

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 ³ respektive 5 m ³ 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 Resource Wasser und Gebäudetechnik | Bereich Phil II

7.2.2012 | Priska Sacher, 4057 Basel | p.sacher@stud.unibas.ch | 2/2

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?

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

7.2.2012 | Priska Sacher, 4057 Basel | p.sacher@stud.unibas.ch | 1/2

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:

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 Lies tal, 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	S	1	1	0	k	k	1	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	0	0	0	0	0	0	0	0	0
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	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	3.3 Augustenhof		22	W		100 M	-	NM	-	-	S	1	0	1	0	k	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3.4 Christesbach		220	A		-	-	NM	-	TU	S	1	1	1	-1/1	-1/1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
S4:	4.1 SCST		25	W		100 M	-	NM	-	-	S	k	1	k	k	k	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	4.1 SCST		15	A		-	-	NM	-	-	V	k	1	1	-1	-1	k	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	4.6 SANIRESCH		400	A		-	-	NM	-	TU	S	1	k	k	k	k	k	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	8	k	13	k	8	k	6	k	8	k	7	k	8
							Σ Ausprägung					10	k	10	k	10	k	10	k	10	k	10	k	10	k	10
							Σ Ausprägung					2	0	2	-1	1	-1	2	0	7	0	1	0	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	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
							Σ Ausprägung					5	0	0	0	2	-1/1	1	-1/1	0	0	0	0	0	0	0
							Σ Antworten					9	A	7	A	9	A	9	A	11	A	9	A	10	A	9
							Ausprägungen					1	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k
							2	0	nein	0	nein	0	nein	0	nein	-1	nein	0	nein	0	nein	0	nein	0	nein	0
							3	1	ja	1	ja	1	ja	1	ja	0	keine	1	ja	1	ja	1	ja	1	ja	1
							4																			
							5	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k

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.	Projekttitel	Allgemein	7.2 Verhaltensänderungen	7.3 Einschränkungen	7.4 Toiletten: Bemerkungen Anwennderfreundlichkeit	7.4 Urinale: Bemerkungen Anwennderfreundlichkeit
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 - Wassersparnis 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 m², 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 m³ Wasser; €/ m³
- Mehr- und Minderkostengegenüber einer konventionellen Anlage
- Mehr- und Minderkosten Bau

Umwelt; Ressourcen (U)

- Wasserverbrauch (Gesamtverbrauch, Frischwasserverbrauch, Wiederverwendung Wasser)
- Energieverbrauch pro m³ Wasser; kWh/ m³
- Materialverbrauch für Unterhalt und Wartung
- Flächenbedarf pro m³ Wasser; m²/m³
- 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: m^3/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)

1. Umwelt- und Ressourcenschutz	
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)
2. Hygiene/Gesundheitsschutz	
a) Umwelthygiene/hygienische Sicherheit	Hygienische und toxikologische Qualität der erzeugten Stoffströme Hygienische und toxikologische Belastung durch Leckagen, Betriebsstörungen und Starkregeneignisse 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
3. Ökonomische Ziele	
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
4. Soziale Ziele	
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
5. Technische Ziele	
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 ^(a)	PRIMARY AND SECONDARY DATA SOURCES AND TOOLS ^(b)
TECHNICAL	
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
ENVIRONMENTAL	
<i>Resource Consumption</i>	
Land – Treatment System (m ² /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 ₂ -Equivalent/pe-yr)	Literature; Life Cycle Analysis
Global Warming Potential – 100 yrs (kg CO ₂ -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 ^(a)	PRIMARY AND SECONDARY DATA SOURCES AND TOOLS ^(b)
<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
ECONOMIC	
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
SOCIETAL	
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

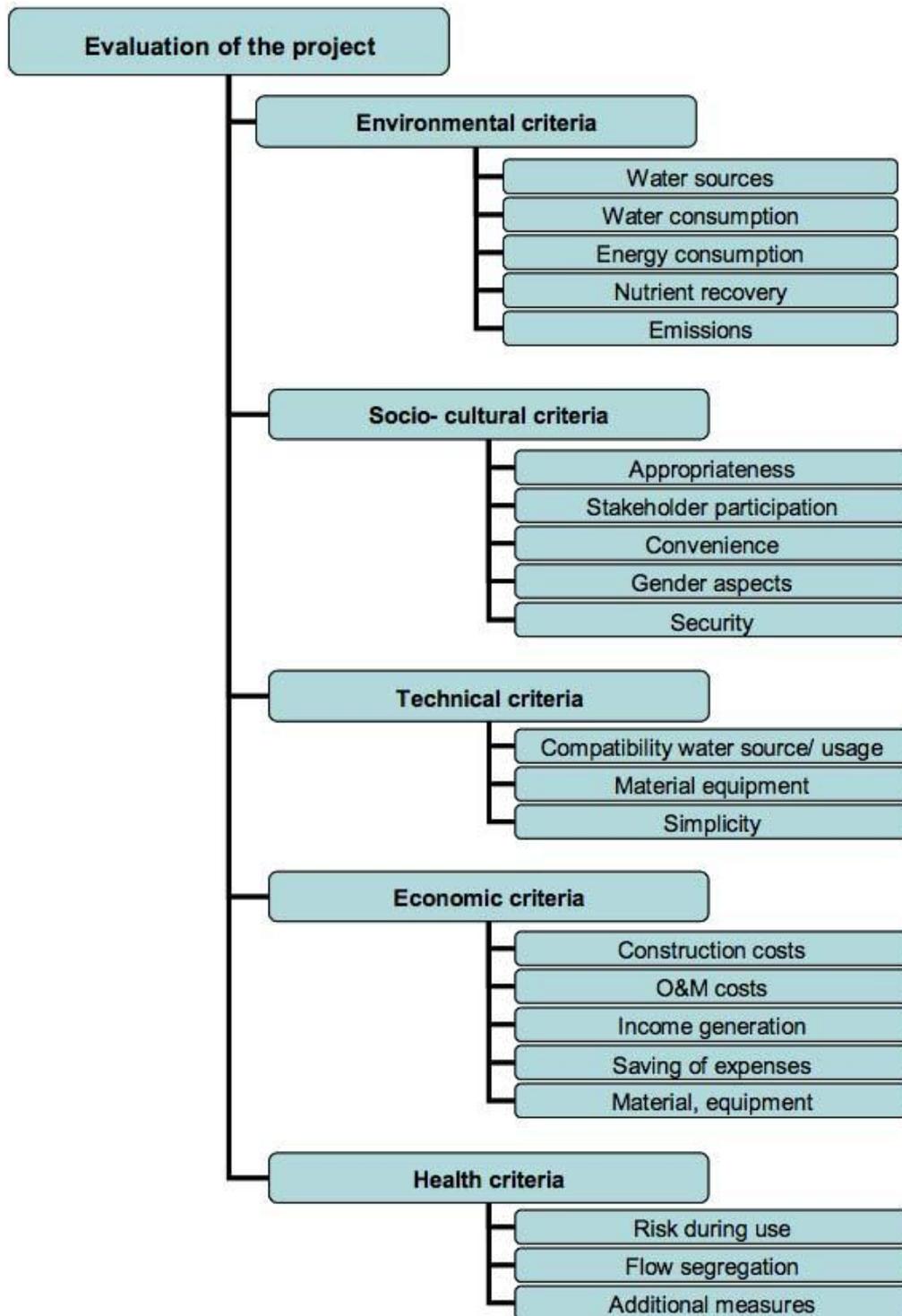
(b) A cradle-to-gate database for various materials and processes is embedded in the GaBi Life Cycle Analysis software. This database was derived from the literature, patent information, and other technical sources.

Quelle: Flores (2010)

Table 3: Sustainability indicators for the domestic water system.

<i>Indicator:</i>	<i>Description:</i>	<i>Expressed:</i>
Functional:		
- <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>m³</i>
Economic:		
- <i>Costs</i>	- <i>Investment and operation and maintenance costs.</i>	<i>Euro</i>
Environmental:		
Emissions:		
- <i>CSO</i>	- <i>Untreated wastewater discharged combined sewer overflow.</i>	<i>m³</i>
- <i>Discharge</i>	- <i>Treated water that can be discharged (TSS, BOD, N, P)⁶.</i>	<i>m³</i>
Resource Utilisation:		
Energy:		
- <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>m³</i>
Space:		
- <i>Land area</i>	- <i>The total land area required.</i>	<i>m²</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>
Nutrients:		
- <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>
Water:		
- <i>Total water use</i>	- <i>Sum of different water uses</i>	<i>m³</i>
- <i>Discharge</i>	- <i>Treated water that can be discharged (TSS, BOD, N, P)</i>	<i>m³</i>
- <i>Domestic reuse</i>	- <i>Treated water suitable for domestic reuse (TSS, Cu, FC).</i>	<i>m³</i>
- <i>Drinking water</i>	- <i>Amount of drinking water used.</i>	<i>m³</i>
- <i>Household water</i>	- <i>Amount of household water used.</i>	<i>m³</i>
- <i>Infiltration</i>	- <i>Treated water suitable for infiltration (TSS, P, Cu, Zn).</i>	<i>m³</i>
- <i>Irrigation</i>	- <i>Treated water for irrigation (TSS, BOD, Cu, Zn, FC).</i>	<i>m³</i>
- <i>Rainwater use</i>	- <i>Amount of rainwater used.</i>	<i>m³</i>
Social-Cultural:		
- <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
	∅	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 ³
CH Durchschnittswert für Trinkwasseraufbereitung		0.35
CH aufwändigere Aufbereitung (Ozon, Aktivkohle)		0.41
D Wasserversorger		0.53

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

Anhang 16 Gesetzliche Bestimmungen und Zuständigkeiten zur Verwendung der Produkte

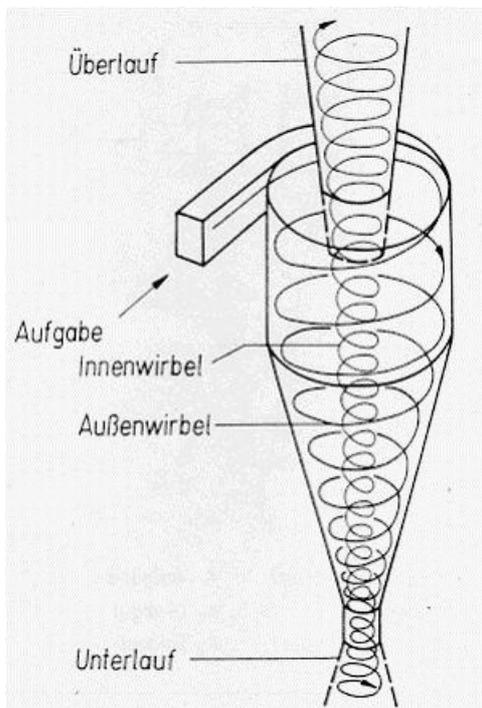
Gesetzliche Grundlagen und Zuständigkeiten bei der Verwendung von Produkten aus dezentraler Abwasseraufbereitung									
Produkt				Zuständigkeiten					
Ursprünglicher Stoff	Behandelter Stoff	Anwendungszweck nach Aufbereitung	Rückführung in Häusl. Wiederverw. / Zuständigkeitsebene	Bund	Kanton	Gemeinde	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
Dünger Pulver / Granulat	Düngung von Nutzpflanzen	x		Externe (via Vereinbarung)	Landwirtschaftliches Zentrum Ebenrain	Landwirtschaftsgesetzgebung			
		x		Kanton		Kantonales Laboratorium	Chemikaliengesetzgebung	Zulassung Substanz	
Fäzes trocken (+ Urin + biogene Abfälle, aus Trockentoilette)	Kompost	Düngung von Nutz- und Zierpflanzen, Bodenverbesserer	x		Kanton		Amt für Umwelt und Energie	Abfallgesetzgebung	
			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

