



INSTITUT FÜR  
SIEDLUNGSWASSERWIRTSCHAFT



PRÜF- UND ENTWICKLUNGSINSTITUT FÜR  
ABWASSERTECHNIK AN DER RWTH AACHEN E.V.



---

## **Kurzfassung Abschlussbericht**

zum Forschungsvorhaben

### **Dezentrale Abwasserbehandlung**

**unter Verwendung kompakter Keramik-Bioreaktoren**

**mit Einschluss-Immobilisierten-Mikro-Organismen**

**- Projektphase II -**

**AZ IV - 9 - 042 1B7**

für das



**Ministerium für  
Umwelt und Naturschutz,  
Landwirtschaft und Verbraucherschutz  
des Landes Nordrhein-Westfalen**

Aachen, im Mai 2006

---

Univ.-Prof. Dr.-Ing. J. Pinnekamp  
(ISA)

---

Dr.-Ing. E. Dorgeloh  
(PIA)

## Projektpartner

Partner		Bearbeiter
	Institut für Siedlungswasserwirtschaft der RWTH Aachen Univ.-Prof. Dr.-Ing. J. Pinnekamp Mies-van-der-Rohe-Str. 1 52074 Aachen Tel.: 0241 / 80 25207 Fax: 0241 / 80 22285 Email: <a href="mailto:isa@isa.rwth-aachen.de">isa@isa.rwth-aachen.de</a> <a href="http://www.isa.rwth-aachen.de">www.isa.rwth-aachen.de</a>	Dr.-Ing. Regina Haußmann
	Prüf- und Entwicklungsinstitut für Abwassertechnik an der RWTH Aachen e.V. (PIA) Mies-van-der-Rohe-Str. 1 52074 Aachen Tel.: 0241 / 75082-0 Fax: 0241 / 75082-29 Email: <a href="mailto:info@pia.rwth-aachen.de">info@pia.rwth-aachen.de</a> <a href="http://www.pia.rwth-aachen.de">www.pia.rwth-aachen.de</a>	Dr.-Ing. Elmar Dorgeloh Dipl.-Ing. Arndt Kaiser

## Projektbeteiligte

	aqua-System AG Schaffhauserstr. 87 CH – 8410 Winterthur Tel.: +41 52 / 214 27 00 Fax: +41 52 / 214 27 59 Email: <a href="mailto:info@aqua-system.ch">info@aqua-system.ch</a> <a href="http://www.aquasystem.ch">www.aquasystem.ch</a>	Geschäftsführer Markus Haller
	VP-Kasag Verfahrens- und Prozesstechnik AG Limmatstr. 2 CH-8957 Spreitenbach Tel.: +41 56 / 418 10 20 Fax: +41 56 / 418 10 29 Email: <a href="mailto:info@vp-kasag.ch">info@vp-kasag.ch</a> <a href="http://www.vpgmbh.ch">www.vpgmbh.ch</a>	Geschäftsführer Walter Hochstrasser
	Hartmann Wasserrecycling Loorstr. 8 CH-5242 Lupfig Tel.: +41 56 / 444 88 03 Fax: +41 56 / 444 88 02 Email: <a href="mailto:info@hkw.ch">info@hkw.ch</a> <a href="http://www.hkw.ch">www.hkw.ch</a>	Ingenieur HTL Rolf Hartmann

<b>Inhaltsverzeichnis</b>	<b>Seite</b>
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>3</b>
<b>2 Eignungstest Pilotanlage</b> .....	<b>3</b>
<b>3 Untersuchungen zum biologischen Reinigungsträger EIMO®</b> .....	<b>9</b>
<b>4 Empfehlungen für weiteres Vorgehen</b> .....	<b>13</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Aufbau der Pilotanlage .....	4
Abbildung 2: Tägliche und phasenbezogene mittlere hydraulische Belastung während des Eignungstests .....	5
Abbildung 3: CSB-Zulauffrachten während des Eignungstests .....	5
Abbildung 4: Zusammenhang zwischen CSB-Schlammbelastung und CSB-Eliminationsraten .....	6
Abbildung 5: Aufsicht EIMO®-Kugeln und REM-Aufnahme .....	9
Abbildung 6: Mittlere CSB <sub>filtriert</sub> -Konzentrationen im Zu- und Ablauf der halbtechnischen Versuchsanlage .....	12
Abbildung 7: Mittlere Stickstoff-Konzentrationen im Zu- und Ablauf der halbtechnischen Versuchsanlage .....	12

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchungen entnommener Wasserproben .....	7
Tabelle 2: Anforderungen gemäß DIBT für die Prüfung von Kleinkläranlagen und ermittelte Ablaufwerte.....	8
Tabelle 3: Versuchsdurchführung mit halbtechnischer Versuchsanlage.....	11

