraftsystem  Vakuumsystem

3.3 Schnittstelle für Grauwassererfassung

Lavabo  Dusche  Badewanne  Spüle Küche

Geschirrspüler  Waschmaschine

~~3.4 Schnittstelle für Regenwassergewinnung~~

Fläche: ..... m<sup>2</sup> Erf. Menge: ..... l/y

Material der Eindeckung: ..... Dachform: .....

3.5 Sammlung und Lagerung

Urintank  Klärgrube  Kompostkammer  Biogas Reaktor

Weitere: .....

3.6 Transport des Abwassers

Innerhalb Gebäude:  Schwerkraftsystem  Vakuumsystem

Ausserhalb Gebäude:  Schwerkraftsystem  Tankwagen

Bemerkungen: Urin und Grauwasser wurden mit Schwerkraft transportiert. ....

<sup>1</sup> Systembezeichnungen gemäss Longdong, J., (2008). Neuartige Sanitärsysteme. Weimar, Bauhaus-Universität Weimar, S. 37.  
<sup>2</sup> Systematik gemäss Tilley, Elizabeth et al. (2008). Compendium of Sanitation Systems and Technologies. Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag). Dübendorf, Switzerland. S 13.

3.7 Prozesskomponenten zur Behandlung der einzelnen Stoffströme

Gr: Grauwasser<sup>3</sup> S: Schwarzwasser<sup>4</sup> B: Braunwasser<sup>5</sup> F: Fäzes trocken<sup>6</sup>

Fk: Fäkalien<sup>7</sup> G: Gelbwasser<sup>8</sup> U: Urin<sup>9</sup> R: Regenwasser

(Vorreinigung, Grobreinigung, Feinreinigung, Nachbehandlung z.B. Grobfiltrierung, Belebtschlamm-Verfahren, Membranfiltration, UV-Desinfektion, etc.)

Geschätzte Mengen mit \* bezeichnen

StSt.	Prozesskomponente(n)	Funktion, Wasserqualität	Produkttyp, Hersteller
B	Vakuumanlage	Braunwasserstrom in Biogasanlage befördern	Kleinste V-Anlage von Roedinger, D, für 40 Toiletten, 0.6 bar.
B	2-stufige thermophile Biogasanlage	Vergärung der Braunwasserstroms, Biogasproduktion	Hans Huber AG,
Bio-abfall	Schredder für Bioflälle	Zerkleinern von Bioabfällen um der Biogasanlage beizumengen	Edertal Elektromotoren GmbH & Co.
Gr + Fi	Membranbioraktor	Grauwasser zu Brauchwasser aufbereiten, Volumen 35 L - 60 L.	A3 Water Solutions, D-Gelsenkirchen
	Fi = Filtrat aus Brauchwasseraufbereitung		
U	4 x 1000 L-Urintanks, doppelwandig, (galvanisiertes Stahl und Polyethylene)	Lagern von Urin	

3.8 Verwendung, Entsorgung, Deponie der einzelnen Stoffströme

Produkt	Menge	Einheit	Verwendung, Transport
Trinkwasser		m <sup>3</sup> /y	
Brauchwasser		m <sup>3</sup> /y	
Urin	1820	l/y	7 L/d Versuche für Einsatz in Landwirtschaft als Dünger
Getr. Fäzes		m <sup>3</sup> /y	
Kompost		m <sup>3</sup> /y	
Klärschlamm		m <sup>3</sup> /y	
Biogas		m <sup>3</sup> /y	
Energie		kWh/y	

<sup>3</sup> Stoffstrom aus Lavabo, Dusche, Badewanne, Küchenspüle, Geschirrspüler, Waschmaschine, etc.  
<sup>4</sup> Stoffstrom aus Mischtoilette mit Wasserspülung; Vakuums- oder Schwerkraft  
<sup>5</sup> Stoffstrom aus Trenntoilette mit Wasserspülung  
<sup>6</sup> Stoffstrom aus Trockentoilette (ohne Wasserspülung)  
<sup>7</sup> Stoffstrom aus Toilette ohne Wasserspülung (nur Urin und Fäzes)  
<sup>8</sup> Stoffstrom aus Trenntoilette und Urinal mit Wasserspülung  
<sup>9</sup> Stoffstrom aus Trenntoilette und Urinal ohne Wasserspülung



#### 4.0 Vergleichswerte der einzelnen Prozesskomponenten

Bitte pro Prozesskomponente Blatt 4.0 einzeln ausfüllen (diese Seite kopieren).

4.1 Bezeichnung der Komponente:	Braunwasseraufbereitung aus Vakuum-Trenntoiletten		
4.2 Kurzbeschreibung der Komponente:	Braunwasser (reduzierte Wassermenge aufgrund der Erfassung aus Trenntoiletten) wird mittels Vakuumanlage in die Biogasanlage befördert.		
4.3 Volumenstrom:		m3/d	
4.4 Mindestmenge Volumenstrom:		m3/d	
4.5 Höchstmenge Volumenstrom:		m3/d	
4.6 Energieverbrauch der Komponente:		kWh/d	
4.7 Materialverbrauch pro Jahr:			
4.8 Flächenbedarf der Komponente:		m2	
4.9 Anschaffungskosten der Komponente			
Preis inkl. Lieferung und Montage:		€	
4.10 Personalkosten für Betrieb- und Unterhalt pro Jahr:		€/y	
4.11 Materialkosten für Betrieb- und Unterhalt pro Jahr:		€/y	
4.12 Bemerkungen zur Robustheit und Wartung der Komponente			
Anzahl Betreuungseinsätze pro Jahr:	Stk/y		Std/y
Robustheit, Fehleranfälligkeit:			
4.13 Technische Betreuung der Komponente			
<input type="checkbox"/> durch betriebsinternen Techniker	<input type="checkbox"/> durch Personal der Herstellerfirma		
Schwierigkeitsgrad der Betreuung:	<input type="checkbox"/> hoch	<input type="checkbox"/> mittel	<input type="checkbox"/> niedrig
4.14 Weitere Empfehlungen/Bemerkungen des Planers:			
<p>Das NoMix-Vakuum-WC wurde, da kein Vakuum-Trenn-WC auf dem Markt vorhanden war als Prototyp aus einem NoMix-WC umgebaut.          Die Spülmenge wurde auf 0.7 L eingestellt, das Spülergebnis war aber nicht befriedigend, so dass nachgereinigt (Toilettenbürste) und nachgepült werden musste. Weitere später installierte Toiletten wurden mit einer Spülmenge von 2 L (Männer) 1 L (Frauen) eingestellt.</p> <p>Folgende weitere Probleme trauhten auf:          - Ein Spülkastenventil, das undicht war, führte zum Überlaufen eines WC's. (Bei einem Vakuum-WC ist der Abfluss nur während der Spülung offen).          - Ein WC wurde durch das Entsorgen eines grünen Papierhandtuches im WC blockiert.          - Viele Benutzer fühlten sich gestört über den Lärm der Vakuumpülung.</p>			

Der Prototyp ist klar als solcher zu sehen und müsste für einen grösseren Einsatz entsprechend überarbeitet werden. Im Hinblick auf einen sparsamen Umgang mit Wasser sollte angestrebt werden ein Vakuum-WC zu entwickeln, das mit einer Spülmenge von unter 0.5 L befriedigend spült.

#### 4.0 Vergleichswerte der einzelnen Prozesskomponenten

Bitte pro Prozesskomponente Blatt 4.0 einzeln ausfüllen (diese Seite kopieren).

4.1 Bezeichnung der Komponente:	Grauwasseraufbereitungsanlage Membranbioreaktor		
4.2 Kurzbeschreibung der Komponente:	Alternativ zur Behandlung des Grauwassers beider Gebäude (a und b) in der Pflanzenkläranlage (s. Projektteil a) wurde das Grauwasser in einem Membranbioreaktor behandelt. Dazu wurde ein Gemisch aus Grauwasser und Braunwasserfiltrat in den Membranbioreaktor geleitet.		
4.3 Volumenstrom:	ca.	5	m3/d
4.4 Mindestmenge Volumenstrom:			m3/d
4.5 Höchstmenge Volumenstrom:			m3/d
4.6 Energieverbrauch der Komponente:			kWh/d
4.7 Materialverbrauch pro Jahr:			
4.8 Flächenbedarf der Komponente:		m2	
4.9 Anschaffungskosten der Komponente			
Preis inkl. Lieferung und Montage:		€	
4.10 Personalkosten für Betrieb- und Unterhalt pro Jahr:		€/y	
4.11 Materialkosten für Betrieb- und Unterhalt pro Jahr:		€/y	
4.12 Bemerkungen zur Robustheit und Wartung der Komponente			
Anzahl Betreuungseinsätze pro Jahr:	Stk/y		Std/y
Robustheit, Fehleranfälligkeit:			
4.13 Technische Betreuung der Komponente			
<input type="checkbox"/> durch betriebsinternen Techniker	<input type="checkbox"/> durch Personal der Herstellerfirma		
Schwierigkeitsgrad der Betreuung:	<input type="checkbox"/> hoch	<input type="checkbox"/> mittel	<input type="checkbox"/> niedrig
4.14 Weitere Empfehlungen/Bemerkungen des Planers:			
<p>Das NoMix-Vakuum-WC wurde, da kein Vakuum-Trenn-WC auf dem Markt vorhanden war als Prototyp aus einem NoMix-WC umgebaut.          Die Spülmenge wurde auf 0.7 L eingestellt, das Spülergebnis war aber nicht befriedigend, so dass nachgereinigt (Toilettenbürste) und nachgepült werden musste. Weitere später installierte Toiletten wurden mit einer Spülmenge von 2 L (Männer) 1 L (Frauen) eingestellt.</p> <p>Folgende weitere Probleme trauhten auf:          - Ein Spülkastenventil, das undicht war, führte zum Überlaufen eines WC's. (Bei einem Vakuum-WC ist der Abfluss nur während der Spülung offen).          - Ein WC wurde durch das Entsorgen eines grünen Papierhandtuches im WC blockiert.          - Viele Benutzer fühlten sich gestört über den Lärm der Vakuumpülung.</p>			

Der Prototyp ist klar als solcher zu sehen und müsste für einen grösseren Einsatz entsprechend überarbeitet werden. Im Hinblick auf einen sparsamen Umgang mit Wasser sollte angestrebt werden ein Vakuum-WC zu entwickeln, das mit einer Spülmenge von unter 0.5 L befriedigend spült.

#### 4.0 Vergleichswerte der einzelnen Prozesskomponenten

Bitte pro Prozesskomponente Blatt 4.0 einzeln ausfüllen (diese Seite kopieren).

4.1 Bezeichnung der Komponente:	Urinbehandlung
4.2 Kurzbeschreibung der Komponente:	Erfassung des Urins mit a) Schwerkraft- und b) Vakuum-Trenntoiletten. Lagerung in einem Sammel tank.
4.3 Volumenstrom:	a) 0.06 m <sup>3</sup> /d    b) 0.007 m <sup>3</sup> /d
4.4 Mindestmenge Volumenstrom:	m <sup>3</sup> /d
4.5 Höchstmenge Volumenstrom:	m <sup>3</sup> /d
4.6 Energieverbrauch der Komponente:	kWh/d
4.7 Materialverbrauch pro Jahr:	
4.8 Flächenbedarf der Komponente:	m <sup>2</sup>
4.9 Anschaffungskosten der Komponente Preis inkl. Lieferung und Montage:	€
4.10 Personalkosten für Betrieb- und Unterhalt pro Jahr:	€/y
4.11 Materialkosten für Betrieb- und Unterhalt pro Jahr:	€/y
4.12 Bemerkungen zur Robustheit und Wartung der Komponente Anzahl Betreuungseinsätze pro Jahr:        Stk/y        Std/y Robustheit, Fehleranfälligkeit:	
4.13 Technische Betreuung der Komponente <input type="checkbox"/> durch betriebsinternen Techniker <input type="checkbox"/> durch Personal der Herstellerfirma Schwierigkeitsgrad der Betreuung: <input type="checkbox"/> hoch <input type="checkbox"/> mittel <input type="checkbox"/> niedrig	
4.14 Weitere Empfehlungen/Bemerkungen des Planers:	

#### 5.0 Wasserqualität

5.1 Resultierende Wasserqualität entspricht den Qualitätsanforderungen für

<input type="checkbox"/> Toilettenspülung	aus:	<input type="checkbox"/> Grauw.	<input type="checkbox"/> Schwarz-/ Braunw.
<input type="checkbox"/> Eingeschränkte Verwendung als Bewässerungswasser	aus:	<input type="checkbox"/> Grauw.	<input type="checkbox"/> Schwarz-/ Braunw.
<input type="checkbox"/> Uneingeschränkte Verwendung als Bewässerungswasser	aus:	<input type="checkbox"/> Grauw.	<input type="checkbox"/> Schwarz-/ Braunw.
<input type="checkbox"/> Trinkwasser und Badegewässer	aus:	<input type="checkbox"/> Grauw.	<input type="checkbox"/> Schwarz-/ Braunw.
<input type="checkbox"/> Einleitung/Versickerung von Grau- und Regenwasser	aus:	<input type="checkbox"/> Grauw.	<input type="checkbox"/> Schwarz-/ Braunw.

5.2 Überprüfung der Wasserqualität

Anhand welcher Indikatoren wird die Wasserqualität überprüft?     intern         extern

5.3 Anforderung an Wasserqualität und Verwendung

Ja, die Wasserqualität entspricht den Anforderungen

Nein, die Anlage wurde nachgerüstet damit die Wasserqualität den Anforderungen entspricht.

Nein, das resultierende Wasser wird für qualitativ niedrigere Zwecke verwendet als ursprünglich geplant.

Bemerkungen:



### 6.0 Kosten

6.1 Erstellungskosten der Abwasseraufbereitungsanlage						
P.	Leistung	Stufe	Anz.	Einheitspreis	Gesamtpreis	W.
	Total					€
6.2 Erstellungskosten Leitungsnetz innerhalb des Gebäudes						€
Davon Kosten für doppeltes Leitungsnetz						€
6.3 Erstellungskosten der Benutzerschnittstellen (Toiletten, Urinale)						
P.	Leistung	Anz.	Einheitspreis	Gesamtpreis	W.	
	Total					€
6.4 Vorbereitungskosten für Planung, Gebühren, etc.						
P.	Leistung	Anz.	Einheitspreis	Gesamtpreis	W.	
	Total					€
6.5 Jährliche Betriebskosten der gesamten Anlage						
P.	Leistung	Anz.	Einheitspreis	Gesamtpreis	W.	
	Total					€

Die Kosten des Pilotprojektes selbst waren nicht verfügbar. Die begleitende Kostenberechnung von OtterWasser GmbH wurde für den Stadtteil Berlin-Nicolassee auf 5000 Bewohner hochgerechnet um ein System, wie es im Klärwerk Stahnsdorf untersucht wurde, für diese Grösse bewerten. Die daraus resultierenden Angaben können nicht direkt auf das Pilotprojekt in Stahnsdorf übertragen werden, da Mengen nicht übereinstimmen. Daher werden hier die Kosten nicht abgebildet,

Schlussfolgerungen aus der Kostenstudie (Oldenburg 2007):

Als Referenzobjekt wurde ein konventionelles System betrachtet, bei dem Mischwasser über ein Schwerkraftsystem zur Pumpstation und von da in die zentralen Kläranlage (an welche nur die Bewohner des betrachteten Stadtteils angeschlossen sind) befördert wird. Als Behandlung wurde ein Sequencing-Batch-Reaktor vorgesehen. Die konsumierte Wassermenge wurde mit 101 L/p\*d eingesetzt, Zeithorizont 50 Jahre. Fazit:

- Die Neuartigen Sanitärsysteme sind für das betrachtete Siedlungsgebiet nicht kostengünstiger
- Sie verursachen die gleichen Kosten wie konventionelles System
- Mehrfache Leitungsführung führt zu hohen Investitionskosten, die sich auf die Gesamtkosten auswirken
- Die Betriebskosten sind deutlich tiefer als beim Referenzsystem.
- Systeme mit Energiegewinn (Biogas) wirken sich langfristig deutlich positiv aus.
- Für andere Gebiete mit hohen Gebührensätzen sind eindeutige Kostenvorteile erkennbar.
- Die Analyse sollte für deutlich höher verdichtete Gebiete detailliert werden.

Schlussfolgerungen aus der Life-Cycle Analyse (Remy et al. 2006)

Die Life-Cycle Analyse bezieht sich auf die in der Kostenstudie verwendeten Grundlagen (5000 Einwohner, etc.). Die relevanten Prozesse des Systembetriebs sowie der Erstellung der Infrastruktur wurden in einem Stoffstrommodell abgebildet. Daten wurden aus Pilotprojekt und Literatur abgeleitet sowie aus Datenbanken herausgezogen. Fazit:

- Die alternativen Systeme weisen in vielen Indikatoren eine geringere Umweltbelastung und einen niedrigeren Ressourcenverbrauch auf als das konventionelle System
- Der Eintrag von toxischen Schwermetallen auf landwirtschaftliche Böden durch Mineräldünger kann durch die Verwendung von Urin und Fäkalien gesenkt werden.
- Die Abtrennung von Urin und Fäkalien entlastet die Abwasserreinigung und verringert die aus ihr hervorgehenden Umweltbelastung signifikant.
- Naturnahen Verfahren (bewachsener Bodenfilter) stellen eine kostengünstige Variante für Grauwasser dar, sollten jedoch mit einer Phosphatfällung ausgerüstet werden, um Phosphorbelastung im Gewässer zu verhindern.



