

**Welchen Nutzen / Wert haben die Reststoffe
(der neuartigen Sanitärsysteme)**

**PD Dr. rer.nat Joachim Clemens
Dr.-Ing. Heinrich Herbst**

3. Workshop
02. Dezember 2008
Weimar

Einleitung

Stoffströme

Nutzenpotenzial

Schwarzwasser

Braunwasser

Gelbwasser

Grauwasser

Regenwasser

Ausblick

Einleitung

- NASS bedeutet eine Vielzahl von Systemen
- Input in NASS kommt nur aus relativ definierten Quellen (z.B. nur aus Haushalten)
- Herkunft der Schadstoffe bekannt:
 - ➔ Braun/Schwarz/Gelbwasser: Ernährung, Medikamente
 - ➔ Grauwasser: Waschmittel
- Der Output aus NASS wird als Produkt angesehen
- Input in konventionelles System ist nicht näher definiert



Konzentration und Verdünnung

Einleitung

Stoffströme

Nutzenpotenzial

Schwarzwasser

Braunwasser

Gelbwasser

Grauwasser

Regenwasser

Ausblick

- Nährstoffe gelangen zum Menschen in konzentrierter Form.
- Sie werden von der Fläche aufkonzentriert und in die Stadt transportiert.
- Durch die „Benutzung“ werden sie in Form von Abwasser und Abfall verdünnt.
- Das Gleiche gilt für Waschmittel, Medikamente etc.



Justus von Liebig „Landwirtschaft und Canalisation der Städte (1876)“

- „Würden zu dem täglichen Beitrag, der sich in London ergebenden Canalflüssigkeit... 75 Tonnen Phosphorsäure... hinzugefügt ...so erhielte man eine Mischung, die 2.650 Tonnen Stalldünger und 652 Tonnen Perugano entspricht.“
- „...wird es nöthig sein, diesselbe (hier: die Canalflüssigkeit) dahinzuleiten, nämlich auf das platte Land, wo sie unmittelbare Verwendung finden kann...“
- „Voraussichtlich werden Einrichtungen dieser Art....grosse Summen kosten,... Allein einmal muss dies geschehen (um die Landwirtschaft weiter zu betreiben)“

Reststoffe der häuslichen Abwasserbehandlung

Einleitung
Stoffströme
Nutzenpotenzial
Schwarzwasser
Braunwasser
Gelbwasser
Grauwasser
Regenwasser
Ausblick

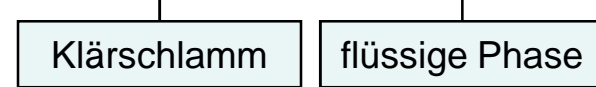
konventionelles System

Abwasserbehandlung



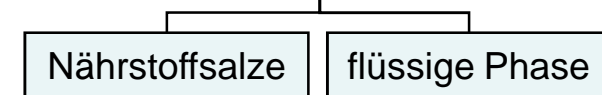
NASS

Grauwasserbehandlung

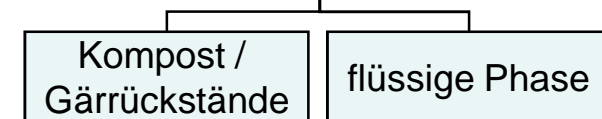


Schwarzwasserbehandlung

Gelbwasserbehandlung



Braunwasserbehandlung



Nutzen der Reststoffe im konventionellen Systemen

Einleitung
Stoffströme
Nutzenpotenzial
Schwarzwasser
Braunwasser
Gelbwasser
Grauwasser
Regenwasser
Ausblick

- **Sandfanggut**
(6 L/(E*a) u. Dichte 1,6 Mg/m³ (WAGNER, 2004); Deponie 35-155 €/Mg entspr. 1,5 €/(E*a))
 - im Wegebau bei geringer org. Belastung oder Deponierung
- **Rechengut**
(6 L/(E*a) u. Dichte 0,6 Mg/m³ (WAGNER, 2004), Kosten Verbrennung 95-480 €/Mg entspr. 2 €/(E*a))
 - Co-Fermentation
- **Klärschlamm**
(ca. 20 kg TS/(E*a) mit 280 €/Mg TR entspr. ca. 6 €/(E*a))
 - anaerobe Stabilisierung Erzeugung von Biogas ab Anlagen > 10.000 E (Biogas zur Erzeugung thermischer u. elektrischer Energie)
 - thermische Entsorgung (Mitverbrennung, Monoverbrennung)
 - landwirtschaftliche Nutzung (Landschaftsbau, Landwirtschaft)



Welche Produkte gibt es ?

Einleitung

Stoffströme

Nutzenpotenzial

Schwarzwasser

Braunwasser

Gelbwasser

Grauwasser

Regenwasser

Ausblick

- **Schwarzwasser**
 - ausgefault: Schlamm, Biogas, Schlammwasser
 - kompostiert: Kompost, Sickerwasser
- **Braunwasser**
 - ausgefault: Schlamm, Biogas, Schlammwasser
 - kompostiert: Kompost, Sickerwasser
- **Gelbwasser**
 - Restwasser
 - Nährstoffsalze
- **Grauwasser**
 - schwach belastetes Grauwasser: hochwertiges Brauwasser
 - stark belastetes Grauwasser: „konventionelles Abwasser“
- **Regenwasser**
 - nicht behandlungsbedürftiges Regenwasser: Brauchwasser



Welchen Nutzen gibt es?