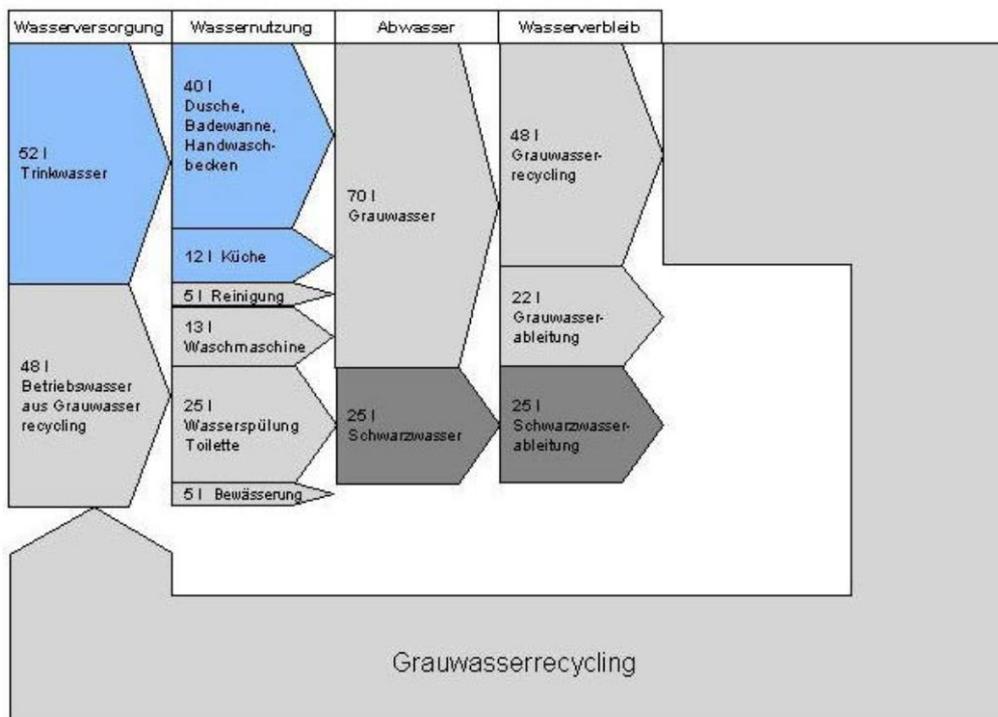


Abbildung 1: Durchschnittliche Wasserteilströme (Angaben in Liter pro Einwohner und Tag) für private Haushalte bei Neubauten und sanitärtechnisch sanierten Gebäuden [Mehlhart, 2001]

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

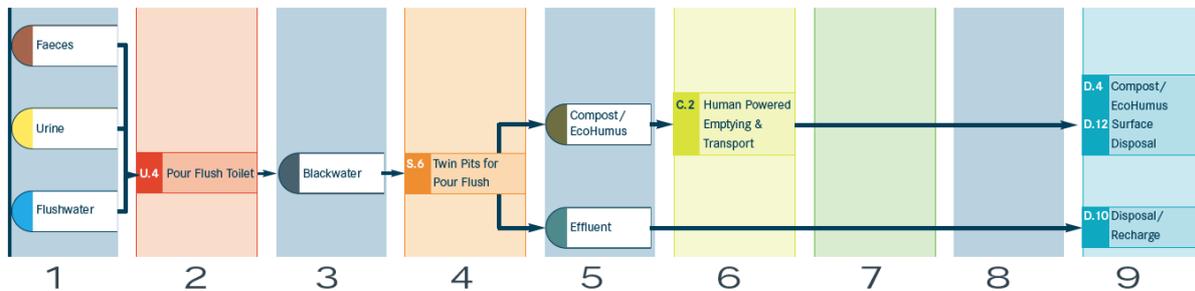
Figure 2. System Template header with colour-code for the Functional Groups



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

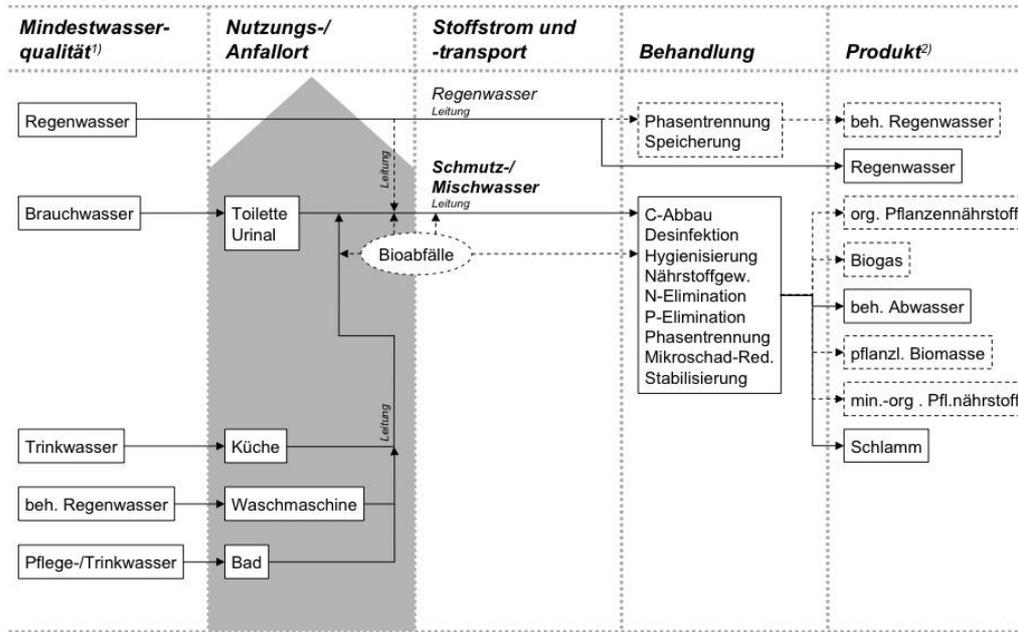


1 Three Inputs (Faeces, Urine and Flushwater) enter into 2 Functional Group U "User Interface" (Pour Flush Toilet). The Blackwater generated 3 then enters into 4 Functional Group S "Collection and Storage/Treatment" (Twin Pits For Pour Flush Latrine) and is transformed into 5 Compost/EcoHumus and Effluent. 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

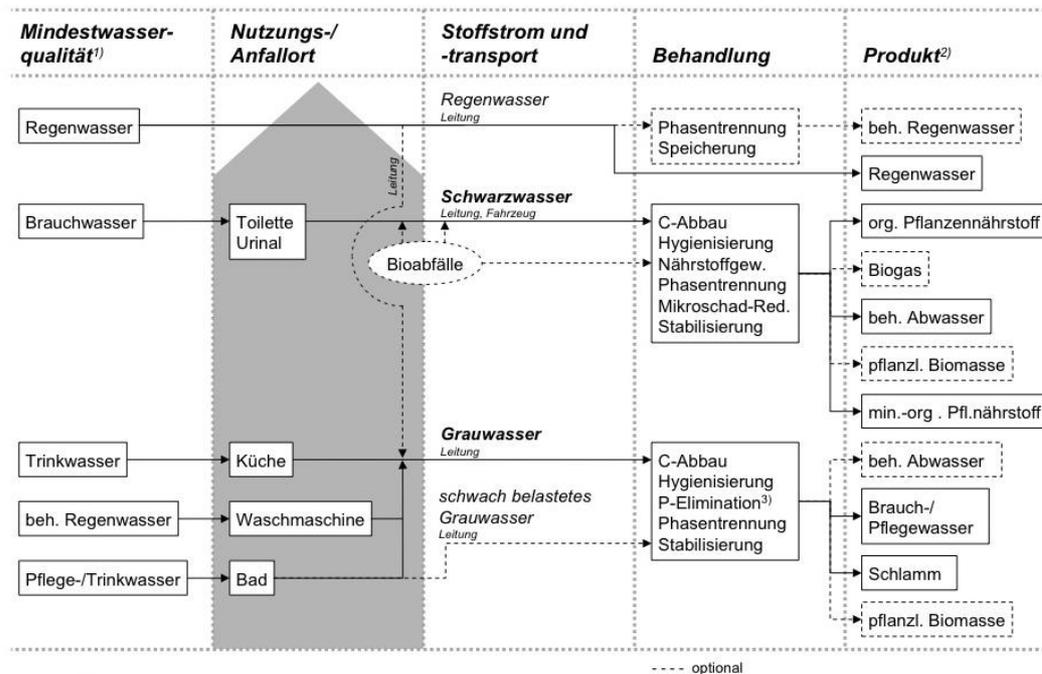


1) Höhere Wasserqualitäten für die Nutzung einsetzbar

2) Verbleib gemäß Tab. 4.2

Abb. 4.1: Systemdarstellung für 1-Stoffstromsysteme

Anhang 22 Systemdarstellung für Schwarzwasser 2-Stoffstromsysteme



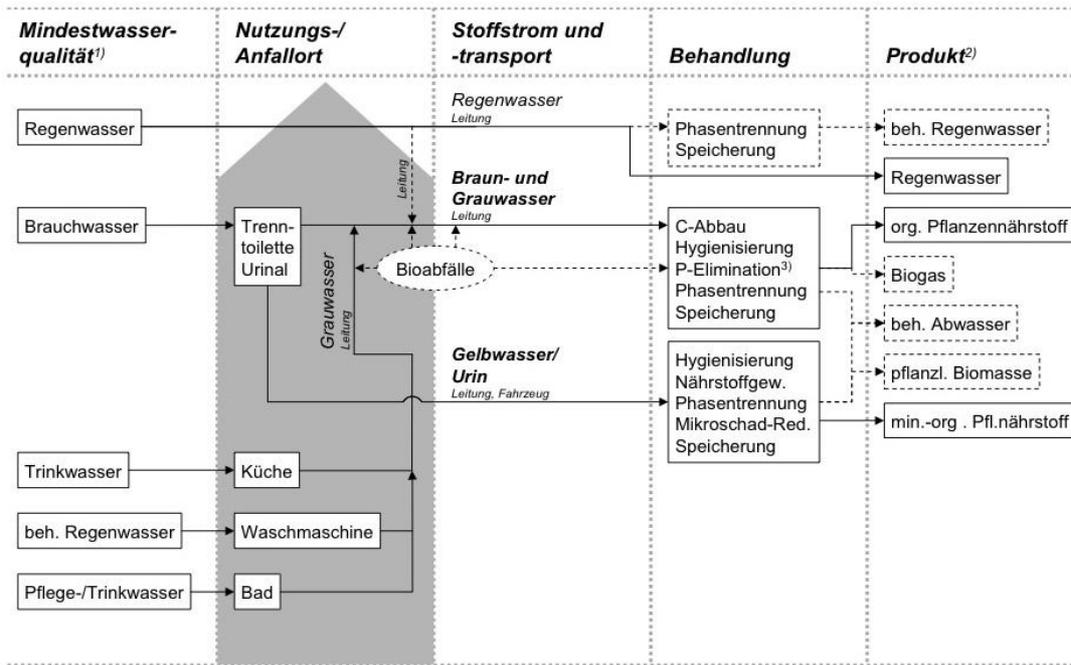
1) Höhere Wasserqualitäten für die Nutzung einsetzbar

2) Verbleib gemäß Tab. 4.2

3) Nur bei Küchenabfällen sinnvoll

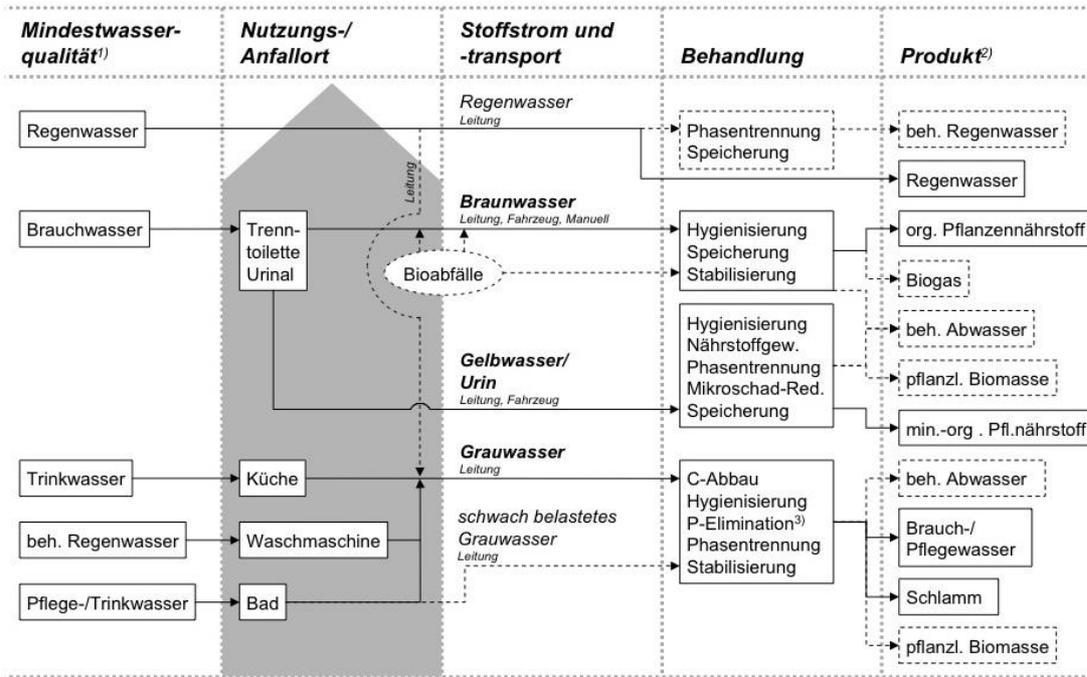
Abb. 4.2: Systemdarstellung für Schwarzwasser 2-Stoffstromsysteme