### 7.0 Nutzerakzeptanz

Die Bewertung beruht auf den in der Akzeptanzstudie erwähnten Angaben (Peter-Fröhlich et al. 2007, S. 33-45)

7.1 Information und Einführung für Nutzer	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein
7.2 Verhaltensänderungen bei den Nutzern aufgrund des neuartigen Sanitärsystems	<input type="checkbox"/> nein <input checked="" type="checkbox"/> ja <b>Bemerkungen:</b> 2-3x Spülen pro WC-Gang	
7.3 Einschränkungen für die Nutzer aufgrund des neuartigen Sanitärsystems	<input type="checkbox"/> nein <input checked="" type="checkbox"/> ja <b>Bemerkungen:</b> Keine grosse Gegenstände wegsplülen (z.B. Papierhandtuch)	
7.4 Anwenderfreundlichkeit der Benutzerschnittstelle (Toilette, Urinal)	Toilette Typ: NoMix-Vakuum-WC Roedinger, D-Hanau <input type="checkbox"/> keine <input type="checkbox"/> positive <input checked="" type="checkbox"/> negative <b>Bemerkungen</b> Urinal Typ: <b>Bemerkungen zu den Urinalen s. Pos. 9</b> <input type="checkbox"/> keine <input type="checkbox"/> positive <input checked="" type="checkbox"/> negative <b>Bemerkungen</b> <b>Bemerkungen:</b> - Lärmbelästigung bei WC - sich vor der Benutzung des Vakuum-WC fürchten (18%) - Geruchsbelästigung bei Urinal	
7.5 Mehraufwand für Nutzer aufgrund des neuartigen Sanitärsystems	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja <b>Bemerkungen:</b>	
7.6 Probleme oder negative Rückmeldungen bezüglich Gesundheit und Hygiene	<input type="checkbox"/> nein <input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> <b>Bemerkungen:</b> Hygiene wird als schlechter empfunden als bei konvent. WC Hygiene der NoMix-Toiletten wurde von 28 % als schlechter empfunden (in den Wohnungen s. 4.1 a) nur von 15%)	
7.7 Geruchsemissionen	<input type="checkbox"/> keine Geruchsbelästigung <input type="checkbox"/> wenig, ab und zu Geruchsbelästigung <input checked="" type="checkbox"/> mittelstark, oft Geruchsbelästigung <input type="checkbox"/> starke Geruchsbelästigung <b>Bemerkungen:</b> Urinale wurden ausgetauscht u.a. aufgrund von Geruchsbelästigung.	
7.8 Nutzerakzeptanz	<input checked="" type="checkbox"/> Positive Reaktionen: <input type="checkbox"/> keine <input checked="" type="checkbox"/> vereinzelte <input type="checkbox"/> viele <input checked="" type="checkbox"/> Negative Reaktionen: <input type="checkbox"/> keine <input checked="" type="checkbox"/> vereinzelte <input type="checkbox"/> viele <b>Bemerkungen:</b> 50% der Nutzer könnten sich ein solchen WC bei sich zuhause vorstellen.	
7.9 Empfehlungen/Bemerkungen der Nutzer:		

Die Bewertung des NoMix Vakuum-Systems im Bürogebäude führte zu folgenden Resultaten (33 Antworten):

- 33 % der Befragten hatten bereits vorher eine solche NoMix-Trenntoilette gesehen
- 18% gaben an, sich zu fürchten eine solche Toilette zu benutzen.
- Die unbefriedigende Spülung durch 50% und das hygienische Empfinden durch rund 38% als schlechter empfunden.
- 57% der Befragten beurteilten den Lärm der Spülung als schlechter.
- 50% der Befragten könnten sich vorstellen ein NoMix-Vakuum-WC, 60% ein wasserloses Urinoir bei sich zuhause zu verwenden.
- Spülmenge:  
27% gaben an 2x gespült zu haben, weitere 27% spülten gar 3x !



### 3.0 Technischer Beschrieb der Abwasservorbehandlungsanlage als gesamtes System

#### Zuordnung zum System

3.1 System, Art der Stoffstromtrennung<sup>1</sup> (bitte nur 1 System ankreuzen)

1.) 1-Stoffstromsystem (Schmutzwasser, alle Abwässer gemischt)

2.) Schwarzwasser 2-Stoffstromsystem (Grauwasser getrennt von Schwarzwasser)

3.) Urinentrennung 2-Stoffstromsystem (Gelbwasser getrennt von Braun- und Grauwassergemisch)

4.) Urinentrennung 3-Stoffstromsystem (Gelbwasser, Grauwasser, Braunwasser einzeln prozessiert)

5.) Fäkalien 2-StStS mit Trockentoiletten (Grauwasser getrennt von Trockenfäzes- und Uringemisch)

6.) Urinentrennung 3-StStS mit Trockentoiletten (Grauwasser, Trockenfäzes, Urin einzeln prozessiert)

#### Die einzelnen Prozesskomponenten<sup>2</sup>

3.2 Benutzerschnittstellen für Gelb- und Braun- und Schwarzwasser

Wassergespülte Toiletten  Schwerkraftsystem  Vakuumsystem

Trenntoiletten (NoMix)  Schwerkraftsystem  Vakuumsystem

Trockentoiletten (ohne Wasserspülung)

Wassergespülte Urinoire  Schwerkraftsystem  Vakuumsystem

Wasserlose Urinoire  Schwerkraftsystem  Vakuumsystem

3.3 Schnittstelle für Grauwassererfassung

Lavabo  Dusche  Badewanne  Spüle Küche

Geschirrspüler  Waschmaschine

3.4 Schnittstelle für Regenwassergewinnung

Fläche: ..... m<sup>2</sup> Erf. Menge: ..... l/y

Material der Eindeckung: ..... Dachform: .....

3.5 Sammlung und Lagerung

Urintank  Klärgrube  Kompostkammer  Biogas Reaktor

Weitere: Zwischenspeicher als Puffer für jeden Stoffstrom, s. Pos. 2.1

3.6 Transport des Abwassers

Innerhalb Gebäude:  Schwerkraftsystem  Vakuumsystem

Ausserhalb Gebäude:  Schwerkraftsystem  Tankwagen

Bemerkungen: .....

<sup>1</sup> Systembezeichnungen gemäss Longdong, J., (2008). Neuartige Sanitärsysteme. Weimar, Bauhaus-Universität Weimar, S. 37.  
<sup>2</sup> Systematik gemäss Tilley, Elizabeth et al. (2008). Compendium of Sanitation Systems and Technologies. Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag). Dübendorf, Switzerland. S. 13.

3.7 Prozesskomponenten zur Behandlung der einzelnen Stoffströme  
 Gr: Grauwasser<sup>3</sup> S: Schwarzwasser<sup>4</sup> B: Braunwasser<sup>5</sup> F: Fäzes trocken<sup>6</sup>  
 Fk: Fäkalien<sup>7</sup> G: Gelbwasser<sup>8</sup> U: Urin<sup>9</sup> R: Regenwasser  
 (Vorreinigung, Grobreinigung, Feinreinigung, Nachbehandlung z.B. Grobfiltrierung, Belebtschlamm-Verfahren, Membranfiltration, UV-Desinfektion, etc.)  
 Geschätzte Mengen mit \* bezeichnen

StSt.	Prozesskomponente(n)	Funktion, Wasserqualität	Produkttyp, Hersteller
U	4 Urintanks aus Polyethylen, 2.5 m <sup>3</sup> Fassungsvermögen	Lagerung (Dauer 3 Monate)	Fa. Huber SE, D-Berching
U	MAP-Fällungsreaktor	N, P ausfällen, Dünger herstellen, Restphase weiterverwenden für ... derzeit keine Weiterverwendung	Fällungsreaktor Fa. Huber SE, D-Berching
B	B-Wassertank aus Edelstahl, 0.4m <sup>3</sup> Fassungsvermögen, Masse: l/ b/ h = 1 m x 2 m x 2 m	Zwischenlagerung, Puffer	
B	Vorreinigungsanlage mit 3mm Lochsieb und Transportschnecke	Entfernen der Grobstoffe	Fa. Huber SE, D-Berching
B	B-Wasser MBR Anlage Vakuumdruck Durchschnit: -50 mbar; Membranweite 38 nm	Abtrennen von Partikeln (Bakterien, Viren) und Erzeugung von Betriebswasser (Badewasserqualität)	Fa. Huber SE, D-Berching
Gr	Gr-Wassertank, 0.48 m <sup>3</sup> Fassungsverm. mit Vorreinigung Masse: l/ b/ h = 2,3 m x 1,5m x 2,2 m	Zwischenlagerung, Puffer	
Gr	Gr-Wasser MBR Anlage, Vakuumdruck Durchschnit: -60 mbar; Membranweite 38 nm	Abtrennen von Partikeln (Bakterien, Viren) und Erzeugung von Betriebswasser (Badewasserqualität)	Fa. Huber SE, D-Berching

3.8 Verwendung, Entsorgung, Deponie der einzelnen Stoffströme

Produkt	Menge	Einheit	Verwendung, Transport
Trinkwasser		m <sup>3</sup> /y	
Brauchwasser Gr	137,5	m <sup>3</sup> /y	Permeat wird z. Z. nur zur Spülung der Anlage verw.; Forschungsprojekt!
Brauchwasser B	112,5	m <sup>3</sup> /y	Permeat wird z. Z. nur zur Spülung der Anlage verw.; Forschungsprojekt!
Struvit	117	kg/y	Dünger
Urin	55'000	l/y	Erzeugung von Struvit, zum Teil auch für Düngervers. mit flüssigem Urin
Getr. Fäzes		m <sup>3</sup> /y	
Kompost		m <sup>3</sup> /y	(wird z.Z. noch untersucht)
Klärschlamm		m <sup>3</sup> /y	
Biogas		m <sup>3</sup> /y	
Energie		kWh/y	

<sup>3</sup> Stoffstrom aus Lavabo, Dusche, Badewanne, Küchenspüle, Geschirrspüler, Waschmaschine, etc.  
<sup>4</sup> Stoffstrom aus Mischtoilette mit Wasserspülung; Vakuum- oder Schwerkraft  
<sup>5</sup> Stoffstrom aus Trenntoilette mit Wasserspülung  
<sup>6</sup> Stoffstrom aus Trockentoilette (ohne Wasserspülung)  
<sup>7</sup> Stoffstrom aus Toilette ohne Wasserspülung (nur Urin und Fäzes)  
<sup>8</sup> Stoffstrom aus Trenntoilette und Urinal mit Wasserspülung  
<sup>9</sup> Stoffstrom aus Trenntoilette und Urinal ohne Wasserspülung

#### 4.0 Vergleichswerte der einzelnen Prozesskomponenten

Bitte pro Prozesskomponente Blatt 4.0 einzeln ausfüllen (diese Seite kopieren).

4.1 Bezeichnung der Komponenten: Trenntoiletten, wasserlose Urinale		
4.2 Kurzbeschreibung der Komponenten: Urinerfassung, Urinentrennung		
4.3 Volumenstrom:	0.22 m <sup>3</sup> /d	
4.4 Mindestmenge Volumenstrom:	m <sup>3</sup> /d	
4.5 Höchstmenge Volumenstrom:	m <sup>3</sup> /d	
4.6 Energieverbrauch der Komponente:	kWh/d	
4.7 Materialverbrauch pro Jahr: Reinigungsmittel: Normale Kosten für Toilettenreinigung. Zusätzlich zur routinemäßigen Reinigung kommt noch 12 mal pro Jahr eine Reinigung der Urinale mit Zitronensäure hinzu. Dafür werden ca. 25 kg zu etwa 115.- € verbraucht.		
4.8 Flächenbedarf der Komponente:	m <sup>2</sup>	
4.9 Anschaffungskosten der Komponente	Trenntoiletten	Urinele
Preis inkl. Lieferung und Montage:	67'400 € (4)	7'300.- €
4.10 Personalkosten für Betrieb- und Unterhalt pro Jahr:	9'500 €/y (4)	
4.11 Materialkosten für Betrieb- und Unterhalt pro Jahr:	2'000 €/y (4)	
4.12 Bemerkungen zur Robustheit und Wartung der Komponente (alle 48 Toiletten und 23 Urinale) Anzahl Betreuungseinsätze pro Jahr: 52 Stk/y Std/y Robustheit, Fehleranfälligkeit: s. unten Pos. 4.14		
4.13 Technische Betreuung der Komponente <input type="checkbox"/> durch betriebsinternen Techniker <input type="checkbox"/> durch Personal der Herstellerfirma Schwierigkeitsgrad der Betreuung: <input type="checkbox"/> hoch <input type="checkbox"/> mittel <input checked="" type="checkbox"/> niedrig		
4.14 Weitere Empfehlungen/Bemerkungen des Planers: Nutzers - Trenntoiletten: Tägliche Reinigung wie konventionelles WC, Urinsteinentfernung einmal pro Monat; einlegen des Urinventils in Kalkstein Entferner (Mellerud). Dies braucht etwas mehr Zeit als ein konventionelles WC, Schätzung 5 Min/WC pro Reinigung. Besonders störungsanfällig ist das Ablaufventil, das die Urinableitung schliesst. Wenn dies nicht regelmäßig gereinigt wird, führt dies zur Blockierung des Ventils, was dazu führt, dass kein Urin mehr abgetrennt wird. Aus diesem Grund mussten alle Urin-Ablaufventile nach 2 Jahren ersetzt werden.  - Ein weiteres Problem bei diesem Toilettentyp ist die Spülung, die dafür ausgelegt ist, mit wenig Wasser im vorderen Bereich der WC-Schüssel Rest-Urin wegzuspülen, im hinteren Bereich mit mehr Wasser Fäzes und Toilettenpapier hinunterzuspülen. Wenn nun aus Versehen Toilettenpapier im vorderen Bereich der Schüssel landet, reicht die kleine Wassermenge nicht, um das Toilettenpapier runterzuspülen, was dazu führt, dass die Spülung mehrmals betätigt wird, was zu einem grösseren Spülwasserverbrauch führt, als vorgesehen. Dieses Problem kann durch eine eingeübte Nutzung entschärft, vollständig gelöst jedoch erst durch eine Weiterentwicklung des Toilettentyps.  - Wasserlose Urinale: Tägliche Reinigung mit einem feuchten Tuch (bei hoch frequentierten WC's im EG stündlich zwischen 9h - 13h), nachträglich mit einem Geruchshemmenden Reinigungsmittel. Einmal wöchentlich wird das Sieb und der Gummischlauch (Geruchsverschluss) ersetzt durch ein gereinigtes Exemplar (das die Woche zuvor im Einsatz war). Der Geruchsverschluss ist anfällig für Urinsteinbildung. Er Geruchsverschluss muss ersetzt werden, wenn er nicht mehr richtig funktioniert. Eine Schulung des Reinigungspersonal ist notwendig. Wenn die Reinigung/Wartung nicht zuverlässig ausgeführt wird, wird dies zu Geruchsproblemen führen.		

#### 4.0 Vergleichswerte der einzelnen Prozesskomponenten

Bitte pro Prozesskomponente Blatt 4.0 einzeln ausfüllen (diese Seite kopieren).

4.1 Bezeichnung der Komponenten: Urinlagerung, MAP-Fällungsreaktor		
4.2 Kurzbeschreibung der Komponenten: Urin wird drei Monate gelagert, danach wird er im Fällungsreaktor zu Magnesium-Ammonium-Phosphat (MAP oder Struvit) gefällt. Das Produkt kann zur Düngung verwendet werden. Pro Tag fallen 220 L Urin an.		
4.3 Volumenstrom:	momentane Durchlaufkapazität des MAP Fällungsreaktors	0.4 m <sup>3</sup> /d
4.4 Mindestmenge Volumenstrom:		m <sup>3</sup> /d
4.5 Höchstmenge Volumenstrom:		0.5 m <sup>3</sup> /d
4.6 Energieverbrauch der Komponente:		kWh/d
4.7 Materialverbrauch pro Jahr: Der MAP-Fällungsreaktor wird zur Zeit mit 400 L/d (10 Zyklen à 40 L) betrieben. Je nach Filtermaterial fallen Kosten von 0.31 €/Stk (MgO-Beutel) bis 45 €/Stk (Nylonfilter) an. Mit MgO- Filter würden bei einer 5-Tageweche jährliche Kosten von 806.- € anfallen. Diese Kosten gehören zu den Produktionskosten des MAP (nicht zum Betrieb und Unterhalt).		
4.8 Flächenbedarf der Komponente:		3 m <sup>2</sup>
4.9 Anschaffungskosten der Komponente	Es handelt sich um einen Prototyp, k.A. möglich	€
Preis inkl. Lieferung und Montage:		
4.10 Personalkosten für Betrieb- und Unterhalt pro Jahr:	3 x 80.- €	240.- €/y
4.11 Materialkosten für Betrieb- und Unterhalt pro Jahr:		€/y
4.12 Bemerkungen zur Robustheit und Wartung der Komponente Anzahl Betreuungseinsätze pro Jahr: 1 Stk/y 3 Std/y Robustheit, Fehleranfälligkeit: MBR läuft selbständig.		
4.13 Technische Betreuung der Komponente <input type="checkbox"/> durch betriebsinternen Techniker <input checked="" type="checkbox"/> durch Personal der Herstellerfirma Schwierigkeitsgrad der Betreuung: <input checked="" type="checkbox"/> hoch <input type="checkbox"/> mittel <input type="checkbox"/> niedrig		
4.14 Weitere Empfehlungen/Bemerkungen des Planers: Bezüglich Wartung ist es so, dass alle 6 Monate eine Wartung der gesamten Anlage (MAP Fällungsreaktor, Grauwasser- und Braunwasser MBR) durch Techniker/Ingenieure der Huber SE durchgeführt wird. Hierfür fallen insgesamt pro Jahr 32 Std an.		

