

# Reinigung von Deponiesickerwasser mit ZeeWeed® -UF Hohlfasermembranen

Martin Brockmann, Heribert Möslang

Zenon GmbH, Hilden

## Abstract

Membranbioreaktoren werden schon seit einigen Jahren zur Aufbereitung von Deponiesickerwasser eingesetzt. Sie sind dadurch gekennzeichnet, dass nach einer biologischen Abwasserreinigung der belebte Schlamm durch Membranfiltration vom Reinwasser getrennt wird.

Die hier vorgestellten ZeeWeed® -UF Hohlfasermembranen werden direkt in die Biomasse eingetaucht und erfordern daher keine internen Umwälzpumpen zur Erzeugung hoher Fließgeschwindigkeiten auf der Membranoberfläche. Die Betriebskosten sinken dadurch ganz erheblich. An Hand verschiedener Beispiele wird aufgezeigt mit welcher Anlagenkonfiguration welche Ablaufwerte erreicht werden können.

## Keywords

Deponiesickerwasser, Membranbelebung, Nitrifikation, Umkehrosmose, Lechate, Membrane Bioreactor, Nitrification, Reverse Osmosis

## 1 Einleitung und Problemstellung

Membranbioreaktoren werden schon seit einigen Jahren zur Aufbereitung von Deponiesickerwasser eingesetzt. Sie sind dadurch gekennzeichnet, dass nach einer biologischen Abwasserreinigung die Biomasse (Belebtschlamm) nicht durch Sedimentation in einem Nachklärbecken vom Reinwasser getrennt wird, sondern durch Membranfiltration. Zu diesem Zweck wurden in Deutschland meist UF-Rohrmembranen mit einem Fließkanalquerschnitt von 12 - 25 mm eingesetzt, wobei die Biomasse unter Druckwirkung von circa 2 - 6 bar im Cross-Flow Prinzip teilweise mit hoher Fließgeschwindigkeit (3 - 6 m/s ) durch die Membranrohre gepumpt wird.

Trotz sehr guter Abbauleistungen sind solche Anlagen mit einem systembedingten Nachteil behaftet: der elektrische Energiebedarf ist wegen der großen Umwälzpumpen, welche die Fließgeschwindigkeit an der Membranoberfläche erzeugen, mitunter empfindlich hoch.

Die hier vorgestellten ZeeWeed Hohlfasermembranen werden dagegen direkt in die Belebung eingetaucht und erfordern daher keine internen Umwälzpumpen zur Erzeugung hoher Fließgeschwindigkeiten auf der Membranoberfläche. Die Betriebskosten sinken dadurch ganz erheblich.

## 2 Zenon Membranbelegung

### 2.1 Anlagenaufbau und Funktionsweise

Die Membranbelegung besteht im wesentlichen aus:

- einer Vorfiltration (Schutzsieb mit 3 mm Maschenweite)
- einem aeroben Bioreaktor mit feinblasiger Belüftungseinrichtung
- ggfl. einer anoxischen Denitrifikationszone mit Dosierung einer C-Quelle
- einer integrierten Mikrofiltration mit getauchten ZeeWeed Hohlfasermodulen

Das Sickerwasser wird zunächst zwischengespeichert und dann über einen Schutzfilter (Maschenweite ca. 1 mm) dem Bioreaktor zugeführt wird. Die Denitrifikationszone wird meist vorgeschaltet, so dass der zugeführte Kohlenstoff zum Nitratabbau verwertet wird. Nach der Denitrifikation und Nitrifikation erfolgt im letzten Teil des Bioreaktors, dem Filtrationsteil, schließlich die Trennung des Reinwassers von der Biomasse mittels Ultrafiltrations-Hohlfasermembranen, welche vertikal direkt in die Biomasse eingetaucht werden. An der Unterseite dieser ZeeWeed® Hohlfasermodule wird grobblasige Luft eingeblasen, die eine Überströmung des Mediums an der Membrane erzeugt und die Membrane zur Vermeidung von Belagbildung in Bewegung hält. Das Reinwasser (Permeat) wird durch Anlegen eines geringen Unterdruckes auf der Innenseite der Membranen kontinuierlich abgezogen. Sind die Membranen in einer separaten Filtrationskammer eingebaut, so wird die Biomasse in die Nitri-, bzw. zur Denitrifikation zurückgeführt. Aus dieser Rücklaufleitung wird der Überschuss-Schlamm abgezogen. Bedingt durch die kompakte Bauform der ZeeWeed Module nimmt der komplette Filtrationsteil nur etwa 10 - 15 % des gesamten Belegungsvolumens ein.

