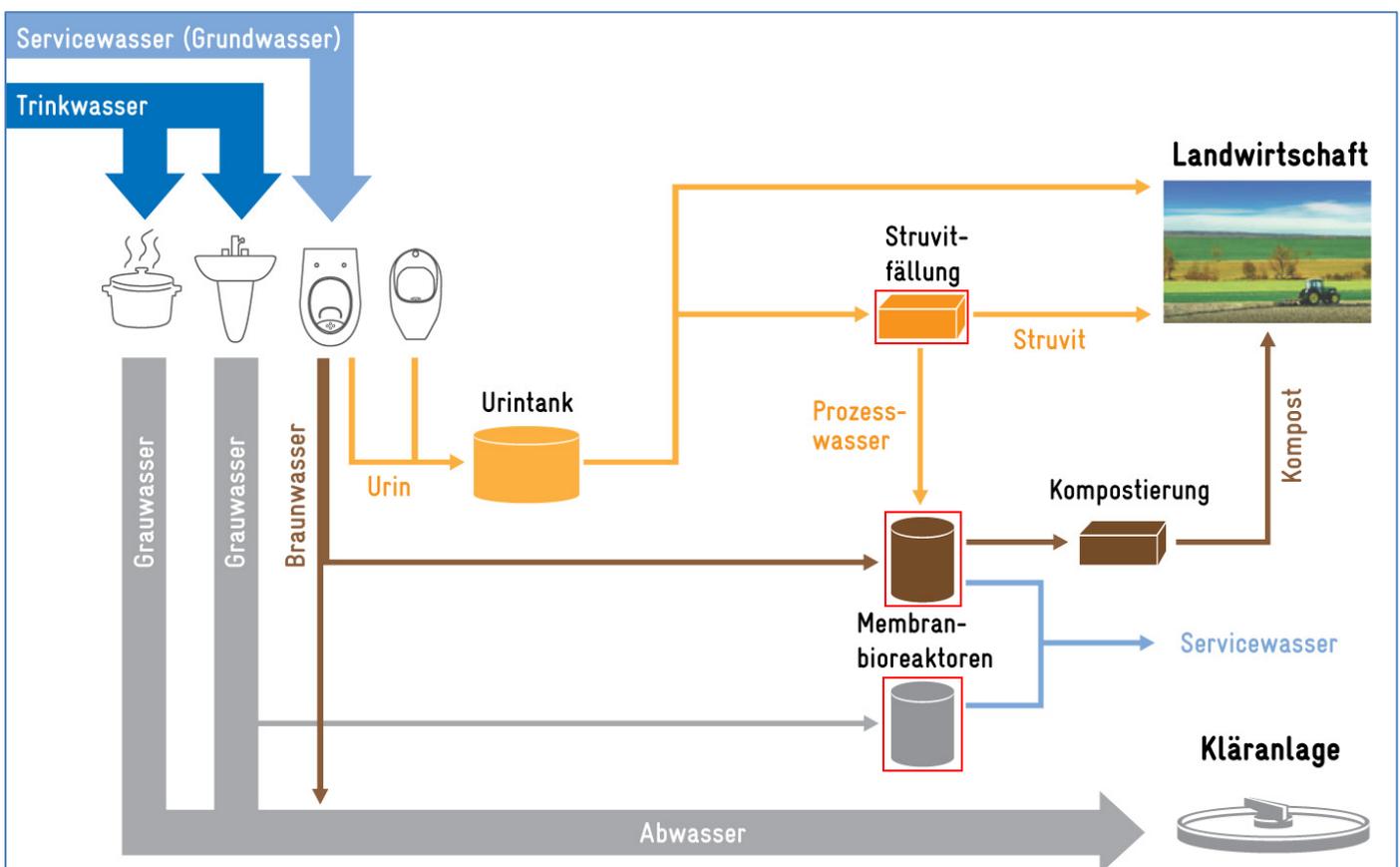


# Zusammenstellung der SANIRESCH-Datenblätter

Diese Zusammenstellung enthält die Datenblätter des MAP-(Struvit)Reaktors sowie der Grau- und Braunwasseranlage, welche im Rahmen des SANIRESCH Projektes betrieben werden. Die Datenblätter geben einen detaillierten Überblick bezüglich technischer Aspekte, Analyseergebnisse und Kosten.

