

## Membranbioreaktor (MBR) zur Deponiesickerwasser-, Industrieabwasser- und kommunalen Abwasserreinigung



TDL ENERGIE



WASSERBEHANDLUNG



DEPONIEGAS



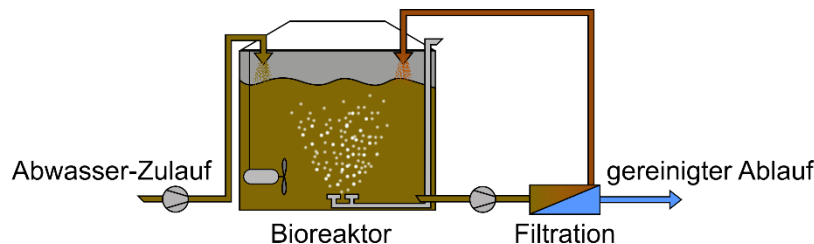
CONTRACTING



SERVICE

## Grundprinzip

Das Prinzip des Membranbioreaktors der TDL Energie GmbH beruht, ähnlich dem Prinzip einer Kläranlage, auf der Kombination von biologischer Abwasserreinigung mithilfe von Bakterien in einem Bioreaktor und anschließender Filtration zur Abtrennung des Schlammes vom behandelten Wasser. Dieser Filtrationsprozess findet jedoch nicht in einem großvolumigen Absetzbecken statt, sondern wird mithilfe modernster platzsparender Membranfiltrationseinheiten realisiert.



**Abb. 1: Schematische Darstellung eines MBR-Systems.**

### Vorteile der MBR-Technik

Aufgrund seiner Bauweise bietet ein MBR-System gegenüber der klassischen Anlagentechnik folgende Vorteile:

- 1. Höhere Durchsatz- und Abbauleistung, da aufgrund der Membranfiltration eine vielfach höhere Konzentration der Bakterienmasse erreicht wird (Faktor 3 bis 4).**
- 2. Geringerer Platzbedarf bzw. kleinere Behältervolumina (bis zu 50%) aufgrund der höheren Bakterienkonzentration.**
- 3. Rückhalt von Mikroplastik und Erregern, z.B. multiresistenten Keime und Viren.**
- 4. Geringerer Schlammabfall aufgrund der durch Mineralisierung verminderten Produktion von Überschussschlamm.**

In Kombination mit nachgeschalteter Aktivkohleadsorption ist ein Membranbioreaktor die einzige Technologie, welche ein rückstandsfreies Abwasser erzeugt, in dem sich weder Bakterien, Viren, biologisch nicht-abbaubare organische Verunreinigungen, Mikroplastik oder sogenannte Spurenstoffe, z.B. Medikamentenrückstände, Pflanzenschutzmittel oder Röntgenkontrastmittel befinden.

**Dank seiner hohen Abbauleistung eignet sich ein MBR-System für eine Vielzahl komplexer Abwässer, von Deponiesickerwasser, Abwasser der Lebensmittel-, Textil- und Papierindustrie bis hin zu kommunalen Kläranlagen.**

Bestehende klassische biologische Reinigungsanlagen lassen sich durch den Einbau einer Membrananlage in kürzester Zeit zu einem MBR-System umwandeln.

## Verfahrensbeschreibung

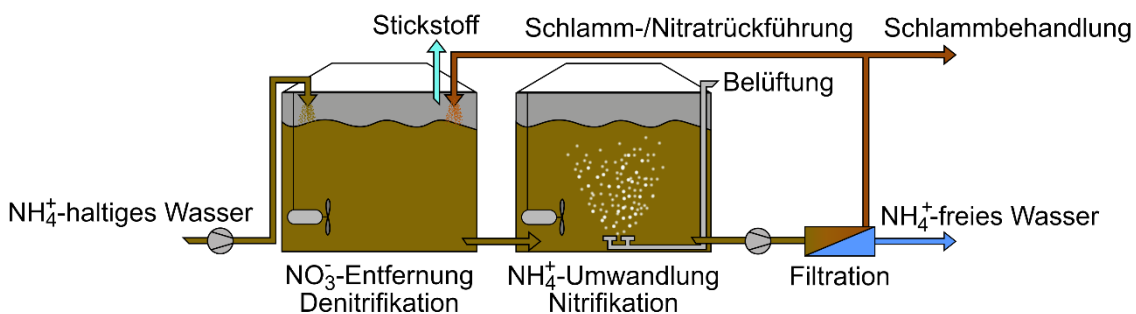
### 1. Biologische Reinigungsstufe

Die Bakterien der biologischen Reinigungsstufe eines Membranbioreaktors übernehmen zwei wichtige Aufgaben bei der Behandlung von komplexem und stark verunreinigtem Abwasser, z. B. Deponiesickerwasser:

