

H. Knerr, T. Agne, S. Büttgen, M. Engelhart,
V. Keuter, A. Rechenburg

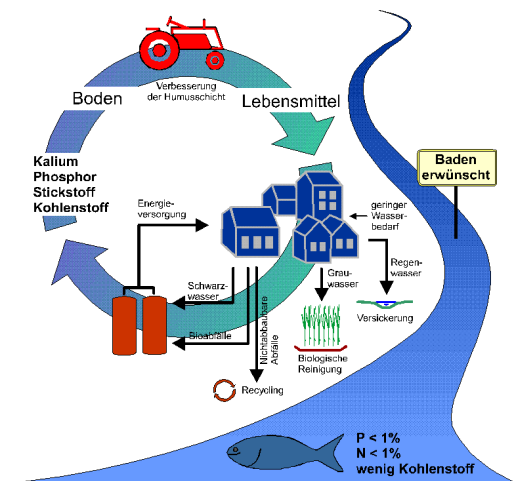
Kombination auf Nanotechnologie basierender Sanitärtechnik und Schwarzwasserrecycling



Einleitung

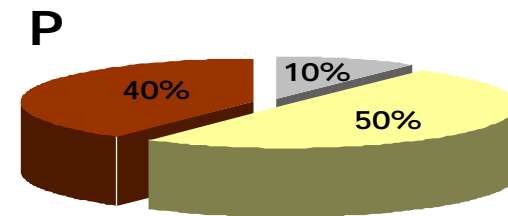
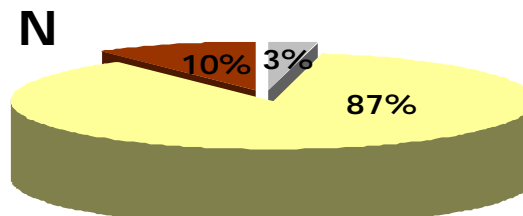
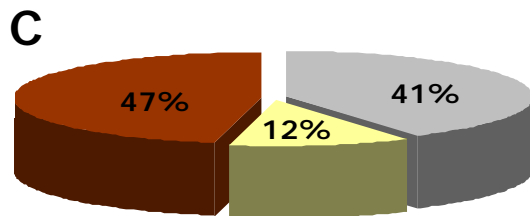
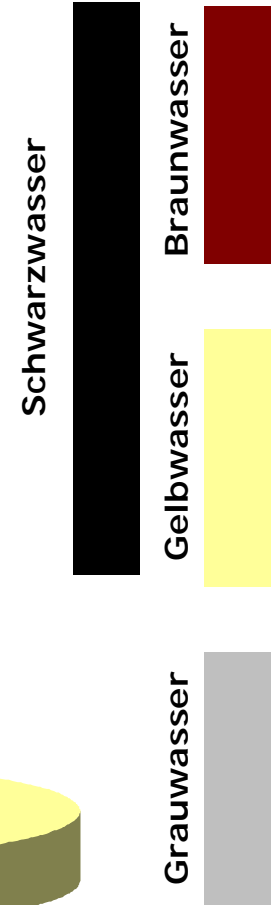
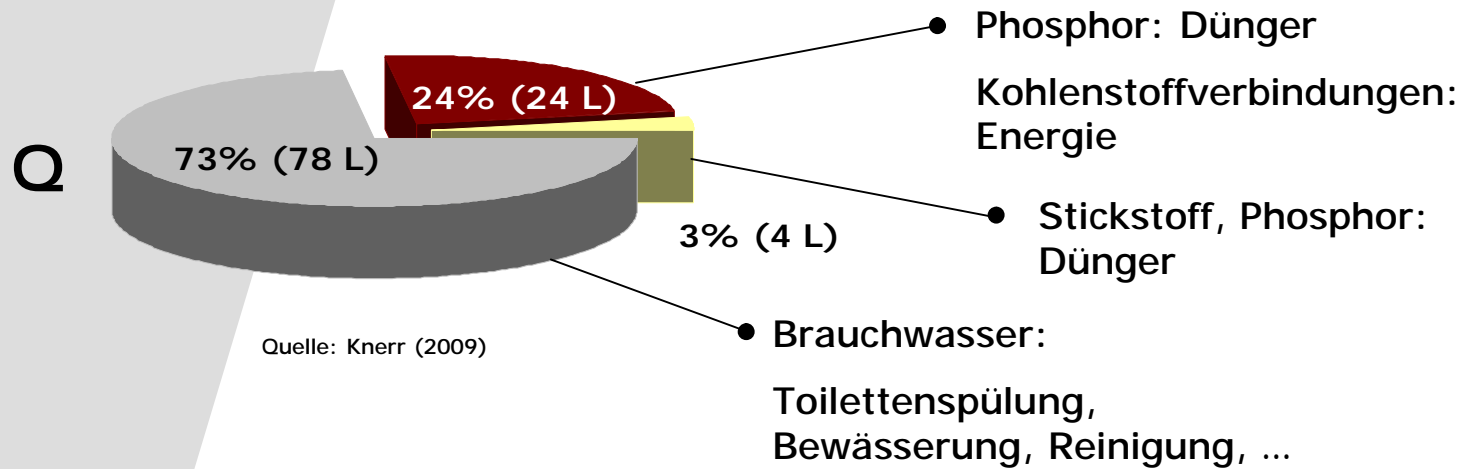
! Entwicklung neuartiger an Kreislaufwirtschaft ausgerichteter Konzepte (NASS)