Magnesium-Ammonium-Phosphat (MAP) – Reaktor .....	Seite 2
Braunwasseranlage (Membranbioreaktor) .....	Seite 5
Grauwasseranlage (Membranbioreaktor) .....	Seite 8
Projektpartner und Kontakte .....	Seite 12

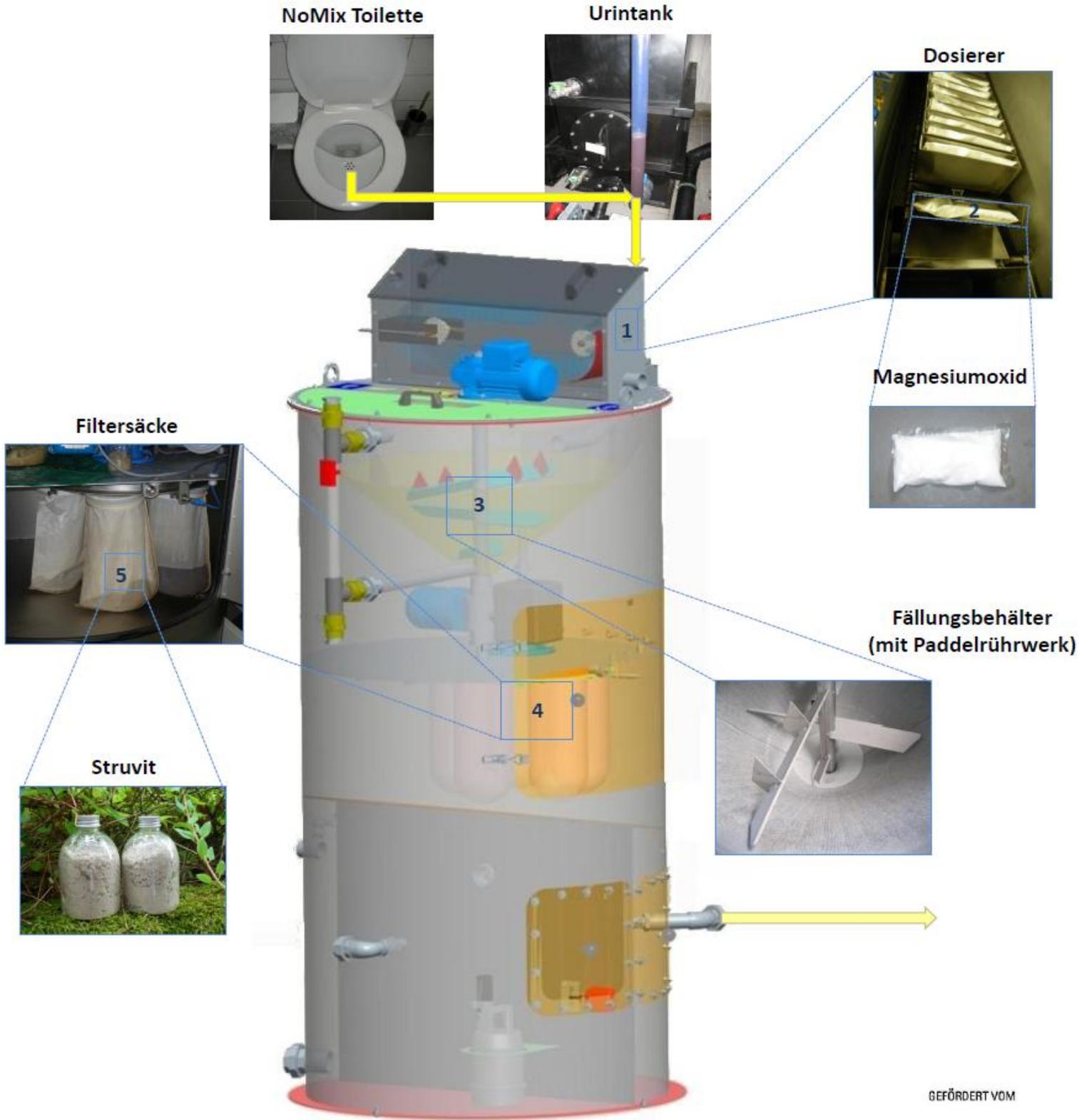


Diese Graphik stellt das SANIRESCH-Konzept dar:

Der Urin wird in Tanks zwischengelagert. Das im MAP-Reaktor ausgefällte Struvit wie auch der reine Urin werden als Dünger landwirtschaftlich verwertet. Ein Teil des Braunwassers wird in einem Membranbioreaktor (MBR) als Servicewasser aufbereitet. Die Feststoffe könnten nach einer Kompostierung als Dünger in der Landwirtschaft verwendet werden. Das Grauwassers aus den Teeküchen und den Handwaschbecken wird ebenfalls in einem MBR aufbereitet und als Servicewasser für die Reinigung der Braunwasserfilteranlage verwendet.