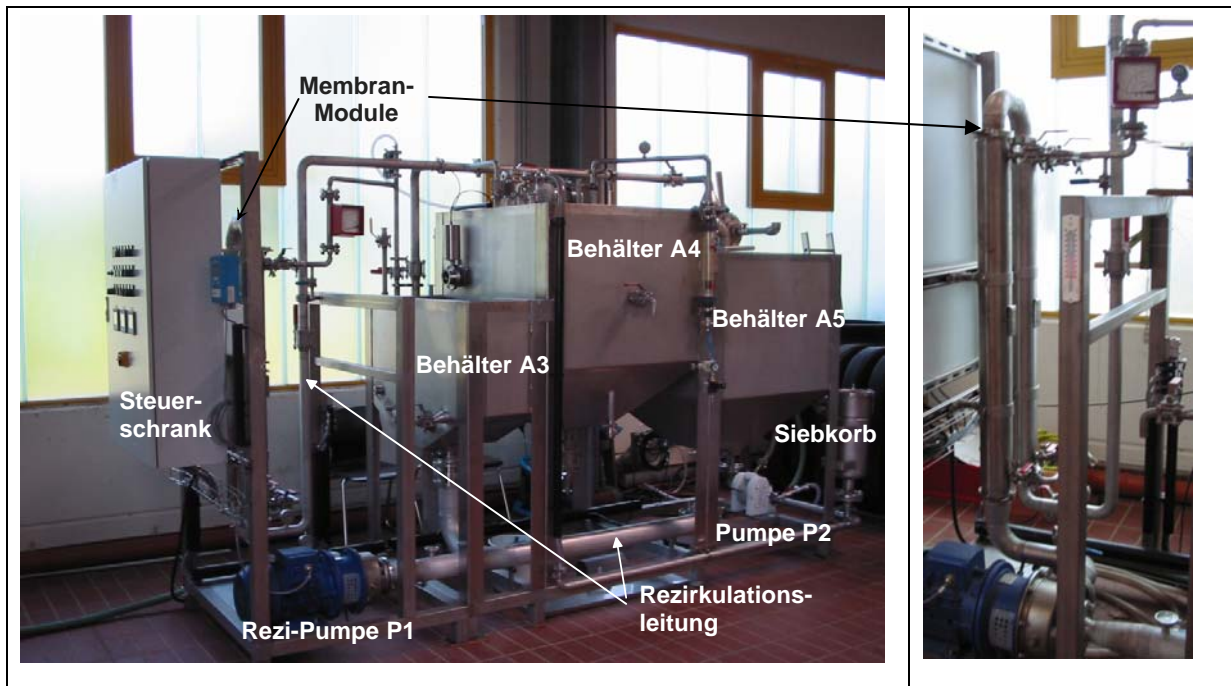
## 1 Einleitung

Inhalte des Vorhabens „Dezentrale Abwasserbehandlung unter Verwendung kompakter Keramikmembran-Bioreaktoren mit Einschluss-Immobilisierten-Mikro-Organismen“ (AZ IV-9-042 1B7) sind Entwicklung und Test einer Pilot-Abwasserbehandlungsanlage für den dezentralen Einsatz zur Reinigung saisonal anfallender Abwässer. Zusätzlich zum Einsatz von Keramikmembranen soll die Pilotanlage neben belebtem Schlamm auch unter Verwendung des biologischen Reinigungsträgers EIMO<sup>®</sup> (Einschluss-Immobilisierte-Mikro-Organismen) betrieben und untersucht werden. Bei EIMO<sup>®</sup> handelt es sich um in Kugelform eingeschlossene und immobilisierte Biomasse. Neben dem EIMO<sup>®</sup> Hersteller Hartmann Wasserrecycling sind an dem Vorhaben die Unternehmen aqua-System AG und VP-Kasag GmbH aus der Schweiz als Anlagenhersteller beteiligt.

Inhalte der nun abgeschlossenen Projektphase II waren die Durchführung eines Eignungstests mit der in Phase I (Laufzeit September 2004 bis Juni 2005) konstruierten Pilot-Abwasserbehandlungsanlage sowie Untersuchungen zur Eignung des biologischen Reinigungsträgers EIMO<sup>®</sup> anstelle von belebtem Schlamm zur Abwasserbehandlung. Der Schwerpunkt der Untersuchungen zum Einsatz von EIMO<sup>®</sup> lag bei der Überprüfung erreichbarer Abbauleistungen hinsichtlich der Kohlenstoff- und Stickstoffparameter. Die Versuche erfolgten im Labor und im halbtechnischen Versuchsmaßstab.

## 2 Eignungstest Pilotanlage

Bei der eingesetzten Pilotanlage handelte es sich um eine Abwasserbehandlungsanlage mit Membrantechnik für den dezentralen Einsatzbereich zur Reinigung saisonal anfallender Abwässer. Als Filtrationsstufe wurden zwei trocken aufgestellte Keramikmembranmodule mit Trenngrenzen von 50 kD bzw. 150 kD verwendet. Die biologische Reinigung (Kohlenstoff- und Stickstoffelimination) des Abwassers erfolgte nach dem Verfahren der vorgeschalteten Denitrifikation.