Anhang 23 Systemdarstellung für Urinentrennung 2-Stoffstromsysteme



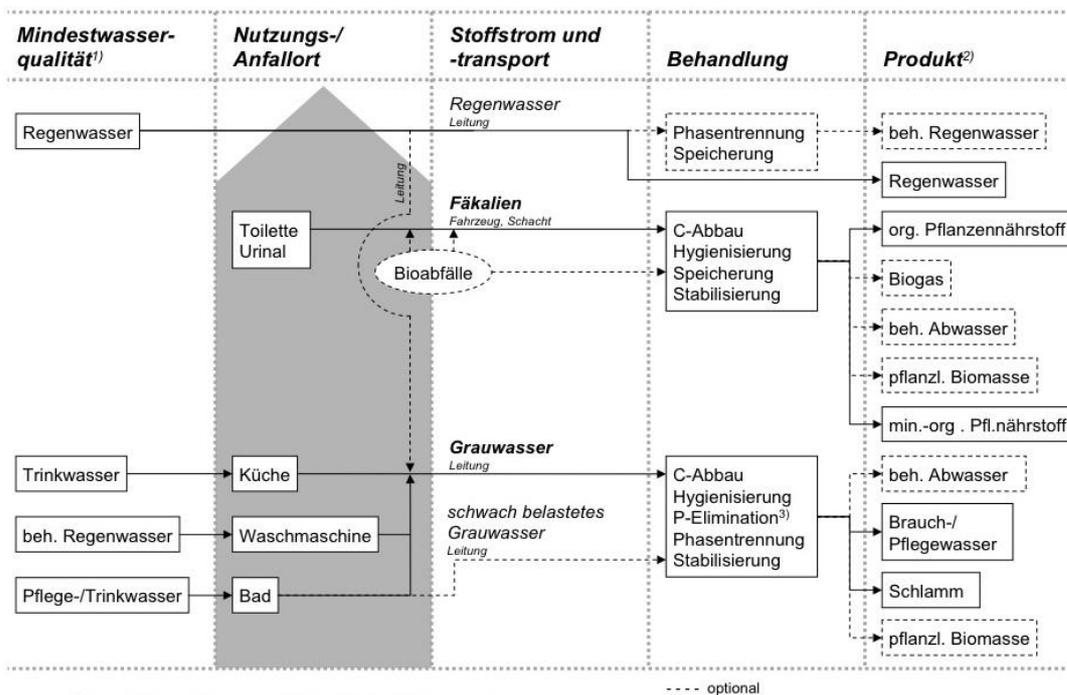
- 1) Höhere Wasserqualitäten für die Nutzung einsetzbar
 2) Verbleib gemäß Tab. 4.2
 3) Nur bei Küchenabfällen sinnvoll
- Abb. 4.3: Systemdarstellung für Urinentrennung 2-Stoffstromsysteme

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)



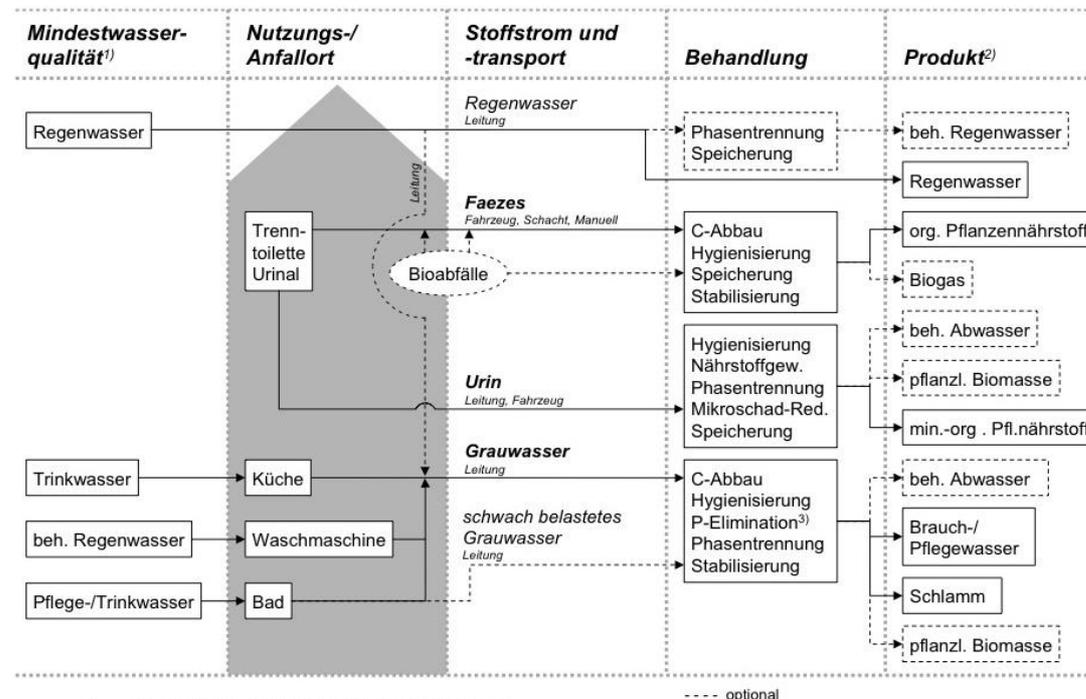
1) Höhere Wasserqualitäten für die Nutzung einsetzbar

2) Verbleib gemäß Tab. 4.2

3) Nur bei Küchenabfällen sinnvoll

Abb. 4.5: Systemdarstellung für Fäkalien 2-Stoffstromsysteme

Anhang 26 Systemdarstellung für Urinentrennung 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 Urinentrennung 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

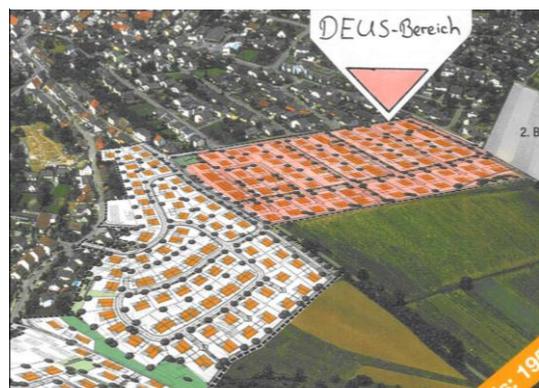
Das Konzept umfasst eine dezentrale Abwasseraufbereitung mit integrierter Entsorgung von biogenen Küchenabfällen und eine Versorgung mit hochwertigem Brauchwasser aus vor Ort gesammeltem Regenwasser.

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"



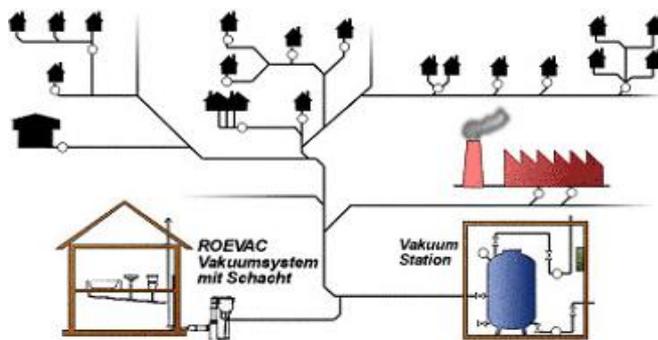
Baugebiet "DEUS 21" in Knittlingen (rote Markierung). Quelle: Bauamt_Knittlingen ()

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

Spezielles

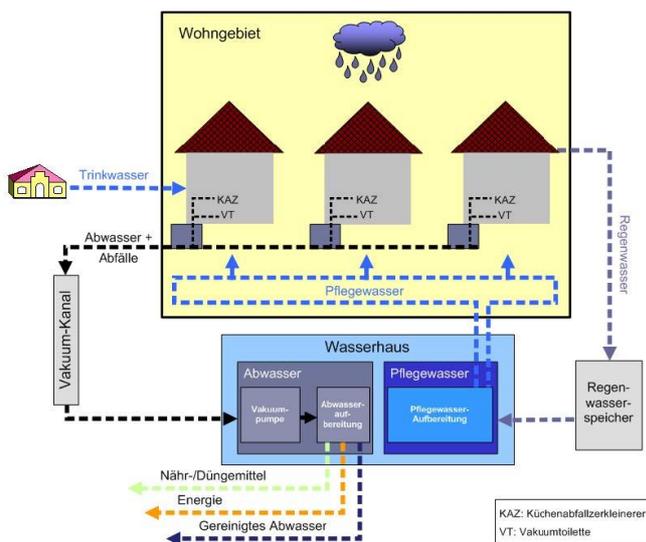
Aufgrund von Schadstoffen (Fungiziden, Algiziden, Bakteriziden), welche vermutlich aus den Fassadenoberflächen der Neubauten in das auf dem Areal gesammelte Regenwasser eingetragen werden, kann das Pflegewasser nicht zur Wiederverwendung eingesetzt werden. Eine entsprechende Bewilligung fehlt bislang,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

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 Vakuumstation 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)

¹ 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

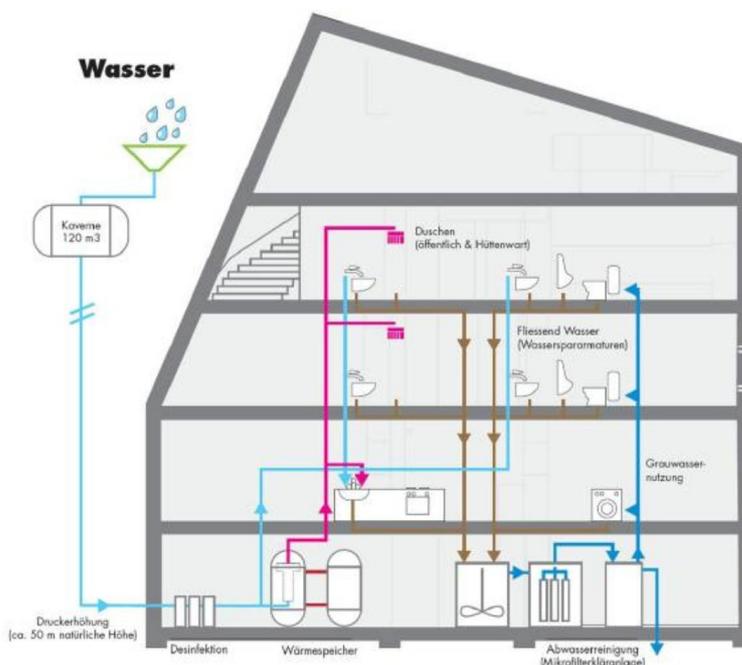
Die Neue Monte Rosa Hütte (NMRH) ist ein Forschungs- und Demonstrationsobjekt der ETH auf 3000 m ü. M. Das Gebäude kann nur zu Fuss, mit Skiern oder per Helikopter erreicht werden, daher sollten die technischen Lösungen möglichst energie- und wasserautark und robust sein.

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

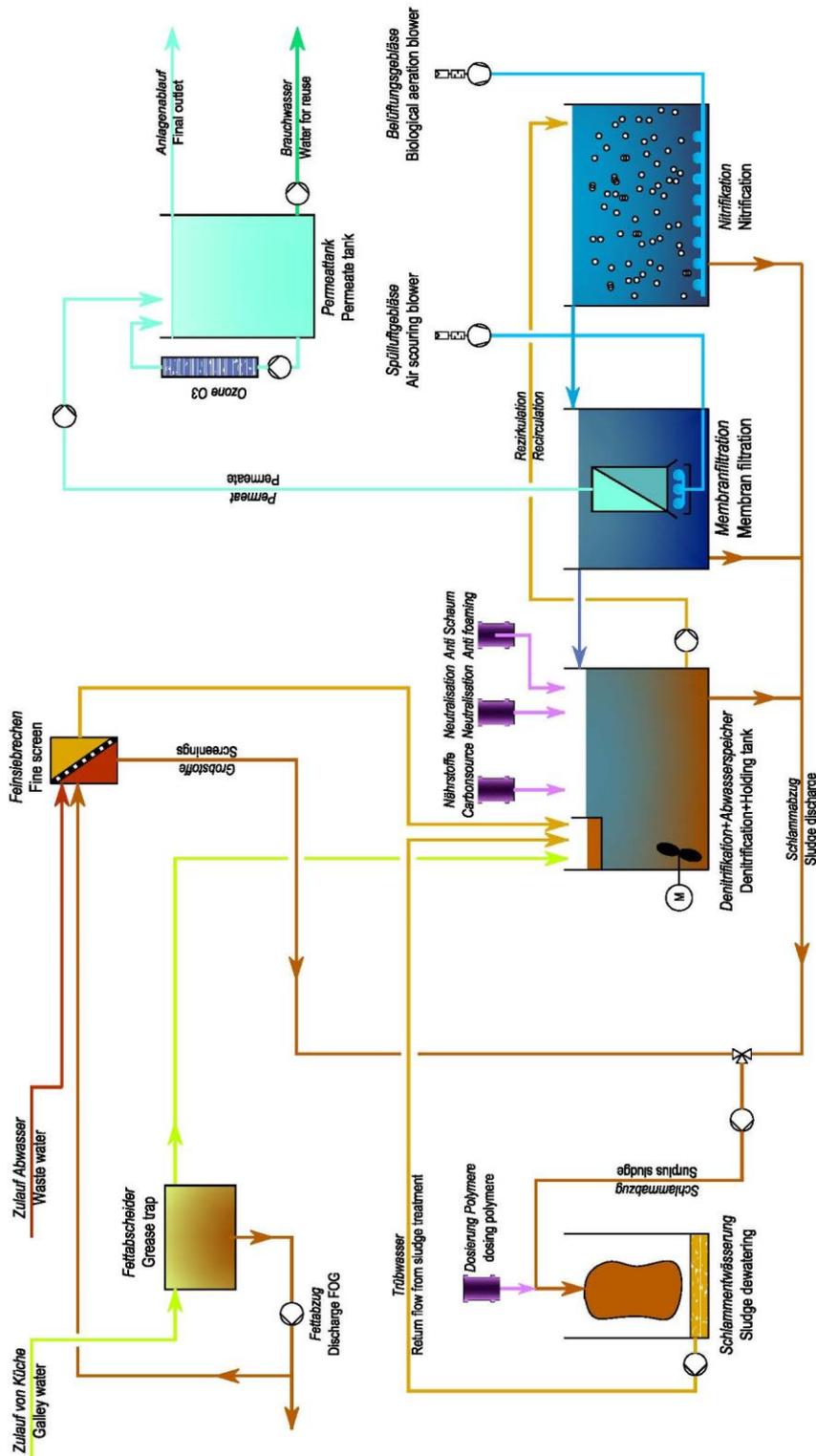
Das Frischwasser wird aus Schmelzwasser gewonnen, welches in einer Kaverne gelagert und während des ganzen Betriebsjahres verwendet wird.