1. Den Abbau der im Abwasser vorhandenen Stickstoffverbindungen, vor allem Ammonium-Verbindungen ( $\text{NH}_4^+$ ) sowie
2. die Entfernung aller biologisch abbaubaren organischen Bestandteile.

Der erste Prozessschritt kann im MBR-System in zwei voneinander getrennten Stufen erfolgen, der sogenannten Denitrifikation und Nitrifikation. Im Denitrifikationsreaktor erfolgt die Umsetzung von Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) zu gasförmigem und ungiftigem Stickstoff, welcher aus dem Behälter entweichen kann. Da diese Reaktion nur stattfinden kann, wenn ausreichend kohlenstoffhaltige Bestandteile vorhanden sind, muss im Einzelfall eine externe Kohlenstoffquelle zudosiert werden.

Das nun hauptsächlich mit Ammonium und Rest-Kohlenstoff belastete Wasser wird im zweiten Verfahrensschritt, der Nitrifikation, umgesetzt, wozu die Bakterien Sauerstoff benötigen. Neben dem Abbau des organischen Materials zu Wasser ( $\text{H}_2\text{O}$ ) und Kohlenstoffdioxid ( $\text{CO}_2$ ) findet hier vor allem die Oxidation des Ammonium-Stickstoffs zu Nitrat statt. Das Nitrat wird zusammen mit dem Belebtschlamm anschließend wieder in die Denitrifikation zurückgepumpt und dort durch Bildung von Stickstoff eliminiert.



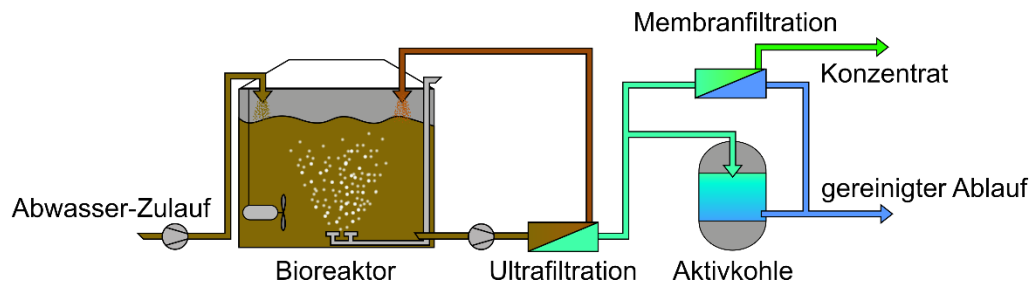
**Abb. 2: Verfahrensschema der biologischen Denitri- und Nitrifikation zum Stickstoffabbau.**

Auch hier zeigt sich ein positiver Synergieeffekt der vorgeschalteten Denitrifikation: Aufgrund des geringen Kohlenstoffgehalts benötigen die Nitrifikations-Bakterien weniger Sauerstoff, wodurch die Energiekosten dieses Verfahrensschritts verringert werden.

Da Abwasser nicht gleich Abwasser ist, kann das Konzept des Membranbioreaktors aufgrund der modularen Bauweise exklusiv auf das jeweilige Abwasser des Standorts angepasst werden.

## 2. Membranfiltration

Da der Belebtschlamm aufgrund des hohen Nährstoffangebots zu wachsen beginnt, muss ein Teil dieses Überschussschlammes regelmäßig dem System entzogen und einer Schlammbehandlung zugeführt werden. Zur Abtrennung des Schlammes setzt die TDL Energie GmbH seit Jahren auf das bewährte Verfahren der Ultrafiltration.