- Trennung der Abwasserströme nach Herkunft
- Teilstrombehandlung, angepasst an Teilströme
 - à Behandlung und Aufbereitung am Anfallort
- Schließung von Wasser- und Stoffkreisläufen
 - à Rückgewinnung nutzbarer Abwasserinhaltsstoffe
 - à Wasserwiederverwendung



Quelle: Otterpohl

(Ab)Wasser = Wertstoff



Komplett

water recycling systems

(2005 – 2008)

Entwicklung und Kombination von innovativen Systemkomponenten aus Verfahrenstechnik, Informationstechnologie und Keramik zu einer nachhaltigen Schlüsseltechnologie für Wasser- und Stoffkreisläufe

Förderung:

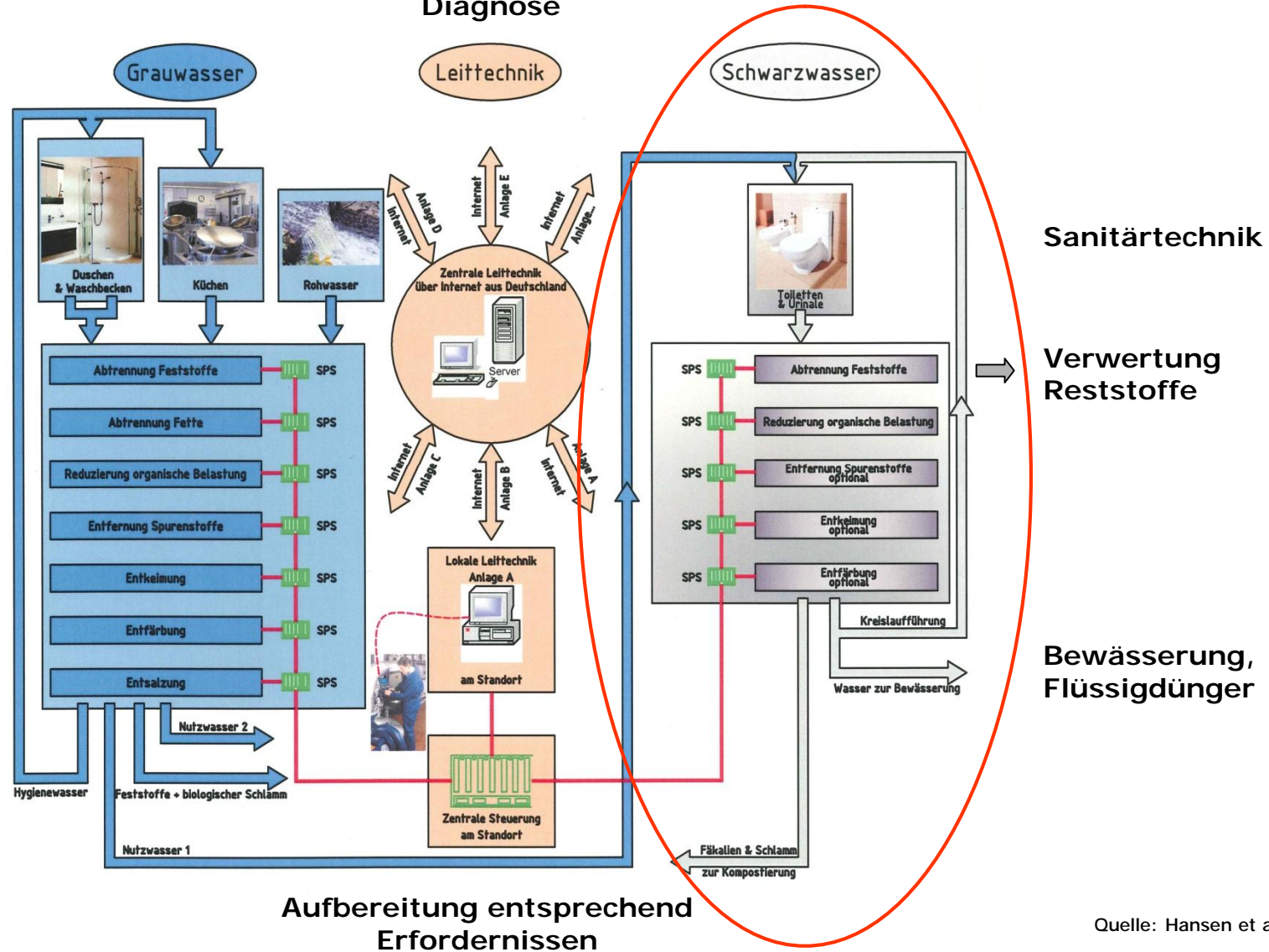


Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Trennung der Abwasserströme

Modularer Aufbau

Automation, Visualisierung, Diagnose

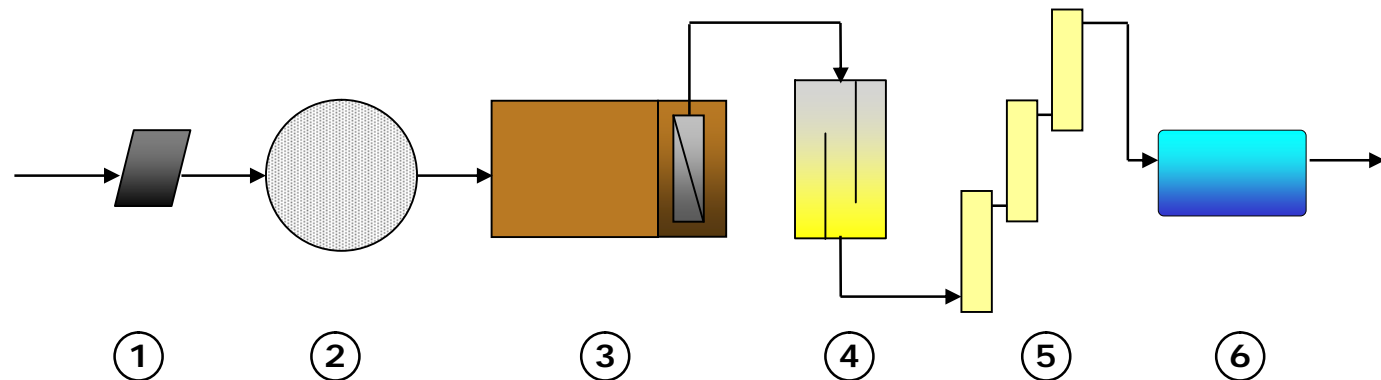


Material und Methoden

Experimenteller Aufbau

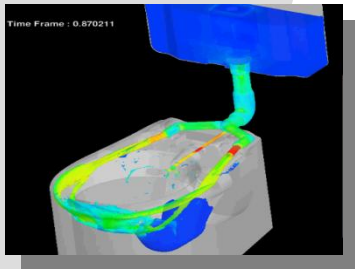
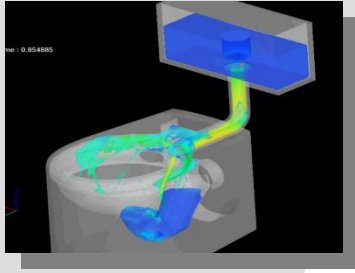