### 2.2 Besonderheiten gegenüber herkömmlichen Belegungsanlagen

Eine konventionelle Biologie wird i.A. bei einer Biomassekonzentration von 3 - 6 g/L TS betrieben. Bei höheren Konzentrationen setzt der Schlamm im Nachklärbecken nicht mehr ab und es kommt zu Schlammabtrieb in den Vorfluter. Die Membranbelegung erfordert kein Nachklärbecken. Vielmehr wird die Biomasse vollständig an der Mikrofiltrationsmembrane zurückgehalten und kann mit etwa 12 – 15 g/L deutlich höher konzentriert werden.

Beim Membranbelegungsverfahren sind die Mikroorganismen in kleineren Aggregaten zusammengeschlossen. Dadurch entsteht eine hervorragende Sauerstoff- und Nährstoff-Verfügbarkeit. Eine weitere Reduzierung der Flockendurchmesser wird mit dem ZeeWeed® Verfahren vermieden, so dass eine gute Filtrierbarkeit der Biomasse beibehalten wird. Auch bei kalten Außentemperaturen werden hohe Abbauraten (z.B. der

Stickstoff-Fraktionen) erreicht. Dies ist auf die konsequente Rückhaltung aller Mikroorganismen an der Membran zurückzuführen.

Durch den Einsatz einer ZeeWeed Ultrafiltrationsmembrane wird Wasser hoher Qualität gewonnen. Das Permeat zeichnet sich durch weitestgehende Keimfreiheit aus und ist frei von Feststoffen. Nachgeschaltete, weitergehende Aufbereitungsanlagen (z.B. Aktivkohle, Umkehrosmose, Ozonbehandlung) erreichen höhere Standzeiten.

### **3 ZeeWeed® -UF Hohlfasermembran**

#### **3.1 Spezifikation**

- Bauform: Hohlfasermembrane, Innendurchmesser ca. 0,9 mm
- Filtrationsrichtung: von außen nach innen
- Membranfläche: je nach Cassette, ca. 440 m<sup>2</sup>
- Trenngrenze: ca. 0,01 Mikron
- pH-Beständigkeit: 2 - 10,5
- Chlorbeständigkeit: 1.500 ppm Aktivchlor
- Differenzdruck: 0,1 - 0,5 bar

#### **3.2 Besonderheiten von ZeeWeed® -UF Hohlfasermembranen**

ZeeWeed® -UF Hohlfasermodule werden im Saugbetrieb betrieben mit der Filtrationsrichtung von außen nach innen. Ein Verstopfen der Fließkanäle ist nicht möglich, da in den Kanälen nur sauberes Permeat fließt. Insofern sind auch an die Abwasservorbehandlung keine besonderen Anforderungen zu stellen.

Ein Verstopfen der Membranporen wird durch die intermittierende Rückspülung mit Permeat sicher verhindert. ZeeWeed Membranen sind also rückspülbar. Diese Rückspülbarkeit ermöglicht auch schwierige Aufgabenstellungen bei der Abwasserreinigung, z.B. bei der Reinigung von Deponiesickerwasser.

Eine chemische Reinigung wird in regelmäßigen Abständen durchgeführt. Turnusmäßig ist eine Reinigung im CIP-Verfahren, hierbei werden bei der Rückspülung dem Permeat bestimmte Chemikalien zugemischt. Damit werden Ausfällungen und Anhaftungen auf der Membranoberfläche abgelöst. Einmal jährlich wird die Durchführung einer Intensivreinigung empfohlen. Diese Grundreinigung wird in einem separaten Tauchbecken durchgeführt.

