

# Dezentrale Abwasseraufbereitung mittels Biologie und Membranunterstützung

## Kurzdarstellung

### Einleitung

Wir stellen in diesem Skript dezentrale Membran-Bio-Reaktoren zur Aufbereitung häuslicher Abwasserströme vor.

Das Skript soll nur die wesentliche Verfahrenstechnik beschreiben und dient nicht zur Detailauslegung.

### Inhaltsverzeichnis

1. Zusammenfassung
2. Verfahren
  - 2.1 Die Zwischenspeicherung:
  - 2.2 Die biologische Aufbereitung
    - 2.2.1 Die Stoffwechselfvorgänge in der Biologie
    - 2.2.2 Die Funktionsweise der biologischen Aufbereitung
  - 2.3 Allgemeine Beschreibung der Membrantechnik
    - 2.3.1 Die Notwendigkeit zum Einsatz von Membrantechnologie
    - 2.3.2 Unser Modul
3. Ausblick Membrantechnologie in der Wasseranwendung

### 1. Zusammenfassung

Das Prinzip der zentralen Aufbereitung von Abwässern und Trinkwässern ist in seinen Möglichkeiten ausgeschöpft. Wo es aufgrund hoher Bevölkerungsdichte sinnvoll ist, ist es umgesetzt. Aber noch immer sind in Deutschland ca. 8% der privaten Haushalte nicht an das Abwassernetz angeschlossen.

Gravierend anders sieht es in vielen anderen Ländern aus. Ist Mitteleuropa noch durch seinen Wasserreichtum privilegiert, so ist dies in vielen anderen Ländern nicht der Fall. Erkennt man hierzulande nur langsam die Bedeutung der nicht substituierbaren Ressource Wassers, so ist diese schon längst in anderen Ländern ein knappes Gut geworden.

Hier setzt die sinnvolle Kreislaufführung von Wasser an. So ist es nicht nur notwendig, es in gewünschter Qualität zur Verfügung zu stellen, sondern es sollte auch nach der Nutzung so aufbereitet werden, dass es in einem Sekundärkreislauf wiederverwendet werden kann. Besonders wichtig ist hier der hohe hygienische Stand dieses lebenserhaltenden Mediums.

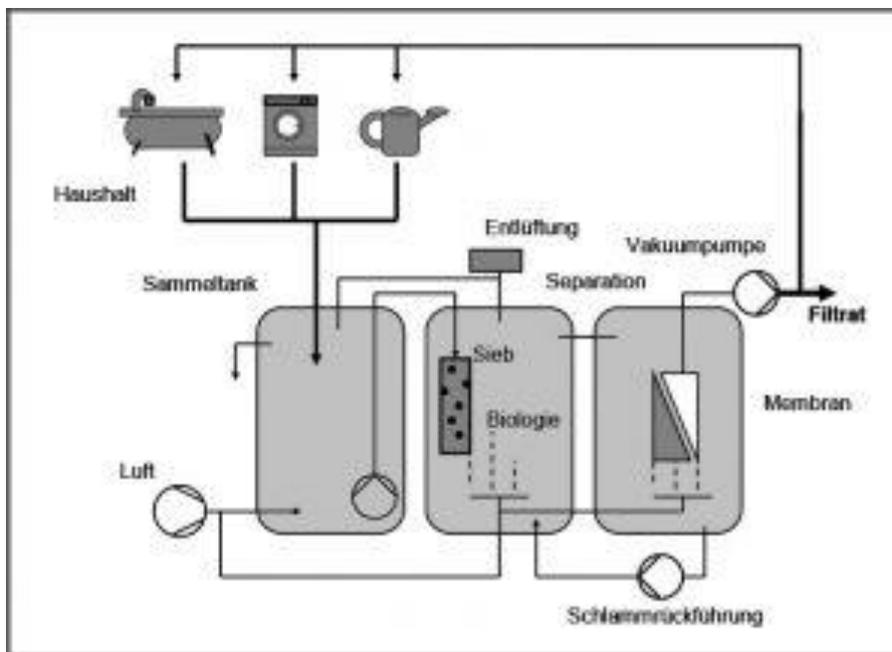
## 2. Verfahren

Im Wesentlichen besteht es aus drei Grundelementen:

1. Die Zwischenspeicherung
2. Die biologische Aufbereitung
3. Die Nachbehandlung durch Membrantechnik

Das Abwasser wird durch dieses Verfahren soweit aufbereitet, dass es wieder in den häuslichen oder gewerblichen sekundären Wasserkreislauf eingeleitet werden kann.