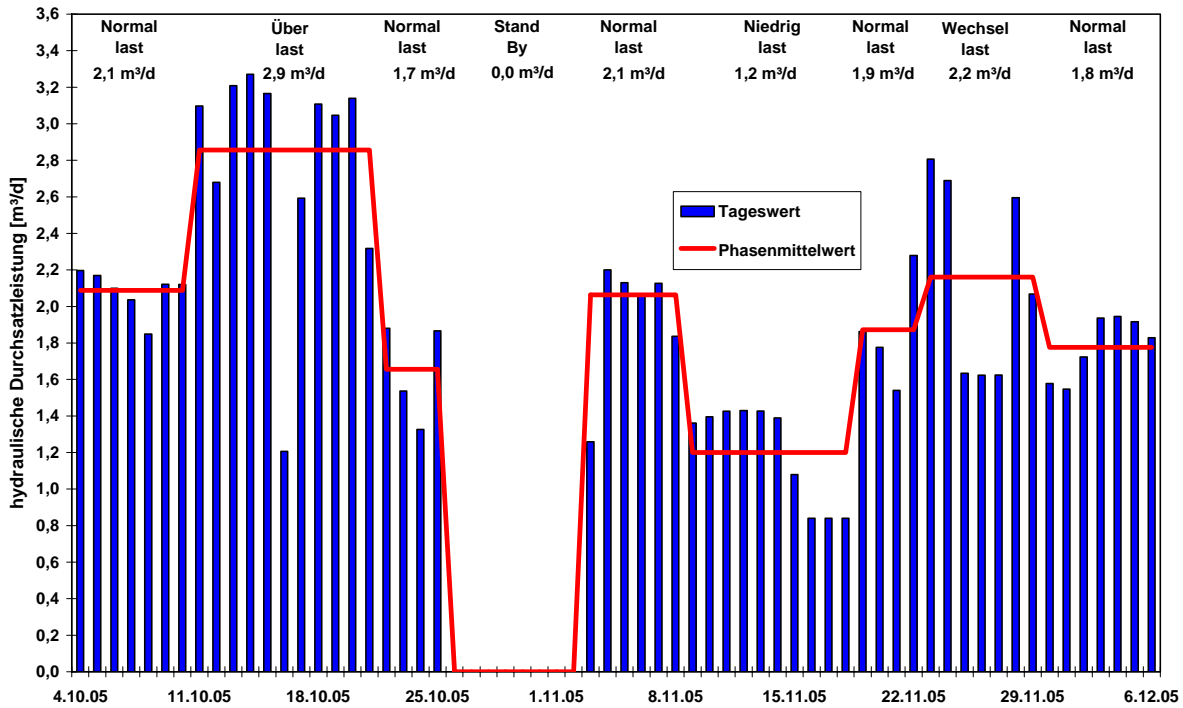


**Abbildung 1: Aufbau der Pilotanlage**

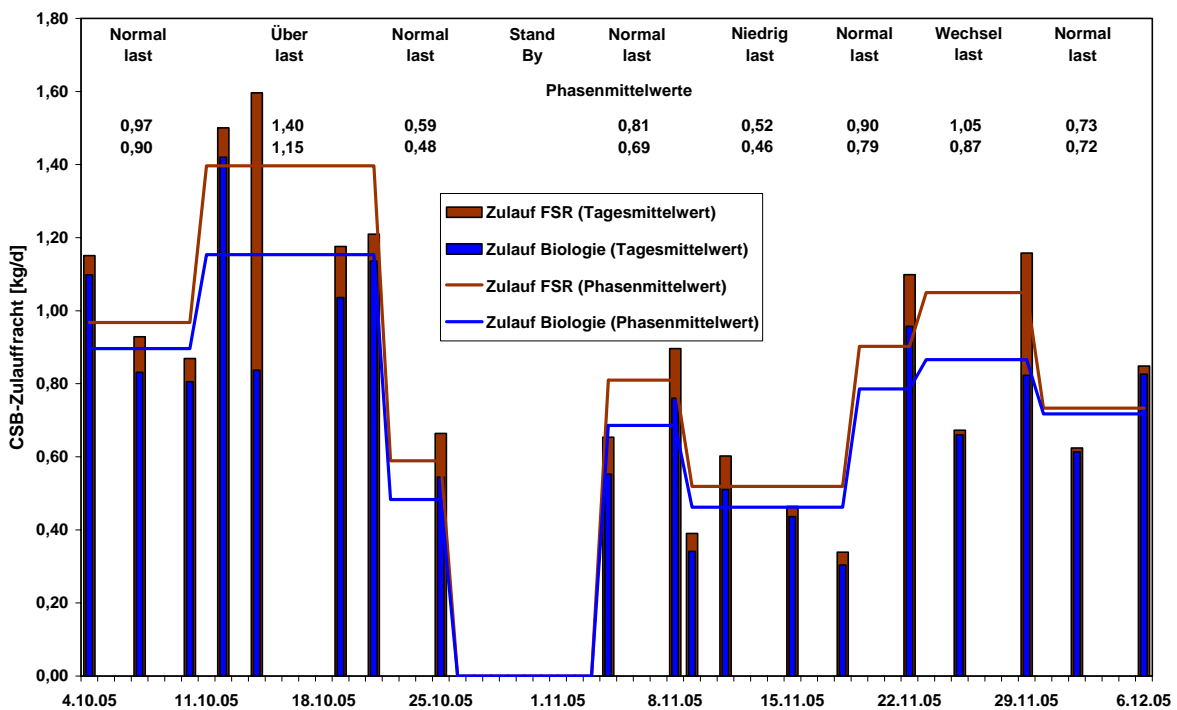
Im Rahmen der durchgeführten Projektphase II wurde ein Eignungstest in Anlehnung an die Prüfnorm für Kleinkläranlagen DIN EN 12566 Teil 3 durchgeführt. Dazu wurde die Pilotanlage einem neunwöchigen Belastungstest mit unterschiedlichen hydraulischen Belastungen und Schmutzfrachten unterzogen.

Zur Beurteilung der Reinigungsleistungen hinsichtlich der Kohlenstoff- und Stickstoffparameter vom Zulauf, Zulauf zur Biologie (Ablauf Feinsiebrechen) und vom Ablauf wurden Abwasserproben mittels Küvettentests im Labor des PIA analysiert. Zum Abgleich wurden zusätzliche Analysen durch das Labor des Institutes für Siedlungswasserwirtschaft der RWTH Aachen durchgeführt. Zur hygienischen Beurteilung der Ablaufqualität des behandelten Abwassers erfolgten mikrobiologische Wasseruntersuchungen.

Die hydraulische Belastung variierte - bezogen auf einen einwohnerwertspezifischen Volumenstrom von 150 l/d - zwischen 10 und 20 Einwohnerwerten. Die Schmutzfrachten im Zulauf zur Biologie, bezogen auf eine einwohnerwertspezifische CSB-Schmutzfracht von 120 g/(E\*d), lagen zwischen 4 und 10 Einwohnerwerten.