## 4 Anwendungen in der Deponiesickerwasseraufbereitung

### 4.1 Landgraaf, NL, Inbetriebnahme August 1995

Die Deponie Landgraaf war die erste Deponie welche entsprechend den damals neuen niederländischen Richtlinien zum weitergehenden Umweltschutz als "Deponie 2000" ausgeführt wurde. Der erste Abfall wurde bereits 1994 eingebaut. In den nachfolgenden Monaten wurden die Bauwerke der Deponie fertig gestellt. Die Schütthöhe der Deponie beträgt ca. 30 m, insgesamt besteht eine Aufnahmekapazität von ca. 1,6 Mio. m<sup>3</sup> Abfall, die bis zum Jahr 2006 eingebracht sein werden.

Das in der Bodendrainage gesammelte Sickerwasser wird nach kurzer Verweilzeit in einem Pufferbecken der Membranbelebungsanlage zugegeben. Das gereinigte und feststofffreie Permeat kann für den internen Bedarf auf der Deponie (Waschwasser) genutzt werden. Ansonsten wird es als Indirekteinleiter abgegeben.

Die Membranbelebungsanlage ist in die Kellerräume des Betriebsgebäudes eingebaut. Dabei sind die Membrankassetten direkt in die Belebungsanlage eingetaucht. Die Reinigungsziele der Abwasserreinigung sehen einen bestmöglichen CSB Abbau vor bei einer weitgehenden Nitrifikation. Die Denitrifikation war und ist bis heute kein Reinigungsziel. Während in den Anfangsjahren ca. 66 m<sup>3</sup>/d behandelt wurden, ist die Menge aktuell auf etwa 35 m<sup>3</sup>/d zurückgegangen.

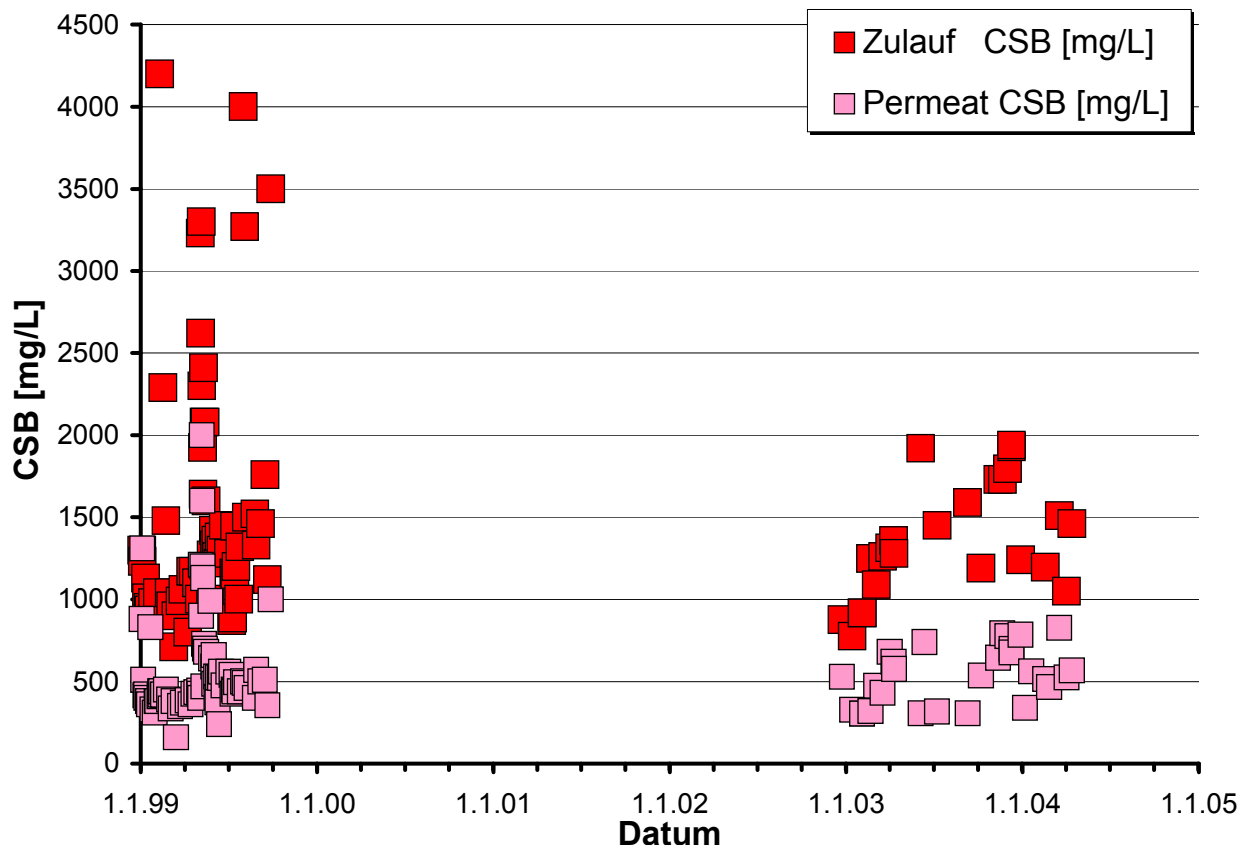
**Tabelle 1** Auslegungswerte der Deponie Landgraaf, Angaben in [mg/L]