#### 4.0 Vergleichswerte der einzelnen Prozesskomponenten

Bitte pro Prozesskomponente Blatt 4.0 einzeln ausfüllen (diese Seite kopieren).

4.1 Bezeichnung der Komponenten:	Braunwasserlager-Tank und MBR- Anlage (In Betriebnahme 27.06.11)
4.2 Kurzbeschreibung der Komponenten:	Braunwasser wird gelagert, um den unregelmässig anfallenden Stoffstrom zu puffern und gleichmässig an die MBR-Anlage abgeben zu können. In der Vorreinigungsanlage werden Grobstoffe wie Fäzes und Toilettenpapier durch ein 3mm Sieb abgeschieden, welche mittels einer Siebschnecke in die Kanalisation überführt werden. Im Membran Bioreaktor wird das Braunwasser mittels Vakuum durch eine Membran gesogen und hiermit in gereinigtes Wasser (Filtrat) und Feinpartikel aufgetrennt (Reststoffe).
4.3 Volumenstrom:	0.45 m3/d
4.4 Mindestmenge Volumenstrom:	m3/d
4.5 Höchstmenge Volumenstrom:	m3/d
4.6 Energieverbrauch der Komponente:	1.43 kWh/d
4.7 Materialverbrauch pro Jahr:	
4.8 Flächenbedarf der Komponente:	3 m2
4.9 Anschaffungskosten der Komponente Preis inkl. Lieferung und Montage:	k.A. €
4.10 Personalkosten für Betrieb- und Unterhalt pro Jahr:	€/y
4.11 Materialkosten für Betrieb- und Unterhalt pro Jahr:	€/y
4.12 Bemerkungen zur Robustheit und Wartung der Komponente Anzahl Betreuungseinsätze pro Jahr: Stk/y Robustheit, Fehleranfälligkeit:	Std/y
4.13 Technische Betreuung der Komponente <input type="checkbox"/> durch betriebsinternen Techniker <input type="checkbox"/> durch Personal der Herstellerfirma Schwierigkeitsgrad der Betreuung: <input type="checkbox"/> hoch <input type="checkbox"/> mittel <input type="checkbox"/> niedrig	
4.14 Weitere Empfehlungen/Bemerkungen des Planers:	

#### 4.0 Vergleichswerte der einzelnen Prozesskomponenten

Bitte pro Prozesskomponente Blatt 4.0 einzeln ausfüllen (diese Seite kopieren).

4.1 Bezeichnung der Komponenten:	Grauwasserlager-Tank und MBR- Anlage (in Betriebnahme 13.05.11)
4.2 Kurzbeschreibung der Komponenten:	Grauwasser wird gelagert, um den unregelmässig anfallenden Stoffstrom zu puffern und gleichmässig an die MBR-Anlage abgeben zu können. Im Membran Bioreaktor wird das wenig verschmutzte Grauwasser mittels Vakuum durch eine Membran gesogen und hiermit in gereinigtes Wasser (Filtrat) und Feinpartikel aufgetrennt (Reststoffe).
4.3 Volumenstrom:	0.5 - 0.6 m3/d
4.4 Mindestmenge Volumenstrom:	m3/d
4.5 Höchstmenge Volumenstrom:	m3/d
4.6 Energieverbrauch der Komponente:	1.43 kWh/d
4.7 Materialverbrauch pro Jahr:	
4.8 Flächenbedarf der Komponente:	3 m2
4.9 Anschaffungskosten der Komponente Preis inkl. Lieferung und Montage:	€
4.10 Personalkosten für Betrieb- und Unterhalt pro Jahr:	€/y
4.11 Materialkosten für Betrieb- und Unterhalt pro Jahr:	€/y
4.12 Bemerkungen zur Robustheit und Wartung der Komponente Anzahl Betreuungseinsätze pro Jahr: Stk/y Robustheit, Fehleranfälligkeit:	Std/y
4.13 Technische Betreuung der Komponente <input type="checkbox"/> durch betriebsinternen Techniker <input checked="" type="checkbox"/> durch Personal der Herstellerfirma Schwierigkeitsgrad der Betreuung: <input checked="" type="checkbox"/> hoch <input type="checkbox"/> mittel <input type="checkbox"/> niedrig	
4.14 Weitere Empfehlungen/Bemerkungen des Planers:	

**5.0 Wasserqualität** Brauchwasser nach Herkunft unterscheiden (Braun- / Grauwasser)

5.1 Resultierende Wasserqualität entspricht den Qualitätsanforderungen für

Toilettenspülung aus:  Grauw.  Schwarz-/ Braunw.

Eingeschränkte Verwendung als Bewässerungswasser aus:  Grauw.  Schwarz-/ Braunw.

Uneingeschränkte Verwendung als Bewässerungswasser aus:  Grauw.  Schwarz-/ Braunw.

Trinkwasser und Badegewässer aus:  Grauw.  Schwarz-/ Braunw.

Einleitung/Versickerung von Grau- und Regenwasser aus:  Grauw.  Schwarz-/ Braunw.

5.2 Überprüfung der Wasserqualität

Anhand welcher Indikatoren wird die Wasserqualität überprüft?  intern  extern

5.3 Anforderung an Wasserqualität und Verwendung

Ja, die Wasserqualität entspricht den Anforderungen

Nein, die Anlage wurde nachgerüstet damit die Wasserqualität den Anforderungen entspricht.

Nein, das resultierende Wasser wird für qualitativ niedrigere Zwecke verwendet als ursprünglich geplant.

**Bemerkungen:** Hier ist die Datenlage bisher nicht ausreichend.  
Generell wird aber die EU Badegewässerrichtlinie erreicht.

**6.0 Kosten Urinaufbereitungsanlage** (ohne Braun- und Grauwasseraufbereitung)

6.1 Erstellungskosten der Abwasseraufbereitungsanlage Quelle: (1)

P.	Leistung	Stufe	Anz.	Einheitspreis	Gesamtpreis	W.
1	Urinsammeltank, Pumpen				38'800 €	
2	MAP Füllungsreaktor	k. A.			€	
3	Braunwasseraufbereitungsanlage	k. A.			€	
4	Grauwasseraufbereitungsanlage	k. A.			€	
5					€	
6					€	
7					€	
8					€	
Total					<b>38'800 €</b>	

Quelle: (4)

38'800.- €

**Bemerkungen:**

6.2 Erstellungskosten Leitungsnetz innerhalb des Gebäudes 84'600 €

Davon Kosten für doppeltes Leitungsnetz 25'050 €

**Bemerkungen:** Abwasserleitungen für Urin aus (emaillierten) Gussrohren

84'600.- €

6.3 Erstellungskosten der Benutzerschnittstellen (Toiletten, Urinale)

P.	Leistung	Anz.	Einheitspreis	Gesamtpreis	W.
1	Toiletten (ursprünglich installiert 48, aktuell 38 Stk)	48	1'347	64'656 €	
2	Urinale	23	315	7'245 €	
Total					<b>71'901 €</b>

67'400.- €

7'300.- €

74'700.- €

~~6.4 Vorbereitungskosten für Planung, Gebühren, etc.~~

P.	Leistung	Anz.	Einheitspreis	Gesamtpreis	W.
1	Planungskosten Vorprojekt Arch. und Fachplaner			€	
2	Bewilligungskosten			€	
3	Förderbeiträge			€	
Total					<b>0 €</b>

**Bemerkungen:**

6.5 Jährliche Betriebskosten der Urinaufbereitungsanlage

P.	Leistung	Anz.	Einheitspreis	Gesamtpreis	W.
1	Stromkosten für Betrieb der ges. Anlage			€	k. A.
2	Personalkosten für Wartung und Unterhalt			€	9'740.- €
3	Materialkosten für Wartung und Unterhalt			€	2'000.- €
4				€	
Total					<b>0 €</b>

k. A.

9'740.- €

2'000.- €

11'740.- €

~~Davon Anteil Grauwasserbehandlung:~~ ~~Schwarz-/Braunwasserbehandlung:~~

6.6 Einnahmen aus Verkauf resp. Rückspeisung von Ressourcen €/y

**Bemerkungen:**

6.7 Bemerkungen zu Mehr-/Minderkosten Bau, Betrieb, Unterhalt

Anm. ps zur Bemerkung in (4, S.31): "der grösste Beitrag am Unterschied zwischen einem konventionellen System und einem Ecosan-System ist der Anteil an Rohrleitungen und Zubehör."  
Nicht erwähnt ist, dass im Anteil Rohrleitung und Zubehör der Urintank inkl. Pumpen (Betrag 38'000.- €) enthalten ist. Dieser bemerkenswerte Betrag fällt bei einem konventionellen System nicht an.

Der Vergleich von 95'300.- (konventionelles System) zu 138'800 (Ecosan-System) ergibt einen Faktor von 1.45 (in der Literatur wird häufig von einem Faktor 1.5 für das doppelte Leitungsnetz gesprochen).



### 7.0 Nutzerakzeptanz

7.1 Information und Einführung für Nutzer	<input checked="" type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein
7.2 Verhaltensänderungen bei den Nutzern aufgrund des neuartigen Sanitärsystems	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja    Bemerkungen:	
7.3 Einschränkungen für die Nutzer aufgrund des neuartigen Sanitärsystems	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja    Bemerkungen:	
7.4 Anwenderfreundlichkeit der Benutzerschnittstelle (Toilette, Urinal)		
Toilette Typ: Rödinger NoMix	<input type="checkbox"/> keine	<input type="checkbox"/> positive <input type="checkbox"/> negative Bemerkungen
Urinal Typ:	<input type="checkbox"/> keine	<input type="checkbox"/> positive <input type="checkbox"/> negative Bemerkungen
Bemerkungen:		
7.5 Mehraufwand für Nutzer aufgrund des neuartigen Sanitärsystems	<input type="checkbox"/> nein <input checked="" type="checkbox"/> ja    Bemerkungen: mehr Reinigungsaufwand, Nachwischen nach gr. Geschäft	
7.6 Probleme oder negative Rückmeldungen bezüglich Gesundheit und Hygiene	<input type="checkbox"/> nein <input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> Bemerkungen: 51% der Nutzer beurteilte die NoMix-Toilette als weniger sauber	
7.7 Geruchsemissionen		
<input type="checkbox"/> keine Geruchsbelästigung	<input type="checkbox"/> wenig, ab und zu Geruchsbelästigung	
<input type="checkbox"/> mittelstark, oft Geruchsbelästigung	<input type="checkbox"/> starke Geruchsbelästigung	
Bemerkungen:		
7.8 Nutzerakzeptanz		
<input type="checkbox"/> Positive Reaktionen:	<input type="checkbox"/> keine	<input type="checkbox"/> vereinzelt <input type="checkbox"/> viele
<input type="checkbox"/> Negative Reaktionen:	<input type="checkbox"/> keine	<input type="checkbox"/> vereinzelt <input type="checkbox"/> viele
Bemerkungen:		
7.9 Empfehlungen/Bemerkungen der Nutzer:		

Eine Akzeptanzstudie hat folgenden Resultate (1) hervorgebracht:  
 - 90% der Befragten fanden die Idee der Urinseparierung zur Düngerverwendung gut.  
 - 71% würden Produkte, welche mit Menschlichen Exkreten gedüngt wurde kaufen, 6% nicht.  
 46% waren der Meinung, Urin sollte für die Düngung von ökologischer Landwirtschaft zugelassen sein, 12% waren dagegen.  
 - 48% würden in eine Wohnung mit Trenn-Toiletten einziehen, 25% würden nicht.  
 - Den meisten Benutzern gefiel das moderne Design der Toiletten und sie fanden den Aspekt des Wassersparens positiv.  
 - Jedoch waren nur 5% der Benutzer der Meinung, dass die Toilette sauberer sei als die herkömmlichen. 51% waren der Meinung, dass sie weniger sauber.  
 - Viele beschwerten sich über die höheren Aufwand für die Reinigung, besonders nach dem grossen Geschäft und bei Verwendung von Toilettenpapier. 61% der Nutzer spülten mehr als einmal nach dem Gebrauch.

### 8.0 Dokumentation

Zusätzliche Unterlagen:

<input type="checkbox"/> Technisches Fließschema der Anlage ( <i>wichtig</i> )	
Pläne	HUBER Precipitation Reactor: www.saniresch.de/images/stories/downloads/
<input type="checkbox"/> Situation/Gesamtübersicht	Description_MAPPrecipitationReactor_July2010.pdf
<input type="checkbox"/> Grundrisse (z.B. <i>typisches Geschoss</i> )	
<input type="checkbox"/> Schnitte mit Steigzonen	
<input type="checkbox"/> Technikraum	
<input type="checkbox"/> Nasszellen Steigzonen, etc.	
<i>(Massstäbliche Pläne der für die Abwasservorbehandlungsanlage relevanten Räume)</i>	
<input type="checkbox"/> Fotos einzelner Systemkomponenten	

### Ergebnisse

<input type="checkbox"/> Ja gerne, ich möchte in den Vereiler für die fertige Masterarbeit aufgenommen werden.
Meine Mailadresse:
<input type="checkbox"/> Nein danke.

### 9.0 Weitere Bemerkungen

Bitte versehen Sie die Bemerkungen mit den Positionsnummern aus dem Fragebogen.

1.5 Mit "Bewohner" sind in diesem Fall Nutzer. Es wird geschätzt, dass von den insgesamt 650 Angestellten täglich 400 die Sanitäreinrichtungen nutzen.  
 3.8 - unterschiedliche Angaben: 40'000 L Urin (1), 55'000 L ( 220 L/d x 250 Arbeitstage) gem. Angabe Schröder.  
 - Das Brauchwasser (Permeat) wird nur zu Forschungszwecken aufbereitet. Da vor Ort Grundwasser abgepumpt werden muss (Tiefgarage im Grundwasserbereich) und die Verwendung des Grundwassers billiger ist, als die benötigte Menge Wassermenge aus dem Abwasser aufzubereiten, wird das Permeat nicht zur Toilettenreinigung und weitere Zwecke verwendet. Saniresch ist ein Forschungsprojekt.  
 4.10 Trenntoiletten, Urinale: Personalkosten: 1100.- Unterhalt + 8'400.- Reinigung (Quelle (4), S. 33)  
 4.11 Trenntoiletten, Urinale: Materialkosten: 200.- Trinkwasser + 600.- Reinigungsmittel + 1'200.- Ersatzteile. (excl. Abwasserkosten) (Quelle (4), S. 33)  
 4.12 MAP-Fällungsreaktor: Alle Anlagenteile (MAP Fällungsreaktor, Grauwasser- und Brauwasser MBR) werden durch die technische Hochschule Mittelhessen (THM) betreut.  
 6.2 Durchmesser der Rohrleitungen für Urin: Hauptstrang 100 mm, 80 und 50 mm.

Quellen: Der Erfassungsbogen wurde von ps aufgrund der unten aufgeführten Quellen ausgefüllt und danach von Herrn Enno Schröder von GIZ ergänzt.

- (1) Susana Factsheet: Urine and brownwater separation at GIZ main office building Eschborn, Germany.  
[http://www.susana.org/docs\\_ccbk/susana\\_download/2-63-en-susana-cs-germany-eschborn-haus-1-25102011-docx.pdf](http://www.susana.org/docs_ccbk/susana_download/2-63-en-susana-cs-germany-eschborn-haus-1-25102011-docx.pdf) (28.10.11)
- (2) PPP Heynemann Johanna, Braun- und Grauwasser MBR.  
[http://www.saniresch.de/images/stories/intranet/Steuerungstreffen/September2011/THM-JohannaHeynemann-Man\\_g\\_undBetrieb-extern.pdf](http://www.saniresch.de/images/stories/intranet/Steuerungstreffen/September2011/THM-JohannaHeynemann-Man_g_undBetrieb-extern.pdf) (29.10.11)
- (3) PPP Heynemann Johanna, Betrieb und Überwachung des MAP-Fällungsreaktors.  
<http://www.saniresch.de/images/stories/downloads/FHGiessen-Betrieb-02-2011.pdf> (29.10.11)
- (4) Paez Andres Lazo (2010): Economic Feasibility Study of the new Sanitation System in Building 1 in the GTZ Headquarters. Masterarbeit Hamburg, Technische Universität.  
<http://www.saniresch.de/images/stories/downloads/MasterThesisAndresLazo.pdf>

Projektpartner:  
 Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, D-Eschborn, Dr.-Ing. Martina Winker.  
 Huber SE, D-Berching, Dr.-Ing. Stefania Paris.  
 Universität Bonn, D-Bonn, ?Ansprechpartner?  
 Technische Hochschule Mittelhessen (THM), D-Gießen, ?Ansprechpartner?  
 RWTH Aachen Institut für Siedlungswasserwirtschaft (ISA) Institut für Soziologie (IfS), D-Aachen, ?Ansprechpartner?  
 Roediger Vacuum GmbH, D-Hanau, ?Ansprechpartner?  
 Unterstützung Phase I: Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz.  
 Unterstützung Phase II: Bundesministerium für Bildung und Forschung.