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)



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

Martin
 Werlichstraße 10
 96515 Sonneberg / Germany
 +49 3675 7335-0
 info@martin-systems.de
 www.martin-systems.de

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

Stand 10/2011

Verfahrensschema: Zulauf Abwasser (Schmutzwasser), Feinsiebtechen, 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.

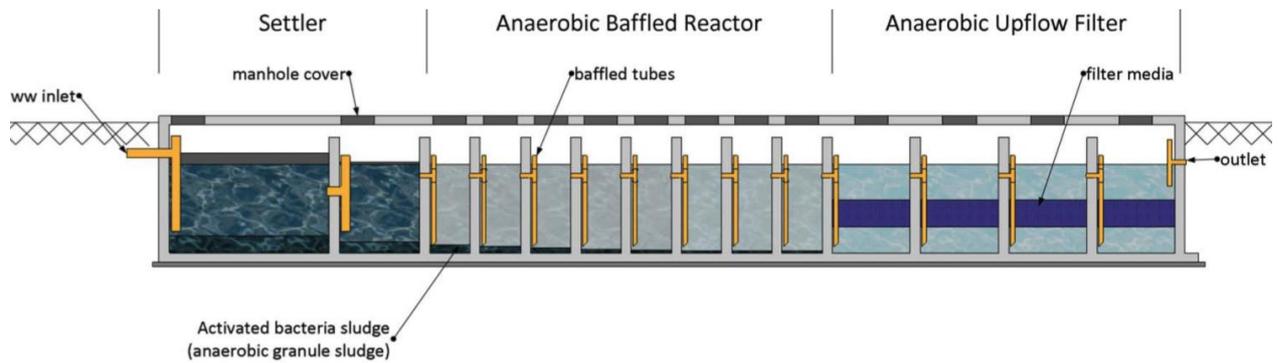
Schmutzwasser (1-Stoffstromtrennung) fließt mit Schwerkraft in und durch die einzelnen Kompartimente des "High Rate Anaerobic Reactor" (HRAR). 1. Stufe: physikalische Absetzung ("Settler") von Feststoffen, 2. Stufe: biologische Klärung im "Anaerobic Baffled Reactor" (ABR) und im "Anaerobic Upflow Filter" (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"



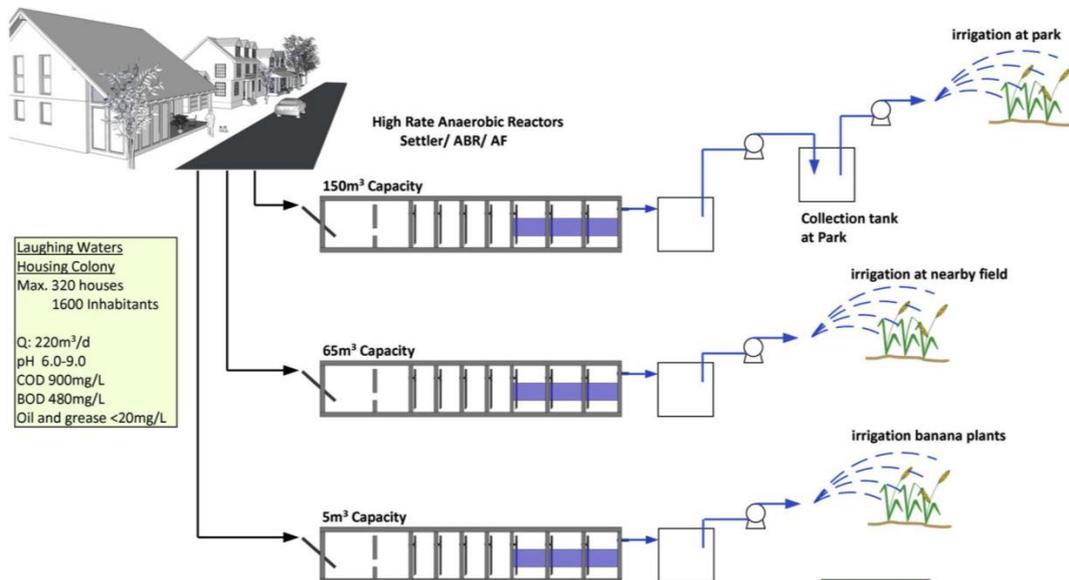
Situationsplan (2009) mit drei HRAR- Standorten: 5 m³, 65 m³, 150 m³ Fassungsvermögen. Bauperimeter (blaue Linie). Quelle: Zimmermann (2011)

Anhang 34 Längsschnitt durch einen HRAR



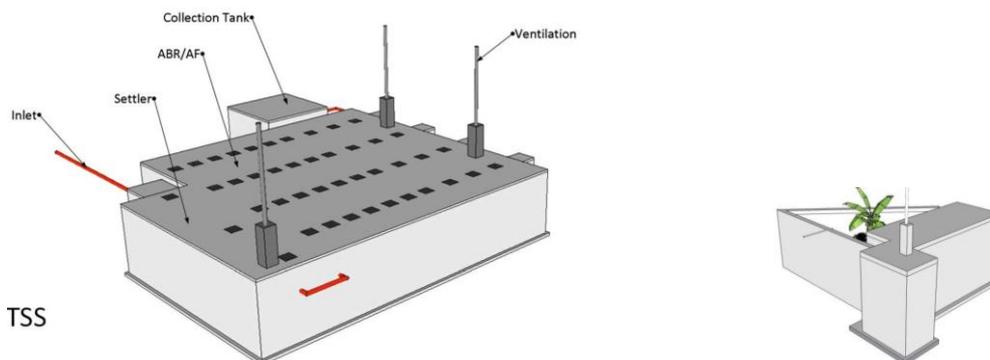
HRAR-Anlage: Ein- und Auslauf, Absetzbecken ("Settler"), "Anaerobic Baffled Reactor" (ABR) und "Anaerobic Filter" (AF). Quelle: Zimmermann (2011)

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 m³ respektive 5 m³ Volumen



Links: Im Erdreich eingebauter HRAR (150 m³) mit gedecktem Sammel-tank. Rechts: Freistehender HRAR (5 m³) 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 Bauträger² 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.

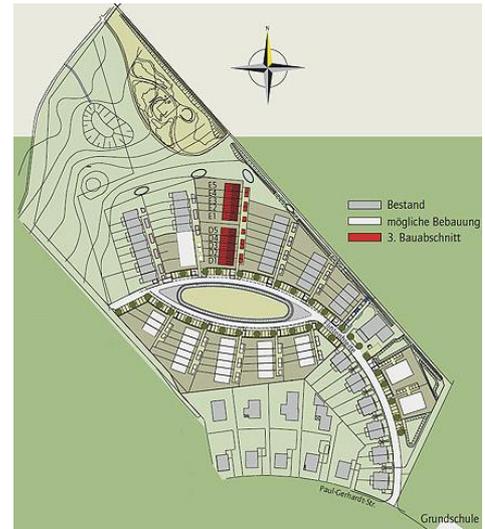
Grauwasser wird über eine Pflanzenkläranlage mit vorgeschalteter Sedimentationsstufe gereinigt und danach in ein nahe gelegenes Gewässer eingeleitet. Die Pflanzenkläranlage, ein dreiteiliger, mit Schilf bepflanzter Sandfilter, wird intervallweise vertikal beschickt.

Schwarzwasser, durch Vakuumtoiletten erfasst, wird mit separat gesammelten, zerkleinerten Bioabfällen vermischt und thermisch hygienisiert³, 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

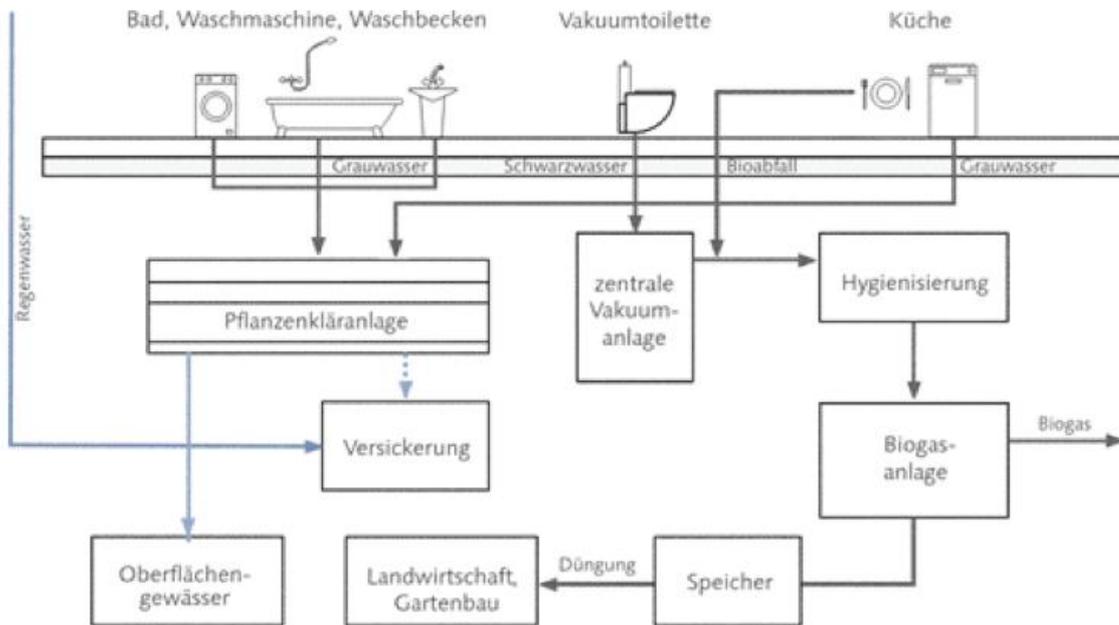


Ausbaustand 2012: Bestand (grau), aktueller Bauabschnitt (rot), möglicher Ausbau (weiss). Quelle: Schütt (2012)

² Generalunternehmer, der auch das Grundstück für den späteren Besitzer beschafft

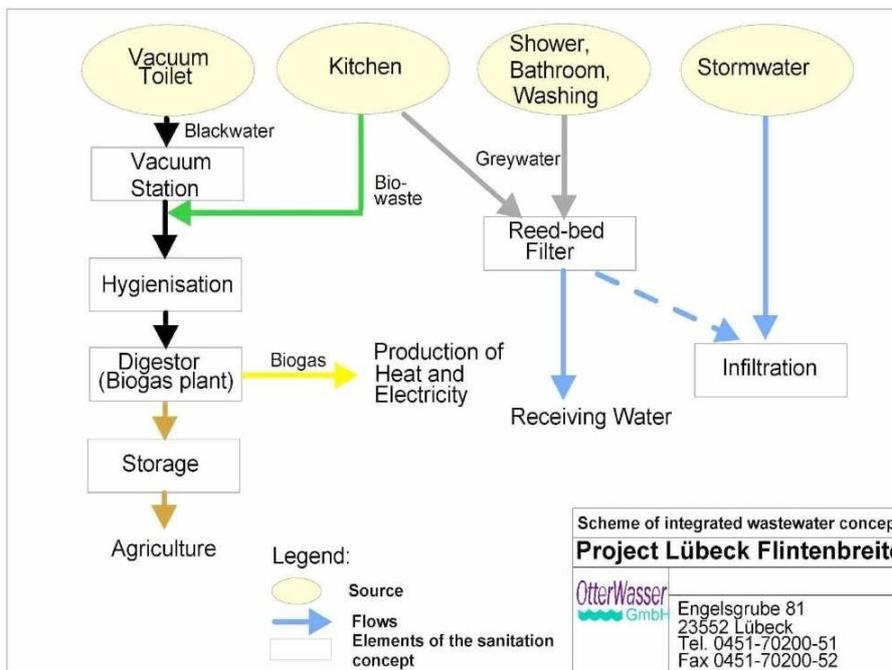
³ Während einer Stunde auf 70 °C erwärmt

Anhang 38 Fließschema Flintenbreite mit einzelnen Stoffströmen



Fließschema mit den Stoffströmen Grauwater, Schwarzwater mit Bioabfällen und Regenwater. Quelle: Ecologic_Architecture (2011)

Anhang 39 Fließschema Flintenbreite mit Abwasserquellen



Fließschema mit den Abwasserquellen und den Stoffströmen. Grauwater aus Küche und Bad, Schwarzwater 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.