Die roten Kästen machen die in dieser Factsheetzusammenstellung vorgestellten Verfahren kenntlich.

# Magnesium-Ammonium-Phosphat (MAP) Reaktor



GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium für Bildung und Forschung

# Magnesium-Ammonium-Phosphat (MAP) Reaktor

## 1 Verfahrensgrundlage

Vereinfachte Gleichung:



Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ):

Ammoniumion, im Überschuss im Urin vorhanden

Magnesium ( $\text{Mg}^{2+}$ ):

Magnesiumion, bildet sich im Reaktionsraum aus dem zugegebenen MgO (Magnesiumoxid)

Phosphat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ):

Phosphation, gelöst im Urin vorhanden

## 2 Verfahrenstechnik

### 2.1 Nährstoffelimination

$P_{\text{ges}}$  im Zulauf:

180 mg/l (Durchschnittswert)

$P_{\text{ges}}$  im Ablauf:

36 - 72 mg/l

P-Reduktion:

60 - 80 %

$N_{\text{ges}}$  im Zulauf:

2700 mg/l

$N_{\text{ges}}$  im Ablauf:

540 - 1080 mg/l

N-Reduktion:

60 - 80 %

(Wahrscheinlich hohe Reduktion durch Entlüftung)

### 2.2 Zyklusdaten und Urinmenge

10 Zyklen pro Tag

Zyklusdauer:

135 min

Urinproduktion im Gebäude:

171 l/d

Urinmenge pro Zyklus:

40 l (theoretisch möglich: 50 l)

Verbrauch Urin:

400 l/d (theoretisch möglich: 500 l/d)

Nutzbarer Urinspeicher:

ca. 7,5 m<sup>3</sup> (in 4 Speichertanks)

Laufzeit Volllast:

4 Wochen bei 5 Betriebstagen pro Woche

## 3 Ausbeute an MAP

MAP-Ausbeute:

➤ mit technischem MgO

50 - 65 %

➤ mit analytischem MgO

90 - 95 % (nur wenige Versuche im Labor)

Ausbeuteschätzwert:

0,8 g MAP<sub>getrocknet</sub>/l Urin

MAP-Produktion mit techn. MgO:

263 g MAP/d

69 kg MAP/a

## 4 Laufende Kosten

MgO-Beutel:

- Gesamtmaterialekosten 0,31 €/Stück
- Beutelmateral Polyvinylalkohol
- MgO-Menge 14 g/Beutel (für Zyklus mit ca. 40 l)

Nadelfilzfilter:

- Kosten 3 €/Stück
- Lebensdauer einmalige Verwendung
- MAP-Verluste 37 - 12 % (bleibt im Filter zurück)

Nylonfilter (alternative Variante):

- Kosten 45 €/Stück (nur wenige Versuche)
- MAP-Verluste praktisch keine

Weltmarktpreis MAP:

ca. 300 €/t (konservative Schätzung)

Wert des produzierten MAPs:

21 €/a

Theoretische Kosten (€) um 1 ha Sommerweizen für 1 Jahr ausreichend zu düngen:<sup>1</sup>

Urin	MAP (Pilotanlage)	NPK (Mineraldünger)
560,-	112.000,-	120,-

Gründe der hohen MAP-Kosten:

- 1) derzeit noch hoher manueller Einsatz nötig, um MAP zu produzieren (variabel)
- 2) MAP-Reaktor war Neuentwicklung, daher sehr hohe Investitionskosten

## 5 Feldversuche bei Bonn

Boden:

Versorgungsstufe C (nährstoffreicher Boden)

Dünger:

100 bzw. 140 kg N/ha bei Sommerweizen,  
40 kg N/ha bei Miscanthus

Urinausbringung:

3-4 l/m<sup>2</sup> bzw. 30-40 m<sup>3</sup>/ha (siehe Tabelle)

Vergleich von Daten:

	Daten aus Bonn	Technology Review <sup>2</sup>
N-Konzentration im Urin (gN/l)	2,3 – 3,9	max. 7,0
Urinmenge pro Fläche (l/m <sup>2</sup> )	3 - 4	1,5
N-Gehalt pro Fläche (kgN/ha)	70 – 100	max. 105