## 8.0 Dokumentation

Zusätzliche Unterlagen:

<input type="checkbox"/> Technisches Fließschema der Anlage ( <i>wichtig</i> )
Pläne
<input type="checkbox"/> Situation/Gesamtübersicht
<input type="checkbox"/> Grundrisse (z.B. <i>typisches Geschoss</i> )
<input type="checkbox"/> Schnitte mit Steigzonen
<input type="checkbox"/> Technikraum
<input type="checkbox"/> Nasszellen Steigzonen, etc.
( <i>Massstäbliche Pläne der für die Abwasservorbehandlungsanlage relevanten Räume</i> )
<input type="checkbox"/> Fotos einzelner Systemkomponenten

Ergebnisse
<input type="checkbox"/> Ja gerne, ich möchte in den Vereiler für die fertige Masterarbeit aufgenommen werden.
Meine Mailadresse:
<input type="checkbox"/> Nein danke.

## 9.0 Weitere Bemerkungen

Bitte versehen Sie die Bemerkungen mit den Positionsnummern aus dem Fragebogen.

<p>4.0 Verwendete Dimensionen der Rohrleitungen bei Vakuum-Trenntoiletten: Gelbwasserleitungen: Polypropylene, nominaler Innendurchmesser von 50 und 70 mm, hauptsächlich 70 mm. Braunwasserleitungen: Grauguss, nominaler Innendurchmesser von 40 und 50 mm, hauptsächlich 50 mm. Grauwasserleitungen: Grauguss, nominaler Innendurchmesser von 50 bis 150 mm, hauptsächlich 100 mm.</p> <p>7.4 Urinale: In der Vorstudie waren 5 wasserlose Urinoire von vier Herstellern getestet worden: Das Modell von Ernst mit Sperrflüssigkeit, das Modell von Urimat mit elektromechanischem Verschluss durch eine Annäherungsmechanik gesteuert, das Modell von Duravit mit Sperrflüssigkeit. Drei Urinale wurden aufgrund von Geruchsproblemen und hohen Unterhaltskosten nach einer Testphase durch das Urinal Centaurus von Keramag ersetzt, das eine Quetschmembran als Geruchsverschluss verwendet. Details siehe Schlussbericht (Peter-Fröhlich et al. 2007, S. 14, 32-33).</p> <p>Der Erfassungsbogen wurde von ps ausgefüllt und beruht vorwiegend auf den Angaben des Schlussberichtes (Peter-Fröhlich et al. 2007) und der Zusammenfassung des Abschlusseseminars (Peter-Fröhlich et al. 2006).</p> <p>Quellen: - Oldenburg Martin (2007) Cost Calculations. Final cost calculation report fo the demonstration project "Sanitation Concepts for Separate Treatment of Urine, Faeces and Greywater" (SCST). - Peter-Fröhlich Anton, et al. (2007) EU-Demonstration Project. Sanitation Concepts for Separate Treatment of Urine, Faeces and Greywater (SCST) - Results. - Peter-Fröhlich Anton et al. (2006) Separate Ableitung und Behandlung von Urin, Fäkalien und Grauwasser - Übersicht zum EU-Demonstrationsvorhaben SCST und Ergebnisse. Berlin, SCST-Abschlusseseminar 16.12.2006. - Remy C. et al. (2006) Ökologischer Vergleich alternativer Sanitärezepte mittels Life Cycle Assessment (LCA). Berlin, Schriftliche Fassung zum Vortrag im SCST-Abschlusseseminar vom 16.12.2006 in Berlin.</p> <p>Downloads unter: - <a href="http://www.kompetenz-wasser.de/SCST-Downloads.295.0.html?&amp;L=0&amp;type=http%25253A%25252F%25252Fbusca.uol.com.br%25252Fuol%25252Findex.html">http://www.kompetenz-wasser.de/SCST-Downloads.295.0.html?&amp;L=0&amp;type=http%25253A%25252F%25252Fbusca.uol.com.br%25252Fuol%25252Findex.html</a> (6.11.11)</p>
--

Beteiligte:  
Berliner Wasserbetriebe Berlin, Dr.-Ing. Anton Peter-Fröhlich.  
KompetenzZentrum Wasser Berlin, Berlin, Dipl.-Ing. Ludwig Pawlowski.  
Otterwasser GmbH, Lübeck, Dr.-Ing. Martin Oldenburg.  
TU Berlin. Veolia Water.  
Unterstützt durch das Finanzierungsinstrument LIFE der Europäischen Kommission, LIFE 03 ENV/D/000025



### 3.0 Technischer Beschrieb der Abwasservorbehandlungsanlage als gesamtes System

#### Zuordnung zum System

3.1 System, Art der Stoffstromtrennung<sup>1</sup> (bitte nur 1 System ankreuzen)

1.) 1-Stoffstromsystem (Schmutzwasser, alle Abwässer gemischt)

2.) Schwarzwasser 2-Stoffstromsystem (Grauwasser getrennt von Schwarzwasser)

3.) Urinentrennung 2-Stoffstromsystem (Gelbwasser getrennt von Braun- und Grauwassergemisch)

4.) Urinentrennung 3-Stoffstromsystem (Gelbwasser, Grauwasser, Braunwasser einzeln prozessiert)

5.) Fäkalien 2-StStS mit Trockentoiletten (Grauwasser getrennt von Trockenfäzes- und Uringemisch)

6.) Urinentrennung 3-StStS mit Trockentoiletten (Grauwasser, Trockenfäzes, Urin einzeln prozessiert)

#### Die einzelnen Prozesskomponenten<sup>2</sup>

3.2 Benutzerschnittstellen für Gelb- und Braun- und Schwarzwasser

Wassergespülte Toiletten  Schwerkraftsystem  Vakuumsystem

Trenntoiletten (NoMix)  Schwerkraftsystem  Vakuumsystem

Trockentoiletten (ohne Wasserspülung)

Wassergespülte Urinoire  Schwerkraftsystem  Vakuumsystem

Wasserlose Urinoire  Schwerkraftsystem  Vakuumsystem

3.3 Schnittstelle für Grauwassererfassung

Lavabo  Dusche  Badewanne  Spüle Küche

Geschirrspüler  Waschmaschine

3.4 Schnittstelle für Regenwassergewinnung

Fläche: m<sup>2</sup> Erf. Menge: l/y

Material der Eindeckung: 18 Grasdächer, 18 Hartd. Dachform: 20 Pultdächer, 16 Satteldächer

3.5 Sammlung und Lagerung

Urintank  Klärgrube  Kompostkammer  Biogas Reaktor

Weitere: Pflanzenkläranlage

3.6 Transport des Abwassers

Innerhalb Gebäude:  Schwerkraftsystem  Vakuumsystem

Ausserhalb Gebäude:  Schwerkraftsystem  Tankwagen

Bemerkungen: + Einsatz von Pumpen um aus Sammelschächten wieder auf ein höheres Niveau zu pumpen.

<sup>1</sup> Systembezeichnungen gemäss Longdong, J., (2008). Neuartige Sanitärsysteme. Weimar, Bauhaus-Universität Weimar, S. 37.  
<sup>2</sup> Systematik gemäss Tilley, Elizabeth et al. (2008). Compendium of Sanitation Systems and Technologies. Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag). Dübendorf, Switzerland. S 13.

3.7 Prozesskomponenten zur Behandlung der einzelnen Stoffströme

Gr: Grauwasser<sup>3</sup> S: Schwarzwasser<sup>4</sup> B: Braunwasser<sup>5</sup> F: Fäzes trocken<sup>6</sup>  
 Fk: Fäkalien<sup>7</sup> G: Gelbwasser<sup>8</sup> U: Urin<sup>9</sup> R: Regenwasser  
 (Vorreinigung, Grobreinigung, Feinreinigung, Nachbehandlung z.B. Grobfiltrierung, Belebtschlamm-Verfahren, Membranfiltration, UV-Desinfektion, etc.)  
 Geschätzte Mengen mit \* bezeichnen

StSt.	Prozesskomponente(n)	Funktion, Wasserqualität	Produkttyp, Hersteller
Fk	Komposttoilette inkl. Kompostbehälter Typ 1	Erfassung von Fäkalien, Lagerung und Kompostierung	TerraNova-GFK 210, Berger Biotechnik D-Hamburg
Fk	Komposttoilette inkl. Kompostbehälter Typ 2	Erfassung von Fäkalien, Lagerung und Kompostierung	Clivus Multrum M4, Clivus Multrum, SE-Alberga
Fk	Komposttoilette inkl. Kompostbehälter Typ 3	Erfassung von Fäkalien, Lagerung und Kompostierung	Lindström (nicht mehr auf dem Markt)
Gr	Emscherbrunnen	Absetzschacht, mechanische Reinigung	
Gr	3 Schilfbeete	biologische Reinigung, zur Abgabe des Wassers an den Vorfluter	
Gr	Schönungsteich		

3.8 Verwendung, Entsorgung, Deponie der einzelnen Stoffströme

Produkt	Menge	Einheit	Verwendung, Transport
Trinkwasser		m <sup>3</sup> /y	
Brauchwasser		m <sup>3</sup> /y	
Gereinigtes Gr-W			Einleitung in den Vorfluter
Urin		l/y	Verdunstet überwiegend im Kompostbehälter
Getr. Fäzes		m <sup>3</sup> /y	
Kompost	9 *	m <sup>3</sup> /y	Dünger, Einarbeitung in den Boden
Klärschlamm		m <sup>3</sup> /y	
Biogas		m <sup>3</sup> /y	
Energie		kWh/y	

<sup>3</sup> Stoffstrom aus Lavabo, Dusche, Badewanne, Küchenspüle, Geschirrspüler, Waschmaschine, etc.  
<sup>4</sup> Stoffstrom aus Mischtoilette mit Wasserspülung; Vakuum- oder Schwerkraft  
<sup>5</sup> Stoffstrom aus Trenntoilette mit Wasserspülung  
<sup>6</sup> Stoffstrom aus Trockentoilette (ohne Wasserspülung)  
<sup>7</sup> Stoffstrom aus Toilette ohne Wasserspülung (nur Urin und Fäzes)  
<sup>8</sup> Stoffstrom aus Trenntoilette und Urinal mit Wasserspülung  
<sup>9</sup> Stoffstrom aus Trenntoilette und Urinal ohne Wasserspülung

#### 4.0 Vergleichswerte der einzelnen Prozesskomponenten

Bitte pro Prozesskomponente Blatt 4.0 einzeln ausfüllen (diese Seite kopieren).

4.1 Bezeichnung der Komponente: Pflanzenkläranlage	
4.2 Kurzbeschreibung der Komponente: Mechanische Vorklärung in Emscherbrunnen/Imhoff-Tank. Danach biologische Reinigung in intervallbeschicktem Vertikalfilter aus 3 Schilfbett-Module von 240 m2, welcher mit mit Schilfrohr (Phragmites Australis) bepflanzt ist. Danach Lagerung in Schönungsteich und Einleitung in Vorfluter. Einsatz von Pumpen, um von Schächten weiterzuverteilen und zur Intervallbeschickung der Klärbeete.	
4.3 Volumenstrom:	15 m3/d
4.4 Mindestmenge Volumenstrom:	m3/d
4.5 Höchstmenge Volumenstrom:	m3/d
4.6 Energieverbrauch der Komponente: (Pumpen)	n. erf. kWh/d
4.7 Materialverbrauch pro Jahr:	
4.8 Flächenbedarf der Komponente: 240 m2	
4.9 Anschaffungskosten der Komponente Preis inkl. Lieferung und Montage: 95'000 €	
4.10 Personalkosten für Betrieb- und Unterhalt pro Jahr: s. Pos. 4.14 b)	7'200 €/y
4.11 Materialkosten für Betrieb- und Unterhalt pro Jahr:	120 €/y *
4.12 Bemerkungen zur Robustheit und Wartung der Komponente Anzahl Betreuungseinsätze pro Jahr: 2-3 Stk/y 288 Std/y Robustheit, Fehleranfälligkeit: Sammelleitung gelegentlich verstopft.	
4.13 Technische Betreuung der Komponente <input checked="" type="checkbox"/> durch betriebsinternen Techniker <input type="checkbox"/> durch Personal der Herstellerfirma Schwierigkeitsgrad der Betreuung: <input type="checkbox"/> hoch <input checked="" type="checkbox"/> mittel <input type="checkbox"/> niedrig	
4.14 Weitere Empfehlungen/Bemerkungen des Planers: Unterhalt a) Jährliche externe Kosten: Wasserproben 500.- €, Schlamm aus Imhoff-Tank abpumpen 250.- € Total 750.- € b) Jährliche interne Kosten: Wartung der Anlage; Schächte säubern, Schilf mähen, Unkraut jäten, Schönungsteich von Entenflott befreien. Ehrenamtliche Arbeit aller Bewohner, 8 Std x 36 Pers = 288 Std. (umgerechnet mit einem Stundenansatz von 25 €/h ergeben sich 7'200.- €) Teilnahme ca. 1 Person pro Haus. Personalkosten fallen keine an, da wir alle Arbeitsleistungen ehrenamtlich erbringen. (Anm. ps: um eine vergleichbare Datengrundlage zu erhalten, müssen diese Stunden als Lohnkosten mit einbezogen werden; Opportunitätskosten)	

#### 4.0 Vergleichswerte der einzelnen Prozesskomponenten

Bitte pro Prozesskomponente Blatt 4.0 einzeln ausfüllen (diese Seite kopieren).

4.1 Bezeichnung der Komponente: Komposttoilette mit Kompostbehälter	
4.2 Kurzbeschreibung der Komponente: Toilettenschüssel, Kompostbehälter, Ventilator.	
4.3 Volumenstrom:	m3/d
4.4 Mindestmenge Volumenstrom:	m3/d
4.5 Höchstmenge Volumenstrom:	m3/d
4.6 Energieverbrauch der Komponente: Strom für Ventilator	kWh/d
4.7 Materialverbrauch pro Jahr: - Rindenmulch (als Strukturmaterial), Kalk (zur Regulierung des PH-Wertes) oder Steinmehl. Jeder Haushalt verfährt hier individuell.	
4.8 Flächenbedarf der Komponente: 5 m2	
4.9 Anschaffungskosten der Komponente ca. 10'000.- DM vor 20 Jahren, Preis inkl. Lieferung und Montage: heute zw. 4'500 - 5'500.- € 36 Häuser 198'000.- €	
4.10 Personalkosten für Betrieb- und Unterhalt pro Jahr: 16 Std. x 25.- € x 36 Häuser	14'400.- €/y
4.11 Materialkosten für Betrieb- und Unterhalt pro Jahr: 40.- € x 36 H	1440.- €/y *
4.12 Bemerkungen zur Robustheit und Wartung der Komponente Anzahl Betreuungseinsätze pro Jahr: 12 Stk/y 16 Std/y Robustheit, Fehleranfälligkeit:	
4.13 Technische Betreuung der Komponente <input checked="" type="checkbox"/> durch betriebsinternen Techniker <input type="checkbox"/> durch Personal der Herstellerfirma Schwierigkeitsgrad der Betreuung: <input type="checkbox"/> hoch <input type="checkbox"/> mittel <input checked="" type="checkbox"/> niedrig	
4.14 Weitere Empfehlungen/Bemerkungen des Planers: - -  Kosten für ein System heute: Für einen 4-Personenhaushalt inkl. Zubehör (Dachdurchgang, Ventilator u.s.w.) Clivus Multrum ca. Euro 4.500 (2 Einheiten, ungedämmt), TerraNova GFK ca. Euro 5.500. Die Qualität der Ausstattung ist dabei sehr unterschiedlich. (Ang. Berger Biotechnik GmbH)	

Bemerkungen:

Wartung: monatlich ca. 1 Std Arbeit.

Hygiene: Um den Befall der Kompostkammer von Fliegen zu bewahren, muss darauf geachtet werden, dass Küchenabfälle ohne Fliegenlarven eingestreut werden (also Küchenabfälle immer schnell leeren).

Ästhetik: Bei Komposttoiletten wird eine offene Toilettenschüssel eingesetzt; man kann in den Kompostbehälter hineinsehen.

4.11 Beigabe von Strukturmaterial ist sehr wichtig (geschredderter Baum- bzw. Strauchschnitt, Rindenschrot). Zugabe von Kalk, um den PH-Wert zu regulieren. Der Kompost reduziert sich auf ca. 10% der Eintragsmenge. Verbleib im Behälter ca. 3 Jahre. Die Erfahrungen der Bewohner sind unterschiedlich.

### 5.0 Wasserqualität

5.1 Resultierende Wasserqualität entspricht den Qualitätsanforderungen für

Toilettenspülung aus:  Grauw.  Schwarz-/ Braunw.