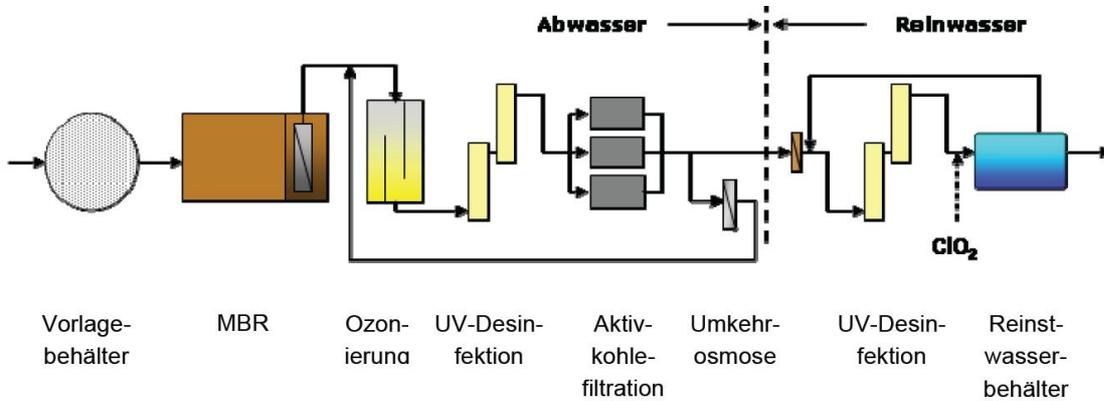
Grau- und Schwarzwasser werden getrennt erfasst (S2, 2-Stoffstromsystem).

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.

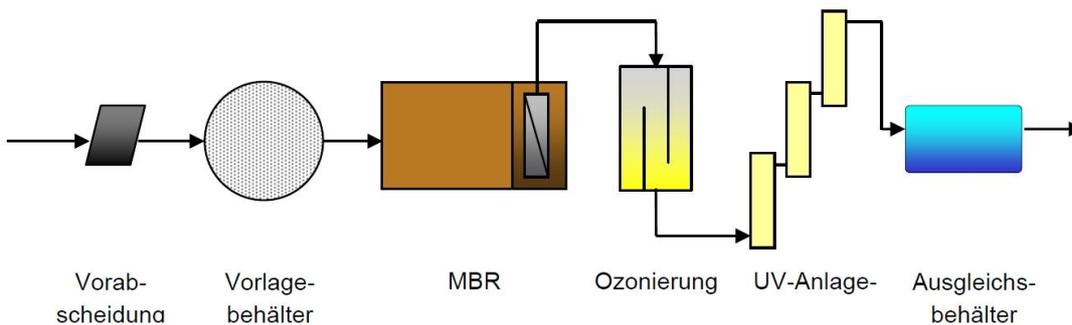
Das aufbereitete Wasser wird wiederverwendet, das Schwarzwasser zur Toilettenspülung, das Grauwasser zum Duschen und Wäschewaschen. (Villeroy_&_Boch et al., 2009)

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)

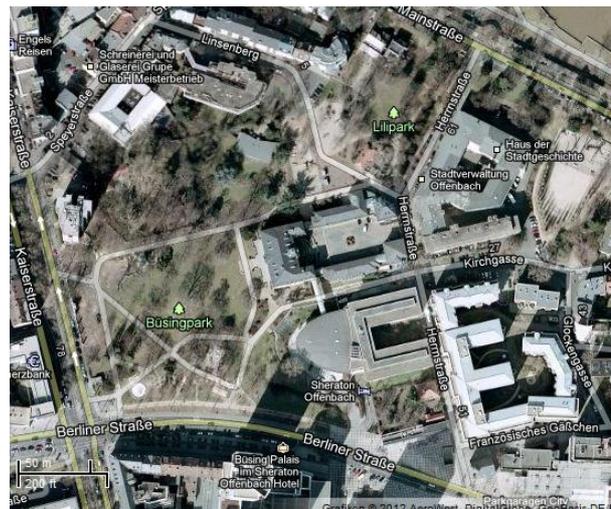
2.4 Hotel Arabella, D-Offenbach

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

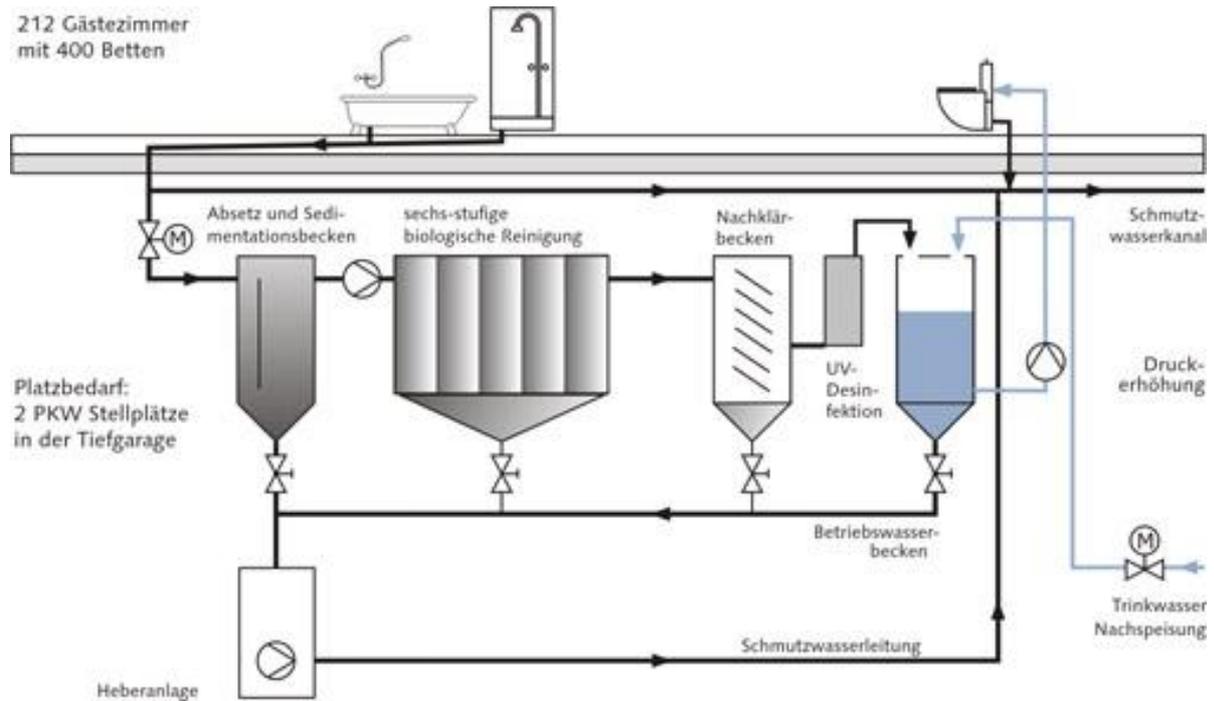
Abwasserkonzept

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), Heberanlage. 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.

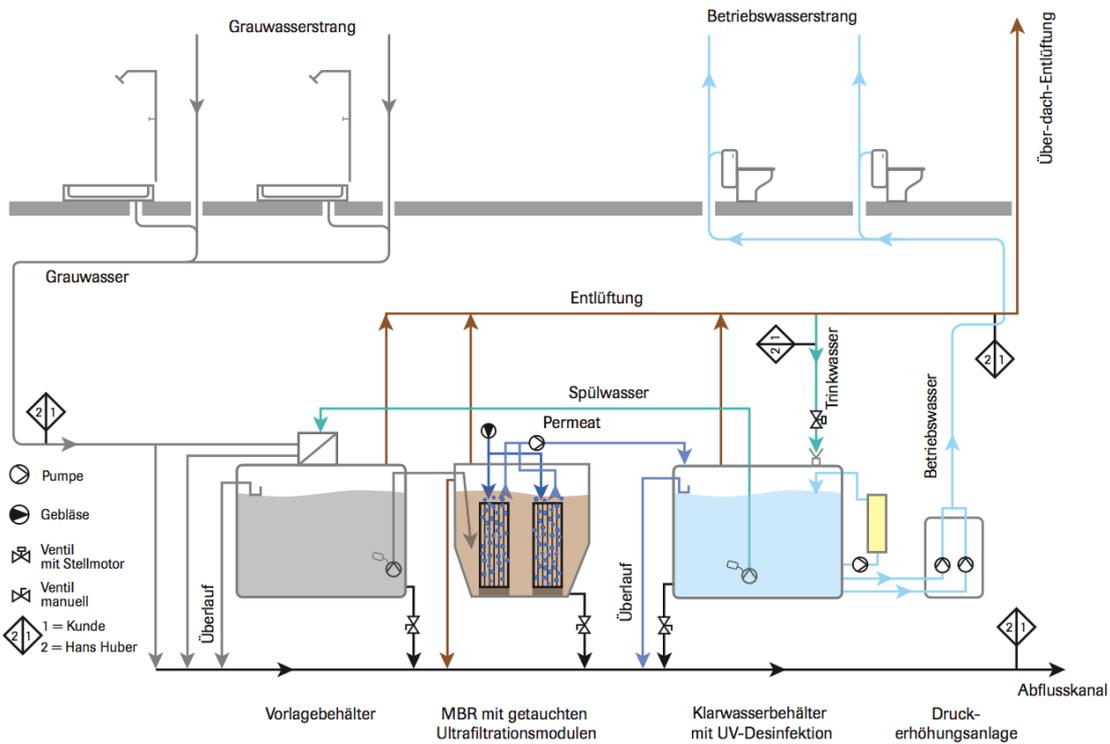
Grauwasser aus den Nasszellen des Seminargebäudes, aus den öffentlichen Toiletten des Haupthauses, der Theke und der Waschmaschine wird erfasst und im Vorlagebehälter gelagert. Die Aufbereitung erfolgt in einem Membranbioreaktor mit Ultrafiltration. Das Permeat lagert im Klarwassertank und zirkuliert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

(Pinnekamp/Günthert, 2010)

Spezielles

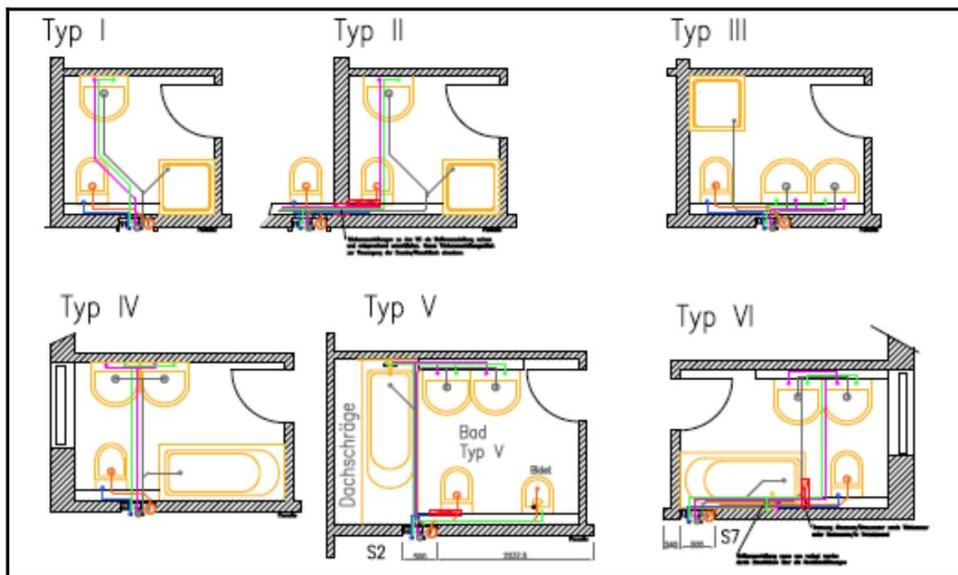
Die Betriebskontrolle erfolgt per Datenfernübertragung. Der Einbau der neuen Brauch- und Grauwasserleitungen sowie der Umbau der Nasszellen erfolgte bei laufendem Hotelbetrieb während einer Bauzeit von 10 Tagen, zuzüglich Anlageaufbau. Das Seminargebäude war beim Umbau während nur 9 Kalendertagen geschlossen. 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, Holzschnitzel, 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.