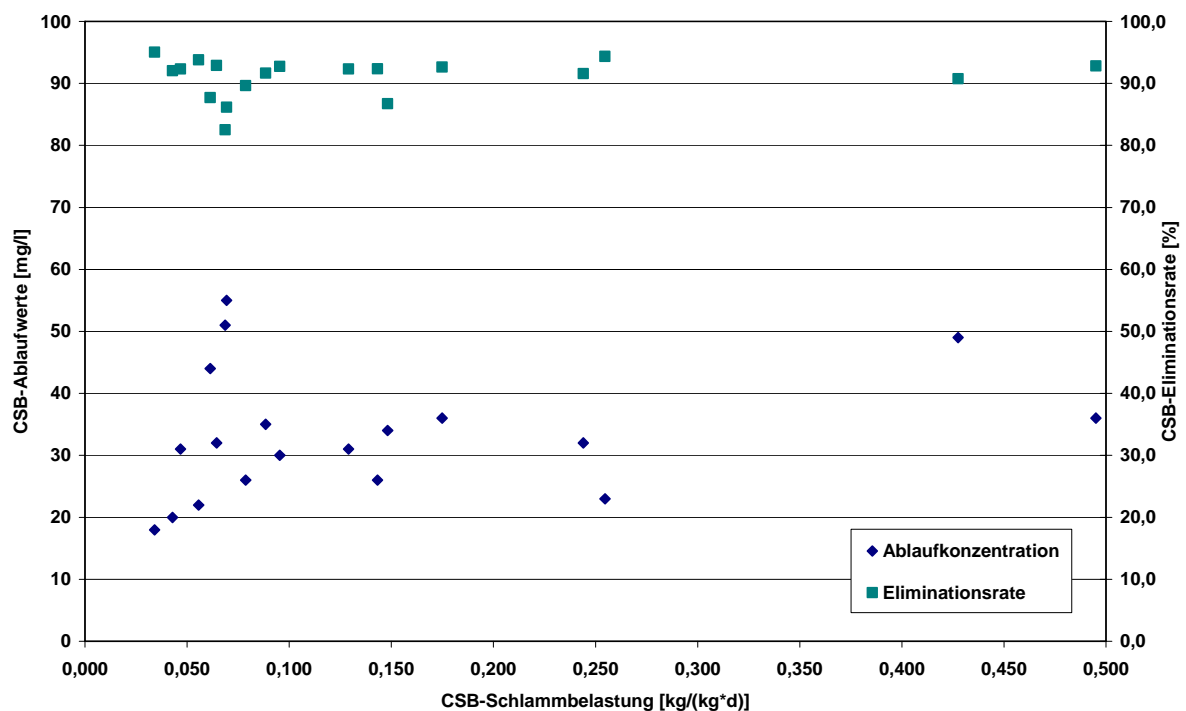


**Abbildung 2: Tägliche und phasenbezogene mittlere hydraulische Belastung während des Eignungstests**



**Abbildung 3: CSB-Zulaufmengen während des Eignungstests**

Aufgrund sehr geringer Trockensubstanzgehalte zu Beginn des Eignungstests (TS < 2 g/l) lag die Schlammbelastung deutlich über 0,2 kg/(kg\*d), infolge hoher Zulaufmengen stieg die Schlammbelastung bis auf knapp 0,5 kg/(kg\*d) an. Mit Beginn der zweiten Normallastbetriebsphase und Erreichen eines TS-Gehaltes von ca. 6 g/l sank schließlich die CSB-Schlammbelastung auf unter 0,1 kg/(kg\*d). Ein erkennbarer Einfluss der unterschiedlichen CSB-Schlammbelastungen auf die CSB-Reinigungsleistungen konnte nicht festgestellt werden.



**Abbildung 4: Zusammenhang zwischen CSB-Schlammbelastung und CSB-Eliminationsraten**

Folgende Resultate zur biologischen Reinigung wurden während des Tests erzielt:

- Eliminationsleistung CSB > 90%  
(Zulauf Biologie – Ablauf Keramikmembranmodule)
- Eliminationsleistung BSB<sub>5</sub> > 98%  
(Zulauf Biologie – Ablauf Keramikmembranmodule)
- Eliminationsleistung N<sub>ges</sub> bzw. N<sub>anorg</sub> > 75%  
(N<sub>ges</sub> Zulauf Feinsiebrechen – N<sub>anorg</sub> Ablauf Keramikmembranmodule)
- Mittlerer CSB Ablaufwert: 33 mg/l

- Mittlerer BSB<sub>5</sub> Ablaufwert: 2 mg/l  
(9 von 10 Messwerten < Bestimmungsgrenze von 1 mg/l)
- Mittlerer NH<sub>4</sub>-N Ablaufwert: 0,3 mg/l
- Mittlerer N<sub>anorg</sub> Ablaufwert: 10,1 mg/l

Neben gesamtcoliformen und fäkalcoliformen Keimen wurden die Abwasserproben auf Fäkalstreptokokken, Salmonellen und Clostridium perfringens untersucht. Zur Beurteilung der unterschiedlichen Trenngrenzen der verwendeten Keramikmembranmodule (MWCO 150 kD bzw. 50 kD) wurden jeweils separate Abwasserproben untersucht. Der Großteil der Untersuchungen der Ablaufproben ergab für beide Module negative Befunde, d.h. dass die Ergebnisse entweder „0“ betragen oder unterhalb der Bestimmungsgrenze des angewandten Verfahrens lagen.