Eingeschränkte Verwendung als Bewässerungswasser aus:  Grauw.  Schwarz-/ Braunw.

Uneingeschränkte Verwendung als Bewässerungswasser aus:  Grauw.  Schwarz-/ Braunw.

Trinkwasser und Badegewässer aus:  Grauw.  Schwarz-/ Braunw.

Einleitung/Versickerung von Grau- und Regenwasser aus:  Grauw.  Schwarz-/ Braunw.

5.2 Überprüfung der Wasserqualität

Anhand welcher Indikatoren wird die Wasserqualität überprüft?  intern  extern

Prüfung 2x jährlich durch Umweltbehörde Hamburg.

Beispiel einer Messung aus dem Jahr 2008, CSB 16 mg/L (80 mg/L), BSB 4.5 mg/L (20 mg/L), (Werte in Klammer = zugelassene Höchstwerte für die Einleitung in Oberflächengewässer).

5.3 Anforderung an Wasserqualität und Verwendung

Ja, die Wasserqualität entspricht den Anforderungen

Nein, die Anlage wurde nachgerüstet damit die Wasserqualität den Anforderungen entspricht.

Nein, das resultierende Wasser wird für qualitativ niedrigere Zwecke verwendet als ursprünglich geplant.

Bemerkungen: Nachrüstung respektive Umbau war für das Modul A notwendig, wo ursprünglich eine horizontale Beschickung geplant und getestet worden war. Diese Beschickung erwies sich als ungeeignet, da die Abwasserwerte im Vergleich zu denen der vertikalen Beschickung deutlich schlechter waren. Modul A wurde 1993 dann ebenfalls auf vertikale Beschickung umgebaut.

1994 wurde die Pflanzenkläranlage um das Modul C erweitert und neu auf einen Volumenstrom von 15m<sup>3</sup>/d ausgelegt. Grund hierfür war das Anwachsen der Siedlung in der 2. Projektphase. Das Modul C war für den Endausbau der Siedlung von vornherein geplant, konnte aber von den Erstbewohnern nicht vorfinanziert werden.

### 6.0 Kosten

6.1 Erstellungskosten der Abwasseraufbereitungsanlage

P.	Leistung	Stufe	Anz.	Einheitspreis	Gesamtpreis	W.
1	Pflanzenkläranlage 1996			95'000	95'000	€
2						€
3	Terra-Nova-Kompostsystem		36	3'700	133'200	€
4	Ventilatoren		36	200	7'200	€
5	Kleinteile		36	650	23'400	€
6						€
7						€
8						€
	<b>Total</b>				<b>258'800</b>	<b>€</b>

Bemerkungen: Die PKA wäre heute billiger zu erstellen, da Erfahrungen vorhanden sind.

6.2 Erstellungskosten Leitungsnetz innerhalb des Gebäudes €

Davon Kosten für doppeltes Leitungsnetz €

Bemerkungen:

6.3 Erstellungskosten der Benutzerschnittstellen (Toiletten, Urinale)

P.	Leistung	Anz.	Einheitspreis	Gesamtpreis	W.
1	Toiletten	36	300	10'800	€
2	Urinale		5'500		€
	<b>Total</b>			<b>10'800</b>	<b>€</b>

6.4 Vorbereitungskosten für Planung, Gebühren, etc.

P.	Leistung	Anz.	Einheitspreis	Gesamtpreis	W.
1	Planungskosten Vorprojekt Arch. und Fachplaner				€
2	Bewilligungskosten				€
3	Förderbeiträge				€
	<b>Total</b>			<b>0</b>	<b>€</b>

Bemerkungen:

6.5 Jährliche Betriebskosten der gesamten Anlage

P.	Leistung	Anz.	Einheitspreis	Gesamtpreis	W.
1	Stromkosten für Betrieb der ges. Anlage				€
2	Personalkosten für Wartung und Unterhalt (s. Pos. 4.14)			21'600	€
3	Materialkosten für Wartung und Unterhalt			1'560	€
4	Externe Kosten s. Pos. 4.14			7'500	€
	<b>Total</b>			<b>30'660</b>	<b>€</b>

Davon Anteil Grauwasserbehandlung: Schwarz-/Braunwasserbehandlung:

6.6 Einnahmen aus Verkauf resp. Rückspeisung von Ressourcen €/y

Bemerkungen:

6.7 Bemerkungen zu Mehr-/Minderkosten Bau, Betrieb, Unterhalt

Wassersparnis von 40 L/d\*pers. Bei 105 Personen sind dies jährlich 1'533 m<sup>3</sup> Wasser. Bei einem Wasserpreis von 4 € ergibt dies eine jährliche Ersparnis von 6'132.- €

Kostensparnis für (nicht benutztes) Spülwasser + Abwasserbehandlung werden auf 130.- €p\*y geschätzt. Dies sind bei 105 Personen 13'650.- €

6.5 P.1: Personalkosten, alle Arbeitsstunden verrechnet, auch ehrenamtliche: 7'200.- + 14'400.- = 21'600.-

6.5 P.3: Materialkosten, 120.- + 1'440.- = 1'560.-



### 7.0 Nutzerakzeptanz

7.1 Information und Einführung für Nutzer	<input checked="" type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein
7.2 Verhaltensänderungen bei den Nutzern aufgrund des neuartigen Sanitärsystems	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja <b>Bemerkungen:</b> schwer zu sagen, unsere Kinder sind damit aufgewachsen.	
7.3 Einschränkungen für die Nutzer aufgrund des neuartigen Sanitärsystems	<input checked="" type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja <b>Bemerkungen:</b>	
7.4 Anwenderfreundlichkeit der Benutzerschnittstelle (Toilette, Urinal)		
Toilette Typ: Terra Nova	<input type="checkbox"/> keine	<input checked="" type="checkbox"/> positive <input checked="" type="checkbox"/> negative <b>Bemerkungen</b>
Urinal Typ:	<input type="checkbox"/> keine	<input type="checkbox"/> positive <input type="checkbox"/> negative <b>Bemerkungen</b>
<b>Bemerkungen:</b> Positiv: Keine Toilettengeräte (weniger als z.B. bei der Verwendung von WC's), Wasserersparnis Negativ: Arbeitsaufwand fällt mit zunehmendem Alter schwerer; körperlich anstrengend.		
7.5 Mehraufwand für Nutzer aufgrund des neuartigen Sanitärsystems	<input type="checkbox"/> nein <input checked="" type="checkbox"/> ja <b>Bemerkungen:</b> Kompost muss von Zeit zu Zeit durchgearbeitet werden, 1-2 x pro Jahr Kompostentnahme	
7.6 Probleme oder negative Rückmeldungen bezüglich Gesundheit und Hygiene	<input checked="" type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> <b>Bemerkungen:</b>	
7.7 Geruchsemissionen	<input type="checkbox"/> keine Geruchsbelästigung <input checked="" type="checkbox"/> wenig, ab und zu Geruchsbelästigung	
	<input type="checkbox"/> mittelstark, oft Geruchsbelästigung <input type="checkbox"/> starke Geruchsbelästigung	
<b>Bemerkungen:</b> bei schwülem Sommerwetter mit Windstille kann es zu leichter Geruchsbelästigung kommen.		
7.8 Nutzerakzeptanz		
<input checked="" type="checkbox"/> Positive Reaktionen:	<input type="checkbox"/> keine	<input type="checkbox"/> vereinzelte <input checked="" type="checkbox"/> viele
<input checked="" type="checkbox"/> Negative Reaktionen:	<input type="checkbox"/> keine	<input checked="" type="checkbox"/> vereinzelte <input type="checkbox"/> viele
<b>Bemerkungen:</b> Jeder Haushalt macht hier seine eigenen Erfahrungen.		
7.9 Empfehlungen/Bemerkungen der Nutzer:		



### 8.0 Dokumentation

Zusätzliche Unterlagen:

<input checked="" type="checkbox"/> Technisches Fließschema der Anlage ( <i>wichtig</i> )
<b>Pläne</b>
<input checked="" type="checkbox"/> Situation/Gesamtübersicht
<input checked="" type="checkbox"/> Grundrisse (z.B. <i>typisches Geschoss</i> )
<input type="checkbox"/> Schnitte mit Steigzonen
<input type="checkbox"/> Technikraum
<input type="checkbox"/> Nasszellen Steigzonen, etc.
( <i>Masstäbliche Pläne der für die Abwasservorbehandlungsanlage relevanten Räume</i> )
<input checked="" type="checkbox"/> Fotos einzelner Systemkomponenten

#### Ergebnisse

<input checked="" type="checkbox"/> Ja gerne, ich möchte in den Vereiler für die fertige Masterarbeit aufgenommen werden.
<b>Meine Mailadresse:</b>
<input type="checkbox"/> Nein danke.

### 9.0 Weitere Bemerkungen

*Bitte versehen Sie die Bemerkungen mit den Positionsnummern aus dem Fragebogen.*

1.5 Aktuell sind es nur noch 105 Bewohner, in der Literatur werden 140 erwähnt.

3.4 Neun Häuser sammeln Regenwasser in unterirdischen Zisternen, zum Teil Nutzung für Waschmaschinen und Gartenbewässerung.

3.7 Quelle: Berger Biotechnik GmbH, D-Hamburg, [www.berger-biotechnik.de](http://www.berger-biotechnik.de) (27.10.11)  
Clivus Multrum AB, SE-Älberga, <http://www.clivusmultrum.eu/kontakteng.as> (27.10.11)

6.1 Die Preise für eine solche Pflanzenkläranlage sind heute niedriger. Bei Modul A und B wurde aufgrund mangelnder Erfahrung resp. übermäßiger Vorsicht bei gesetzlichen Vorgaben die Abdichtung der Pflanzenkläranlage mit einer Betonwanne erstellt, wofür heute eine Kunststoffolie reicht.

6.1 Kosten Kompostbehälter gem. Angabe Berger Biotechnik.

Akzeptanzstudie: Eine Anfrage bei Herrn Ebeling, AWA Ingenieure hat ergeben, dass die Akzeptanzstudie, die in einer Quelle erwähnt wird, vor ca. 20 Jahren gemacht wurde und nicht mehr auffindbar ist.

Quellen: Dieser Erfassungsbogen wurde von ps mit Angaben aus folgenden Quellen ausgefüllt, danach durch Herrn Mangold, aus der Ökosiedlung Allermöhe ergänzt.  
<http://www.oeko-siedlung-allermoehe.de/Home.htm> (27.10.11)  
Susana (2011), Fallstudie für nachhaltige Sanitärversorgungsprojekte. Ökologische Siedlung mit Komposttoiletten Allermöhe, Hamburg, Deutschland.  
[http://www.susana.org/docs\\_ccbk/susana\\_download/2-1184-2-56-de-susana-cs-deutschland](http://www.susana.org/docs_ccbk/susana_download/2-1184-2-56-de-susana-cs-deutschland) (27.10.11)

Beteiligte:

Komposttoilettensysteme: Herr Berger, Berger Biotechnik GmbH, D-Hamburg.

Pflanzenkläranlage: Herr Ebeling, AWA-Ingenieure, D-Uelzen.

Unterstützende Institutionen: Magistrat der Stadt Hamburg, Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, D-Hamburg.





### 3.0 Technischer Beschrieb der Abwasservorbehandlungsanlage als gesamtes System

#### Zuordnung zum System

3.1 System, Art der Stoffstromtrennung<sup>1</sup> (bitte nur 1 System ankreuzen)

1.) 1-Stoffstromsystem (Schmutzwasser, alle Abwässer gemischt)

2.) Schwarzwasser 2-Stoffstromsystem (Grauwasser getrennt von Schwarzwasser)

3.) Urinentrennung 2-Stoffstromsystem (Gelbwasser getrennt von Braun- und Grauwassergemisch)

4.) Urinentrennung 3-Stoffstromsystem (Gelbwasser, Grauwasser, Braunwasser einzeln prozessiert)

5.) Fäkalien 2-StStS mit Trockentoiletten (Grauwasser getrennt von Trockenfäzes- und Uringemisch)

6.) Urinentrennung 3-StStS mit Trockentoiletten (Grauwasser, Trockenfäzes, Urin einzeln prozessiert)

#### Die einzelnen Prozesskomponenten<sup>2</sup>

3.2 Benutzerschnittstellen für Gelb- und Braun- und Schwarzwasser

Wassergespülte Toiletten  Schwerkraftsystem  Vakuumsystem

Trenntoiletten (NoMix)  Schwerkraftsystem  Vakuumsystem

Trockentoiletten (ohne Wasserspülung)

Wassergespülte Urinoire  Schwerkraftsystem  Vakuumsystem

Wasserlose Urinoire  Schwerkraftsystem  Vakuumsystem

3.3 Schnittstelle für Grauwassererfassung  
Grauwasser wird in die Kläranlage abgeführt.

Lavabo  Dusche  Badewanne  Spüle Küche

Geschirrspüler  Waschmaschine

~~3.4 Schnittstelle für Regenwassergewinnung~~

Fläche: ..... m<sup>2</sup> Erf. Menge: ..... l/y

Material der Eindeckung: ..... Dachform: .....

3.5 Sammlung und Lagerung

Urintank  Klärgrube  Kompostkammer  Biogas Reaktor

Weitere: ggf. Ableitung Sickerwasser .....

3.6 Transport des Abwassers

Innerhalb Gebäude:  Schwerkraftsystem  Vakuumsystem

Ausserhalb Gebäude:  Schwerkraftsystem  Tankwagen

Bemerkungen: .....

<sup>1</sup> Systembezeichnungen gemäss Longdong, J., (2008). Neuartige Sanitärsysteme. Weimar, Bauhaus-Universität Weimar, S. 37.  
<sup>2</sup> Systematik gemäss Tilley, Elizabeth et al. (2008). Compendium of Sanitation Systems and Technologies. Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag). Dübendorf, Switzerland. S 13.

3.7 Prozesskomponenten zur Behandlung der ~~einzelnen Stoffströme~~ Fäkalien  
 Gr: Grauwasser<sup>3</sup> S: Schwarzwasser<sup>4</sup> B: Braunwasser<sup>5</sup> F: Fäzes trocken<sup>6</sup>  
 Fk: Fäkalien<sup>7</sup> G: Gelbwasser<sup>8</sup> U: Urin<sup>9</sup> R: Regenwasser  
 (Vorreinigung, Grobreinigung, Feinreinigung, Nachbehandlung z.B. Grobfiltrierung, Belebtschlamm-Verfahren, Membranfiltration, UV-Desinfektion, etc.)  
 Geschätzte Mengen mit \* bezeichnen

StSt.	Prozesskomponente(n)	Funktion, Wasserqualität	Produkttyp, Hersteller
Fk	Toilette	Erfassung der Fäkalien	TerraNova, Berger Biotechnik
Fk	Kompostbehälter 1/b/h = 2.65/1.15/2.65 m	Lagern, Umwandeln der Fäkalien in Kompost	TerraNova, 115/210, Berger Biotechnik
FK	Entlüftung aktiv und passiv	Geruchsverschluss durch Unterdruck, O <sub>2</sub> -Versorgung, Verdunstung	Berger Biotechnik
Fk	Fallrohre	Transport Fäkalien	Berger Biotechnik

3.8 Verwendung, Entsorgung, Deponie der einzelnen Stoffströme

Produkt	Menge	Einheit	Verwendung, Transport
Trinkwasser		m <sup>3</sup> /y	
Brauchwasser		m <sup>3</sup> /y	
Urin	k. A	l/y	Sickerwasser aus Kompostbehälter, für Pflanzendünger im Garten verwendet
Getr. Fäzes		m <sup>3</sup> /y	
Kompost	k. A	m <sup>3</sup> /y	Kompostlagerung oder Nachkompostierung, privater Ziergarten
Klärschlamm		m <sup>3</sup> /y	
Biogas		m <sup>3</sup> /y	
Energie		kWh/y	

<sup>3</sup> Stoffstrom aus Lavabo, Dusche, Badewanne, Küchenspüle, Geschirrspüler, Waschmaschine, etc.  
<sup>4</sup> Stoffstrom aus Mischtoilette mit Wasserspülung; Vakuumsystem oder Schwerkraft  
<sup>5</sup> Stoffstrom aus Trenntoilette mit Wasserspülung  
<sup>6</sup> Stoffstrom aus Trockentoilette (ohne Wasserspülung)  
<sup>7</sup> Stoffstrom aus Toilette ohne Wasserspülung (nur Urin und Fäzes)  
<sup>8</sup> Stoffstrom aus Trenntoilette und Urinal mit Wasserspülung  
<sup>9</sup> Stoffstrom aus Trenntoilette und Urinal ohne Wasserspülung

#### 4.0 Vergleichswerte der einzelnen Prozesskomponenten

Bitte pro Prozesskomponente Blatt 4.0 einzeln ausfüllen (diese Seite kopieren).