Schematische Darstellung des Sekundärkreislaufes:



## **2.1 Die Zwischenspeicherung:**

Das verbrauchte Wasser fällt diskontinuierlich an. Daher muss es zwischengespeichert werden. Dies geschieht in einem abgedunkelten Tank, der mit Kunststoff ausgekleidet ist. Um eine Geruchsbelästigung zu vermeiden, wird über eine Aktivkohlepatrone entlüftet, welche die eventuell auftretenden Geruchsemissionen aufnimmt.

## **2.2 Die biologische Aufbereitung**

Biologische Abwasseraufbereitungsanlagen haben eine große Bedeutung bei der Abwasserreinigung. So werden sie heute außer im kommunalen Bereich auch zur Aufbereitung von Industrieabwässern und in der Deponiesickerwasseraufbereitung genutzt, wobei häufig zur Optimierung der Biologie auf weitere ergänzende Verfahren zurückgegriffen wird. Ein wichtiges solches Verfahren ist die nachfolgend beschriebene Ultrafiltration zur Biomasseaufkonzentrierung und/oder -abscheidung.

### **2.2.1 Der Stoffwechselforgänge in der Biologie**

In den meisten biologischen Aufbereitungen leben Organismen, die der Gruppe der Destruenten (Bakterien) sowie niederen Formen von produzierenden Organismen (Algen sowie autotrophe Bakterien) zugehören. Hinzu kommen bakterienfressende und räuberische Protozoen. Diese ernähren sich von die Trübung im Abwasser verursachenden, partikulären Substanzen und tragen somit zur Klärung des Abwassers bei.

Mikroorganismen ernähren sich, um ihren körperlichen Zustand zu erhalten und sich fortzupflanzen. Dabei werden Nährstoffe von außerhalb bezogen und über biochemische Prozesse in körpereigene Substanzen verwandelt. Ein Teil des körpereigenen Materials wird dann wieder als Fortpflanzungsprodukt abgegeben. Dabei ist der Baustoffwechsel (Anabolismus) mit dem Energiewechsel (Katabolismus) verknüpft, d. h., Energie sowie Bausteine (Nährstoffe) werden von außen bezogen. Man unterscheidet im Groben folgende Organismen:

***Chemoorganotrophe Organismen:***

Nährstoff: Organische Substanzen (C-Quelle, H-Quelle)  
Energie: Aus chemischen Reaktionen (Durchführung der Proteinsynthese)  
Wer: Tiere, Pilze, Hefen, Großteil der Bakterien

***Photolithotrophe Organismen:***

Nährstoff: Anorganische Substanzen (C-Quelle: CO<sub>2</sub>, H-Quelle, H<sub>2</sub>O, (H<sub>2</sub>S))  
Energie: Licht  
Wer: Grüne Pflanzen, Blaualgen, Bakterien

***Chemolithotrophe Organismen:***

Nährstoff: CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O (reduzierende chemische Verbindungen)  
Energie: Licht  
Wer: Einige Bakterien, (Oxidieren von Ammoniak zu Nitrit, Nitrit zu Nitrat, Schwefelwasserstoff zu Schwefel)

***Photoorganotrophe Organismen:***

Nährstoff: Hauptsächlich organische Stoffe  
Energie: Licht  
Wer: Einige Bakterien

Weiterhin unterscheidet man die Art der Sauerstoffzufuhr:

*Aerobe Reaktion:* Sauerstoff fungiert als Elektronenakzeptor; Reaktionsprodukt: H<sub>2</sub>O; Elektronen werden nur auf organische Substanzen übertragen, es entstehen nur organische Substanzen (Fettsäuren, Alkohole, kleiner Energiegewinn)

*Anaerobe Reaktion:* Bakterien arbeiten unter Ausschluss von Sauerstoff und bedienen sich anderer Energiequellen.