Einleitung

Stoffströme

Nutzenpotenzial

Schwarzwasser

Braunwasser

Gelbwasser

Grauwasser

Regenwasser

Ausblick

- **Wasser:** 1,5 €/m³ bzw. 0,2 €/(E*d)
(in Anlehnung an Trinkwasserkosten)
- **Humus:** 0 €/kg (in Deutschland)
- **Nährstoffe** (spezifische Kosten als Richtwert)

N	1,35 €/kg
P	1,5 €/kg
K	0,5 €/kg
S	0,6 €/kg

- **Energie (Biogas):**
200 L CH₄/kg CSB bzw. 2 kWh/kg CSB

Verschiedene Produkte aus NASS

Einleitung	Realisation	Volumen [l/(E*d)]	CSB [g/l]	N [g/l]	P [g/l]	K [g/l]	S [g/l]	
Nutzenpotenzial								
Schwarzwasser	Gärrest (+)	8	4,4	1,3	0,19	0,4	0,1	
Braunwasser	Schwarzwasser- behandlung							
Gelbwasser	Gärrest (+)	8	3,8	0,2	0,06	0,09	0,02	
Grauwasser	Braunwasser- behandlung							
Regenwasser								
Ausblick								
	Kompost Faezes	+	0,2	105	6,8	2,5	3,5	1,0
	Kompost Fäkalien	+	0,2	123	17,9	3,8	8	2,3
	Grauwasser		10,7		0,1	0,05	0,1	0,25
	Urin behandelt	+	1,4	5	8,30	0,8	1,9	1,6
	Urevit	+	1,4	10	9,1	0,7	5,7	2,5
	Struvit	+			60 (g/kg)	130 (g/kg)		
	Ammoniumsulfat	+			bis 90			bis 60



Nutzenpotenzial

Einleitung
 Stoffströme
Nutzenpotenzial
 Schwarzwasser
 Braunwasser
 Gelbwasser
 Grauwasser
 Regenwasser
 Ausblick

	Schwarz- wasser	Mineraldünger in Deutschland	Anteil	Wert
	Gg/a	Gg/a	%	Mio. €
N	300	1.785	17	405
P	40	121	33	60
K	80	345	23	40
	Summe			505

Annahme: 60 Mio. EW in Deutschland



Nutzenpotenzial – Vergleich Schwarzwasser + Gülle

Einleitung
 Stoffströme
Nutzenpotenzial
 Schwarzwasser
 Braunwasser
 Gelbwasser
 Grauwasser
 Regenwasser
 Ausblick

	Schwarz- wasser	Gülle in Deutschland	Anteil
	Gg/a	Gg/a	%
N	300	1.158	26
P	40	260	15
K	80	1.160	7

Eurich-Menden, 1997



Schwarzwasser

Einleitung

Stoffströme

Nutzenpotenzial

Schwarzwasser

Braunwasser

Gelbwasser

Grauwasser

Regenwasser

Ausblick

- **Wertstoffe**

Wasser:	2.900	L/(E*a) (Wert = 0)
N:	5,1	kg/(E*a)
P:	0,8	kg/(E*a)
K:	0,6	kg/(E*a)
S:	0,2	kg/(E*a)

- **Wert an Nährstoffen: 6,7 – 7,3 €/(E*a)**

- **Bemerkungen**

- Mineralisch organischer Dünger
- Geringe Nährstoffkonzentration (weniger als Gülle)
- hohe hygienische Verunreinigung
- hohe Belastung mit organischen Mikroverunreinigungen

Nutzen von Schwarzwasser

Einleitung

Stoffströme

Nutzenpotenzial

Schwarzwasser

Braunwasser

Gelbwasser

Grauwasser

Regenwasser

Ausblick

- Kompostierung
 - hohe Anteile an Nährstoffen P, N,
 - Bodensubstrat, da organischer Kohlenstoff
- Vergärung
 - Biogas ca. 26 kWh/(E*a)
 - hohe Anteile Nährstoffe P, N
 - Bodensubstrat wie Gülle
- Offene Fragen
 - Restabwässerentsorgung
 - organische Schadstoff
 - hygienische Belastung



Braunwasser

Einleitung

Stoffströme

Nutzenpotenzial

Schwarzwasser

Braunwasser

Gelbwasser

Grauwasser

Regenwasser

Ausblick

- **Wertstoffe**

Wasser:	2.900	L/(E*a) (Wert = 0)
N:	0,8	kg/(E*a)
P:	0,3	kg/(E*a)
K:	0,1	kg/(E*a)
S:	>0,1	kg/(E*a)

- **Wert als Düngemittel: 1,2 €/ (E*a)**

- **Bemerkungen**

- Mineralisch organischer Dünger
- sehr geringe Nährstoffkonzentration (weniger als Gülle)
- hohe hygienische Belastung
- geringe Belastung mit organischen Mikroverunreinigungen

Nutzen von Braunwasser

Einleitung
Stoffströme
Nutzenpotenzial
Schwarzwasser
Braunwasser
Gelbwasser
Grauwasser
Regenwasser
Ausblick

- **Kompostierung**
 - Nährstoffe P, N,
 - Bodensubstrat
- **Vergärung**
 - Biogas ca. 26 kWh/(E*a)
 - Nährstoffe P, N
 - Bodensubstrat wie Gülle
- **Offene Fragen**
 - Restabwässerentsorgung
 - organische Schadstoffe
 - hygienische Belastung

Gelbwasser

Einleitung

Stoffströme

Nutzenpotenzial

Schwarzwasser

Braunwasser

Gelbwasser

Grauwasser

Regenwasser

Ausblick

- **Wertstoffe**

Wasser:	500	L/(E*a) (Wert = 0)
N:	3,8- 4,2	kg/(E*a)
P:	0,4	kg/(E*a)
K:	1,0	kg/(E*a)
S:	0,8	kg/(E*a)