	Zulauf	Ablauf
CSB	600 - 1.600	300 - 500
BSB <sub>5</sub>	20 - 120	< 5
TKN	500 - 1.000	10 - 25
NH <sub>4</sub> -N	450 - 900	< 10



**Tabelle 2** Auslegungswerte der Deponie Montfort, Angaben in [mg/L]

	Zulauf	Ablauf
CSB	2.500 - 3.500	400 - 800
BSB <sub>5</sub>	20 - 120	< 5
NH <sub>4</sub> -N	500 - 800	< 5
NO <sub>3</sub> -N	0	< 60

**Abbildung 2** Abbau des CSB auf der Deponie Montfort

### 4.3 Mechernich, D, Inbetriebnahme Oktober 1998

Die Überlastung der bestehenden biologischen Sickerwasseranlage und der Feststoffabtrieb erforderten eine verfahrenstechnische Anpassung zur Behandlung des Sickerwassers vor allem in Hinblick auf die nachgeschaltete Umkehrosmose. Die Anlage war auf einen täglichen Abwasseranfall von ca. 400 m<sup>3</sup> auszulegen.

Hierfür wurde die bestehende Biologie durch Neubau von Belebungsolumen (Nitrifikation 400 m<sup>3</sup>, Denitrifikation 140 m<sup>3</sup>) und Integration einer Membranbelebungs ertüchtigt. Dadurch entsteht eine Verbesserung der biologischen Abbauleistung und Abtrennung aller ungelösten Stoffe als bestmögliche Vorbehandlung für die nachfolgende Umkehr-

osmose. Der Ablauf der erweiterten Anlage wird einer kommunalen Kläranlage zugeleitet. Die Becken sind in Betonbauweise ausgeführt und zusammen mit der Prozesstechnik in einer Halle installiert.

Die Anlage ist die erste Deponiesickerwasseranlage mit einer ZeeWeed® Membranbelebung in Deutschland. Die Nitrifikation ist mit Füllkörpern ausgerüstet um den damals neu entdeckten Prozess der direkten Deammonifikation durch sessile Mikroorganismen zu etablieren. Das Permeat wird zur Nachbehandlung einer Umkehrosmose zugeleitet.