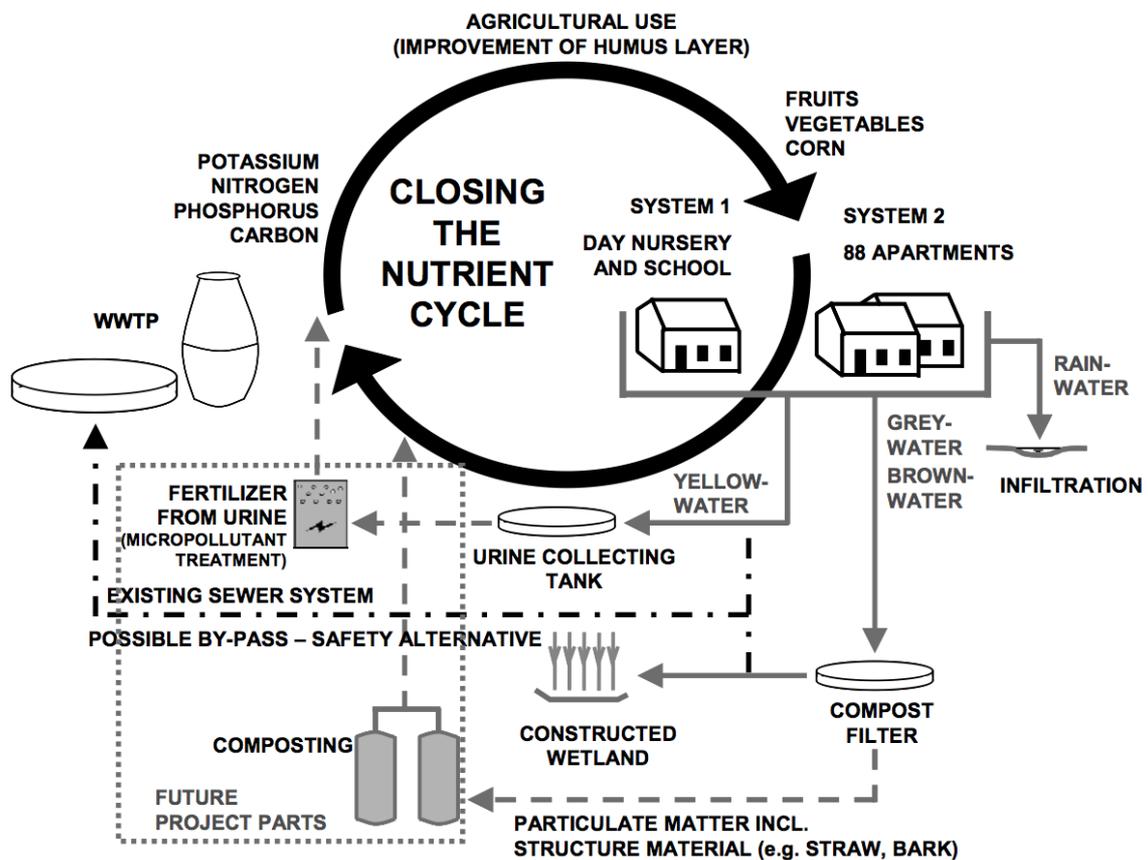
Aufgrund fehlender Bewilligung muss das gereinigte Schwarzwasser heute noch in die Kanalisation eingeleitet werden.

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 m³, sind randvoll und bereit zum Einsatz für ein Forschungsvorhaben. Interessierte können sich bei Herrn Bollmann melden.⁴

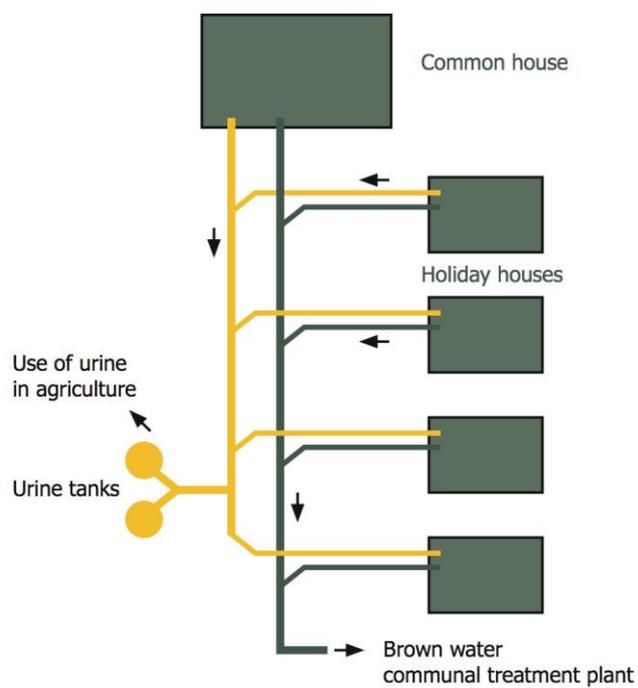
⁴ Notiz: Telefongespräch mit Hr. Bollmann, Architekt Stranddorf Augustenhof (Bollmann, 2011)

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)

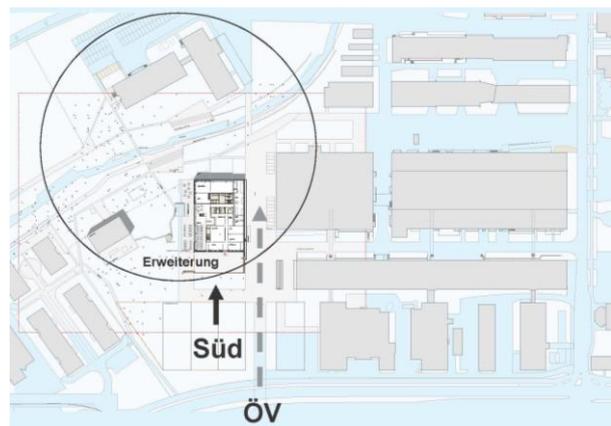
3.4 "Forum Chriesbach", Eawag, CH-Dübendorf

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.

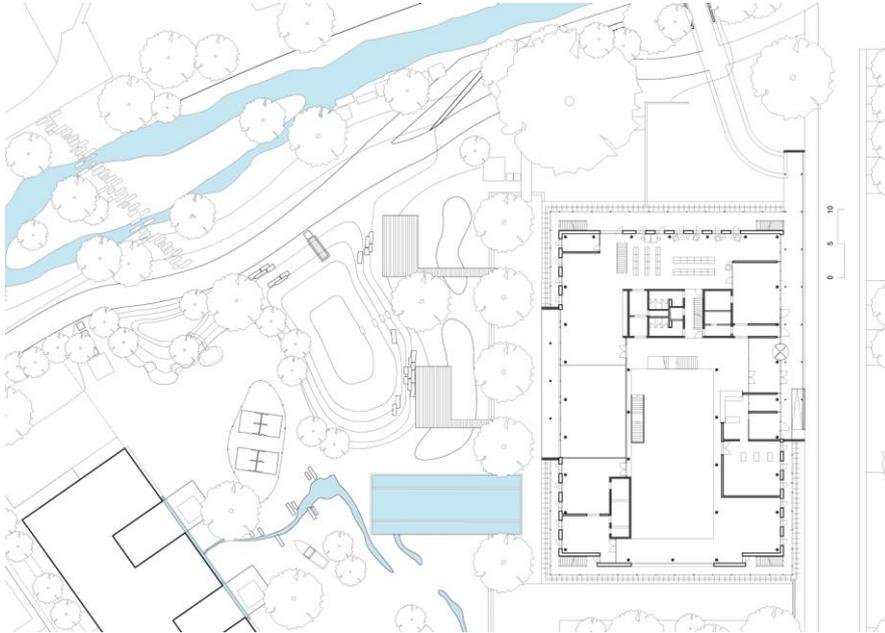
Regenwasser wird auf dem Dach des Gebäudes gesammelt, filtriert und im Speicherbecken, welches Teil der Umgebungsgestaltung ist, gelagert. Das so gewonnene Regenwasser wird zur Spülung der Trenn-WCs verwendet, was die Bildung von Urinstein verhindert. (Goosse, 2009)

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

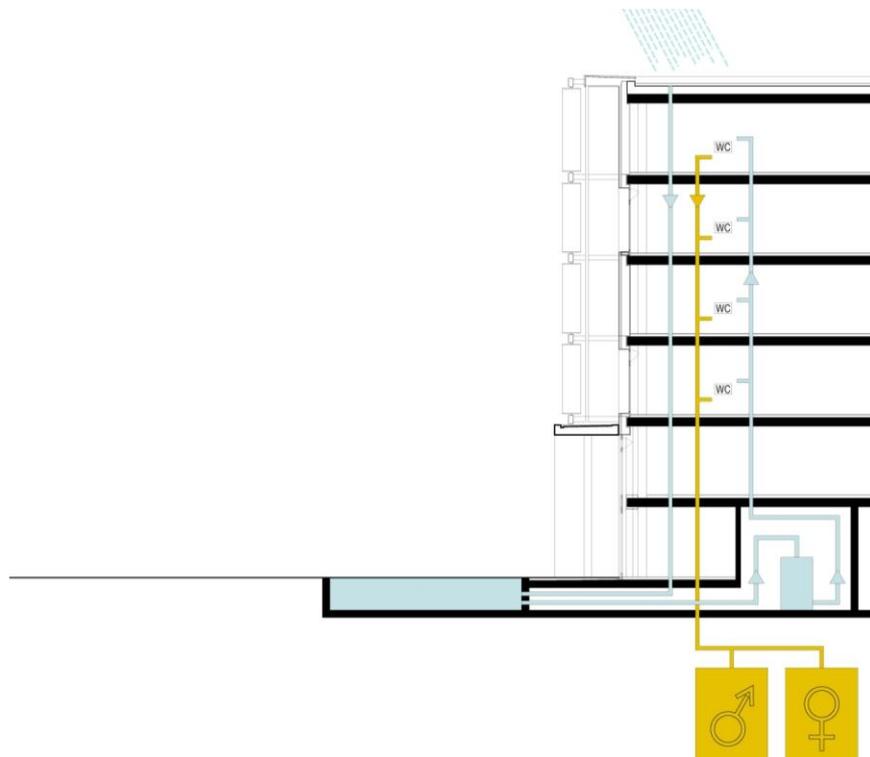
Verlusten von Stickstoff im gelagerten Urin geführt hat. Es wurden Urinale von fünf Herstellern getestet. Begleitend zum Projekt wurden Akzeptanzstudien durchgeführt.

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.

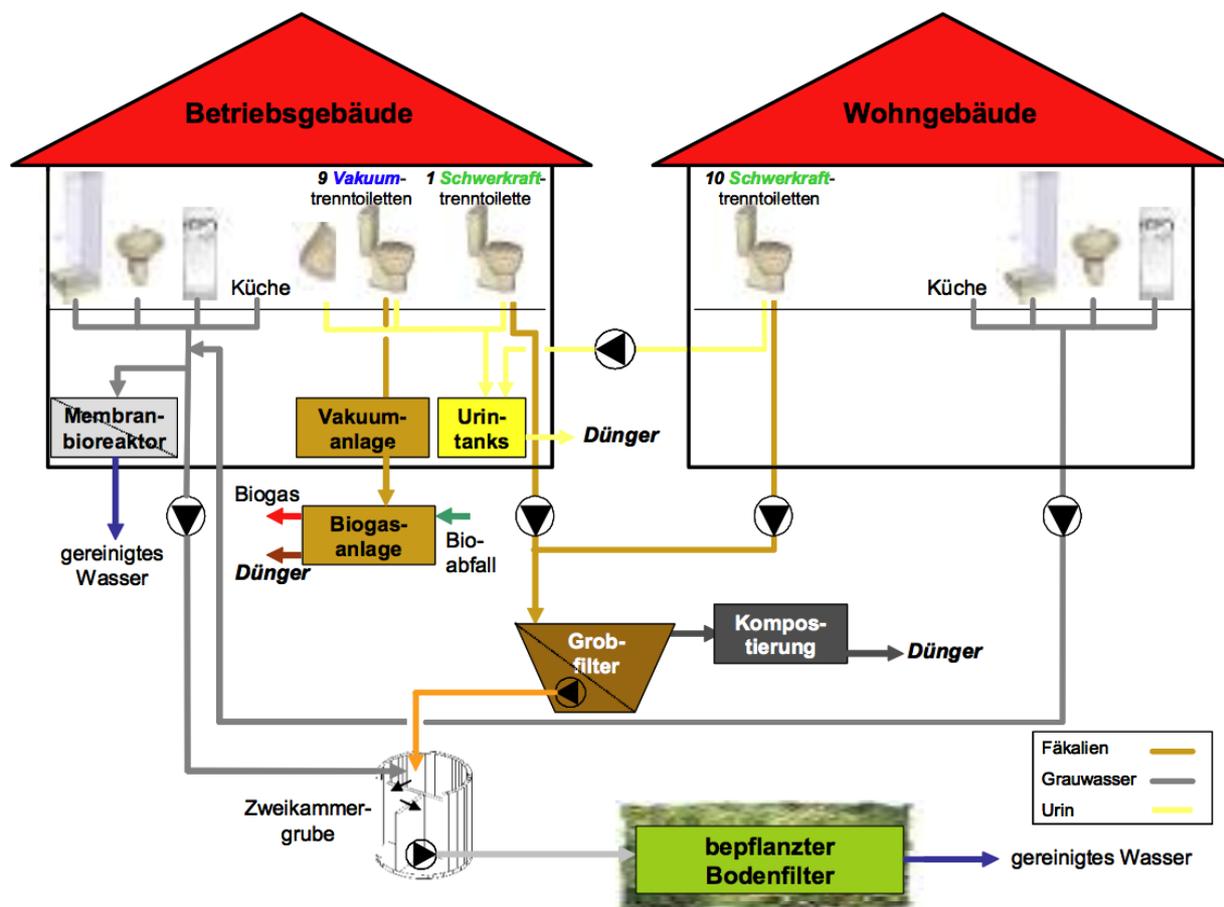
Grauwasser wurde mit dem Filtrat des Braunwassers gemischt und über eine Zweikammergrube (Vorklärung) in die Pflanzenkläranlage geleitet, um dort biologisch gereinigt zu werden. Als Variante wurde Grauwasser (ohne Braunwasserfiltrat) im Membranbioreaktor aufbereitet. Das behandelte Abwasser wurde in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