<sup>1</sup>Braum, C. (2011). Economical feasibility of using urine versus struvite as fertilizer. Using the example of GIZ in Eschborn. Bachelorarbeit. Institut für Bodenkunde und Bodenerhaltung, Justus-Liebig-Universität Gießen, Deutschland

<http://www.saniresch.de/images/stories/downloads/Bachelor%20Thesis%20Christina%20Braum.pdf>

<sup>2</sup>Muench, E., Winker, M. (2011). Technology review of urine diversion components - Overview on urine diversion components such as waterless urinals, urine diversion toilets, urine storage and reuse systems. Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. Eschborn, Deutschland,

<http://www.susana.org/lang-en/library?view=ccbctypeitem&type=2&id=875>

# SANIRESCH – Grauwasseranlage (MBR)

Fernüberwachung

Speicher

Membranbioreaktor (MBR)

Vorlage inkl. Sieb



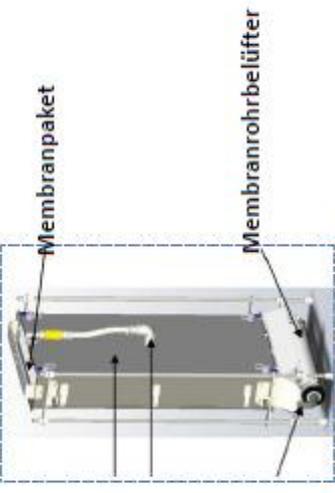
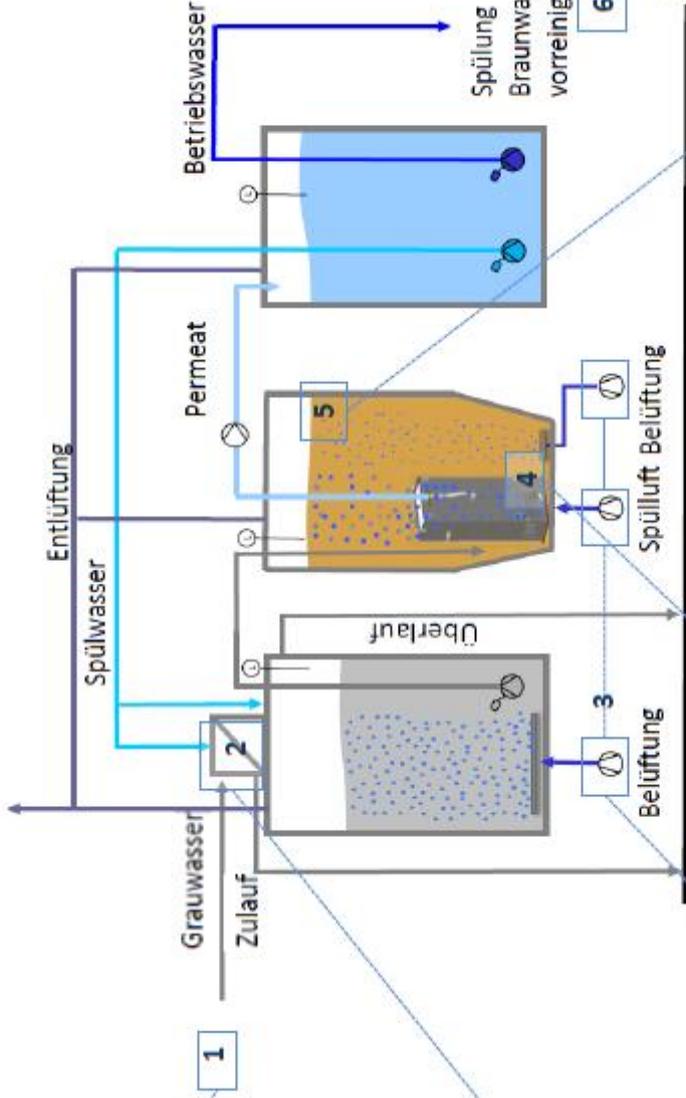
**1 - Rohgrauwasser**  
CSB 450 - 1000 mg/l