**Tabelle 1: Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchungen entnommener Wasserproben**

Parameter	Verfahren	12.10.05	18.10.05	8.11.05	17.11.05	22.11.05	29.11.05	
		PN 1	PN 2	PN 3	PN 4	PN 5	PN 6	
<b>Zulauf Biologie</b>								
Gesamtcoliforme Keime	/ 100 ml	MPN Bgbl. 10/95	> 11.000	> 11.000	> 11.000	> 11.000	> 11.000	> 11.000
Fäkalcoliforme Keime	/ 100 ml	MPN Bgbl. 10/95	> 11.000	> 11.000	> 11.000	> 11.000	> 11.000	> 11.000
Fäkalstreptokokken	/ 100 ml	EN ISO 7899-2	> 11.000	> 11.000	> 11.000	> 11.000	> 11.000	> 11.000
Salmonellen	/ 1.000 ml	MPN ISO 6340	< 30	200	< 30	< 30	70	70
Clostridium perfringens	/ 100 ml	DIN EN ISO 7937	976	1.240	23.900	439.000	124	18.000
<b>Ablauf Membranmodul Trenngrenze 150 kD</b>								
Gesamtcoliforme Keime	/ 100 ml	MPN Bgbl. 10/95	> 11.000	< 30	< 30	< 30	< 30	40
Fäkalcoliforme Keime	/ 100 ml	MPN Bgbl. 10/95	> 11.000	< 30	< 30	< 30	< 30	40
Fäkalstreptokokken	/ 100 ml	EN ISO 7899-2	< 30	< 30	< 30	< 30	< 30	< 30
Salmonellen	/ 1.000 ml	MPN ISO 6340	< 30	< 30	< 30	< 30	< 30	< 30
Clostridium perfringens	/ 100 ml	DIN EN ISO 7937	1	0	0	0	24	0
<b>Ablauf Membranmodul Trenngrenze 50 kD</b>								
Gesamtcoliforme Keime	/ 100 ml	MPN Bgbl. 10/95	430	< 30	< 30	< 30	< 30	< 30
Fäkalcoliforme Keime	/ 100 ml	MPN Bgbl. 10/95	430	< 30	< 30	< 30	< 30	< 30
Fäkalstreptokokken	/ 100 ml	EN ISO 7899-2	< 30	< 30	< 30	< 30	< 30	< 30
Salmonellen	/ 1.000 ml	MPN ISO 6340	< 30	< 30	< 30	< 30	< 30	< 30
Clostridium perfringens	/ 100 ml	DIN EN ISO 7937	1	0	0	0	0	0

Festgestellte positive Befunde in den ersten Ablaufproben waren auf eine fehlerhaft durchgeführte Probeentnahme zurückzuführen. Eindeutige Ursachen für festgestellte positive Befunde im Ablaufwasser des Keramikmembranmoduls mit Trenngrenze 150 kD (PN 5 und PN 6) konnten im Rahmen des Eignungstests nicht festgestellt werden. Die Trenngrenze des Membranmoduls schien nicht das ausschlaggebende



Kriterium zu sein. Um hier jedoch eindeutige Aussagen treffen zu können, sind längerfristige Untersuchungen erforderlich.

Zur Beurteilung der festgestellten Reinigungsleistung wurden die Ablaufanforderungen gemäß den Zulassungsgrundsätzen für allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen für Kleinkläranlagen des deutschen Instituts für Bautechnik (DIBT) herangezogen. Demnach erfüllt die Pilotanlage die Anforderungen der „Klasse D + H“ (Denitrifikation + Hygienisierung).

**Tabelle 2: Anforderungen gemäß DIBT für die Prüfung von Kleinkläranlagen und ermittelte Ablaufwerte**

Parameter	CSB	BSB <sub>5</sub>	NH <sub>4</sub> -N	N <sub>anorg</sub>	Fäkal-coliforme Keime	AFS
Einheit	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	/ 100 ml	mg/l
Probenart	24h-MP	24h-MP	24h-MP	24h-MP	Stichprobe	24h-MP
Anforderungen gemäß Klasse D + H	75	15	10	25	100	50
<b>ermittelte Ablaufwerte (2h- und 24h-Mischproben)</b>						
Mittelwert	33	2	0,3	10,1	- <sup>1)</sup>	1
MIN	18	< 1	< 0,2	3,9	< 30 <sup>1)</sup>	< 1
MAX	55	7	1,2	31,6	40 <sup>1)</sup>	2

<sup>1)</sup> Stichprobe

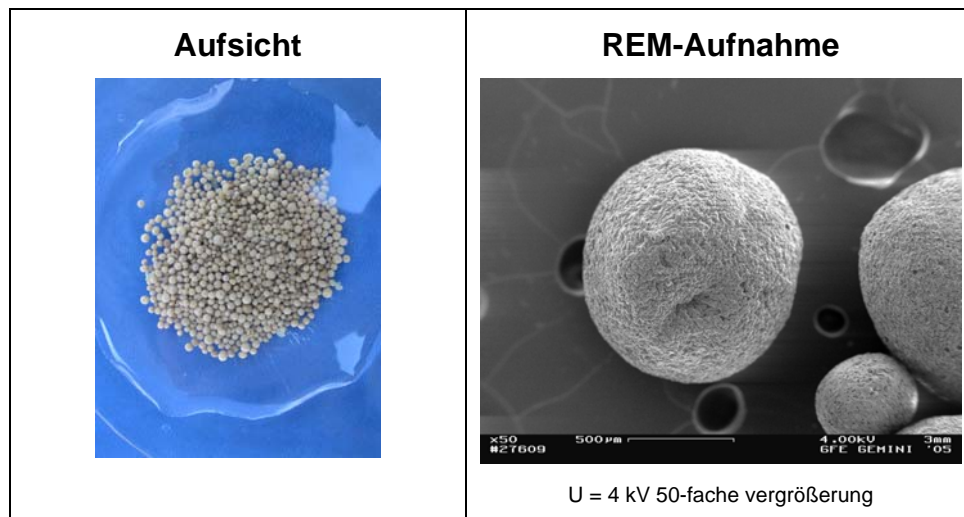
CSB / NH<sub>4</sub>-N / N<sub>anorg</sub>: Analyseergebnisse gemäß Küvettentests aus PIA-Labor