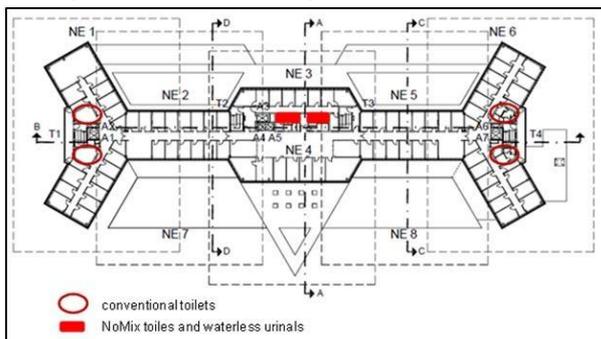
4.6 "SANIRESCH", Bürogebäude der GIZ, D-Eschborn

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.

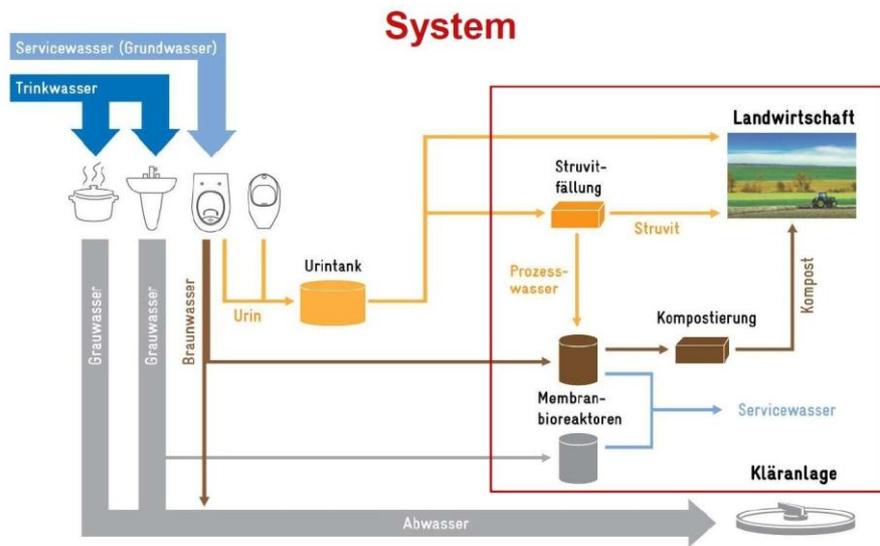
Grauwasser gelangt über einen Zwischenspeicher ebenfalls zur Aufbereitung in einen MBR. Das Permeat aus der Braun- und der Schwarzwasseraufbereitung wird nur zu Forschungszwecken erzeugt, zur Toilettenspülung wird aus ökonomischen Gründen lokales Grundwasser verwendet.

(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

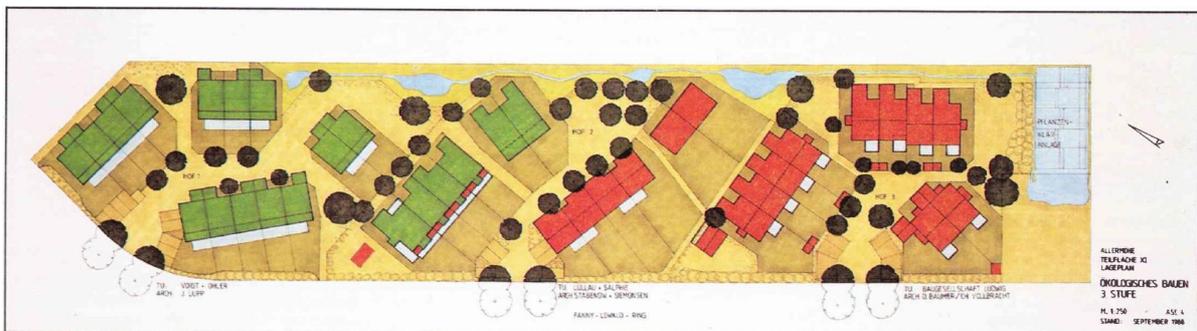
Anz. WE:	Anz. Bew.:	Baujahr:	Gebäudetyp:	Gebäudenutzung:	Projekttyp:
36	105	1985–2002	Neubau	Wohnen (E)	Angewandt

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.

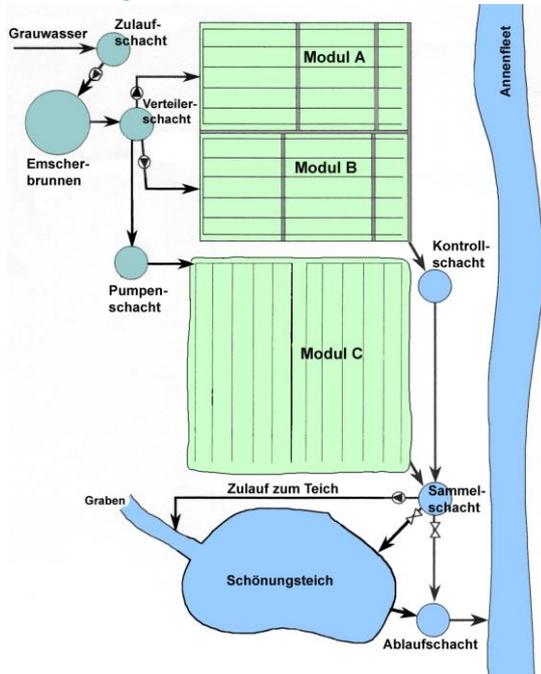
Abwasserkonzept

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.

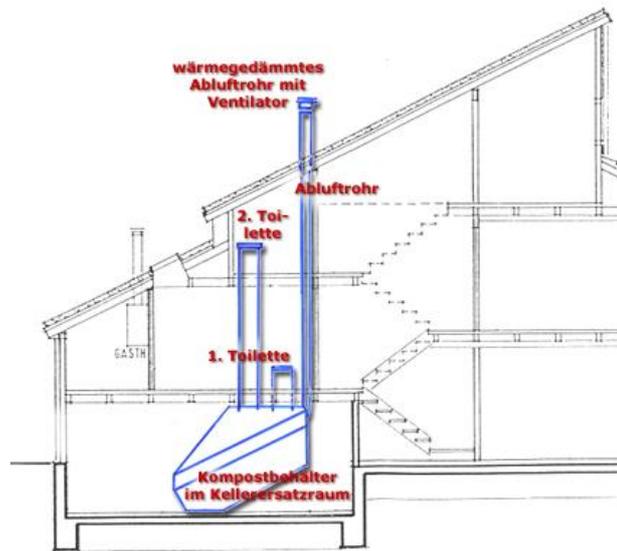
Grauwasser wird über einen Zulaufschacht in einen Emscherbrunnen/Imhoff-Tank geleitet und dort mechanisch vorgereinigt. Danach erfolgt die biologische Klärung im dreiteiligen intervallbeschickten Vertikalfilter, welcher mit Schilfrohr (*Phragmites Australis*) bepflanzt ist. Anschliessend wird das Grauwasser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

Anhang 62 Fließschema Grauwasserverarbeitung, Ökosiedlung Allermöhe



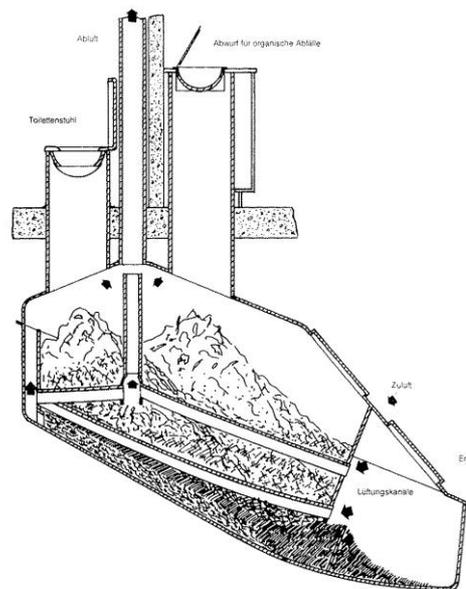
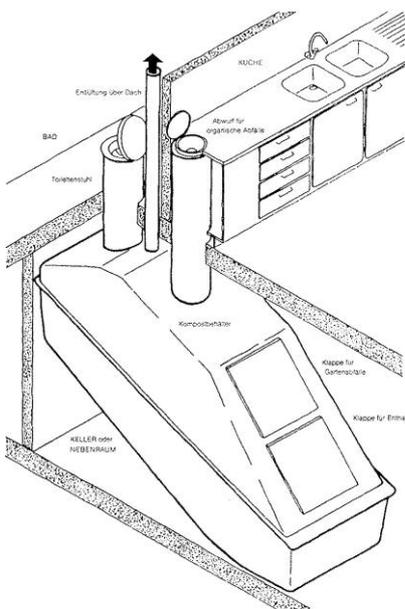
Fließschema für die Grauwasserbehandlung mit Emscherbrunnen, den drei Klärbeeten und dem Schönungsteich. Quelle: Mangold (2011)

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

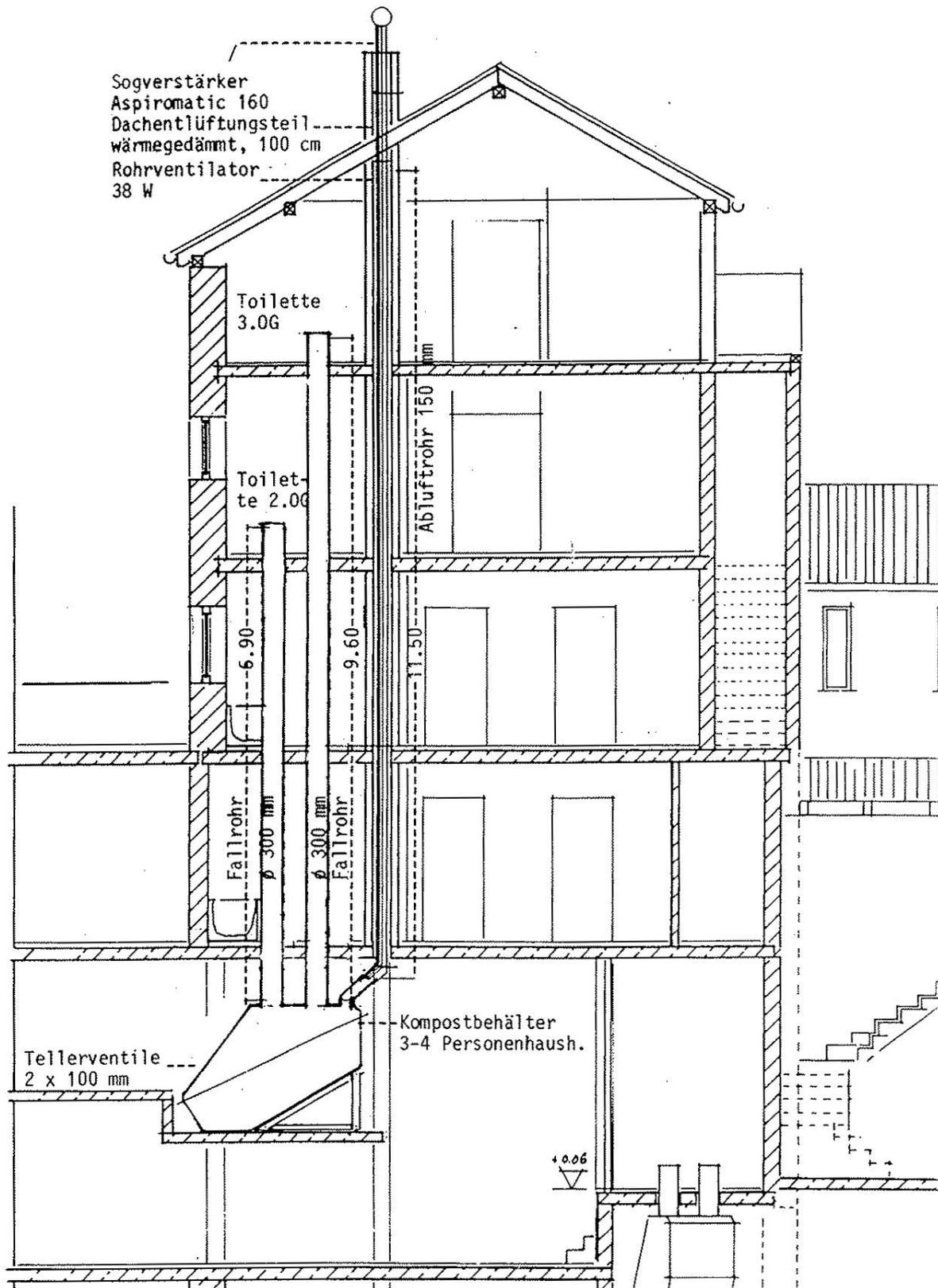
Erstmals wurden Komposttoiletten auf bis zu vier Stockwerken eingebaut. Dadurch wurden an einen Kompostbehälter Toiletten von mehreren Wohnungen angeschlossen, was sich als problematisch herausgestellt hat. Einerseits muss in diesem Fall die Arbeit am Kompostcontainer unter mehreren Parteien aufgeteilt 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.