**2 - Vorgesalteter Sieb**  
(3 mm)



**3 - Rohrbelüfter**



**4 - Ultrafiltrationsmembran**  
Membranfläche 3.5 m<sup>2</sup> / Porengröße 38 nm

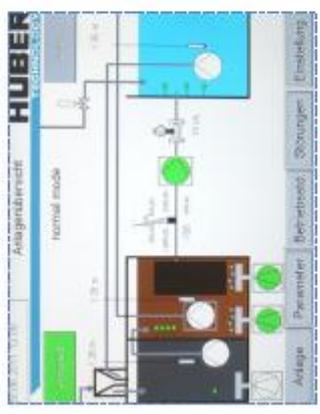
Membranpaket  
Membranrohrbelüfter



**5 - Membranbelebungsreaktor (MBR)**  
Tankvolumen 480 l



**6 - Permeate**  
280 l/Tag / CSB < 30 mg/l



Schaltfeld

## 1. Anlagentechnik

Ursprung des Grauwassers:	7 Teeküchen mit Spülbecken und Spülmaschinen, 2 Spülbecken 19 Handwaschbecken in Toilettenräumen 10 Putzwaschbecken
Grauwasserzufluss:	ca. 500 - 600 l/d
Permeatmenge:	ca. 300 l/d

### 1.1 Volumina

Vorlagebehälter:	480 l
Membranbioreaktor <sub>mittlerer Füllstand:</sub>	440 l (abhängig von CSB, TS und Durchsatz)
Betriebswasserbehälter:	480 l

### 1.2 Vorreinigung

Maschenweite des Siebs:	3 mm
Reinigung der Filtereinheit:	3 mal pro Tag für 10 s
Belüftung Vorlage:	30 s/h (zur Durchmischung)
AFS im Filtrat:	100 - 150 mg/l

### 1.3 Membranfiltrationsmodul

Membrantyp:	Plattenmembran (MembranClearBox®)
Membranfläche & Porengröße:	3,5 m <sup>2</sup> , 38 nm
Membranmaterial:	PES (Polyethylensulfon)
Spülluft <sub>Normalmodus:</sub>	kontinuierlich
Spülluft <sub>Sparmodus:</sub>	60 s Betrieb, 60 s Pause
Belüftung <sub>Normalmodus:</sub>	60 s Betrieb, 60 s Pause
Belüftung <sub>Sparmodus:</sub>	60 s Betrieb, 360 s Pause
Sauerstoffkonzentration:	8,1 mg/l
MBR Beschickungspumpe:	Autom. nach Füllstand des MBR gesteuert
Permeatpumpe:	20 h/d Filtration: 270 s Betrieb, 120 s Pause 4 h/d Relaxationszeit (kein Permeatabzug)
Betrieb Permeatpumpe <sub>Brutto:</sub>	20 h/d
Betrieb Permeatpumpe <sub>Netto:</sub>	14 h/d (unter Berücksichtigung der Pausen)
Permeatabzug	22 l/h; entspricht 300 l/d (14 h Laufzeit)
Transmembrandruck <sub>Netto:</sub>	
➤ Durchschnittswert	-60 mbar
➤ Maximalwert <sub>theoretisch</sub>	-350 mbar
Flux <sub>Netto:</sub>	(Durchflussmenge des Permeats durch die Membran)
➤ Durchschnittswert:	6 l/(h x m <sup>2</sup> )
➤ Maximalwert <sub>theoretisch</sub>	30 l/(h x m <sup>2</sup> ) (nur kurzzeitig möglich)
Belebtschlammkonzentration:	4 - 6 g TS/l
Überschussschlammabzug:	40 l/Woche (automatisch)

## 2. Analysewerte\*

	CSB (mg/l)	N <sub>ges</sub> (mg/l)	NO <sub>3</sub> -N (mg/l)	NH <sub>4</sub> -N (mg/l)	P <sub>ges</sub> (mg/l)
Zulauf <sub>nach Vorreinigung</sub>	590 ± 170	14 ± 5,0	0,52 ± 0,16	0,38 ± 0,29	23 ± 14
Permeat	27 ± 5,5	12 ± 3,7	7,7 ± 2,6	0,01 ± 0	16 ± 3,1

\* Konzentrationen im 95%-Konfidenzintervall

CSB-Abbaugrad:  
95 %

Nährstoffverhältnis im Zulauf:  
C : N : P = 100 : 2,1 : 5,2

Einfluss der Spülmaschinentabs:

P <sub>ges</sub> - Gehalt (mg/l)	Zulauf	Permeat
Phosphathaltige	35 ± 7,7	16 ± 3,3
Nicht phosphathaltige	16 ± 10	16 ± 3,1

## 3. Nutzung des Permeats

Mögliche Anwendungsbereiche:  
(bei Einhaltung bestimmter Richtwerte  
z.B. EU Badegewässerrichtlinie)

Betriebswasser für Toilettenspülung,  
Heizung, Klimaanlage, Waschmaschinen  
Bewässerung