BSB<sub>5</sub> / AFS: Analyseergebnisse gemäß DIN EN – Analytik aus ISA Labor

Zur Aufrechterhaltung der Filtrationsleistung wurden die Membranmodule während des Eignungstests insgesamt dreimal mit 50°C heißem Wasser in-situ gereinigt. Trotz abnehmender Wirksamkeit dieser Reinigungsprozedur sank die Leistung nicht unter 40 l/(m<sup>2</sup>\*h). Es musste jedoch festgestellt werden, dass der Energieverbrauch mit im Mittel von knapp 26 kWh je 1m<sup>3</sup> Filtrat sehr hoch war. Um zu überprüfen, ob der Energiebedarf der Pilotanlage durch Optimierung der Reinigungsstrategie reduziert werden kann, sind weitere Untersuchungen erforderlich.

### 3 Untersuchungen zum biologischen Reinigungsträger EIMO<sup>®</sup>

Bei den so genannten Einschluss-Immobilisierten-Mikro-Organismen (EIMO<sup>®</sup>) handelt es sich um Biomasse, die konzentriert in eine langzeitstabile Polymermatrix eingeschlossen wird. Die Herstellung basiert auf den Verfahren der Immobilisierungstechnik und wird in die Methode „Immobilisierung durch Matrixeinschluss in Kugelform“ eingeordnet.



**Abbildung 5: Aufsicht EIMO<sup>®</sup>-Kugeln und REM-Aufnahme**

Zur Überprüfung der Verwendbarkeit von EIMO<sup>®</sup> als biologischer Reinigungsträger anstelle von belebtem Schlamm im Prozess der Abwasserbehandlung wurden Abbauversuche zur Kohlenstoff- und Stickstoffelimination im labor- und halbtechnischen Maßstab durchgeführt.

In Batchversuchen im Labormaßstab wurde die biologische Abbaubarkeit von gelösten Abwasserinhaltsstoffen unter Verwendung von EIMO<sup>®</sup> ermittelt. Im Rahmen dieser 15-tägigen Tests sollten zusätzlich ein „optimaler“ EIMO<sup>®</sup>-Füllgrad, der im biologischen Abwasserreinigungsprozess eingesetzt werden kann, herausgefunden werden sowie Aussagen zu möglichen notwendigen Adaptionszeiten getroffen werden. Es wurden Versuche mit unterschiedlichen EIMO<sup>®</sup>-Füllgraden (Anteile am Gesamtversuchsvolumen zwischen 10 bis 50 Vol-%) und ein vergleichender Versuch mit konventionellem belebtem Schlamm durchgeführt. Vorgesehen war, an Tag 0 und an Tag 15 für jede Versuchsreihe einen sechsständigen Batchversuch zur Überprüfung der biologischen Abbaubarkeit von gelösten Abwasserinhaltsstoffen durchzuführen.

ren. Zwischen Tag 0 und Tag 15 wurden die verschiedenen Testreihen regelmäßig mit Abwasser beschickt. Die Belastung während dieser Adaptionsphase war für jede Testreihe identisch. Für die Versuche wurde künstlich zusammengesetztes Abwasser verwendet.

Während der Versuche im Labor musste jedoch festgestellt werden, dass die verwendeten Versuchsaufbauten sich als ungeeignet erwiesen. Eingesetzte Magnet-rührer führten dazu, dass die EIMO®-Kugeln zerstört wurden und für die abschließenden Abbauprobungen an Tag 15 nur noch bedingt einsetzbar waren. Da der Luft-eintrag zur Sauerstoffversorgung für eine vollständige Durchmischung nicht ausreichte, konnte auf die Rührer jedoch nicht verzichtet werden. Anhand der Ergebnisse der Batchversuche an Tag 0 und Tag 15 konnte kein deutlicher CSB-Abbau festgestellt werden. Eine Nitrifikation bzw. Denitrifikation des gelösten anorganischen Stickstoffs wurde auch nicht erreicht.

Neben der Durchführung von Batchversuchen im Labormaßstab wurde seit Mitte November 2005 zur Beurteilung der Wirkung hinsichtlich der Kohlenstoff- und Stickstoffelimination (Nitrifikation und Denitrifikation) und des Handlings von EIMO® eine halbtechnische Versuchsanlage auf dem Prüffeld des PIA betrieben. Die Beschickung der Anlage erfolgte aus demselben System, aus dem die Pilotanlage während des Eignungstests beschickt wurde. Das Rohabwasser wurde vor Einleitung in die Versuchsanlage über ein Feinsieb (Maschenweite 1 mm) geleitet.

Die halbtechnische Versuchsanlage bestand aus einem Rundbehälter (Volumen 460 Liter), ausgestattet mit einem Verdichter und Rohrmembranbelüfter sowie mit einem nachträglich installierten Rührwerk. Insgesamt wurden vier verschiedene Phasen mit der Versuchsanlage gefahren und untersucht. Die Phasen unterschieden sich durch die Höhe der hydraulischen Belastung, den EIMO®-Füllgrad und die eingesetzten Aggregate (Verdichter und Rührwerk).