**Abb. 3: Verfahrenskombinationen zur weiteren Aufbereitung des MBR-Ablaufs, z.B. durch Nanofiltration oder Aktivkohleadsorption.**

Bei der Ultrafiltration handelt es sich um ein physikalisches Trennverfahren, bei dem der schlammhaltige Abwasserstrom über eine poröse Membranoberfläche geleitet wird, sodass Wasserbestandteile bis zu einer bestimmten Maximalgröße herausgefiltert werden. Im Vergleich zu konventionellen Absetzbecken wird somit ein vollständiger Rückhalt der Biomasse gewährleistet, wodurch die Bakterienkonzentration erhöht wird. Gleichzeitig erfolgt aufgrund des Rückhalts eine optimale Anpassung der Mikroorganismen, auch der langsam wachsenden, an das Abwasser. Deren gesteigerte Abbaueffizienz verringert die Aufenthaltszeiten in den Behältern. Durch Kombination der beiden Effekte kann aufgrund der geringen benötigten Behälterdimensionen eine platzsparende Anlage errichtet werden kann.

Alle nicht abbaubaren Bestandteile, welche die Membranporen passieren, können nach der Membranfiltration über weitere Filtrationstechniken (Aktivkohleadsorption, Nanofiltration oder Umkehrosmose) abgetrennt werden, sodass aus dem vormals verunreinigten Abwasser, z.B. Deponiesickerwasser, ein Ablaufstrom von höchster Qualität entsteht, welcher Direkteinleiterqualität nach AbwV aufweist.

## Fallbeispiel Deponie Burghof

Auf der Deponie Burghof wird seit 2000 das dort entstandene Deponiesickerwasser mithilfe einer Verfahrenskombinationen aus MBR-System, Nanofiltration und Aktivkohleadsorption behandelt und anschließend direkt eingeleitet.



**Abb. 4: Übersichtsbild der Deponie Burghof mit eingekreister Sickerwasserbehandlung.**

Da im Laufe der Jahre die anfallende Sickerwassermenge zunahm, wurde die Anlage ausgehend einer ursprünglichen Behandlungskapazität von  $180 \text{ m}^3/\text{d}$  auf einen maximalen Durchsatz von  $270 \text{ m}^3/\text{d}$  im Jahre 2014 erweitert.

### Verfahrensbeschreibung

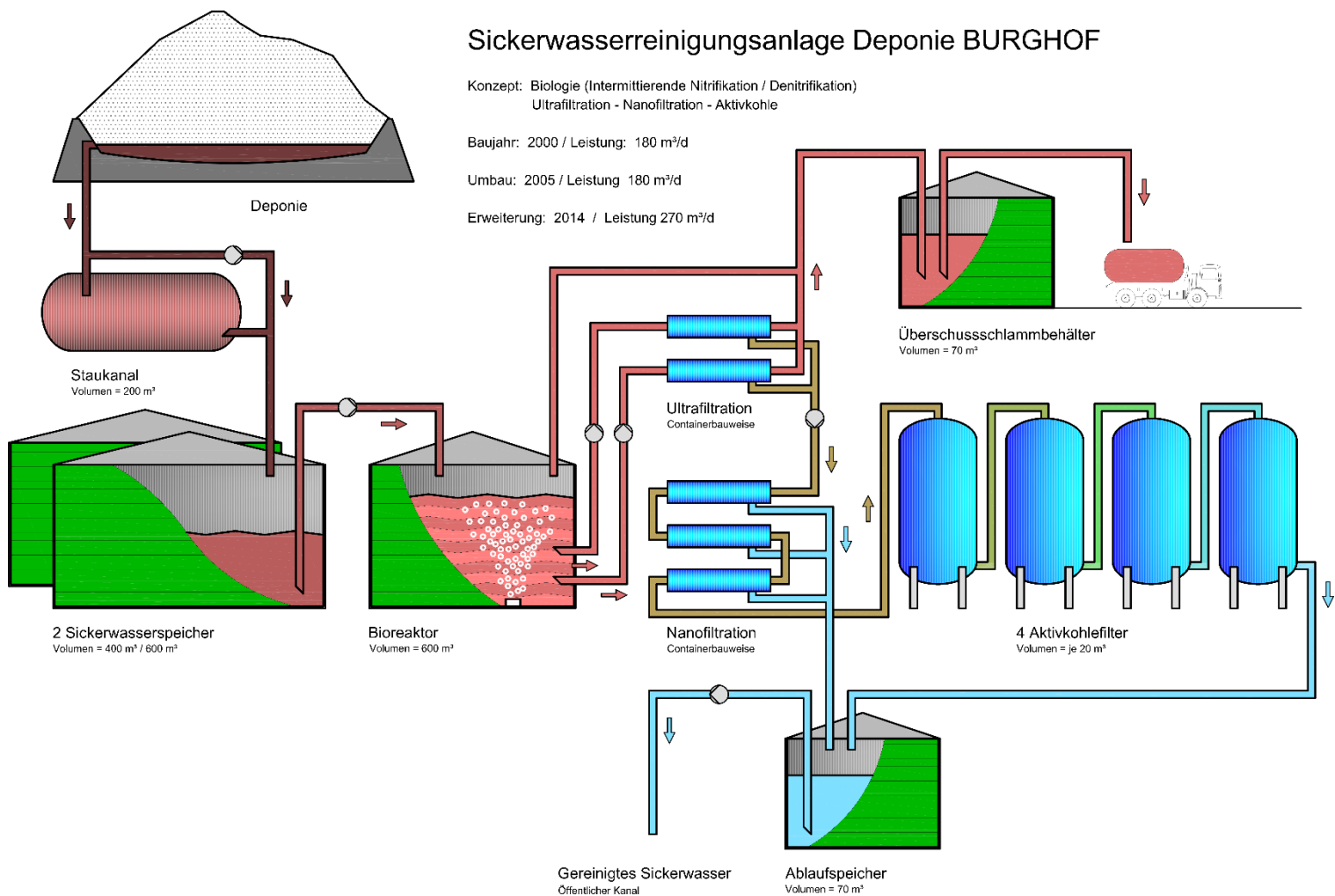
Das Deponiesickerwasser wird entweder direkt oder über einen Staukanal ( $V = 200 \text{ m}^3$ ) den zwei Sickerwasserspeichern ( $V_1 = 400 \text{ m}^3$ ,  $V_2 = 600 \text{ m}^3$ ) zugeführt. Anschließend gelang das Wasser von dort aus in den Bioreaktor, welcher aus einer intermittierenden Nitrifikation bzw. Denitrifikation besteht. Das bedeutet, dass sowohl die Oxidation des Ammonium-Stickstoffs als auch der Abbau des Nitrats zu Stickstoff in selben Behälter stattfinden. Dies kann erreicht werden, indem das Gebläse je nach Behandlungsstufe ein- oder ausgeschaltet wird.