Eine große Rolle spielen auch die Einflüsse auf die Biologie:

1. Substratkonzentration
2. pH-Wert
3. Temperatur
4. Zusätzliche äußere Parameter

In der Regel werden biologische Aufbereitungen wie folgt ausgeführt:

- Reaktionsbecken mit Organismen
- Belüftung:
  1. Organismen werden in Schwebelage gehalten
  2. Sauerstoffversorgung
  3. Umwälzung
- Nachklärbecken: Beruhigung, Absetzen der Organismen
- Rückführung der Organismen in den Reaktor

(Nitrifikation, Denitrifikation, CSB – Abbau, enzymatische Reaktionen)

## **2.2.2 Funktionsweise der biologischen Aufbereitung**

Beim Belebtschlammverfahren bildet ein Reaktor ein biologisch geschlossenes System und wird kontinuierlich beschickt. Das System wird durch die mittlere Verweilzeit des Belebtschlammes bestimmt. Dabei ist seine Aufenthaltszeit um mindestens den Faktor 10 größer als die Verweilzeit des Abwassers. Den Organismen fließt ständig Nährlösung zu, d. h., die Aufenthaltszeit der Nährlösung ist geringer als die der Organismen. Da die Organismen den Nährstoff verwerten, nimmt der Organismenbestand im System zu und wird aus diesem entfernt. In kommunalen biologischen Aufbereitungen wird eine TS von 4 – 6 g/l Biomasse angestrebt. Soll nun eine möglichst große Abbaurate in diesen Anlagen erreicht werden und die Anlage trotzdem kompakt und wirtschaftlich sein, besteht die Notwendigkeit, die Biomassekonzentration in Bioreaktoren zu erhöhen, um eine bessere Nutzung von Raum und Zeit und eine geringere Verweilzeit für das belastete Abwasser zu erreichen. Da zur Erhöhung der Biomassekonzentration bekannte Technologien nicht mehr ausreichen, kommt die Ultrafiltration zum Einsatz. Dabei entzieht man dem Zustrom Filtrat, das durch die Membran hindurchtritt und über einen Permeatsammler abgeführt wird. Durch den Einsatz der vorher beschriebenen Technologie kann die Biomasse im Reaktor auf bis zu 15 g/l TS (3-fache Erhöhung gegenüber kommunalen biologischen Aufbereitungen) erhöht werden. Dabei verändern sich auch die Prozesse in der Biologie hinsichtlich Abbaurate, Überschussschlamm, Alterung usw.

Weiterhin werden durch den Einsatz der speziell für diese Anwendung von uns entwickelten Membran alle Organismen, wie Bakterien und Viren sicher separiert. Dadurch steht ein hygienisch hochwertiges Wasser für weitere Anwendungen zur Verfügung.

## **2.3 Allgemeine Beschreibung der Membrantechnik**

Die Ultrafiltration ist ein Filtrationsvorgang auf physikalischer Basis, bei der mit Hilfe von Membranen eine Trennung im molekularen Bereich von gelösten, dispergierten oder kolloidalen Substanzen aus vorwiegend wässrigen Lösungen erfolgt. Die zu trennende Lösung strömt mit einer bestimmten Geschwindigkeit bei einem bestimmten Druck über die Membranen. Die größeren Moleküle werden in Abhängigkeit von der Porengröße der Membran zurückgehalten, während kleine Moleküle, z. B. Salze und Wasser, die Membran passieren können. Weiterhin werden alle Viren und Mikroorganismen bis hin zu pathogenen Keimen sicher abgeschieden. Viren und Bakterien werden vollständig zurückgehalten.