4.1 Bezeichnung der Komponente:	Trockentoiletten	
4.2 Kurzbeschreibung der Komponente:	Trockentoilette mit Kompostbehälter im UG, mehrere (bis zu 4) Toiletten pro Kompostbehälter. Ventilator sorgt für Unterdruck im Kompostbehälter, damit werden Gerüche von der Toilette direkt abgesogen. Zusätzlich sorgt der Ventilator für genügen Sauerstoff im Kompostbehälter um den Abbauprozess aufrecht zu erhalten.	
4.3 <del>Volumenstrom:</del>		m3/d
4.4 <del>Mindestmenge Volumenstrom:</del>		m3/d
4.5 <del>Höchstmenge Volumenstrom:</del>		m3/d
4.6 Energieverbrauch der Komponente:	für Ventilator	0,7 kWh/d
4.7 Materialverbrauch pro Jahr:	s. 2.6	
4.8 Flächenbedarf der Komponente:	s. 2.7	m2
4.9 Anschaffungskosten der Komponente		
Preis inkl. Lieferung und Montage:	s. 6.1 Kosten	€
4.10 Personalkosten für Betrieb- und Unterhalt pro Jahr:	keine ext. Per.-kosten, intern:	500 €/y
4.11 Materialkosten für Betrieb- und Unterhalt pro Jahr:		30 €/y
4.12 Bemerkungen zur Robustheit und Wartung der Komponente		
Anzahl Betreuungseinsätze pro Jahr:	12 Stk/y	20 Std/y
Robustheit, Fehleranfälligkeit:		
4.13 Technische Betreuung der Komponente		
<input checked="" type="checkbox"/> durch betriebsinternen Techniker	<input type="checkbox"/> durch Personal der Herstellerfirma	
Schwierigkeitsgrad der Betreuung:	<input type="checkbox"/> hoch	<input checked="" type="checkbox"/> mittel <input type="checkbox"/> niedrig
4.14 Weitere Empfehlungen/Bemerkungen des Planers:	Weiterer Nutzen des Systems durch ganzjährige Verwertung von biogenen Reststoffen. Anfallende Küchenabfälle können frisch über die Toilette abgeworfen werden. Es besteht auch die Möglichkeit einen direkten Abwurf aus der Küche einzubauen. Dies reduziert den Abfall, der kommunal entsorgt werden muss.	

#### 5.0 Wasserqualität (Es erfolgt keine Abwasserbehandlung, nur Trockentoiletten)

5.1 Resultierende Wasserqualität entspricht den Qualitätsanforderungen für		
<input type="checkbox"/> Toilettenspülung	aus:	<input type="checkbox"/> Grauw. <input type="checkbox"/> Schwarz-/ Braunw.
<input type="checkbox"/> Eingeschränkte Verwendung als Bewässerungswasser	aus:	<input type="checkbox"/> Grauw. <input type="checkbox"/> Schwarz-/ Braunw.
<input type="checkbox"/> Uneingeschränkte Verwendung als Bewässerungswasser	aus:	<input type="checkbox"/> Grauw. <input type="checkbox"/> Schwarz-/ Braunw.
<input type="checkbox"/> Trinkwasser und Badegewässer	aus:	<input type="checkbox"/> Grauw. <input type="checkbox"/> Schwarz-/ Braunw.
<input type="checkbox"/> Einleitung/Versickerung von Grau- und Regenwasser	aus:	<input type="checkbox"/> Grauw. <input type="checkbox"/> Schwarz-/ Braunw.
5.2 Überprüfung der Wasserqualität		
Anhand welcher Indikatoren wird die Wasserqualität überprüft?	<input type="checkbox"/> intern	<input type="checkbox"/> extern
5.3 Anforderung an Wasserqualität und Verwendung		
<input type="checkbox"/> Ja, die Wasserqualität entspricht den Anforderungen		
<input type="checkbox"/> Nein, die Anlage wurde nachgerüstet damit die Wasserqualität den Anforderungen entspricht.		
<input type="checkbox"/> Nein, das resultierende Wasser wird für qualitativ niedrigere Zwecke verwendet als ursprünglich geplant.		
<input type="checkbox"/> Bemerkungen:		

### 6.0 Kosten

(Preise aus den 90er Jahren, in Euro umgerechnet)

6.1 Erstellungskosten der Abwasseraufbereitungsanlage						
P.	Leistung inkl. Montage	Stufe	Anz.	Einheitspreis	Gesamtpreis	W.
1						€
2	Kompostbehälter		70	3'500	245'000	€
3	Ventilatoren		70	200	14'000	€
4	Kleinteile		70	650	45'500	€
5						€
6						€
7						€
8						€
	<b>Total</b>				<b>304'500</b>	<b>€</b>
□Bemerkungen:						
6.2 Erstellungskosten <b>Leitungsnetz</b> innerhalb des Gebäudes für Fäkalien-Fallschächte inkl. 59'500 € <del>Davon Kosten für doppeltes Leitungsnetz</del> Montage und Kleinteile 850,- €x 70 Whg. €						
□Bemerkungen:						
6.3 Erstellungskosten der Benutzerschnittstellen (Toiletten, Urinale)						
P.	Leistung	Anz.	Einheitspreis	Gesamtpreis	W.	
1	Toiletten	150	300	45'000	€	
2	Urinale	0			€	
	<b>Total</b>			<b>45'000</b>	<b>€</b>	
6.4 Vorbereitungskosten für Planung, Gebühren, etc.						
P.	Leistung	Anz.	Einheitspreis	Gesamtpreis	W.	
1	Planungskosten Vorprojekt Arch. und Fachplaner				€	
2	Bewilligungskosten				€	
3	Förderbeiträge				€	
	<b>Total</b>			<b>0</b>	<b>€</b>	
□Bemerkungen:						
6.5 Jährliche Betriebskosten der gesamten Anlage						
P.	Leistung	Anz.	Einheitspreis	Gesamtpreis	W.	
1	Stromkosten für Betrieb der ges. Anlage	70	80	5'600	€	
2	Personalkosten für Wartung und Unterhalt(Pos. 4.10)	70	500	35'000	€	
3	Materialkosten für Wartung und Unterhalt(Pos. 4.11)	70	30	2'100	€	
4					€	
	<b>Total</b>			<b>42'700</b>	<b>€</b>	
<del>Davon Anteil Grauwasserbehandlung:- Schwarz-/Braunwasserbehandlung:-</del>						
6.6 Einnahmen aus Verkauf resp. Rückspeisung von Ressourcen						€/y
□Bemerkungen:						
6.7 Bemerkungen zu Mehr-/Minderkosten Bau, Betrieb, Unterhalt						
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Die Montage im sozialen Wohnungsbau wurde in Eigenleistung erbracht.</li> <li>- Abfallreduzierung</li> <li>- Wasser-/Abwassereinsparung</li> </ul>						

### 7.0 Nutzerakzeptanz

7.1 Information und Einführung für Nutzer	<input checked="" type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein
7.2 Verhaltensänderungen bei den Nutzern aufgrund des neuartigen Sanitärsystems	<input type="checkbox"/> nein <input checked="" type="checkbox"/> ja Bemerkungen: Wartung 1x/Monat x 1 Std.	
7.3 Einschränkungen für die Nutzer aufgrund des neuartigen Sanitärsystems	<input checked="" type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja Bemerkungen:	
7.4 Anwenderfreundlichkeit der Benutzerschnittstelle (Toilette, Urinal)	Toilette Typ: TerraNova, Berger Biotechnik <input type="checkbox"/> keine <input checked="" type="checkbox"/> positive <input type="checkbox"/> negative Bemerkungen Urinal Typ: <input type="checkbox"/> keine <input type="checkbox"/> positive <input type="checkbox"/> negative Bemerkungen Bemerkungen: pos: leichte Reinigung pos: keine Benutzungsgertiche	
7.5 Mehraufwand für Nutzer aufgrund des neuartigen Sanitärsystems	<input type="checkbox"/> nein <input checked="" type="checkbox"/> ja Bemerkungen:	
7.6 Probleme oder negative Rückmeldungen bezüglich Gesundheit und Hygiene	<input checked="" type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> Bemerkungen:	
7.7 Geruchsemissionen	<input type="checkbox"/> keine Geruchsbelästigung <input checked="" type="checkbox"/> wenig, ab und zu Geruchsbelästigung <input type="checkbox"/> mittelstark, oft Geruchsbelästigung <input type="checkbox"/> starke Geruchsbelästigung Bemerkungen:	
7.8 Nutzerakzeptanz	<input checked="" type="checkbox"/> Positive Reaktionen: <input type="checkbox"/> keine <input type="checkbox"/> vereinzelte <input checked="" type="checkbox"/> viele <input checked="" type="checkbox"/> Negative Reaktionen: <input type="checkbox"/> keine <input checked="" type="checkbox"/> vereinzelte <input type="checkbox"/> viele Bemerkungen:	
7.9 Empfehlungen/Bemerkungen der Nutzer:	Weiterentwicklung zu mehr Bedienerfreundlichkeit (inzwischen erfolgt). Ausgefüllt: Wolfgang Berger, Biotechnik.	

Akzeptanzuntersuchungen bei den Bewohnern haben ergeben, dass der Wartungsaufwand von einzelnen Bewohnern als zu zeitaufwändig und zu anstrengend empfunden wurde. Darauf erfolgten vereinzelte Anpassungen (Urin-Trenneinsätze, Produkteveränderungen) um den Wartungsaufwand zu verringern. Bis 2008 waren 4 von 130 Wohneinheiten auf wassergespülte Systeme umgerüstet worden, heute sind es insgesamt 34, die umgestiegen sind. (Anm. ps aufgrund (1) und einer Angabe von Hr. Ahrnens)

## 7.0 Nutzerakzeptanz

7.1 Information und Einführung für Nutzer	<input checked="" type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein
7.2 Verhaltensänderungen bei den Nutzern aufgrund des neuartigen Sanitärsystems	<input type="checkbox"/> nein <input checked="" type="checkbox"/> ja <b>Bemerkungen:</b> Neue Einstellung gegenüber den eigenen Ausscheidungen.	
7.3 Einschränkungen für die Nutzer aufgrund des neuartigen Sanitärsystems	<input checked="" type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> ja <b>Bemerkungen:</b>
7.4 Anwenderfreundlichkeit der Benutzerschnittstelle (Toilette, Urinal)		
Toilette Typ: TerraNova, Berger Biotechnik	<input type="checkbox"/> keine	<input checked="" type="checkbox"/> positive <input checked="" type="checkbox"/> negative <b>Bemerkungen</b>
Urinal Typ:	<input type="checkbox"/> keine	<input type="checkbox"/> positive <input type="checkbox"/> negative <b>Bemerkungen</b>
<b>Bemerkungen:</b> pos: keine schlechten Gerüche dank Abzugslüftung neg: kühler Luftstrom; Sogwirkung der Abzugslüftung		
7.5 Mehraufwand für Nutzer aufgrund des neuartigen Sanitärsystems	<input type="checkbox"/> nein	<input checked="" type="checkbox"/> ja <b>Bemerkungen:</b> körperlich anstrengende Arbeit mit viel Schmutz verbunden
7.6 Probleme oder negative Rückmeldungen bezüglich Gesundheit und Hygiene	<input checked="" type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> <b>Bemerkungen:</b>
7.7 Geruchsemissionen	<input type="checkbox"/> keine Geruchsbelästigung <input checked="" type="checkbox"/> wenig, ab und zu Geruchsbelästigung	
	<input type="checkbox"/> mittelstark, oft Geruchsbelästigung <input type="checkbox"/> starke Geruchsbelästigung	
<b>Bemerkungen:</b> - Problematisch, wenn WC's aus 2 Wohnungen an einem Kompostbeh. angeschlossen sind, s. 9.0 - hängt von der Qualität der Wartung ab.		
7.8 Nutzerakzeptanz		
<input checked="" type="checkbox"/> Positive Reaktionen:	<input type="checkbox"/> keine	<input type="checkbox"/> vereinzelte <input checked="" type="checkbox"/> viele
<input checked="" type="checkbox"/> Negative Reaktionen:	<input type="checkbox"/> keine	<input checked="" type="checkbox"/> vereinzelte <input type="checkbox"/> viele
<b>Bemerkungen:</b> grosser Arbeitsaufwand, anstrengend, nicht jeder möchte diese Arbeit machen.		
7.9 Empfehlungen/Bemerkungen der Nutzer:		

### Empfehlungen:

Unbedingt für jede Wohnung einen eigenen Behälter einbauen  
viel Platz auch nach oben zum guten Bearbeiten vor den Behälterklappen einplanen  
Im Alter oder bei körperlichen Einschränkungen ist die Bearbeitung fast unmöglich, und nicht jeder möchte diese Arbeit fremd vergeben, außerdem wird es dann teuer.

Vor 17 Jahren war die Siedlung komplett mit Komposttoiletten bestückt. Seit 3 Jahren werden immer wieder Wasserspültoiletten eingebaut und die Trockenklos entsorgt. circa 20 Eigentümer haben inzwischen umgebaut.

Ausgefüllt: Volker Ahrens, überzeugter Kompostklonutzer und Bewohner der Siedlung.

## 8.0 Dokumentation

### Zusätzliche Unterlagen:

<input type="checkbox"/> Technisches Fließschema der Anlage ( <i>wichtig</i> )
<b>Pläne</b>
<input type="checkbox"/> Situation/Gesamtübersicht
<input type="checkbox"/> Grundrisse (z.B. <i>typisches Geschoss</i> )
<input type="checkbox"/> Schnitte mit Steigzonen
<input type="checkbox"/> Technikraum
<input type="checkbox"/> Nasszellen Steigzonen, etc.
( <i>Masstäbliche Pläne der für die Abwasservorbehandlungsanlage relevanten Räume</i> )
<input type="checkbox"/> Fotos einzelner Systemkomponenten

### Ergebnisse

Ja gerne, ich möchte in den Vereiler für die fertige Masterarbeit aufgenommen werden.

**Meine Mailadresse:**

Nein danke.

## 9.0 Weitere Bemerkungen

*Bitte versehen Sie die Bemerkungen mit den Positionsnummern aus dem Fragebogen.*

2.3 Wasserverbrauch:  $29 \text{ m}^3/\text{y} \cdot \text{Person} = 80 \text{ L}/\text{d} \cdot \text{Person}$ ; 260 Personen:  $260 \times 80 = 20.8 \text{ m}^3$  (Angabe aus 2006; Quelle (1)).

4.10 Keine externen Personalkosten, Eigenleistung im Umfang von 20 Std. à 25,- € = 500,- €  
(Vergleichszahlen: Entlohnung "Putzfrau" 15,- €/h. Ausgaben bei Auftrag an Kommunalarbeiter 60,- bis 80,- €/h).

4.6 Energieverbrauch Ventilator mit Regler: Leistung 29 W, Verbrauch bei maximaler Leistung angegeben (normalerweise läuft er auf einer niedrigeren Stufe bei ca. 1/3 der Ventilationsleistung und zieht dafür 2/3 der maximalen Verbrauchsleistung).

7.7 Bemerkung: Problematisch, wenn die WC's von 2 Wohnungen am selben Kompostbehälter angeschlossen sind. Da kann starke Geruchsbelästigung bei gleichzeitiger Nutzung der WC's in beiden Wohnungen. Oder wenn in der unteren Wohnung der Deckel offen ist (Störung des Unterdrucks).

Quelle: Dieser Erfassungsbogen wurde anhand des Projektbeschriebes in (1) von ps ausgefüllt, danach von Hr. Dipl.-Ing. Wolfgang Berger, Berger Biotechnik und Herrn Ahrens, einem Bewohner der Siedlung weiter ergänzt.  
(1) Berger, Wolfgang [Hrsg.] (2008) Kompost-Toiletten. Sanitärsysteme ohne Wasser. Staufen bei Freiburg: Ökobuch Verlag, S. 148-150.  
(2) Vortragskript Berger:  
<http://www.ecosan.at/info/workshops/sanitaetskonzepte-ohne-wasser-im-mehrgeschossigen-wohnbau-1.pdf/view?searchterm=berger> (16.11.11)

Beteiligte: Bültmann Architekten, D-Bielefeld, Architektur.  
Berger Biotechnik, D-Hamburg, Fachplanung.





### 3.0 Technischer Beschrieb der Abwasservorbehandlungsanlage als gesamtes System

#### Zuordnung zum System

3.1 System, Art der Stoffstromtrennung<sup>1</sup> (bitte nur 1 System ankreuzen)

1.) 1-Stoffstromsystem (Schmutzwasser, alle Abwässer gemischt)

2.) Schwarzwasser 2-Stoffstromsystem (Grauwasser getrennt von Schwarzwasser)

3.) Urintrennung 2-Stoffstromsystem (Gelbwasser getrennt von Braun- und Grauwassergemisch)

4.) Urintrennung 3-Stoffstromsystem (Gelbwasser, Grauwasser, Braunwasser einzeln prozessiert)

5.) Fäkalien 2-StStS mit Trockentoiletten (Grauwasser getrennt von Trockenfäzes- und Uringemisch)

6.) Urintrennung 3-StStS mit Trockentoiletten (Grauwasser, Trockenfäzes, Urin einzeln prozessiert)

#### Die einzelnen Prozesskomponenten<sup>2</sup>

3.2 Benutzerschnittstellen für Gelb- und Braun- und Schwarzwasser

Wassergespülte Toiletten  Schwerkraftsystem  Vakuumsystem

Trenntoiletten (NoMix)  Schwerkraftsystem  Vakuumsystem

Trockentoiletten (ohne Wasserspülung)

Wassergespülte Urinoire Modell Wost Man  
Ecology AB  Schwerkraftsystem  Vakuumsystem

Wasserlose Urinoire  Schwerkraftsystem  Vakuumsystem

3.3 Schnittstelle für Grauwassererfassung

Lavabo  Dusche  Badewanne  Spüle Küche

Geschirrspüler  Waschmaschine

3.4 Schnittstelle für Regenwassergewinnung

Fläche: ..... m2 Erf. Menge: ..... l/y

Material der Eindeckung: ..... Dachform: .....