- Anwendung des Multi-Barrieren-Prinzip durch Kombination biologischer und chemisch-physikalischer Reinigungsverfahren

- 1 Feststoffabtrennung
- 2 Vorlagebehälter
- 3 Membrane-Bio-Reaktor
- 4 Ozonierung
- 5 UV-Desinfektion
- 6 Brauchwasser-speicher



Quelle: Knerr et al. (2009)





- ; **Entwicklung funktionaler keramischer Oberflächen für Toiletten und Urinale**
- ; **Untersuchte Beschichtungssysteme**

- **Silberhaltige Oberflächen**
 - Dotierung konventioneller Sanitärglasuren mit Silberionen in Form von Zeolith-, Titandioxid bzw. Aluminiumoxidpartikeln, welche mit Silbersalzen belegt waren
- **Photokatalytische Oberflächen**
 - Verwendung auf Titandioxid basierender Beschichtungen

à Ziel: Reduktion der Abwasserbelastung und des Wasserverbrauchs

Ergebnisse

Reinigungsleistung - Pilot

Schwarzwasserqualität und Wirkungsgrade (Jun. – Nov. 2008) als Medianwerte

Parameter		Einheit	VB	MBR	OZ	UV
pH-Wert	Median	[-]	7,9	7,1	6,8	7,0
Temperatur	Median	[°C]	n.b.	16,8	22,9	26,6
Leitfähigkeit	Median	[µS/cm]	2.484	1.666	1.614	1.435
CSB	Konzentration	mg/L	681	70,1	32,5	23,2
	Wirkungsgrad	%	-	88	94	96
TOC	Konzentration	mg/L	235	25,4	14,0	9,4
	Wirkungsgrad	%	-	88	95	96
BSB ₅	Konzentration	mg/L	304	< 3,0 ¹⁾	n.b.	n.b.
	Wirkungsgrad	%	-	> 99	-	-
TKN	Konzentration	mg/L	213	97	97	92
	Wirkungsgrad	%	-	39	33	24
NH ₄ -N	Konzentration	mg/L	184	0,1	0,2	0,2
	Wirkungsgrad	%	-	99,9	99,8	99,8
NO ₃ -N	Konzentration	mg/L	1,1	65	69	73
	Wirkungsgrad	%	-	-	-	-
P _{ges}	Konzentration	mg/L	22,5	20,0	20,1	17,2
	Wirkungsgrad	%	-	13	18	32
PO ₄ -P	Konzentration	mg/L	17,3	16,9	18,1	15,1
	Wirkungsgrad	%	-	2,3	-	13

VB...Vorlagebehälter | MBR... Membran-Bioreaktor | OZ...Ozonierung | UV...UV-Anlage

1) Bestimmungsgrenze

Reinigungsleistung - Pilot

Schwarzwasserqualität und Wirkungsgrade (Jun. – Nov. 2008)