Anwendungsbereich bei der GIZ:

Spülung für die Vorreinigung der  
Braunwasseranlage

## 4. Betriebsaufwand

Unter normalen Umständen findet jedes Jahr eine Wartung inkl. einer Analyse statt.  
Forschungsbedingt wird jedoch folgender Betriebsaufwand veranschlagt:

Wartung: 2 d/Halbjahr  
Analytik der Proben: 3 - 4 h/Woche  
Betriebskontrolle: 3 h (eingeteilt in 2 d pro Woche)

## 5. Stromverbrauch

Der hier angegebene Stromverbrauch bezieht sich auf den Anlagenteil des Membranbioreaktors (siehe Grafik). Dies sind nur theoretische Werte, da keine Messungen stattfanden. Der Stromverbrauch kann forschungsbedingt höher als normal sein.

Stromverbrauch: 1,2 kWh/d (entspricht: 455 kWh/a)  
Spezifischer Stromverbrauch: 2,1 kWh/m<sup>3</sup>  
Stromkosten: 90 €/a (0,20 €/kWh)

## 6. Investitionskosten (Ohne Vorreinigung und Permeatbehälter)

Bodentank, Aggregate,  
Steuerung, Membranmodule 5.990 € (netto, ab Werk)

# SANIRESCH – Braunwasseranlage (MBR)



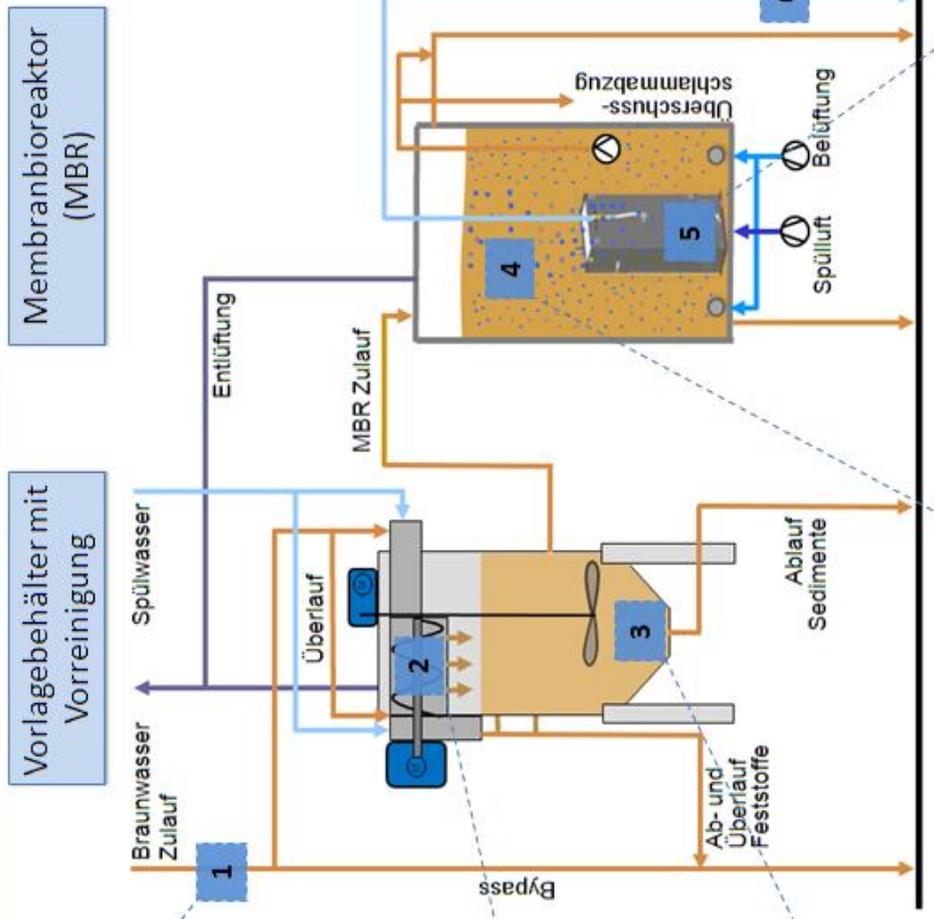
1 - Braunwasser aus NoMix Toiletten: ~ 2000 l/d



2 - Siebkorb mit Schnecke zur Feststoffabscheidung (Lochdurchmesser: 3 mm)