**Tabelle 3** Auslegungswerte der Deponie Mechernich, Angaben in [mg/L]

	Zulauf	Ablauf
CSB	ca. 4.000	700 - 1.100
BSB <sub>5</sub>	650	< 10
TKN	1.600	< 10
NH <sub>4</sub> -N	< 20	< 30

#### 4.4 DSW Steinhof, D, Inbetriebnahme Frühjahr 2003

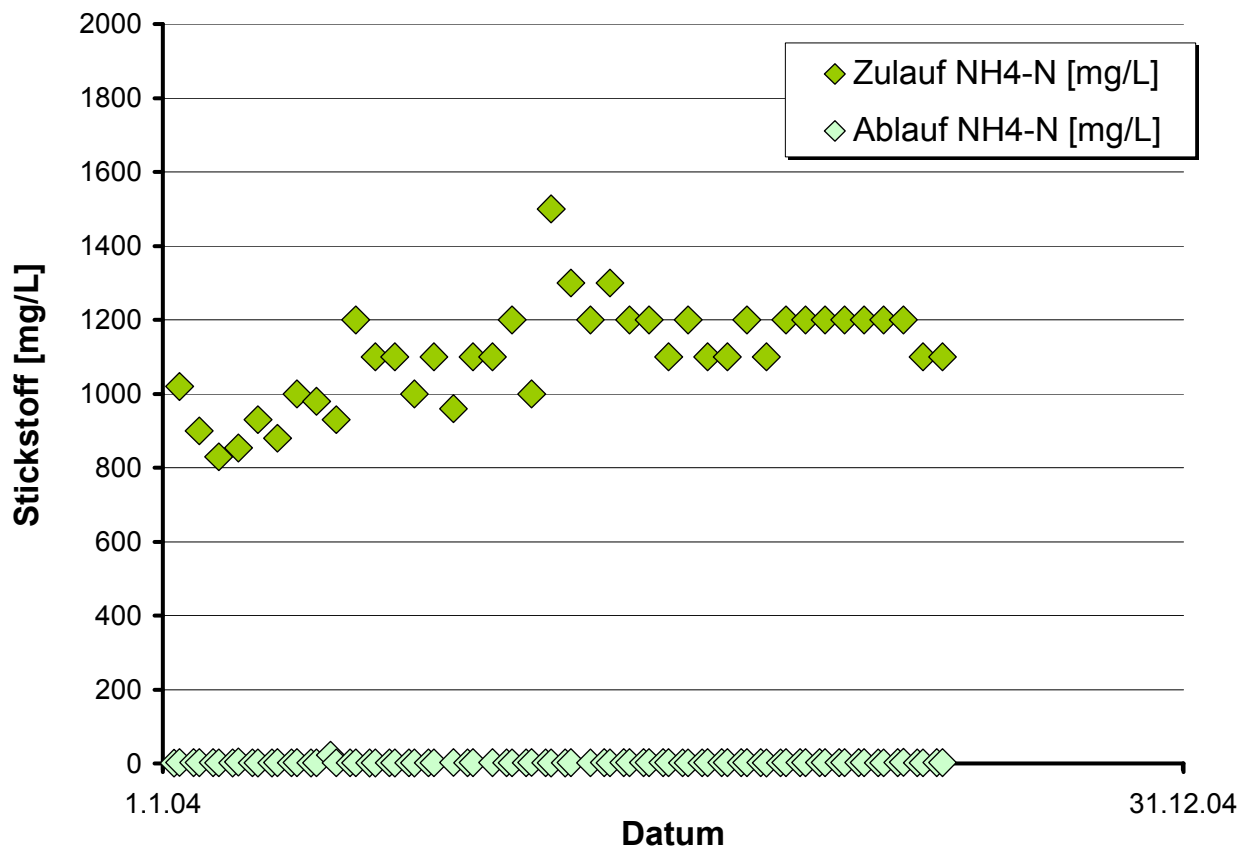
Die Überlastung der bestehenden biologischen Sickerwasseranlage und der Feststoffabtrieb aus den konventionellen Nachklärbecken erforderten eine verfahrenstechnische Anpassung zur Behandlung des Sickerwassers vor allem im Hinblick auf hydraulische Stossbelastungen. Die Anlage ist zur Behandlung von ca. 250 m<sup>3</sup>/d ausgelegt.