Parameter	Einheit	Richtlinie		KOMPLETT
		U.S. EPA (2004)	FBR (2005)	Jun.-Nov. 2008
Temperatur	°C	-	-	26,6
pH-Wert	-	6 - 9 ¹⁾	-	7,0
Trübung	NTU	≤ 2 ¹⁾	-	n.b.
T _{10mm} (l = 254 nm)	%	-	≥ 60	> 99
Gelöster Sauerstoff	%	-	> 50	> 60
AFS	mg/L	< 5 - 30 ¹⁾	-	n.n.
BSB ₅	mg/L	≤ 10 ¹⁾	5,0 ³⁾	< 3,0 ⁴⁾
CSB	mg/L	20 - 90 ²⁾	-	23,2
TOC	mg/L	1 - 10 ²⁾	-	94
NH ₄ -N	mg/L	< 1 - 30 ²⁾	-	0,2
P _{ges}	mg/L	< 1 - 20 ²⁾	-	17,2
<i>E.coli</i>	KBE/100 mL	0	1.000	0
<i>Ps.aeruginosa</i>	KBE/100 mL	-	100	2

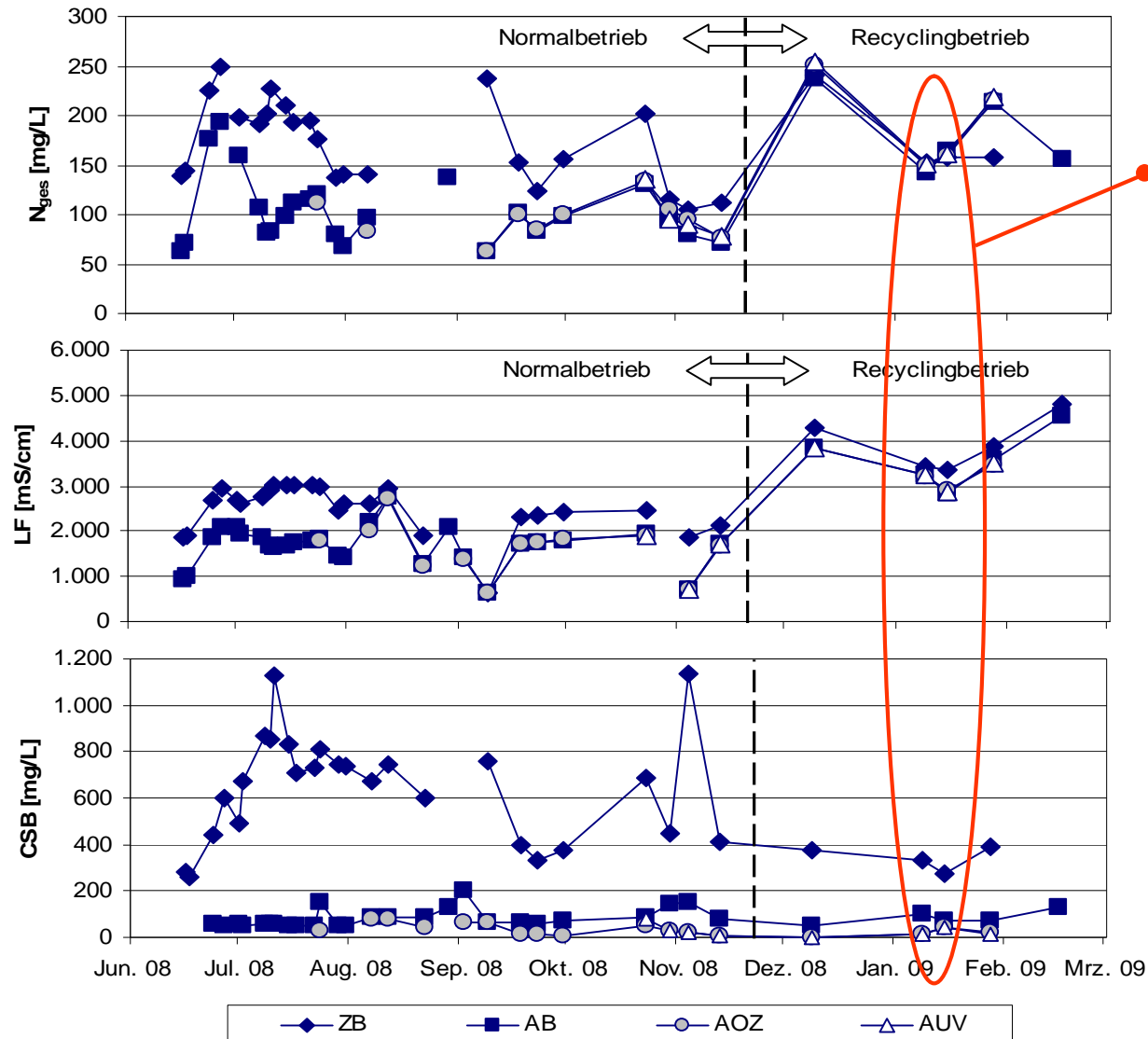
U.S. EPA (2004): U.S. Environmental Protection Agency, Guidelines for Water Reuse USEPA/625/R-04/108