- **Wert als Düngemittel: 6,7- 7,3 €/ (E*a)**

- **Bemerkungen**

- mineralischer Dünger
- relativ hohe Nährstoffkonzentration (mehr als Gülle)
- geringe hygienische Belastung
- relativ hohe Belastung mit organischen Mikroverunreinigungen

Nutzen des Urin bei indirekter Nutzung

- Gewinnung von Magnesium-Ammonium-Phosphat (MAP)
 - Wert ca. 480 €/Mg MAP (unhydriert)
 - MAP geringe Belastung mit Schwermetallen und Mikroverunreinigungen
- Reststoff (Abwasser) hoch mit Ammonium befrachtet
 - Rückgewinnung durch Strippung
 - Produkt Ammoniumsulfat : Wert 170 €/Mg (8% N und 6% S)
- Offene Fragen:
 - Kosten für Fällung und Strippung
 - kaliumreiches Restwasser
 - Mikroverunreinigungen im Restwasser
 - geringe Schadstoffbelastung des MAP

Grauwasser

Einleitung

Stoffströme

Nutzenpotenzial

Schwarzwasser

Braunwasser

Gelbwasser

Grauwasser

Regenwasser

Ausblick

- **Wertstoffe**

Wasser:	27.400	l/(E*a)
N:	0,4	kg/(E*a)
P:	0,2	kg/(E*a)
K:	0,4	kg/(E*a)
S:	1,0	kg/(E*a)

- **Wert** : 20 €/ (E*a)

(in Anlehnung an Trinkwasser und Recyclingquote 50%)

- **Bemerkungen**

- als Gesamtstrom nicht nutzbar nur mit hohem Aufwand
Teilstromaufbereitung möglich
- kaum Nährstoffe enthalten
- hohe CSB-Belastung
- organische Mikroverunreinigungen (Medikamentenrückstände
(medizinischen Salben), Rückstände aus Personal-Care-
Products)



Nutzen von Grauwasser bei Differenzierung des Stoffstroms

- stark belastetes Grauwasser (35 L/(E*d)
 - aus Waschmaschinen
 - aus Spülmaschinen
 - und Küchenabwasser
 - schwach belastetes Grauwasser (40 L/(E*d)
 - aus Badewannen
 - aus Duschen und
 - aus Handwaschbecken
- ➔ zur Aufbereitung geeignet
- Aufbereitungsverfahren abhängig von der Nutzung
 - je höherwertig die Nutzung desto höher der „Wert“ des Wassers (➔ die Kosten der Behandlung)

Nutzungsmöglichkeiten Qualitätsstandards Kosten

Einleitung
Stoffströme
Nutzenpotenzial
Schwarzwasser
Braunwasser
Gelbwasser
Grauwasser
Regenwasser
Ausblick

- Nebenanlagen
 - Ableitungssystem
 - Investitionskosten 260 €/E
 - Versorgungssystem
 - Investitionskosten 450 €/E
 - Druckerhöhung
 - Investitionskosten $IK = 103 * EW^{-0,1257}$ [€/E]
 - Energiebedarf 0,3 - 0,5 kWh/m³ i.M. 6 kWh/(E*a)
 - UV-Anlage
 - Investitionskosten $IK = 734 * EW^{-0,5819}$ [€/E]
 - Energiebedarf 0,04 - 0,1 kWh/m³ i.M. 1 kWh/(E*a)
 - Verschleiß 66 €/(E*a)

Kosten nach Herbst, 2008



Nutzung: Versickerung und Einleitung

Einleitung
Stoffströme
Nutzenpotenzial
Schwarzwasser
Braunwasser
Gelbwasser
Grauwasser
Regenwasser
Ausblick

- **Qualität:**
 - WHG,
 - AbwaV,
 - RL76/160/EWG, (Badegewässerrichtlinie)
 - RL 2006/7/EG, (neue Badegewässerrichtlinie)
- **Technik:**
 - Pflanzenkläranlage, Bodenfilter
- **Kosten:**
 - Investitionskosten $IK = 21.653 * EW^{-0,6164}$ [€/E]
 - Energiebedarf 0,52 kWh/m³ i.M. 18 kWh/(E*a)
 - Verschleiß 3 % der Gesamtkosten

Kosten nach Herbst, 2008



Nutzung: Bewässerungswasser

Einleitung

Stoffströme

Nutzenpotenzial

Schwarzwasser

Braunwasser

Gelbwasser

Grauwasser

Regenwasser

Ausblick

- **Qualität:**
 - DIN 19650 mit unterschiedlichen Teilen
- **Technik:**
 - Pflanzenkläranlage, Bodenfilter, Festbettanlage, Rotationsscheibentauchkörper
- **Kosten:**
 - Festbettanlage
 - Investitionskosten $IK = 958 * EW^{-0,2418}$ [€/E]
 - Energiebedarf 0,5 - 2 kWh/m³ i.M. 18 kWh/(E*a)
 - Verschleiß 3 % der Gesamtkosten
 - Rotationsscheibentauchkörper
 - Investitionskosten $IK = 605$ €/E bei Anlagen > 150 E; kleinere wie Wirbelbett
 - Energiebedarf 0,5 - 2 kWh/m³ i.M. 18 kWh/(E*a)
 - Verschleiß 3 % der Gesamtkosten

Kosten nach Herbst, 2008



3. Workshop

Welchen Nutzen / Wert haben die Reststoffe neuartiger Sanitärsysteme

Weimar 02.12.2008

Nutzung: Toilettenspülwasser

Einleitung
Stoffströme
Nutzenpotenzial
Schwarzwasser
Braunwasser
Gelbwasser
Grauwasser
Regenwasser
Ausblick

