

Konferenzband zur 15. Recy & DepoTech-Konferenz, Montanuniversität Leoben,
Österreich sowie virtuelle Konferenzwelt auf meetyoo, 18. - 20. November 2020



Recycling & Abfallverwertung
Abfallwirtschaft & Ressourcenmanagement
Deponietechnik & Altlasten
Internationale Abfallwirtschaft

Herausgeber

Roland Pomberger, Josef Adam, Alexia Aldrian, Michael Altendorfer, Alexander Curtis, Tudor Dobra, Karl Friedrich, Lisa Kandlbauer, Karl E. Lorber, Selina Möllnitz, Thomas Nigl, Renato Sarc, Theresa Sattler, Sandra Viczek, Daniel Vollprecht, Thomas Weißenbach und Martin Wellacher.



Membranbioreaktor zur Reinigung von Oberflächenwasser eines Abfallbehandlungsbetriebs

B. Mayr & T. Garstenauer
EnviCare® Engineering GmbH, Graz, Österreich

KURZFASSUNG: Bei Abfallbehandlungsbetrieben ist Niederschlagswasser aufgrund der Lagerung von Abfällen im Freien im Regelfall organisch und anorganisch erheblich belastet. Nach dem Stand der Technik ist anthropogen verunreinigtes Niederschlagswasser vor der Direkteinleitung zu reinigen. Die stark schwankenden Quantitäten und Qualitäten des Oberflächenwassers stellen jedoch hohe Anforderungen an die Reinigungstechnologie. In Membranbioreaktoren (MBR) wird biologische Abwasserreinigung mit Membrantechnik zum vollständigen Rückhalt von Biomasse und Partikeln kombiniert. Am Standort des Abfallbehandlungsbetriebes wurde dieses Verfahren zunächst pilotiert und anschließend wurde darauf aufbauend die Großanlage wasserrechtlich bewilligt, errichtet und in Betrieb genommen. Die Grenzwerte für die Direkteinleitung werden seit Beginn stets gleichbleibend stabil eingehalten. Selbst längere Zeiten ohne Durchsatz in Folge von Trockenperioden, die kalte Winterperiode oder plötzliche hohe hydraulische Belastungsstöße zeigen weder auf die biologische Reinigungsleistung noch auf die Permeabilität der Membran negative Auswirkungen.

1 EINLEITUNG

Bei Abfallbehandlungsbetrieben und Abfallwirtschaftszentren werden Abfälle unter anderem im Freien auf dichten Flächen gelagert. Abhängig vom Auslaugungsverhalten der Abfälle ist das Niederschlagswasser (Kontaktwasser) zumeist organisch erheblich belastet (Kenngröße: Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB) 50 – 1.600 mg/l), aber auch anorganische Inhaltsstoffe und Partikel (Kenngröße: Abfiltrierbare Stoffe 1,0 – 180 mg/l) sind darin enthalten.

Eine Einleitung der Regenwässer ist in Österreich grundsätzlich nur in Regenwasser- oder Mischkanalisation zulässig (vgl. Stmk. Kanalgesetz 1988 (Steiermärkische Landesregierung, 1988), §4 Abs. 2). Niederschlagswasser mit anthropogenen Verunreinigungen ist gemäß Allgemeiner Abwasseremissionsverordnung (AAEV) (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, 1996), §3 Abs. 4 nach dem Stand der Technik und unter Berücksichtigung der Forderung der Erhaltung der ökologischen Funktionsfähigkeit des betroffenen Fließgewässers vor der Direkteinleitung zu reinigen. Die relevanten Vorschriften und die Grenzwerte sind in der AEV Abfallbehandlung (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, 1999), sowie in der QZV Chemie OG (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, 2006) und QZV Ökologie OG (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, 2010) festgelegt.

Gemäß dem Stand der Technik wird bei Regenereignissen der sogenannte Spülstoß, das ist das Oberflächenwasser, welches während der ersten 15 Minuten anfällt, in Speicherbecken aufgefangen und muss in Folge vor der Ableitung in den Vorfluter gereinigt werden, da die ausschließliche Sedimentation im Speicherbecken keine Grenzwerteinhaltung gewährleistet. Die Wasserqualität nach dem reinigenden Spülstoß lässt im Regelfall dann bereits die Direkteinleitung zu, sodass dieses Wasser nicht mehr in die Speicherbecken geleitet werden muss.