Die ehemalige vorgeschaltete Denitrifikation wurde zu einer Membranbelebung umgebaut. Die ZeeWeed® Module sind direkt im Belebungsbecken integriert. Durch diese Maßnahme konnte eine Verbesserung der biologischen Abbauleistung und die Abtrennung aller ungelösten Stoffe als optimale Vorbehandlung zur nachgeschalteten Ozonbehandlung erreicht werden.

Der Ablauf der Anlage wird der betriebseigenen kommunalen Kläranlage zugeleitet. Das Belebungsbecken, ausgeführt in Betonbauweise, wurde mit den Kassetten zur Membranfiltration und einer feinblasigen Druckbelüftung ausgerüstet. Die Prozesstechnik der Filtrationsanlage befindet sich in einem Container, welcher direkt neben dem Belebungsbecken steht.

**Tabelle 4** Auslegungswerte der Deponie Steinhof, Angaben in [mg/L]

	Zulauf	Ablauf
CSB	ca. 2.500	1.050
BSB <sub>5</sub>	200	< 10
TKN	1.100	< 10

**Abbildung 2** Vollständige Nitrifikation in der Membranbelebung der Deponie Steinhof

## 5 Zusammenfassung

Bislang wurden mehrere hundert Membranbelebungsanlagen mit ZeeWeed® Modulen ausgeliefert. Allein in Nordwesteuropa sind bislang 21 Membranbelebungsanlagen mit einer ZeeWeed® -UF Membranfiltration ausgerüstet. Hohe Betriebssicherheit unter wechselnden Betriebsbelastungen und lange Standzeiten der eingesetzten Membran gewährleisten einen kostenoptimierten Betrieb über mehrere Jahre.

Die problemlose Integration der Membranbelebung in Neu- oder Altanlagen, in Anlagen mit Nitrifikation oder mit zusätzlicher Denitrifikation, in Anlagen mit nachgeschalteten Behandlungsstufen zur Ozonisierung oder zur UO-Filtration, zeigt die universellen Einsatzmöglichkeiten dieser Technik auf.



## 6 Literatur

- Firk, W. 1997 Integration der Membranfiltration in das Belebungsverfahren, Vortrag auf der "Essener Tagung" 19.3. - 21.3.1997
- Glutek, B. 1995 ZeeWeed™ microfiltration membrane modules, Zenon Environmental Inc. Burlington, Canada
- Jordan, E:J. 1995 Membrane bioreactor technology for high strength wastewater from : industrial facilities, municipal landfill leachate, and commercial development, Abstract in In-Building Wastewater treatment and Water Recycling, Ann Arbor, Michigan, USA
- Senthilnathan, PR. 1996 Advanced wastewater treatment with integrated membrane biosystems, Presented at AIChE 1996 Spring National Meeting, New Orleans, Feb. 27th, 1996

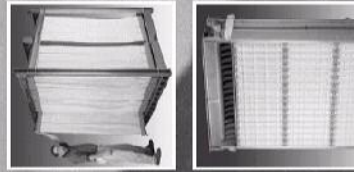
### **Anschrift der Verfasser(innen)**

Dr.-Ing. Martin Brockmann  
Zenon GmbH  
Nikolaus-Otto-Straße 4a  
D-40721 Hilden  
Telefon +49 511 23 59 383  
Email [m.brockmann@zenon-europe.de](mailto:m.brockmann@zenon-europe.de)  
Website: [www.zenon-europe.de](http://www.zenon-europe.de)

# Das kriegen wir hin.



*Water for the World*



Schwierige Wasserqualitäten mit hohem Trübstoffanteil, geflokkte Wässer und Abwässer? Für die einzigartige, robuste, **getauchte ZeeWeed® Membrantechnik** kein Problem. Als Marktführer setzt ZENON seit über 20 Jahren Standards in der industriellen und kommunalen Wasseraufbereitung und Abwasserbehandlung.

**ZeeWeed®** sorgt für Klarheit. Immer.

ZENON GmbH • Nikolaus-Otto-Str. 4 • D-40721 Hilden • Tel.: +49-(0)2103-5703-0 • Fax: +49-(0)2103-989850 • e-mail: ZENON\_GmbH@t-online.de • www.zenon-europe.de