- **Qualität:**
 - Senatsverwaltung für Bau- und Wohnungswesen Berlin
 - RL 76/160/EWG
 - RL 2006/7/EG
- **Technik:**
 - SBR (z.B. Festbetтанlage) , Biofilmverfahren (z.B. Rotationsscheibentauchkörper) + ggf UV
 - Membranbiologie
- **Kosten:**
 - Membranbiologie
 - Investitionskosten $IK = 1.661 * EW^{-0,4846}$ [€/E]
 - Energiebedarf ca. 6 kWh/m³ i.M. 88 kWh/(E*a)
 - Verschleiß 3 % der Gesamtkosten
 - UV Anlage
 - Investitionskosten $IK = 734 * EW^{-0,5819}$ [€/E]
 - Energiebedarf 0,04 - 0,1 kWh/m³ i.M. 1 kWh/(E*a)
 - Verschleiß 66 €/E*a



Kosten nach Herbst, 2008

Nutzung: Wasch- bzw. Geschirrspülmaschinen

Einleitung
Stoffströme
Nutzenpotenzial
Schwarzwasser
Braunwasser
Gelbwasser
Grauwasser
Regenwasser
Ausblick

- **Qualität:**

- RL 76/160/EWG
- RL 2006/7/EG
- TrinkwV

- **Technik:**

- SBR (z.B. Festbettanlage) + UV
- Membranbiologie + UV
- Temperatur bei Nutzung > 60 °C oder nur erste Waschgänge

- **Kosten:**

- wie Nutzung Toilettenabwasser zzgl. UV-Anlage und Beschränkung der Technischen Anlagen



Kosten nach Herbst, 2008

Regenwasser

Einleitung

Stoffströme

Nutzenpotenzial

Schwarzwasser

Braunwasser

Gelbwasser

Grauwasser

Regenwasser

Ausblick

• Inhaltsstoffe

pH:	5,2 – 7,5 [-]
S:	5,1 – 139 mg/L
Pb:	0,09 – 0,3 mg/L
Zn:	0,04 – 0,5 mg/L
Cu:	0,01 – 0,2 mg/L



- **Wert:** aufbereitet ähnlich Trinkwasser (1,5 €/m³)

• Bemerkungen

- in Menge und zeitlichem Anfall sehr inhomogen
- ggf. hohe Belastung mit Schwermetallen
- organische Verunreinigungen
- Schadstoffbelastungen aus der Luft

Definition von schwach belastetem Regenwasser (Nutzung)

- „**Dachflächen**“, mit und ohne üblichen Anteilen an unbeschichteten Metallen wie Kupfer, Zink, Blei. Gründächer, Terrassenflächen, Wiesen und Kulturland (~ Kategorie 1+2+3 in DWA A 138)
 - „**Hofflächen**“, PKW-Parkplätze ohne häufigen Fahrzeugwechsel, Garagenzufahrten, wenig befahrene Verkehrsflächen (DTV < 300 Kfz/24h), Gehwege, Radwege (~ Kategorie 4+5 in DWA A 138)
 - „**Straßen**“ mit DTV 300-5.000 Kfz, wie Anlieger-, Erschließungs- und Kreisstraßen (entspricht Kategorie 6 in DWA A 138)
- Nutzungen wie aufbereitetes Grauwasser i.d.R. geringerer Behandlungsaufwand

Weitergehende Aspekte?

Einleitung
Stoffströme
Nutzenpotenzial
Schwarzwasser
Braunwasser
Gelbwasser
Grauwasser
Regenwasser
Ausblick

- **Wertstoffe**
 - Ausbringtechnologie
 - Konzentration bedingt die Transportwürdigkeit
 - Akzeptanz
- **Schadstoffe**
 - Schadstoffflüsse werden vom Vorfluter zum Boden verlagert
 - Bezüglich des Umweltverhaltens besteht noch Forschungsbedarf
 - Hygieneanforderungen sind einfacher zu lösen



In Anlehnung an Justus von Liebig „Landwirtschaft und Canalisation der Städte (1876)“

- „Voraussichtlich werden Einrichtungen dieser Art (zum Nährstoffrecycling)....grosse Summen kosten.... Allein einmal muss dies geschehen... (um die Landwirtschaft weiter zu betreiben)“
- Dies gilt nicht nur für die Wiederverwertung der Nährstoffe, sondern auch für evtl. notwendige Schadstoffentfrachtung

Weitergehende systemische Aspekte einer Nutzung

- Zusammenführung häuslicher Abwässer und gewerblicher/industrieller Abwässer
 - Schwierigkeiten der Behandlung?
 - Inhaltsstoffe?
 - Nutzenpotenziale (derzeit nicht abschätzbar)?
- Technischer Aufbau von Nutzungskaskaden in Abhängigkeit der Siedlungsstrukturen
 - Grad der Dezentralisierung von Anlagen
 - Qualitätssicherung der Anlagen und recycelten Stoffströmen

Zusammenfassung

Einleitung
Stoffströme
Nutzenpotenzial
Schwarzwasser
Braunwasser
Gelbwasser
Grauwasser
Regenwasser
Ausblick

- Der Wert in NASS-Produkten beträgt jährlich mehrere 100 Mio €
- Der Wert der Nährstoffe in Schwarzwasser ist größer als der der Energie
- Struvit und Ammoniakwasser bzw. Ammoniumsulfat sind weitgehend frei von Schadstoffen
- Bei allen anderen Produkten sind organische Mikroverunreinigungen mit den Nährstoffen vermischt - Forschungsbedarf
- Die Aufbereitung von Nutzwasser ist technisch problemlos und am Markt verfügbar
- Systemdenken muss erweitert werden



Systemintegration in Zukunft?