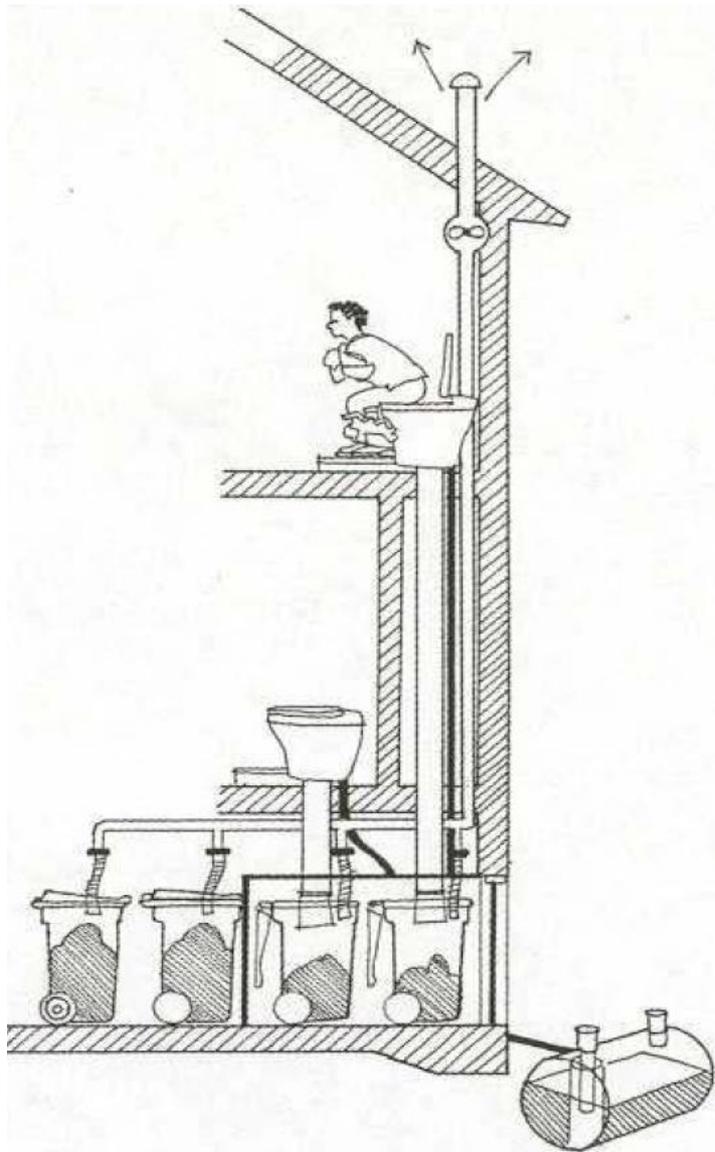
Grauwasser wird in einer nahe gelegenen ARA aufbereitet. (Syahril et al., 2005)

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)

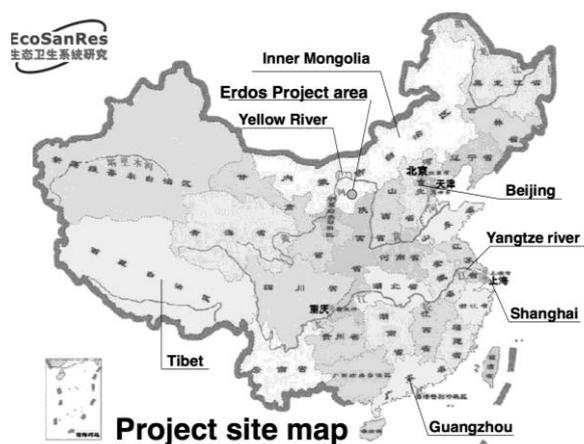
6.2 Ecotown Erdos, Dongsheng, Innere Mongolei, China

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.

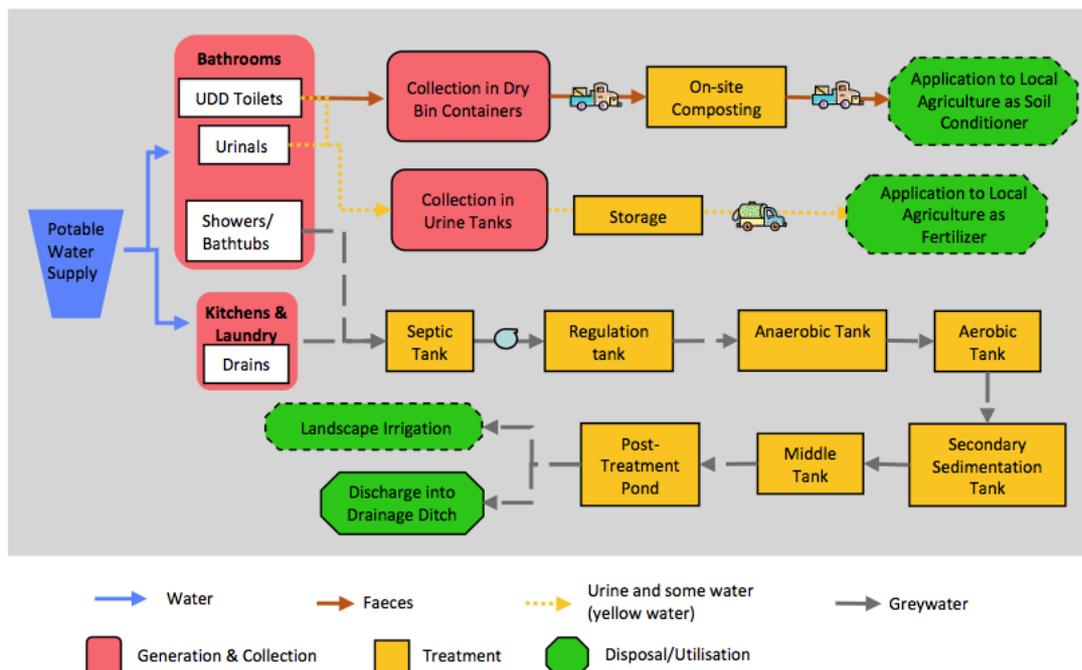
Grauwasser wurde in einem mehrstufigen Verfahren behandelt, bevor es versickert wurde: Absetzbecken, anaerobe Behandlung, Belebtschlammverfahren, aerobes Biofilm-Verfahren, zweites Absetzbecken, Teich als Wasserspeicher. (Flores, 2010; Flores et al., 2009; Mc Conville/Rosemarin, 2011)

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

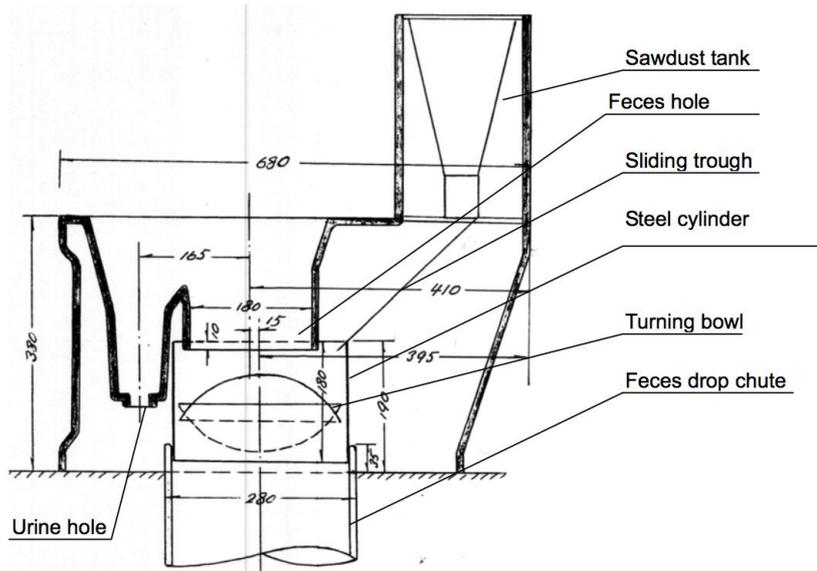
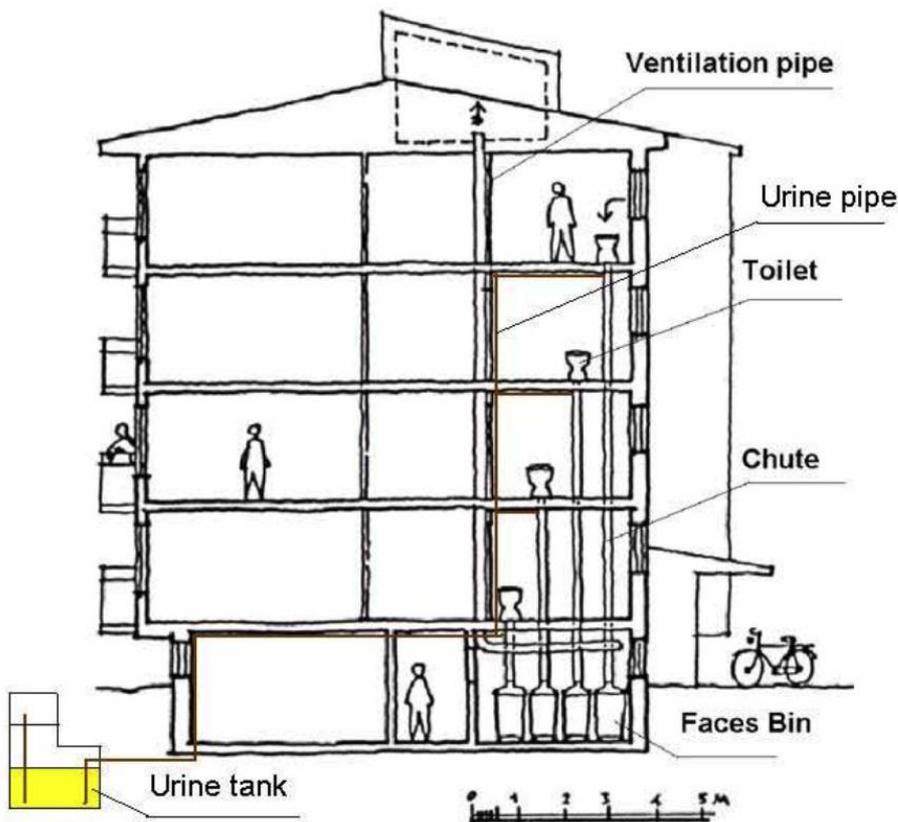


Figure 2-2 Section of the toilet and mechanism

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 Trinchieria, 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/deTrinchieria-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/Implenia. (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
- 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
- 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
- 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
- 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
- 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
- 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
- Oldenburg, M. (2007). *Final cost calculation report for the demonstration project "Sanitation Concepts for Separate Treatment of Urine, Faeces 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
- 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
- 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
- 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
- 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

- 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
- 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
- Villerooy_&_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
- Zimmermann, N. (2011). *Decentralized Wastewater Treatment Solution for Laughing Waters*. [ppp]. Autark Engineering AG.