### **2.3.1 Die Notwendigkeit zum Einsatz von Membrantechnologie**

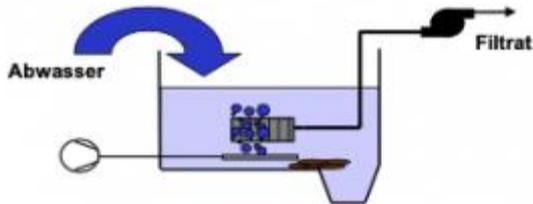
Die Ultrafiltration hat entscheidende Vorteile beim Einsatz nach einer Biologie. Sie verringert nicht nur das Volumen der biologischen Aufbereitung durch die Erhöhung der Biomasse im Reaktor, sondern auch die Gesamtkapazität der Anlage. Weiterhin bildet die Membran eine sichere Barriere gegen Viren und Bakterien. Diese werden vollständig zurückgehalten und gelangen nicht ins Permeat. Je nach Ausschlussgrenze der Membran findet zusätzlich eine CSB-Reduzierung statt, da hochmolekulare Inhaltsstoffe (z. B. organische Verbindungen) die Membran nicht passieren können. Die Stoffe verbleiben im Kreislauf und können so verzögert von den Mikroorganismen in der Biologie als Nährstoff genutzt und abgebaut werden. Diese Eigenschaften ermöglichen, dass das Filtrat/Permeat als Brauchwasser zu neuen Zwecken wieder genutzt werden kann. Die Membran erhöht somit die Ablaufqualität des Abwassers.

### **2.3.2 Unser Modul**

Dabei handelt es sich um ein getauchtes Modulsystem, welches speziell für die Behandlung biologisch behandelter Abwässer entwickelt wird. Das Filtrat wird durch Vakuum permeatseitig abgezogen. Dieses Modul ermöglicht eine betriebssichere und kostengünstige Filtration im Bereich Wasser, Abwasser und Prozesswasser.

## **Funktion:**

Beim getauchten Modul wird permeatseitig das Filtrat per Vakuum abgezogen. So ist ein geringer Energieeinsatz gewährleistet. Gleichzeitig kann das Modul von der Permeatseite aus zurückgespült werden. Ein neuartige Schweißverfahren ermöglicht eine hohe Druckdifferenz zwischen Feed- und Permeatseite.



Das als Offensystem konstruierte Modul eignet sich auch für extreme Filtrationsbedingungen. Durch die kompakte Bauweise kann es stärkste Verunreinigungen verkraften und gegebenenfalls einfach regeneriert werden.

Bei diesem System handelt es sich um einen modularen Aufbau, mit dem beliebig viel Fläche kostengünstig zur Verfügung gestellt werden kann. Es können verschiedene Module mit angepassten Membranen geliefert werden. So ist es möglich, für individuelle Problemstellungen die optimale Lösung anzubieten.

## **3. Ausblick Membrantechnologie im der Wasseranwendung**

In den letzten Jahren haben sich zusätzliche Problematiken ergeben, die den gezielten Einsatz von Membrantechnologie nötig macht. Gerade im Sommer hören wir immer wieder in den Medien, dass bestimmte Gewässer nicht zum Baden geeignet sind. Weiterhin sind derzeit einige Verfahren auf EU – Ebene anhängig, in welchen die Bundesrepublik darauf verklagt wird, die Badewasserverordnung bei Oberflächengewässern einzuhalten. Hierbei handelt es sich im Wesentlichen um erhöhten Werte hinsichtlich Mikroorganismen. Weiß man nun, dass ein Großteil des Trinkwassers aus Oberflächenwasser gewonnen wird, so erkennt man schnell, welche weitreichenden Folgen diese Kontaminierung hat. Derzeit wird in einigen Trinkwasseranlagen erfolgreich mit Membrantechnologie wegen der vorher aufgeführten Probleme gearbeitet. In der Literatur findet man immer wieder als vergleichbare Verfahren die Nassoxidation. Bei diesem werden allerdings die Organismen getötet, soweit das System ausreichend bemessen ist, aber die Pyrogene und pathogenen Keime verbleiben im Wasser. Die Membran hält diese sicher und dauerhaft zurück.

Ein Teil der Mikroorganismen stammen aus Kläranlagen, in denen wie vorher beschrieben diese Organismen genutzt werden, um die im Abwasser vorkommenden Stoffe zu veratmen. Derzeit kann durch die eingesetzte Technologie (Nachklärung) nicht sichergestellt werden, dass ein Teil dieser Organismen stetig mit dem KA – Ablauf die Kläranlage verlassen. Diese Werte erhöhen sich insbesondere, wenn die hydraulische Belastung (Regenwasser) zunimmt. Oftmals sind die an den Kläranlagen befindlichen Vorfluter nicht in der Lage den nötigen „Restabbau“ sicher zu stellen und werden somit zusätzlich belastet.