Einleitung
Stoffströme
Nutzenpotenzial
Schwarzwasser
Braunwasser
Gelbwasser
Grauwasser
Regenwasser
Ausblick



Folgende pics von Quelle: <http://www.verticalfarm.com/>



3. Workshop
Welchen Nutzen / Wert haben die Reststoffe neuartiger Sanitärsysteme

Weimar 02.12.2008

Systemintegration in der Zukunft?

Einleitung
Stoffströme
Nutzenpotenzial
Schwarzwasser
Braunwasser
Gelbwasser
Grauwasser
Regenwasser
Ausblick



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



3. Workshop

Welchen Nutzen / Wert haben die Reststoffe neuartiger Sanitärsysteme

Weimar 02.12.2008



3. Workshop

Welchen Nutzen / Wert haben die Reststoffe neuartiger Sanitärsysteme

Weimar 02.12.2008

Ausblick

Definition

Rohrleitungs-
technik

Nutzungen

Aufbereitungs-
technik

Auswirkungen

Ausblick

- Vergleich der Rest –und Wertstoffe im konventionellen System und NASS
- Kosten der Entsorgung
- „Wert“ der Reststoffe
- Qualität der Reststoffe Schadstoffpotenziale



3. Workshop

Welchen Nutzen / Wert haben die Reststoffe neuartiger Sanitärsysteme

Weimar 02.12.2008

Definition von Grauwasser

Definition

Rohrleitungs-
technik

Nutzungen

Aufbereitungs-
technik

Auswirkungen

Ausblick

- Grauwasser:
 - Gemäß DIN 4045 ist Grauwasser als häusliches Schmutzwasser ohne fäkale Feststoffe und Urin (Schwarzwasser), wie z.B. Abwasser von Bade- und Duschwannen, Handwaschbecken und Küchenspülen, definiert. (DIN 4045, 2003)
- Aufbereitetes Grauwasser:
 - Gewerblichen, industriellen, landwirtschaftlichen oder ähnlichen Zwecken dienendes Wasser mit unterschiedlichen Güteeigenschaften, worin Trinkwassereigenschaften eingeschlossen sein kann, ist gemäß DIN 4046 Betriebswasser. (DIN 4046, 1983)

Ggf Hinweise zur Stoffbelastung 2 Sätze,

Kann entfallen wenn Martin O. das in seinem Vortrag mitnimmt



Definition von Grauwasser

Definition

Rohrleitungs-
technik

Nutzungen

Aufbereitungs-
technik

Auswirkungen

Ausblick

- Schwach belastetes Grauwasser
 - Bade- bzw. Duschwasser und Wasser aus dem Handwaschbecken
- Stark belastetes Grauwasser
 - Nicht separiertes Grauwasser aus der Küche, der Waschmaschine und Bade bzw. Duschabwasser sowie Wasser aus Handwaschbecken
 - Grauwasser aus dem Bereich der Küche und aus der Geschirrspülmaschine
 - Grauwasser aus Waschmaschinen

Ggf Hinweise zur Stoffbelastung 2 Sätze,

Kann entfallen wenn Martin O. das in seinem Vortrag mitnimmt

Nutzungsmöglichkeiten und mögliche Qualitätsstandards

Definition

Rohrleitungs-
technik

Nutzungen

Aufbereitungs-
technik

Auswirkungen

Ausblick

- Versickerung oder Einleitung in das Gewässer
 - WHG (Versickerung),
 - Abwasserverordnung, Ortssatzung, EU-Badegewässerrichtlinie (RL 75/160/EWG, 1975, RL2006/7/EG, 2006) (Einleitung)
- Nutzung als Bewässerungswasser
 - DIN 19650 für uneingeschränkt und eingeschränkte Verwendung
- Nutzung als Toilettenspülwasser
 - EU-Badegewässerrichtlinie (RL 75/160/EWG, 1975, RL2006/7/EG, 2006)
 - Betriebswassernutzung in Gebäuden (Senatsverwaltung für Bau- und Wohnungswesen Berlin, 1995)
- Teilnutzung für Wasch- bzw. Geschirrspülmaschinen
 - EU-Badegewässerrichtlinie (RL 75/160/EWG, 1975, RL2006/7/EG, 2006)
 - Trinkwasserverordnung (im öffentlichen Bereich)



3. Workshop

Welchen Nutzen / Wert haben die Reststoffe neuartiger Sanitärsysteme

Weimar 02.12.2008

Auswirkungen der Grauwassernutzung auf die bestehenden Systeme der Abwasserentsorgung

Definition

Rohrleitungs-
technik

Nutzungen

Aufbereitungs-
technik

Auswirkungen

Ausblick

- Grauwasseranfall ca. 75 L/(E*d) ca. 60 % des häuslichen Abwassers (125 L/(E*d))
- recycelfähiges Grauwasser 45 L/(E*d) ca.36 % des häuslichen Abwassers
- bei flächendeckender Umsetzung
 - Kanalablagerungen / Querschnittsformen
 - Modifizierung des Kanalnetzes
- bei punktueller Einsatz von Grauwasser als Trinkwassersubstitut
 - keine negativen Auswirkungen
- wirtschaftlich derzeit nur bei Neubau bzw. Kernsanierung von Gebäuden bzw. Siedlungen