FBR (2005): Fachvereinigung für Betriebs- und Regenwassernutzung, Hinweisblatt H 201

1) Grenzwert | 2) Richtwert | 3) BSB, | 4) Ablauf MBR

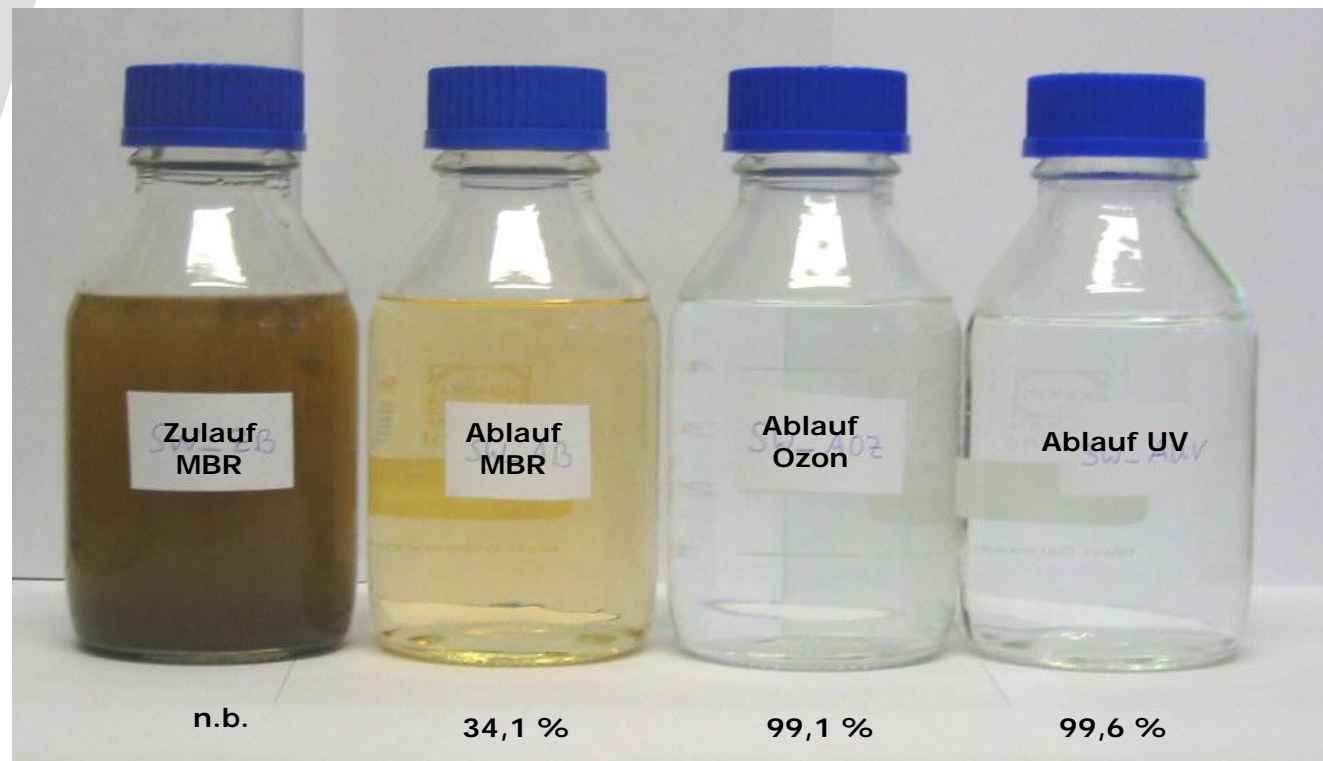
Reinigungsleistung - Pilot

Schwarzwasserqualität und Wirkungsgrade
(Juni 2008 – März 2009)



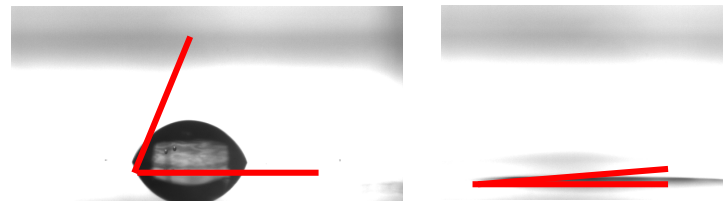