3.5 Sammlung und Lagerung

Urintank  Klärgrube  Kompostkammer  Biogas Reaktor

Weitere: .....

3.6 Transport des Abwassers

Innerhalb Gebäude:  Schwerkraftsystem  Vakuumsystem

Ausserhalb Gebäude:  Schwerkraftsystem  Tankwagen

Bemerkungen: .....



3.7 Prozesskomponenten zur Behandlung der einzelnen Stoffströme

Gr: Grauwasser<sup>3</sup>      S: Schwarzwasser<sup>4</sup>      B: Braunwasser<sup>5</sup>      F: Fäzes trocken<sup>6</sup>

Fk: Fäkalien<sup>7</sup>      G: Gelbwasser<sup>8</sup>      U: Urin<sup>9</sup>      R: Regenwasser

(Vorreinigung, Grobreinigung, Feinreinigung, Nachbehandlung z.B. Grobfiltrierung, Belebtschlamm-Verfahren, Membranfiltration, UV-Desinfektion, etc.)

Geschätzte Mengen mit \* bezeichnen

StSt.	Prozesskomponente(n)	Funktion, Wasserqualität	Produkttyp, Hersteller

3.8 Verwendung, Entsorgung, Deponie der einzelnen Stoffströme

Produkt	Menge	Einheit	Verwendung, Transport
Trinkwasser		m3/y	
Brauchwasser		m3/y	
Urin	k.A.	l/y	
Getr. Fäzes		m3/y	
Kompost	k.A.	m3/y	
Klärschlamm		m3/y	
Biogas		m3/y	
Energie		kWh/y	

<sup>1</sup> Systembezeichnungen gemäss Longdong, J., (2008). Neuartige Sanitärsysteme. Weimar, Bauhaus-Universität Weimar, S. 37.  
<sup>2</sup> Systematik gemäss Tilley, Elizabeth et al. (2008). Compendium of Sanitation Systems and Technologies. Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag). Dübendorf, Switzerland. S 13.

<sup>3</sup> Stoffstrom aus Lavabo, Dusche, Badewanne, Küchenspüle, Geschirrspüler, Waschmaschine, etc.  
<sup>4</sup> Stoffstrom aus Mischtoilette mit Wasserspülung; Vakuumsystem oder Schwerkraft  
<sup>5</sup> Stoffstrom aus Trenntoilette mit Wasserspülung  
<sup>6</sup> Stoffstrom aus Trockentoilette (ohne Wasserspülung)  
<sup>7</sup> Stoffstrom aus Toilette ohne Wasserspülung (nur Urin und Fäzes)  
<sup>8</sup> Stoffstrom aus Trenntoilette und Urinal mit Wasserspülung  
<sup>9</sup> Stoffstrom aus Trenntoilette und Urinal ohne Wasserspülung

#### 4.0 Vergleichswerte der einzelnen Prozesskomponenten

Bitte pro Prozesskomponente Blatt 4.0 einzeln ausfüllen (diese Seite kopieren).

4.1 Bezeichnung der Komponente:	
4.2 Kurzbeschreibung der Komponente:	
4.3 Volumenstrom:	m3/d
4.4 Mindestmenge Volumenstrom:	m3/d
4.5 Höchstmenge Volumenstrom:	m3/d
4.6 Energieverbrauch der Komponente:	kWh/d
4.7 Materialverbrauch pro Jahr:	
4.8 Flächenbedarf der Komponente:	m2
4.9 Anschaffungskosten der Komponente Preis inkl. Lieferung und Montage:	€
4.10 Personalkosten für Betrieb- und Unterhalt pro Jahr:	€/y
4.11 Materialkosten für Betrieb- und Unterhalt pro Jahr:	€/y
4.12 Bemerkungen zur Robustheit und Wartung der Komponente Anzahl Betreuungseinsätze pro Jahr: ..... Stk/y ..... Std/y Robustheit, Fehleranfälligkeit:	
4.13 Technische Betreuung der Komponente <input type="checkbox"/> durch betriebsinternen Techniker <input type="checkbox"/> durch Personal der Herstellerfirma Schwierigkeitsgrad der Betreuung: <input type="checkbox"/> hoch <input type="checkbox"/> mittel <input type="checkbox"/> niedrig	
4.14 Weitere Empfehlungen/Bemerkungen des Planers:	

#### 5.0 Wasserqualität

5.1 Resultierende Wasserqualität entspricht den Qualitätsanforderungen für

<input type="checkbox"/> Toilettenspülung	aus:	<input type="checkbox"/> Grauw.	<input type="checkbox"/> Schwarz-/ Braunw.
<input type="checkbox"/> Eingeschränkte Verwendung als Bewässerungswasser	aus:	<input type="checkbox"/> Grauw.	<input type="checkbox"/> Schwarz-/ Braunw.
<input type="checkbox"/> Uneingeschränkte Verwendung als Bewässerungswasser	aus:	<input type="checkbox"/> Grauw.	<input type="checkbox"/> Schwarz-/ Braunw.
<input type="checkbox"/> Trinkwasser und Badegewässer	aus:	<input type="checkbox"/> Grauw.	<input type="checkbox"/> Schwarz-/ Braunw.
<input type="checkbox"/> Einleitung/Versickerung von Grau- und Regenwasser	aus:	<input type="checkbox"/> Grauw.	<input type="checkbox"/> Schwarz-/ Braunw.

5.2 Überprüfung der Wasserqualität

Anhand welcher Indikatoren wird die Wasserqualität überprüft?       intern       extern

5.3 Anforderung an Wasserqualität und Verwendung

Ja, die Wasserqualität entspricht den Anforderungen

Nein, die Anlage wurde nachgerüstet damit die Wasserqualität den Anforderungen entspricht.

Nein, das resultierende Wasser wird für qualitativ niedrigere Zwecke verwendet als ursprünglich geplant.

Bemerkungen: .....

### 6.0 Kosten

6.1 Erstellungskosten der Abwasseraufbereitungsanlage						
P.	Leistung	Stufe	Anz.	Einheitspreis	Gesamtpreis	W.
1						€
2						€
3						€
4						€
5						€
6						€
7						€
8						€
	Total					0 €
☐ Bemerkungen:						
6.2 Erstellungskosten Leitungsnetz innerhalb des Gebäudes						€
Davon Kosten für doppeltes Leitungsnetz						€
☐ Bemerkungen:						
6.3 Erstellungskosten der Benutzerschnittstellen (Toiletten, Urinale)						
P.	Leistung	Anz.	Einheitspreis	Gesamtpreis	W.	
1	Toiletten					€
2	Urinale					€
	Total					0 €
6.4 Vorbereitungskosten für Planung, Gebühren, etc.						
P.	Leistung	Anz.	Einheitspreis	Gesamtpreis	W.	
1	Planungskosten Vorprojekt Arch. und Fachplaner					€
2	Bewilligungskosten					€
3	Förderbeiträge					€
	Total					0 €
☐ Bemerkungen:						
6.5 Jährliche Betriebskosten der gesamten Anlage						
P.	Leistung	Anz.	Einheitspreis	Gesamtpreis	W.	
1	Stromkosten für Betrieb der ges. Anlage					€
2	Personalkosten für Wartung und Unterhalt					€
3	Materialkosten für Wartung und Unterhalt					€
4						€
	Total					0 €
Davon Anteil Grauwasserbehandlung:                      Schwarz-/Braunwasserbehandlung:						
6.6 Einnahmen aus Verkauf resp. Rückspeisung von Ressourcen						€/y
☐ Bemerkungen:						
6.7 Bemerkungen zu Mehr-/Minderkosten Bau, Betrieb, Unterhalt						

### 7.0 Nutzerakzeptanz

7.1 Information und Einführung für Nutzer	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein
7.2 Verhaltensänderungen bei den Nutzern aufgrund des neuartigen Sanitärsystems	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja    Bemerkungen: .....	
7.3 Einschränkungen für die Nutzer aufgrund des neuartigen Sanitärsystems	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja    Bemerkungen: .....	
7.4 Anwenderfreundlichkeit der Benutzerschnittstelle (Toilette, Urinal)	Toilette Typ: ..... <input type="checkbox"/> keine <input type="checkbox"/> positive <input type="checkbox"/> negative Bemerkungen	
	Urinal Typ: ..... <input type="checkbox"/> keine <input type="checkbox"/> positive <input type="checkbox"/> negative Bemerkungen	
	Bemerkungen: .....	
7.5 Mehraufwand für Nutzer aufgrund des neuartigen Sanitärsystems	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja    Bemerkungen: .....	
7.6 Probleme oder negative Rückmeldungen bezüglich Gesundheit und Hygiene	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> Bemerkungen: .....	
7.7 Geruchsemissionen	<input type="checkbox"/> keine Geruchsbelästigung <input type="checkbox"/> wenig, ab und zu Geruchsbelästigung	
	<input type="checkbox"/> mittelstark, oft Geruchsbelästigung <input type="checkbox"/> starke Geruchsbelästigung	
	Bemerkungen: .....	
7.8 Nutzerakzeptanz	<input type="checkbox"/> Positive Reaktionen: <input type="checkbox"/> keine <input type="checkbox"/> vereinzelte <input type="checkbox"/> viele	
	<input type="checkbox"/> Negative Reaktionen: <input type="checkbox"/> keine <input type="checkbox"/> vereinzelte <input type="checkbox"/> viele	
	Bemerkungen: .....	
7.9 Empfehlungen/Bemerkungen der Nutzer:	.....	





## 8.0 Dokumentation

*Zusätzliche Unterlagen:*

<input type="checkbox"/> Technisches Fließschema der Anlage ( <i>wichtig</i> )
Pläne
<input type="checkbox"/> Situation/Gesamtübersicht
<input type="checkbox"/> Grundrisse ( <i>z.B. typisches Geschoss</i> )
<input type="checkbox"/> Schnitte mit Steigzonen
<input type="checkbox"/> Technikraum
<input type="checkbox"/> Nasszellen Steigzonen, etc.
<i>(Massstäbliche Pläne der für die Abwasservorbehandlungsanlage relevanten Räume)</i>
<input type="checkbox"/> Fotos einzelner Systemkomponenten

Ergebnisse
<input type="checkbox"/> Ja gerne, ich möchte in den Vereiler für die fertige Masterarbeit aufgenommen werden. Meine Mailadresse:
<input type="checkbox"/> Nein danke.

## 9.0 Weitere Bemerkungen

*Bitte versehen Sie die Bemerkungen mit den Positionsnummern aus dem Fragebogen.*

3.2 Trockentrenntoilette Wost Man Ecology AB. Urinspülung mit 0.1 L Wasser, vertikales Fallrohr für Fäzes, d = 200 mm.

4.14 Für die Urinleitung wird ein Durchmesser von 110 mm empfohlen wegen eigenartig grossen Kristallisationen.

Der Erfassungsbogen wurde in einer Schnellaktion von aufgrund der folgenden Quellen ausgefüllt. Es wurde nur ein kurzer Systembeschrieb gemacht, technische Daten wurden aufgrund der zeitlichen Limiten nicht erfasst.

Quellen: Susana (2005) 008 Gebers collective housing project Orhem, Sweden. <http://www.susana.org>



### 3.0 Technischer Beschrieb der Abwasservorbehandlungsanlage als gesamtes System

#### Zuordnung zum System

3.1 System, Art der Stoffstromtrennung<sup>1</sup> (bitte nur 1 System ankreuzen)

1.) 1-Stoffstromsystem (Schmutzwasser, alle Abwässer gemischt)

2.) Schwarzwasser 2-Stoffstromsystem (Grauwasser getrennt von Schwarzwasser)

3.) Urinentrennung 2-Stoffstromsystem (Gelbwasser getrennt von Braun- und Grauwassergemisch)

4.) Urinentrennung 3-Stoffstromsystem (Gelbwasser, Grauwasser, Braunwasser einzeln prozessiert)

5.) Fäkalien 2-StStS mit Trockentoiletten (Grauwasser getrennt von Trockenfäzes- und Uringemisch)

6.) Urinentrennung 3-StStS mit Trockentoiletten (Grauwasser, Trockenfäzes, Urin einzeln prozessiert)  
Es wird als 4-Stoffstromsystem bezeichnet, zusätzlich zu den oben erwähnten wird auch Abfall separat erfasst.

#### Die einzelnen Prozesskomponenten<sup>2</sup>

3.2 Benutzerschnittstellen für Gelb- und Braun- und Schwarzwasser

Wassergespülte Toiletten  Schwerkraftsystem  Vakuumsystem

Trenntoiletten (NoMix)  Schwerkraftsystem  Vakuumsystem

Trockentoiletten (ohne Wasserspülung) benötigt Sägemehlstreu 50 L/p\*y

Wassergespülte Urinoire  Schwerkraftsystem  Vakuumsystem

Wasserlose Urinoire Sehr kleiner Wasserverbrauch, vorgesehen als wasserlose Urinale  Schwerkraftsystem  Vakuumsystem

3.3 Schnittstelle für Grauwassererfassung

Lavabo  Dusche  Badewanne  Spüle Küche

Geschirrspüler  Waschmaschine

3.4 Schnittstelle für Regenwassergewinnung

Fläche: ..... m<sup>2</sup> keine Regenwassergewinnung Erf. Menge: ..... l/y

Material der Eindeckung: ..... Dachform: .....

3.5 Sammlung und Lagerung trockenens System, aerobe Kompostierung

Urintank  Klärgrube  Kompostkammer  Biogas Reaktor

Weitere: .....

3.6 Transport des Abwassers

Innerhalb Gebäude:  Schwerkraftsystem  Vakuumsystem

Ausserhalb Gebäude:  Schwerkraftsystem  Tankwagen

Bemerkungen: .....

<sup>1</sup> Systembezeichnungen gemäss Longdong, J., (2008). Neuartige Sanitärsysteme. Weimar, Bauhaus-Universität Weimar, S. 37.  
<sup>2</sup> Systematik gemäss Tilley, Elizabeth et al. (2008). Compendium of Sanitation Systems and Technologies. Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag). Dübendorf, Switzerland. S 13.

3.7 Prozesskomponenten zur Behandlung der einzelnen Stoffströme

Gr: Grauwasser<sup>3</sup> S: Schwarzwasser<sup>4</sup> B: Braunwasser<sup>5</sup> F: Fäzes trocken<sup>6</sup>  
 Fk: Fäkalien<sup>7</sup> G: Gelbwasser<sup>8</sup> U: Urin<sup>9</sup> R: Regenwasser  
 (Vorreinigung, Grobreinigung, Feinreinigung, Nachbehandlung z.B. Grobfiltrierung, Belebtschlamm-Verfahren, Membranfiltration, UV-Desinfektion, etc.)  
 Geschätzte Mengen mit \* bezeichnen

StSt.	Prozesskomponente(n)	Funktion, Wasserqualität	Produkttyp, Hersteller
Gr	Grauwasseraufbereitungsanlage mit:	Güteklasse II im nationalen Abwasserstandard	
	- Primärer Sedimentation		
	- Anaerobe Behandlung		
	- Aktiviertes Schlammverfahren		
	- Anaerobes bio-Film Verfahren		
	- Sekundäre Sedimentation		
F	Kompostierungsanlage	Fäzes kompostieren	
U	22 Urintanks zw. 3.5 - 13.5m <sup>3</sup> Grösse	Urin lagern	

3.8 Verwendung, Entsorgung, Deponie der einzelnen Stoffströme

Produkt	Menge	Einheit	Verwendung, Transport
Trinkwasser		m <sup>3</sup> /y	
Brauchwasser		m <sup>3</sup> /y	
beh. Grauwasser	k. A.	m <sup>3</sup>	Teich als Wasserspeicher. Verwendung für Bewässerung.
Urin	500 L/p*y	l/y	Nach 3 Mt. Lagerung wird Urin mit Tankwagen abgeholt. Verwendung in
Getr. Fäzes	50 L/p*y	m <sup>3</sup> /y	Transport der Behälter mit Lastwagen zur Kompostierungsanlage, Bodenverbesserer
Kompost	k. A.	m <sup>3</sup> /y	
Klärschlamm		m <sup>3</sup> /y	
Biogas		m <sup>3</sup> /y	
Energie		kWh/y	
n. kompostierbare Abfälle	k. A.		Transport auf Müllhalde

Fäzes mit Sägemehl vermischt.

<sup>3</sup> Stoffstrom aus Lavabo, Dusche, Badewanne, Küchenspüle, Geschirrspüler, Waschmaschine, etc.  
<sup>4</sup> Stoffstrom aus Mischtoilette mit Wasserspülung; Vakuum- oder Schwerkraft  
<sup>5</sup> Stoffstrom aus Trenntoilette mit Wasserspülung  
<sup>6</sup> Stoffstrom aus Trockentoilette (ohne Wasserspülung)  
<sup>7</sup> Stoffstrom aus Toilette ohne Wasserspülung (nur Urin und Fäzes)  
<sup>8</sup> Stoffstrom aus Trenntoilette und Urinal mit Wasserspülung  
<sup>9</sup> Stoffstrom aus Trenntoilette und Urinal ohne Wasserspülung

#### 4.0 Vergleichswerte der einzelnen Prozesskomponenten

Bitte pro Prozesskomponente Blatt 4.0 einzeln ausfüllen (diese Seite kopieren).