**Tabelle 3: Versuchsdurchführung mit halbtechnischer Versuchsanlage**

Phase	Dauer		eingesetzte Geräte	Durchsatzleistung Q		Durchflusszeit [h]	EIMO®-Füllgrad		TS [g/l]
		d		[l/h]	[m³/d]		Liter	V-%	
1	21.11.2005	23	Verdichter	8	0,192	57,5	30	6,5	3,9
	14.12.2005								
2	14.12.2005	6	Verdichter	16	0,384	28,8	30	6,5	3,9
	20.12.2005								
3	20.12.2005	14	Verdichter	16	0,384	28,8	40	8,7	5,2
	3.1.2006								
4	3.1.2006	27	Verdichter	16	0,384	28,8	40	8,7	5,2
	30.1.2006		Rührwerk						

Entsprechend dem vermuteten Effekt der Immobilisierung von Biomasse in Kugelform wurde in den ersten drei Phasen auf eine eigene Denitrifikationsphase und auf den Einsatz des Rührwerks verzichtet. Die Durchmischung im Behälter erfolgte durch die eingetragene Luft zur Sauerstoffversorgung. Es sollte überprüft werden, ob sich in den einzelnen Kugeln ein anoxisches Milieu einstellen und eine Denitrifikation simultan zur Nitrifikation erfolgen würde. Die Ergebnisse der Versuchsphasen zeigten eine gute Elimination des gelösten CSB und Ammoniumstickstoffs, eine Denitrifikation wurde jedoch nicht festgestellt. Eine Ursache wurde in den sehr hohen Sauerstoffgehalten im Bioreaktor (> 8 mg/l) gesehen, so dass sich ein anoxisches Milieu in den EIMO®-Kugeln nicht einstellen konnte.

Daraufhin wurde Anfang Januar 2006 in Phase 4 im Reinigungsprozess eine eigenständige Denitrifikationsphase vorgesehen und zusätzlich zur Durchmischung ein Rührwerk installiert. Niedrigere Umgebungstemperaturen und die geringere Menge an zugeführter und durch den Verdichter erwärmter Luft führten zu einem Absinken der Temperatur im Bioreaktor unter 10 °C, so dass in der Phase 4 nur eine verminderte Nitrifikation festgestellt werden konnte. Eine Denitrifikation war zudem auch nicht festzustellen. Eine weitere Ursache kann ein unzureichendes Kohlenstoff-Nitratstickstoff-Verhältnis während der Denitrifikationsphase gewesen sein. Die Ergebnisse der Untersuchungen (Mittelwerte) sind in Abbildung 6 und Abbildung 7 dargestellt.

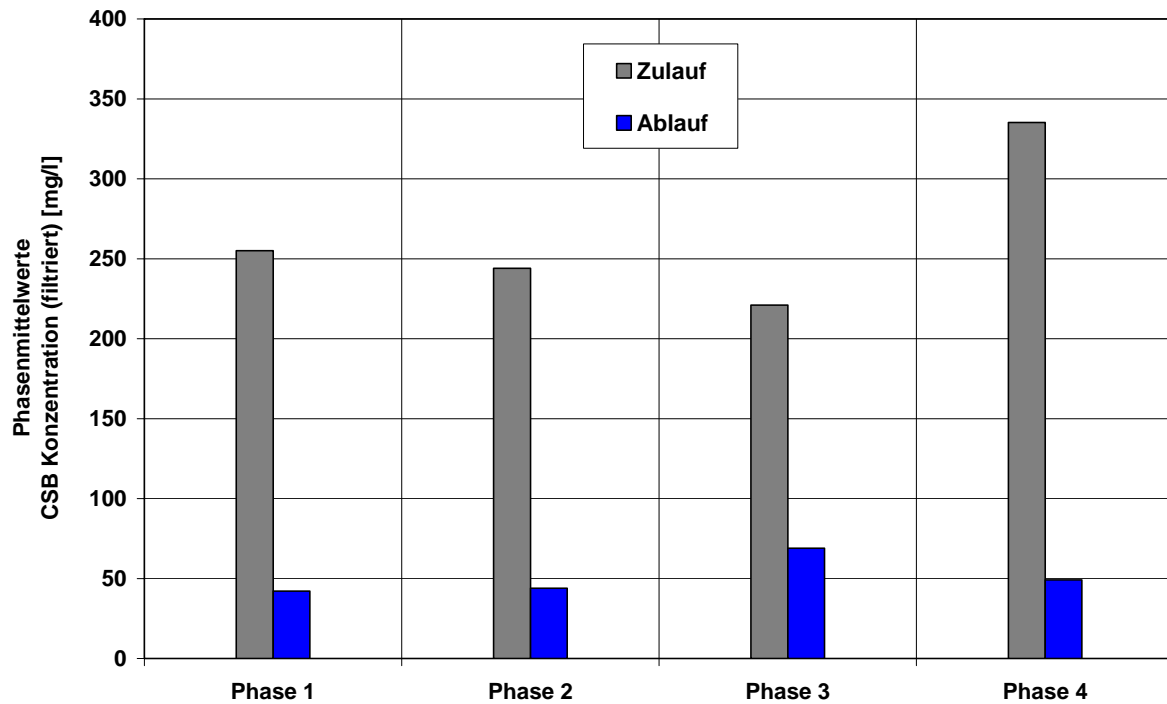


Abbildung 6: Mittlere CSB<sub>filtriert</sub> –Konzentrationen im Zu- und Ablauf der halbtechnischen Versuchsanlage