Belebungsverfahren: suspendierte Biomasseverfahren: MBR

Definition

Rohrleitungs-
technik

Nutzungen

Aufbereitungs-
technik

Auswirkungen

Ausblick

Parameter	Ablauf	TrinkwV	Berliner Merkblatt
Leitfähigkeit	572 $\mu\text{S/cm}$	< 2.500 $\mu\text{S/cm}$	-
Trübung	0,2 NTU	< 1 NTU	-
BSB ₅	< 5 mg/L	-	< 4,4 mg/L
CSB	15 mg/L	-	-
Sauerstoffgehalt	8,6 mg/L	> 5 mg/L	-
Gesamtcoliforme Bakterien	0/100mL	0/100mL	< 10.000/100mL
Fäkalcoliforme Bakterien	keine Angabe	-	< 1.000/100mL
Enterokokken	keine Angabe	0/100mL	
<i>E. coli</i>	0/100mL	0/100mL	-
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	keine Angabe	0/250mL	<1/100mL



Quelle Fa. Huber Clear-Box

Belebungsverfahren: suspendierte Biomasseverfahren: MBR

Definition

Rohrleitungs-
technik

Nutzungen

**Aufbereitungs-
technik**

Auswirkungen

Ausblick

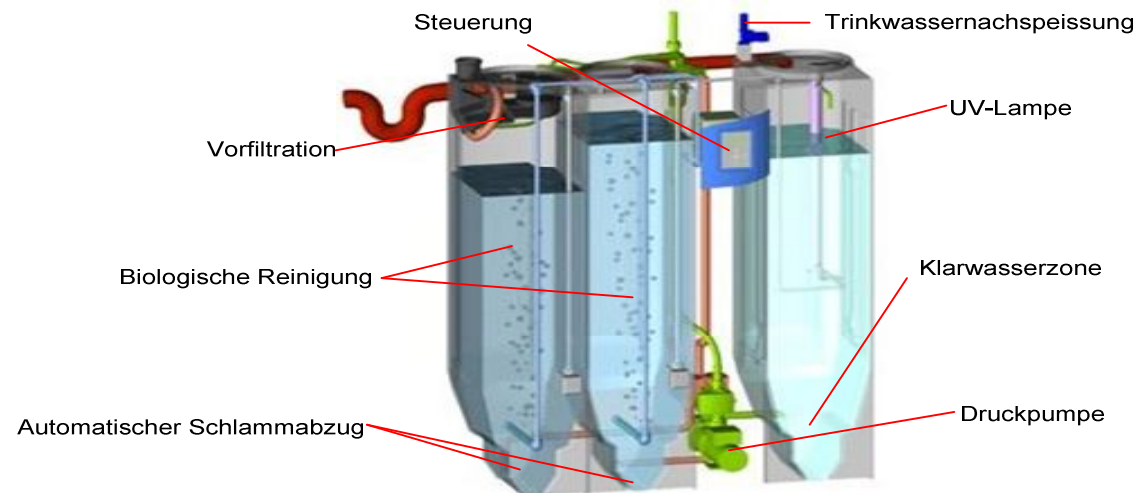
Hersteller/Anbieter	Typ	Leistung	Fläche	Porengröße
Huber AG	HUBER MembraneClearBox®	variabel	14 m ² /Modul	150 kDa nominal
Martin Systems	FM 6	variabel	6,25 m ² /Modul	0,1 µm
GEP Umwelttechnik	WME 4	0,3 m ³ /d		0,05 µm
	GWA 1	1 m ³ /d		
	GWA 6	8 m ³ /d		
GEO TERRA	Typ 1.1	0,51 m ³ /d		
	Typ 6.2GWA 1	8 m ³ /d		
	GWA 6	6 m ³ /d		



Belebungsverfahren: sessile Biomasseverfahren Wirbelbett

- SBR-Wirbelbett Fa. Pontos

Parameter	Ablauf	TrinkwV	Berliner Merkblatt
BSB ₇	4,4 mg/L	-	<5 mg/L
CSB	18,7 mg/L	-	-
Sauerstoffsättigung	70,3 %	-	>50 %
UV-Transmission bei 254nm	89,1 %	-	>60 %
Gesamtcoliforme Bakterien	< 3/100mL	0/100mL	< 10.000/100mL
Fäkalcoliforme Bakterien	< 3/100mL	-	< 1.000/100mL
Enterokokken	keine Angabe	0/100mL	
<i>E. coli</i>	keine Angabe	0/100mL	
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	< 3/100mL	0/250mL	< 1/mL