Anschließend wird das Gemisch aus Biomasse und gereinigtem Abwasser zur mehrstraßigen Ultrafiltration gepumpt, wobei hier nur die wässrige Phase (Permeat) durch die Membran dringt, der Feststoff (Konzentrat) wird entweder in den Reaktor zurückgeführt

oder im Überschussschlamm-speicher ( $V = 70 \text{ m}^3$ ) vor der Entsorgung zwischen- gespeichert.

Das Permeat, welches alle nicht biologisch abbaubaren Bestandteile enthält (Rest-CSB, AOX, Salze), wird anschließend durch eine Nanofiltration soweit gereinigt, dass ein einleitfähiges Wasser entsteht. Die Nanofiltration ist in der Lage, bis auf Wasser und kleine Ionen fast alle Inhaltsstoffe zurückzuhalten. Das anfallende Konzentrat, ca. 10 % der anfallenden Sickerwassermenge, muss entweder extern entsorgt werden oder wie in Burghof mithilfe von Aktivkohle weiter gereinigt werden. Dazu wird das Konzentrat der NF eine Reihe von Aktivkohle-adsorbern ( $V = \text{je } 20 \text{ m}^3$ ) zugeführt, welche durch geeignete Ventilstellung untereinander so verschaltet werden können, dass immer der Behälter mit der geringsten Beladung an erster Stelle steht.

Der Ablauf der Aktivkohle ist ebenfalls so sauber, dass er direkt eingeleitet werden kann und wird zusammen mit dem Permeat der NF im Ablaufspeicher ( $V = 70 \text{ m}^3$ ) vermischt. Anschließend wird das gereinigte Sickerwasser über einen öffentlichen Kanal entsorgt.



## Referenzanlagen

Deponie Burghof, 270 m<sup>3</sup>/d



**Deponie Weiherberg, 72 m<sup>3</sup>/d, MBR + Aktivkohle**



**Deponie Scheinberg, 240 m<sup>3</sup>/d, MBR + Aktivkohle**



**Deponie Am Lemberg, 40 m<sup>3</sup>/d, MBR + Aktivkohle**