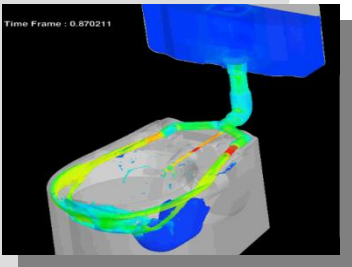
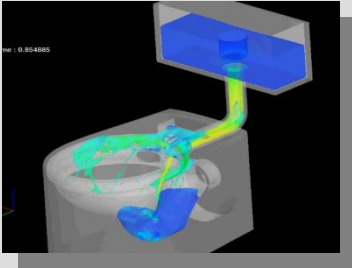
Reinigungsleistung - Pilot

Transmission $T_{10\text{mm}} (\lambda = 254 \text{ nm})$

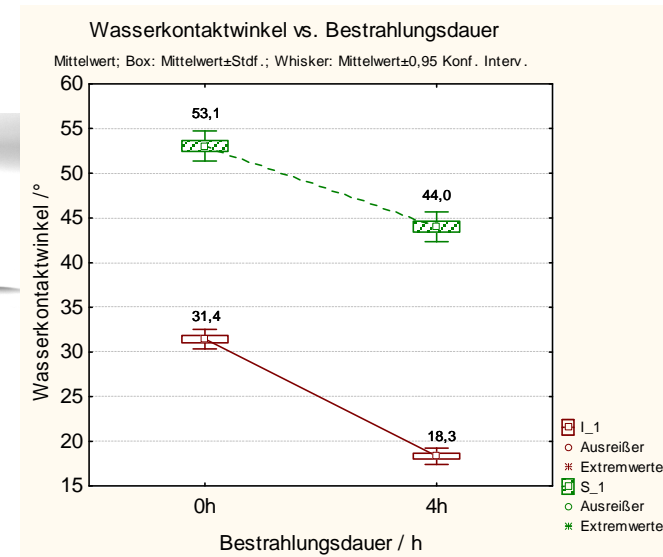


Photokatalytische Aktivität

Als Maß dient die Hydrophilie der Oberfläche durch Messung des **Wasserkontaktwinkels***