Naturnah: bewachsene Bodenfilter

Definition

Rohrleitungs-
technik

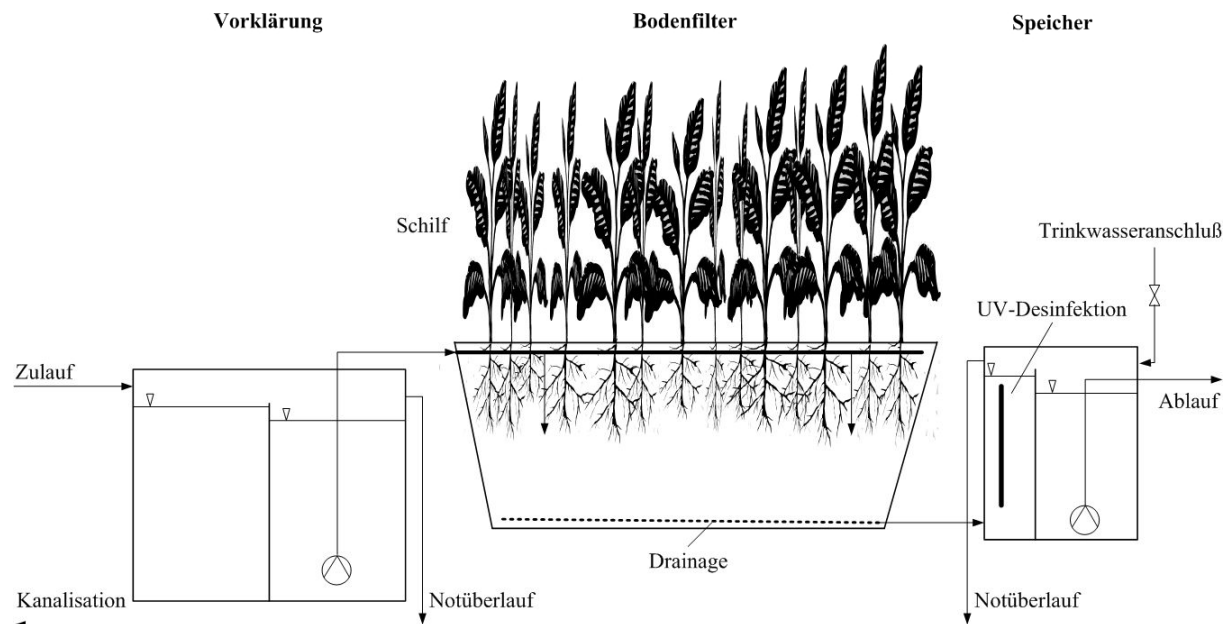
Nutzungen

Aufbereitungs-
technik

Auswirkungen

Ausblick

- geeignet für Grauwasserbehandlung, –aufbereitung und auch Regenwasseraufbereitung
- Auslegungsgrößen:
 - Filterfläche 2-2,5 m²/E
 - Referenzen: Flintenbreite, Lambertsmühle



Belebungsverfahren: sessile Biomasseverfahren Rotationsscheibentauchkörper

Definition

Rohrleitungs-
technik

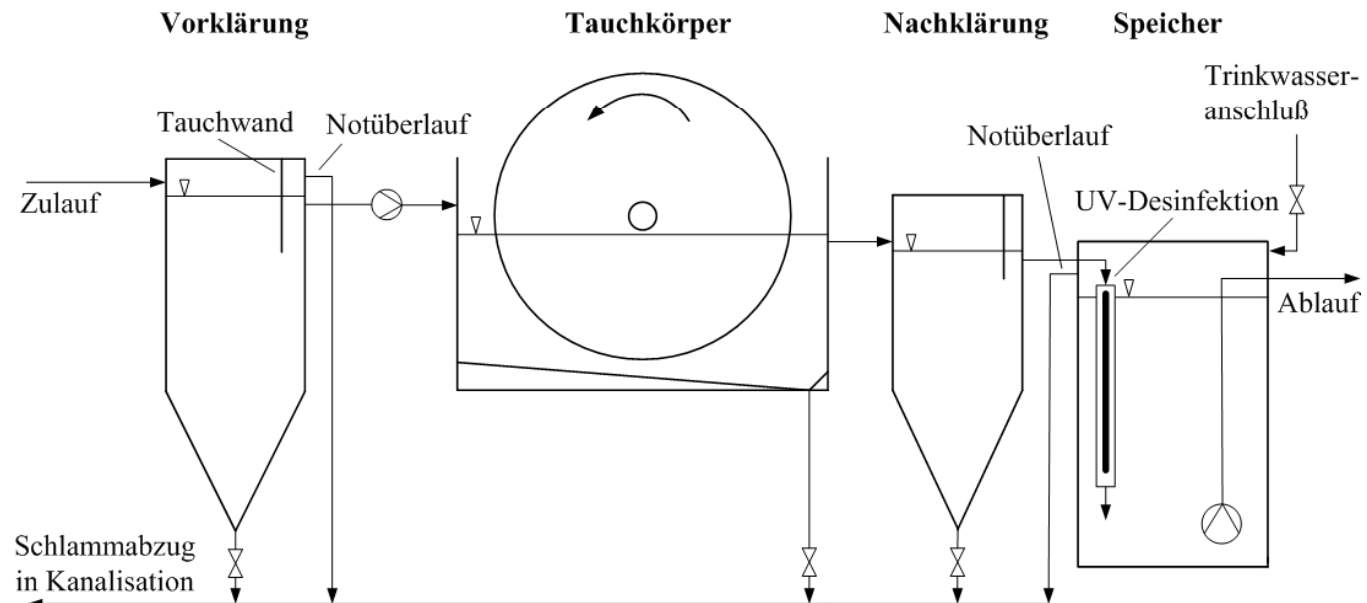
Nutzungen

**Aufbereitungs-
technik**

Auswirkungen

Ausblick

Parameter	Ablauf	TrinkwV	Berliner Merkblatt
BSB ₇	< 3 mg/L	-	< 5 mg/L
TOC	1,5- 2,0 mg/L	-	-
Sauerstoffsättigung	> 70 %	-	> 50%
Gesamtcoliforme Bakterien	< 10/100mL	0/100mL	< 10.000/100mL
Fäkalcoliforme Bakterien	< 10/100mL	-	< 1.000/100mL
Enterokokken	keine Angabe	0/100mL	
<i>E. coli</i>	< 3 /100mL	0/100mL	-
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	< 1 /100mL	0/250mL	<1/mL



Vor- und Nachteile der Verfahren in Abhängigkeit der Nutzung: Toilettenspülung

Definition
 Rohrleitungs-
 technik
 Nutzungen
**Aufbereitungs-
 technik**
 Auswirkungen
 Ausblick