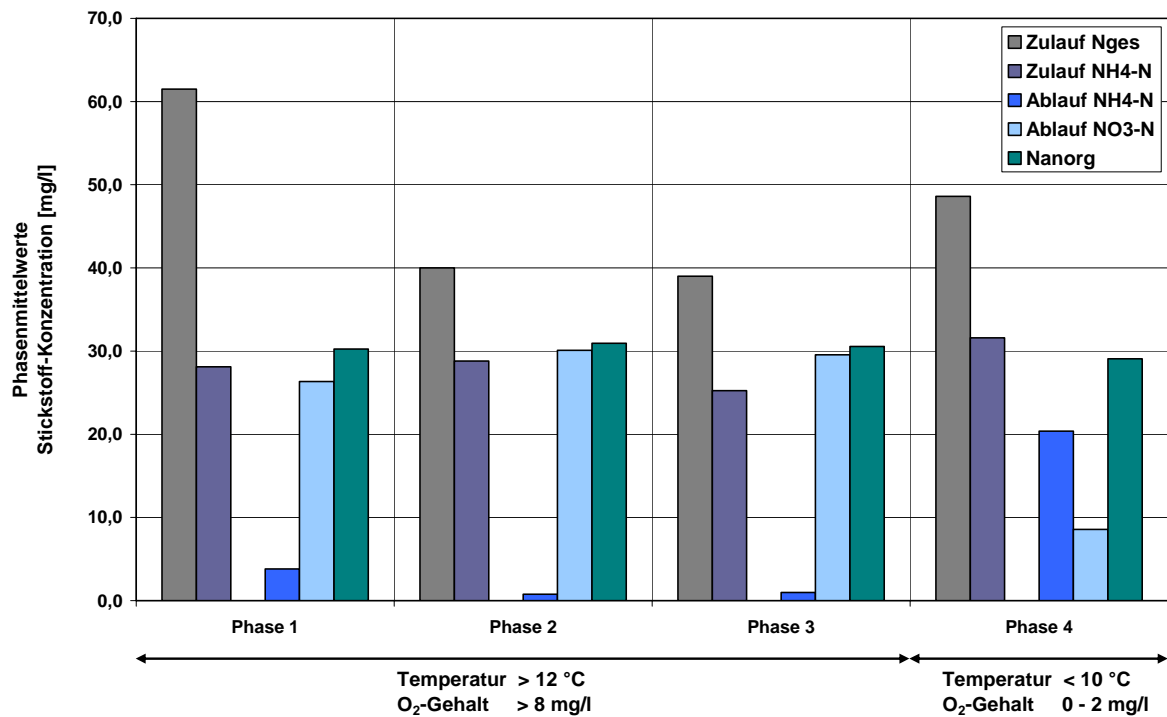


Abbildung 7: Mittlere Stickstoff–Konzentrationen im Zu- und Ablauf der halbtechnischen Versuchsanlage

Im Untersuchungszeitraum konnte nicht nachgewiesen werden, dass simultan zur Nitrifikation bzw. in einer eigenen Phase eine Denitrifikation des Nitratstickstoffs mit dem biologischen Reinigungsträger EIMO<sup>®</sup> durchführbar war. In weiteren Untersuchungen sollte geklärt werden, ob dies auf die Versuchsgegebenheiten oder auf den biologischen Reinigungsträger EIMO<sup>®</sup> zurückzuführen ist. Mit der vorhandenen halotechnischen Versuchsanlage war es nicht möglich, den Reinigungsprozess einer vorgeschalteten Denitrifikation zu testen.

#### 4 Empfehlungen für weiteres Vorgehen

In Projektphase II konnte nicht abschließend die Frage geklärt werden, ob und wie EIMO<sup>®</sup> als biologischer Reinigungsträger einzusetzen ist. Daher ist die Fortführung der geplanten Vorgehensweise des Gesamtvorhabens nicht empfehlenswert. Für Projektphase III war vorgesehen, beide Verfahrenstechniken in Kombination zu testen und die Pilotanlage unter Verwendung von EIMO<sup>®</sup> zu betreiben und einen zu Phase II entsprechenden Leistungstest durchzuführen. Es war vorgesehen, das Reinigungsverfahren der simultanen Denitrifikation anzuwenden. Mit den bisherigen Ergebnissen zu EIMO<sup>®</sup> können die in Phase II während des Eignungstests ermittelten Ablaufwerte mit belebtem Schlamm wahrscheinlich nicht erreicht werden. Empfohlen wird daher, die Untersuchungen zu EIMO<sup>®</sup> in einer Zwischenphase zu intensivieren. Folgende Möglichkeiten zur weiteren Vorgehensweise werden vorgeschlagen:

- Untersuchungen mit separaten Nitrifikations- und Denitrifikationsbehältern. In Phase II erfolgte bisher nur eine zeitliche Trennung der Nitrifikations- und Denitrifikationsphasen. Getestet werden sollte die Wirksamkeit einer räumlichen Trennung der Reinigungsschritte (vorgeschaltete Denitrifikation).
- Untersuchungen mit neu hergestellten EIMO<sup>®</sup>. Es gilt zu überprüfen, ob die vorherige Lagerzeit von EIMO<sup>®</sup> auf dem Prüffeld des PIA mit länger als 6 Monaten einen entscheidenden Einfluss auf die Reinigungsleistung hatte.
- Untersuchungen zur Verbesserung der Eliminationsleistung durch Erhöhung des EIMO<sup>®</sup>-Füllgrades.

Mit diesen weiteren Untersuchungen kann geprüft werden, ob EIMO<sup>®</sup> als Reinigungsträger zur Nitratstickstoffelimination einsetzbar ist oder nicht. Können diese Untersuchungen erfolgreich abgeschlossen werden, kann im Anschluss daran in Phase III der geplante Eignungstest durchgeführt werden.