4.1 Bezeichnung der Komponente:	Grauwasseraufbereitungsanlage		
4.2 Kurzbeschreibung der Komponente:	Absetzbecken, anaerobe Behandlung, aktivierte Schlammbehandlung, aerobe bio-film Behandlung, zweites Absetzbecken, und einen Teich als Wasserspeicher mit 3700m <sup>3</sup> . Das Wasser erreicht Güteklasse II im nationalen Abwasserstandard.		
4.3 Volumenstrom:	250	m <sup>3</sup> /d	
4.4 Mindestmenge Volumenstrom:		m <sup>3</sup> /d	
4.5 Höchstmenge Volumenstrom:	250	m <sup>3</sup> /d	
4.6 Energieverbrauch der Komponente:		kWh/d	
4.7 Materialverbrauch pro Jahr:			
4.8 Flächenbedarf der Komponente:	bei 70 cm Tiefe = ca.	5200	m <sup>2</sup>
4.9 Anschaffungskosten der Komponente		€	
Preis inkl. Lieferung und Montage:		€	
4.10 Personalkosten für Betrieb- und Unterhalt pro Jahr:		€/y	
4.11 Materialkosten für Betrieb- und Unterhalt pro Jahr:		€/y	
4.12 Bemerkungen zur Robustheit und Wartung der Komponente			
Anzahl Betreuungseinsätze pro Jahr:		Stk/y	
Robustheit, Fehleranfälligkeit:			Std/y
4.13 Technische Betreuung der Komponente			
<input type="checkbox"/> durch betriebsinternen Techniker	<input type="checkbox"/> durch Personal der Herstellerfirma		
Schwierigkeitsgrad der Betreuung:	<input type="checkbox"/> hoch	<input type="checkbox"/> mittel	<input type="checkbox"/> niedrig
4.14 Weitere Empfehlungen/Bemerkungen des Planers:	Vorgesehen war eine weitere Reinigungsstufe mit Flokationsanlage, Filtrierung mit hoch effizientem Faserfilter und Desinfektion, welche aber nie erstellt wurde.		

#### 5.0 Wasserqualität

5.1 Resultierende Wasserqualität entspricht den Qualitätsanforderungen für

<input type="checkbox"/> Toilettenspülung	aus:	<input type="checkbox"/> Grauw.	<input type="checkbox"/> Schwarz-/ Braunw.
<input type="checkbox"/> Eingeschränkte Verwendung als Bewässerungswasser	aus:	<input type="checkbox"/> Grauw.	<input type="checkbox"/> Schwarz-/ Braunw.
<input type="checkbox"/> Uneingeschränkte Verwendung als Bewässerungswasser	aus:	<input type="checkbox"/> Grauw.	<input type="checkbox"/> Schwarz-/ Braunw.
<input type="checkbox"/> Trinkwasser und Badegewässer	aus:	<input type="checkbox"/> Grauw.	<input type="checkbox"/> Schwarz-/ Braunw.
<input checked="" type="checkbox"/> Einleitung/Versickerung von Grau- und Regenwasser	aus:	<input checked="" type="checkbox"/> Grauw.	<input type="checkbox"/> Schwarz-/ Braunw.

5.2 Überprüfung der Wasserqualität

Anhand welcher Indikatoren wird die Wasserqualität überprüft?  intern  extern

COD cr ≤400 mg/L; BOD5 ≤250mg/L; SS ≤200 mg/L; NH3-N ≤25 mg/L; PO4 3- ≤5 mg/L; pH 6-7.

Quelle: Zhang Zhiyang et al (2007) Study on Property of Greywater Quality and the Centralizes Treatment Technology in Large and Medium Ecological Town. Example of HZK Eco-town Greywater System in Erdos, Inner Mongolia Autonomous Region. (freundlicherweise zur Verfügung gestellt von Rosemarin A.) S. 6

5.3 Anforderung an Wasserqualität und Verwendung

Ja, die Wasserqualität entspricht den Anforderungen

Nein, die Anlage wurde nachgerüstet damit die Wasserqualität den Anforderungen entspricht.

Nein, das resultierende Wasser wird für qualitativ niedrigere Zwecke verwendet als ursprünglich geplant.

**Bemerkungen:** Wasser aus der Grauwasseraufbereitung wird nicht für häusliche Zwecke wiederverwendet, nur zur Bewässerung.

### 6.0 Kosten

6.1 Erstellungskosten der Abwasseraufbereitungsanlage						
P.	Leistung	Stufe	Anz.	Einheitspreis	Gesamtpreis	W.
1	1.1 Arbeiten für Containerraum im UG				415'717	€
2	1.2 Lieferung und Inst. der Abwasserausrüstung				295'943	€
3	1.3 Leitungen ausser Haus für Grauwasser				59'698	€
4	1.4 Gr-behandlungsanlage (inkl. Septic Tank)				111'713	€
5	1.5 Leitungen ausser Haus für Urin inkl. Tank				27'444	€
6	1.6 Eco-Station				97'224	€
7						€
8						€
	<b>Total</b>				<b>1'007'739</b>	<b>€</b>

**Bemerkungen:** Quelle: (2), Appendix E. Umrechnungskurs vom 1.1.2011, 100 Yuan = 11,34 Euro

6.2 Erstellungskosten Leitungsnetz innerhalb des Gebäudes €  
 Davon Kosten für doppeltes Leitungsnetz €

**Bemerkungen:** bereits in 6.1 enthalten

6.3 Erstellungskosten der Benutzerschnittstellen (Toiletten, Urinale)					
P.	Leistung	Anz.	Einheitspreis	Gesamtpreis	W.
1	Toiletten			47'154	€
2	Urinale			6'601	€
	<b>Total</b>			<b>53'755</b>	<b>€</b>

6.4 Vorbereitungskosten für Planung, Gebühren, etc.

P.	Leistung	Anz.	Einheitspreis	Gesamtpreis	W.
1	Planungskosten Vorprojekt Arch. und Fachplaner				€
2	Bewilligungskosten				€
3	Förderbeiträge				€
	<b>Total</b>			<b>0</b>	<b>€</b>

**Bemerkungen:**

6.5 Jährliche Betriebskosten der gesamten Anlage

P.	Leistung	Anz.	Einheitspreis	Gesamtpreis	W.
1	Stromkosten für Betrieb der ges. Anlage				€
2	Personalkosten für Wartung und Unterhalt				€
3	Materialkosten für Wartung und Unterhalt				€
4	Betriebskosten/y			70'398	€
	<b>Total</b> Unterhaltskosten pro Person/y: 24,18 € Quelle: (2), S. 112			<b>70'398</b>	<b>€</b>

Davon Anteil Grauwasserbehandlung: Schwarz-/Braunwasserbehandlung:

6.6 Einnahmen aus Verkauf resp. Rückspeisung von Ressourcen €/y

**Bemerkungen:** Kompost erfüllte die chin. Nährstoff-Standarts nicht und konnte nur gratis abgegeben werden.

6.7 Bemerkungen zu Mehr-/Minderkosten Bau, Betrieb, Unterhalt

Aus einer Life-cycle Analyse von Flores (2010) geht hervor, dass das Trockensystem sehr Material-aufwändig ist aufgrund der Sammel-Container für Fäzes in den Kellern. Ebenso wurde eine hohe Energie-Intensität gefunden, da die Landwirte jeweils um 60 km entfernt sind vom Projekt. Eine Kosten-Nutzen Studie kam zum Schluss, dass die Erstellungskosten 2,5 mal höher waren aufgrund der hohen Kosten für die Konstruktion der Sammel-Container für Fäzes im Keller. Die Betriebs- und Unterhaltskosten waren 3,6 mal höher als in einem konventionellen System.

### 7.0 Nutzerakzeptanz

Es gab einen Demonstrations-  
raum auf dem Projekt.

7.1 Information und Einführung für Nutzer	<input checked="" type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein
7.2 Verhaltensänderungen bei den Nutzern aufgrund des neuartigen Sanitärsystems	<input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> ja
<b>Bemerkungen:</b>		
7.3 Einschränkungen für die Nutzer aufgrund des neuartigen Sanitärsystems	<input type="checkbox"/> nein	<input checked="" type="checkbox"/> ja
<b>Bemerkungen:</b> Geruchs- und Dichtheitsprobleme lösen. Einigen war es peinlich, Gäste einzuladen.		
7.4 Anwenderfreundlichkeit der Benutzerschnittstelle (Toilette, Urinal)		
Toilette Typ: Eigens für den Ort entwickeltes Modell mit einer beweglichen Schüssel.	<input type="checkbox"/> keine	<input type="checkbox"/> positive <input type="checkbox"/> negative
Urinal Typ:	<input type="checkbox"/> keine	<input type="checkbox"/> positive <input type="checkbox"/> negative
<b>Bemerkungen:</b>		
Urinal war als wasserloser Apparat vorgesehen, wird inzwischen mit wenig Wasser gespült.		
7.5 Mehraufwand für Nutzer aufgrund des neuartigen Sanitärsystems	<input type="checkbox"/> nein	<input checked="" type="checkbox"/> ja
<b>Bemerkungen:</b> Beheben diverser Geruchs- und Ventilationsprobleme		
7.6 Probleme oder negative Rückmeldungen bezüglich Gesundheit und Hygiene	<input checked="" type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> ja
<b>Bemerkungen:</b> Kein Nachweis für solche Probleme.		
7.7 Geruchsemissionen		
<input type="checkbox"/> keine Geruchsbelästigung	<input type="checkbox"/> wenig, ab und zu Geruchsbelästigung	
<input checked="" type="checkbox"/> mittelstark, oft Geruchsbelästigung	<input type="checkbox"/> starke Geruchsbelästigung	
<b>Bemerkungen:</b> Unterschiedlich, abhängig von der Qualität der Handwerksleistungen. Oft kamen undichte Rohre oder falsch angeschlossene Rohre vor. Anfänglich mehr Problem, später nach Reparatur weniger.		
7.8 Nutzerakzeptanz		
<input type="checkbox"/> Positive Reaktionen:	<input type="checkbox"/> keine	<input checked="" type="checkbox"/> vereinzelte <input type="checkbox"/> viele
<input type="checkbox"/> Negative Reaktionen:	<input type="checkbox"/> keine	<input type="checkbox"/> vereinzelte <input checked="" type="checkbox"/> viele
<b>Bemerkungen:</b> Das Hauptproblem war Geruchsbildung verursacht durch unsachgemässe Installationen, undichte Rohre und Problemen mit dem Ventilation.		
7.9 Empfehlungen/Bemerkungen der Nutzer:		
Die Nutzer wollten ein wassergespültes System, da dies bereits standardisiert ist. Geruch war das Hauptproblem bei dem Projekt. Die Probleme entstanden durch: - schlechte Handwerkerleistung (Ausbildung), falsch angeschlossene, schlecht abgedichtete Leitungen - Druckgefälle innerhalb und ausserhalb der Gebäude; starke Winde, Installation zusätzlicher Ventilatoren in den WC-Räumen, starke Ventilatoren in den Küchen, Wechselwirkungen mit anderen Lüftungsgeräten, etc.		



## 8.0 Dokumentation

Zusätzliche Unterlagen:

<input checked="" type="checkbox"/> Technisches Fließschema der Anlage ( <i>wichtig</i> ) Schema s. 13 in Zhuo Lu (2007)
Pläne
<input checked="" type="checkbox"/> Situation/Gesamtübersicht
<input type="checkbox"/> Grundrisse (z.B. <i>typisches Geschoss</i> )
<input checked="" type="checkbox"/> Schnitte mit Steigzonen
<input type="checkbox"/> Technikraum
<input type="checkbox"/> Nasszellen Steigzonen, etc.
( <i>Massstäbliche Pläne der für die Abwasservorbehandlungsanlage relevanten Räume</i> )
<input checked="" type="checkbox"/> Fotos einzelner Systemkomponenten

Ergebnisse
<input type="checkbox"/> Ja gerne, ich möchte in den Vereiler für die fertige Masterarbeit aufgenommen werden.
Meine Mailadresse:
<input type="checkbox"/> Nein danke.

## 9.0 Weitere Bemerkungen

Bitte versehen Sie die Bemerkungen mit den Positionsnummern aus dem Fragebogen.

1.5 3.5 Personen/Haushalt: 832 HH x 3.5 p = 2912 Personen  
 2.3 Wasserersparnis aufgrund der Trockentoiletten 32.3 L/d x 3000 p = 96.9 m<sup>3</sup>/d, 35'368.5 m<sup>3</sup>/y  
 2.5 Inkl. Kellerbeleuchtung und -ventilation, Composting Beleuchtung, Ventilation und Heizung.  
 3.8 Feldversuche mit Urin und Kompost zur Düngung und Bodenverbesserung ergaben Mehrerträge bei Mais von: 32.9% bei: 7.5t/ha Kompost und 6t/ha Urin.  
 67.6 % bei: 22.5t/ha Kompost und 12 t/ha Urin.(Das Personal zuständig für Unterhalt kultivierte Gartengemüse für ihre Familien wozu sie Urin und Kompost verwendeten.)  
 Die Verwendung von Kompost in einem grösseren Rahmen war erfolgreicher als jene von Urin. Der Kompost konnte nicht verkauft werden, da er nicht dem chinesischen Standart für organischen Dünger entsprach aufgrund von tiefem Nährstoffgehalt. Bei einer kostenlosen Abgabe wurde er jedoch gerne verwendet.  
 2009 wurde das Trockentoiletten-System gegen ein Wasser gespültes Spülsystem ausgetauscht.  
 Externe Veränderungen wie die verfügbare Wassermenge, Kompetenzen der Regierung, der Lebensstandard der Siedlung, etc. änderten sich, und damit sank der Anreiz für das trockene System mit wartungsaufwändigen "Kinderkrankheiten". Schlussendlich war das Projekt eine "Ökostadt-Insel inmitten einem Kanalisationsnetz".  
 Schlussendlich sind noch in vier Wohnungen modifizierte Separett Trockentoiletten angeschlossen, welche zur Zufriedenheit der Bewohner gut funktionieren und somit zwar zu spät ein funktionierendes System gefunden werden konnte.

Quellen: Der Erfassungsbogen wurde anhand folgender Quellen und einem Telefongespräch mit Hr. Dr. Arno Rosemarin, SEI, S-Stockholm von ps ausgefüllt:  
 (1) susana (2011): Urine diversion dry toilets in multy storey buildings. Case Study of sustainable sanitations projects. Erdos City, Inner Mongolia Autonomuos Region. China.  
[http://www.susana.org/docs\\_ccbk/susana\\_download/2-1049-en-susana-cs-china-erdos-eetp-2011.pdf](http://www.susana.org/docs_ccbk/susana_download/2-1049-en-susana-cs-china-erdos-eetp-2011.pdf) (20.11.11)  
 (2) Flores Amparo (2010): Towards Sustainable Sanitation. Evaluating the Sustainability of Resource-Oriented Sanitation. Dissertation. Cambridge. St. John's Collage.  
 (3) EcoSanRes (2007): Sweden-China. Erdos Eco-Town Project. Dongsheng, Inner Mongolia.  
<http://www.ecosanres.org/icss/documents/factsheet11.pdf> (20.11.11)  
 (4) Jurga Ina (2009): Workshop report. Erdos Eco-Town Project: Lessons learned and ways foreward. 7-8 December 2009, Beijing. Stockholm: Stockholm Environment Institute.

Beteiligte:  
 Planung: Stockholm Environment Institute (SEI), Sweden und Erdos Hongtu Architecture Designing Co., Ltd., China  
 Ausführung: Dongsheng District Government, Erdos Daxing Estate Development Co., Ltd. und SEI  
 Unterstützung: Dongsheng District Government. Swedish International Development Agency (SIDA)



**Philosophisch-Naturwissenschaftliche Fakultät  
der Universität Basel  
Dekanat**

**Erklärung zur wissenschaftlichen Redlichkeit**  
(beinhaltet Erklärung zu Plagiat und Betrug)

(bitte ankreuzen)

- Bachelorarbeit  
 Masterarbeit

Titel der Arbeit (*Druckschrift*):

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

Name, Vorname (*Druckschrift*): PRISKA SACHER

Matrikelnummer: 08-067-035


Hiermit erkläre ich, dass mir bei der Abfassung dieser Arbeit nur die darin angegebene Hilfe zuteil wurde und dass ich sie nur mit den in der Arbeit angegebenen Hilfsmitteln verfasst habe.

Ich habe sämtliche verwendeten Quellen erwähnt und gemäss anerkannten wissenschaftlichen Regeln zitiert.

Diese Erklärung wird ergänzt durch eine separat abgeschlossene Vereinbarung bezüglich der Veröffentlichung oder öffentlichen Zugänglichkeit dieser Arbeit.

ja  nein

Ort, Datum: 6. Februar 2012

Unterschrift: 

*Dieses Blatt ist in die Bachelor-, resp. Masterarbeit einzufügen.*