Nutzung:	Toilettenspülung	
Qualitäts-anforderung:	Berliner Merkblatt „Betriebswassernutzung in Ge-bäuden“; (SENATSWERWALTUNG FÜR BAU- UND WOHNUNGSWESEN BERLIN, 1995) EU-Badegewäs-serrichtlinie (RL 75/160/EWG, 1975 bzw. RL2006/7/EG, 2006)	
Verfahren (Anlagenbauer)	Vorteile	Nachteile
Bodenfilter	<ul style="list-style-type: none"> • geringe Betriebskosten • geringer Energiebedarf 	<ul style="list-style-type: none"> • hoher Platzbedarf • Desinfektion erforderlich • eingeschränkter Keimrückhalt um 1-2 log-Stufen, ggf. weitere Hygienisierung erforderlich, um die Anforderungen aller Klassen nach DIN 19650 einzuhalten
Belebtschlammverfahren (Wirbelbettreaktor)	<ul style="list-style-type: none"> • geringer Platzbedarf 	<ul style="list-style-type: none"> • evtl. Desinfektion erforderlich
Rotations-scheibenkörper	<ul style="list-style-type: none"> • geringer Platzbedarf 	<ul style="list-style-type: none"> • evtl. Desinfektion erforderlich
Membranbioreaktor (MBR)	<ul style="list-style-type: none"> • guter Keimrückhalt • geringer Platzbedarf 	<ul style="list-style-type: none"> • hoher Energiebedarf • hohe Betriebskosten

Quelle Herbst 2008



3. Workshop
Welchen Nutzen / Wert haben die Reststoffe neuartiger Sanitärsysteme

Weimar 02.12.2008

Vor- und Nachteile der Verfahren in Abhängigkeit der Nutzung: Waschmaschine und Spülmaschine im öffentlichen Bereich

Definition
Rohrleitungs-
technik
Nutzungen
Aufbereitungs-
technik
Auswirkungen
Ausblick

Nutzung:	Öffentlicher Bereich Waschmaschine (nur Waschgänge, Klarspülung mit Trinkwasser) Spülmaschine (nur Waschgänge, Klarspülung mit Trinkwasser)	
Qualitäts-anforderung	keine nutzungsspezifischen Anforderungen daher Rückgriff auf: <ul style="list-style-type: none"> •TrinkwV (TRINKWV, 2001) •EU-Badegewäs-serrichtlinie (RL 75/160/EWG, 1975 bzw. RL2006/7/EG, 2006)) 	
Verfahren (Anlagenbauer)	Vorteile	Nachteile
Membranbioreaktor (MBR)	<ul style="list-style-type: none"> •erprobte Technik •sicherer Keimrückhalt 	<ul style="list-style-type: none"> •hoher Energiebedarf •evtl. Desinfektion erforderlich
Belegung Nanofiltration (NF) +	<ul style="list-style-type: none"> •theoretisch sicherer Keimrückhalt •für alle Wasch- und Spülgänge geeignet 	<ul style="list-style-type: none"> •hoher Energiebedarf •hohe Betriebskosten •keine Betriebserfahrungen daher findet die Technikkombination zurzeit keine Anwendung
Umkehrosiose (RO)	<ul style="list-style-type: none"> •niedrige Salzgehalte •sicherer Keimrückhalt •für alle Wasch- und Spülgänge geeignet 	<ul style="list-style-type: none"> •nur für große Mengen wirtschaftlich •hoher Energiebedarf •nur industrielle Anwendung zur Betriebswas-ser-auf-be-reit-ung •hohe Betriebskosten
MBR + RO	<ul style="list-style-type: none"> •niedrige Salzgehalte •sicherer Keimrückhalt •für alle Wasch- und Spülgänge geeignet 	<ul style="list-style-type: none"> •hoher Energiebedarf •hohe Betriebskosten •keine Betriebserfahrungen daher findet die Technikkombination zurzeit keine Anwendung



Definition von schwach belastetem Regenwasser (Nutzung)

Definition

Rohrleitungs-
technik

Nutzungen

Aufbereitungs-
technik

Auswirkungen

Ausblick

Chemisch-physikalische Beschaffenheit	Einheit	"Dachflächen" Kategorie A	Autor	"Hofflächen" Kategorie B	Autor	"Straßen" Kategorie C	Autor
pH	[-]	5,2-7,7 / 6,2 / 7,16	A, C, F	7,4	D	7,4 / 6,4 / 7,3-7,5	B, C, F
Schweb-stoffe / AFS	[mg/L]	65 / 60 / 34	A, C	74-150	D	100 / 150 / 66-176	C, D, F
Leitfähigkeit	[µS/m]	80 / 30 / 91,7	C, F, H			74-1360 / 490-2436 / 110	C, F, G
BSB₅	[mg/L]	02. Dez	D			2-4 / 11 / 6,39	C, D, F
CSB	[mg/L]	22 / 19 / 30,8	C, F, H	70	D	49 / 70 / 14,2	C, D, F
TOC	[mg/L]	9,1 / 4,44 / 0	A, F, H			22-31	F
Sulfate	[mg/L]					5,1-139	F
Chlorid (als CL⁻)	[mg/L]					131-669	F

A) Boller (1997)

D) Geiger et al. (2004)

G) Nolde (2006)

B) Dierkeset al. (2006)

E) Kobencic (2002)

H) Sommer (2004)

C) Fuchs (2006)

F) Nadler et al. (2001)

I) Welker et al. (2005)



3. Workshop

Welchen Nutzen / Wert haben die Reststoffe neuartiger Sanitärsysteme

Weimar 02.12.2008