beschichtete Fliese vor (links)
und nach (rechts) UV-Aktivierung



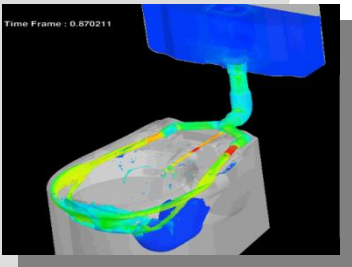
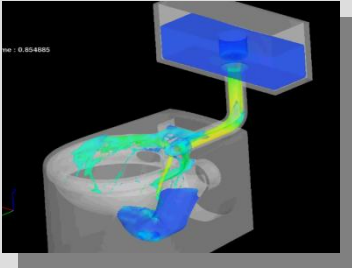
* Drop Shape Analysis DSA 10 Fa. KRÜSS

! Photokatalytische Aktivität

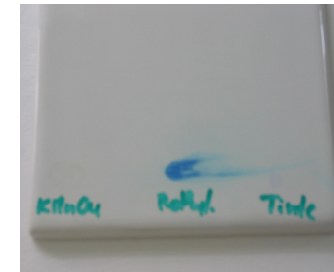
Als Maß dient die Hydrophilie der Oberfläche durch Messung des Wasserkontaktwinkels*

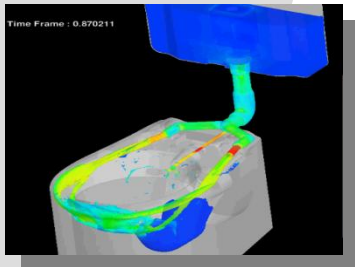
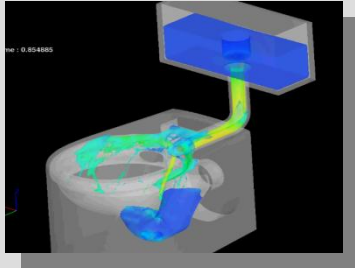
à Zersetzung von Schmutzkomponenten

Fleckenbilder: KMnO_4 , Methyleneblau, Tinte



1 h





! Biofilmhemmende Potenziale

- Testorganismen: *E. coli*, *S. aureus*
- Untersuchung in Laborstandard und im Praxistest
 - à Für die Auslobung antibakteriell wird von Seiten der Untersucher ein Grenzwert von 1 log-Stufe Reduktion im Vergleich zu unbehandelten Oberflächen zugrunde gelegt
- Ergebnisse zeigen eine (logische) Abhängigkeit der antibakteriellen Wirkung von Partikelkonzentration silberhaltiger Oberflächen im Laborversuch
 - à Reduktion zwischen 1 und 3 log₁₀-Stufen
- keine antibakterielle Wirkung TiO₂-Beschichtungen
- Praxistest keine Aussage möglich, da Testorganismen infolge Austrocknung verloren gingen

Zusammenfassung

und

Fazit

- § Hygienische als auch stoffliche Anforderungen an Toilettenspülwasser werden sicher eingehalten
 - à bedenkenlose Wiederverwendung zur Toiletten- und Urinalspülung möglich
- § In Laborversuchen konnte für bestimmte silberhaltige Materialoberflächen eine biofilmhemmende Wirkung hinsichtlich der Testorganismen *E.coli* und *S.aureus* nachgewiesen werden
- § Nachweis im Praxistest steht noch aus
 - à Senkung des Einsatzes von Desinfektions- und Reinigungsmittel und damit Minimierung auf biologische Behandlung realistisch
 - à Reduktion der (Trink-)Wasserverbrauchs zur Toilettenspülung um rd. 40 %
 - à nANO-Technologie kann wesentlichen Beitrag zur Schließung häuslicher Wasserkreisläufe liefern

**Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!**

www.komplett-projekt.de

Abschlusstagung: 01.12.2009

**KOMPLETT – ein innovatives System zur
Schließung von Wasser- und Stoffkreisläufen**

Technische Universität Kaiserslautern