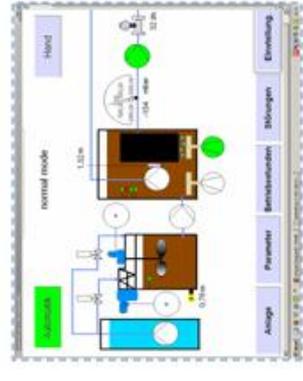
3 - Vorlagebehälter mit Vorreinigung  
Volumen: ~ 400 l



Vorlagebehälter mit Vorreinigung

Membranbioreaktor (MBR)

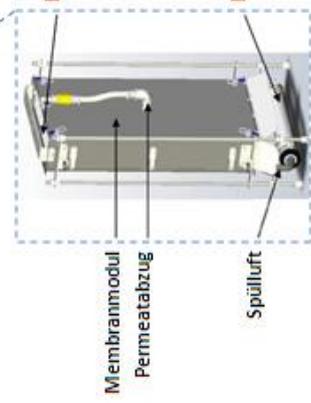
Fernüberwachung



Schaltfeld



4 - Membranbioreaktor  
Volumen: 710 l



5 - Ultrafiltrationsmodul  
Plattenmembran: 3.5 m<sup>2</sup>, Porengröße: 38 nm



6 - Permeat  
Aufbereitetes Braunwasser (COD: ~ 23 mg/l)

## 1 Anlagentechnik

Ursprung des Braunwassers:	38 Spültrenntoiletten (Modell NoMix, Roediger Vacuum)
Braunwasserzufluss <sub>Durchschnitt</sub> :	2000 l/d
Permeatmenge <sub>Durchschnitt</sub> :	350 l/d (Differenz zum Tagesvolumen wird konventionell entsorgt)

### 1.1 Volumina

Vorlagebehälter:	400 l
Membranbioreaktor <sub>mittlerer Füllstand</sub> :	670 l

### 1.2 Vorreinigung

Lochdurchmesser Siebkorb:	3 mm
Schneckendrehung <sub>Tag</sub> :	15 s Betrieb, 60 s Pause
Schneckendrehung <sub>Nacht</sub> :	15 s Betrieb, 3600 s Pause
Spülung Siebkorb:	10 s Zulauf, 10 s Pause, 10 s Ablauf (10 Wdh./24h)
AFS im Filtrat:	400 - 450 mg/l

### 1.3 Membranfiltrationsmodul

Membrantyp:	Plattenmembran (MembranClearBox ®)
Membranfläche & Porengröße:	3,5 m <sup>2</sup> , 38 nm
Membranmaterial:	PES (Polyethylensulfon)
Spülluft <sub>Normalmodus</sub> :	kontinuierlich
Spülluft <sub>Sparmodus</sub> :	60 s Betrieb, 60 s Pause
Belüftung <sub>Normalmodus</sub> :	60 s Betrieb, 60 s Pause
Belüftung <sub>Sparmodus</sub> :	60 s Betrieb, 360 s Pause
Sauerstoffkonzentration:	7,3 mg/l
MBR Beschickungspumpe:	Autom. nach Füllstand des MBR gesteuert
Permeatpumpe:	21 h/d Filtration: 120 s Betrieb, 60 s Pause 3 h/d Relaxationszeit (kein Permeatabzug)
Betrieb Permeatpumpe <sub>Brutto</sub> :	21 h/d
Betrieb Permeatpumpe <sub>Netto</sub> :	14 h/d (unter Berücksichtigung der Pausen)
Permeatabzug:	25 l/h; entspricht 350 l/d (14 h Laufzeit)
Transmembrandruck <sub>Netto</sub> :	
➤ Durchschnittswert	-50 mbar
➤ Maximalwert <sub>theoret.</sub>	-350 mbar
Flux <sub>Netto</sub> :	(Durchflussmenge des Permeats durch die Membran)
➤ Durchschnittswert	7,1 l/(h x m <sup>2</sup> )
➤ Maximalwert <sub>theoret.</sub>	30 l/(h x m <sup>2</sup> )
Belebtschlammkonzentration:	4 - 6 g TS/l
Überschussschlammabzug:	15 l/Woche (automatisch)

# Braunwasseranlage (MBR)

## 1.4 Unterschiede zur Grauwasseranlage

Bis auf die unterschiedliche Vorreinigung sind die Grau- und Braunwasseranlage technisch gleich ausgelegt. Durch die verschiedenen Charakteristika des Rohabwassers ergeben sich jedoch Unterschiede im Hinblick auf den Betrieb:

	Permeatpumpe	Permeatabzug
Grauwasseranlage	270 s Betrieb; 120 s Pause	23 l/h
Braunwasseranlage	120 s Betrieb; 60 s Pause	25 l/h

## 2 Analysewerte\*

	CSB (mg/l)	N <sub>ges</sub> (mg/l)	NO <sub>3</sub> -N (mg/l)	NH <sub>4</sub> -N (mg/l)	P <sub>ges</sub> (mg/l)
Zulauf <sub>nach Vorreinigung</sub>	787 ± 200	70 ± 16	0,9 ± 0,3	0,63 ± 0,21	21 ± 6
Permeat	23 ± 4	76 ± 13	68 ± 10	0,04 ± 0,04	16 ± 5

\* Konzentrationen im 95 %-Konfidenzintervall

	E. coli (n/100ml)	Intestinale Enterokokken (n/100ml)	Coliforme Bakterien (n/100ml)
Permeat	37	28	535

CSB-Abbaugrad:  
97 %

Nährstoffverhältnis im Zulauf:  
C : N : P = 100 : 9 : 0,9

## 3 Nutzung des Permeats

Mögliche Anwendungsbereiche:  
(Bei Einhaltung bestimmter Richtwerte  
z.B. EU Badegewässerrichtlinie)

Betriebswasser für Toilettenspülung,  
Heizung, Klimaanlage, Bewässerung

Anwendung bei der GIZ:

Aus technischen Gründen findet derzeit  
keine Nutzung des Permeats statt.

## 4 Betriebsaufwand

Unter normalen Umständen findet jedes Jahr eine Wartung inkl. einer Analyse statt. Forschungsbedingt wird jedoch folgender Betriebsaufwand veranschlagt:

Wartung:	2 d/Halbjahr
Analytik der Proben:	3 - 4 h/Woche
Betriebskontrolle:	3 h (eingeteilt in 2 d pro Woche)

## 5 Stromverbrauch

Der hier angegebene Stromverbrauch bezieht sich auf den Anlagenteil des Membranbioreaktors (siehe Grafik). Dies sind nur theoretische Werte, da keine Messungen stattfanden. Der Stromverbrauch kann aufgrund von Forschungstätigkeiten höher als normal sein.

Stromverbrauch:	1,2 kWh/d (entspricht: 455 kWh/a)
Spezifischer Stromverbrauch:	2,1 kWh/m <sup>3</sup>
Stromkosten:	90 €/a (0,20 €/kWh)

## 6 Investitionskosten (ohne Vorreinigung)

Bodentank, Aggregate, Steuerung, Membranmodul	5.990 € (netto, ab Werk)
--------------------------------------------------	--------------------------

## Partner

**Deutsche Gesellschaft für  
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH**  
Sektorvorhaben  
Nachhaltige Sanitärversorgung – ecosan  
Dag-Hammarskjöld-Weg 1-5  
65760 Eschborn

**Huber SE**  
Industriepark Erasbach A1  
92334 Berching

**RWTH Aachen**  
Institut für Siedlungswasserwirtschaft (ISA)  
Institut für Soziologie (IfS)  
52056 Aachen

**Roediger Vacuum GmbH**  
Kinzigheimer Weg 104-106  
63450 Hanau

**Universität Bonn**  
INRES – Bereich Pflanzenernährung  
Karlrobert-Kreiten-Straße 13  
53115 Bonn

**Technische Hochschule  
Mittelhessen**  
Wiesenstraße 14  
35390 Gießen

## Kontaktdaten

**Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH**  
Sektorvorhaben Nachhaltige Sanitärversorgung - ecosan  
Dag-Hammarskjöld-Weg 1-5  
65760 Eschborn, Deutschland

Dr.-Ing. Martina Winker  
Email: [martina.winker@giz.de](mailto:martina.winker@giz.de) oder [saniresch@giz.de](mailto:saniresch@giz.de)  
Tel: 49 (0)6196-79 3298

## Weitere Projektinformationen

[www.saniresch.de](http://www.saniresch.de)  
[www.facebook.com/saniresch](https://www.facebook.com/saniresch)

## Impressum

MAP-Datenblatt: Martina Winker, Amel Saadoun  
Stand: 31.07.2012  
Braunwasser-Datenblatt: Enno Schröder, Martina Winker, Fanny Kilian  
Stand: 31.07.2012  
Grauwasser-Datenblatt: Martina Winker, Amel Saadoun, Fanny Kilian  
Stand: 31.07.2012