Die stark schwankenden Quantitäten und Qualitäten des Oberflächenwassers stellen hohe Anforderungen an die Reinigungstechnologie. Neben der erhöhten CSB-Konzentration kann auch eine Stickstoff- und Phosphorbelastung auftreten. Bei Starkregenereignissen sowie langen Trockenzeiten über mehrere Wochen muss ein Biomasserückhalt gewährleistet werden können, wie er nur mit Membranbioreaktoren realisiert werden kann. Bei konventionellen Belebungsanlagen mit sedimentierendem oder flotierendem Schlammrückhalt findet stets ein gewisser Schlammabtrieb und damit eine Ausdünnung des aktiven Belebtschlammes statt.

In Membranbioreaktoren (MBR) wird biologische Abwasserreinigung mit Membrantrenntechnik kombiniert. Organische Inhaltsstoffe und Stickstoff werden aerob/anoxisch abgebaut und der Belebtschlamm und partikuläre Inhaltsstoffe werden an Ultrafiltrationsmembranen zurückgehalten. Das MBR-Verfahren wurde vor etwa 3 Jahrzehnten entwickelt (Mayr 1993) und wird seither zunehmend für zahlreiche industrielle Anwendungsfälle (Mayr & Garstenauer 2019) und auch zur Behandlung von kommunalem Abwasser unter speziellen Randbedingungen (eingeschränkter Platz, erhöhte Ablaufqualität, Nachnutzung des Ablaufs) immer häufiger erfolgreich angewandt (Grundestam 2015, Mayr 2017).

In diesem Beitrag werden die Auslegung, die Errichtung und der Betrieb einer MBR-Anlage zur Reinigung von Oberflächenwasser bei einem Abfallbehandlungsbetrieb beschrieben.

2 ZIELSETZUNG UND METHODEN

Das Oberflächenwasser der versiegelten Abfallagerungs- und -behandlungsflächen eines Abfallbehandlungsbetriebes wird über Asphaltmulden, Rigole und Kanäle getrennt in zwei verschiedenen Bereichen (A und B) erfasst. Nach einer Sedimentation wird es in den Vorfluter abgeleitet, wobei anfangs der 15-minütige Spülstoß zur weiteren Vorreinigung in ein gemeinsames Speicherbecken gepumpt wird.

2.1 Abwassercharakteristik

Das Oberflächenwasser weist die in Tabelle 1 dargestellte Zulaufcharakteristik auf.

Tab. 1: Abwassercharakteristik für Zulauf.

	Bereich A		Bereich B	
	Bereich	Mittelwert	Bereich	Mittelwert
pH-Wert [-]	6,5 – 8,3	7,3	6,4 – 7,7	7,0
Leitfähigkeit [$\mu\text{S}/\text{cm}$]	288 – 2.080	929	340 – 2.700	1.013
CSB [mg/l]	51 – 385	151	143 – 1.590	466
Abfiltrierb. Stoffe [mg/l]	1,0 – 110	14,3	2,2 – 180	27,3

Aus Tabelle 1 ist ersichtlich, dass die in der AEV Abfallbehandlung (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, 1999) für die Direkteinleitung in den Vorfluter vorgegebenen Grenzwerte für CSB (120 mg/l) und abfiltrierbare Stoffe (30 mg/l) nicht beständig eingehalten werden können.

2.2 MBR-Pilotanlage

Um das technische sowie unternehmerische Risiko zu minimieren, wurde zunächst eine MBR-Pilotanlage in einem 20“-Container zur Prüfung der grundsätzlichen Eignung installiert und von April bis Juli 2017 am Standort betrieben.

Im Folgenden sind die wesentlichen Eckdaten zur Pilotanlage kurz dargestellt:

- Membranmodul 200 m² (Material: Polyvinylidenfluorid (PVDF); 0,05 μm ; Hohlfasermembran)
- MBR-Volumen 12 m³ (8 m³ aerob, 4 m³ anoxisch)
- Lufteintrag 90 Nm³/h

2.3 MBR-Großanlage

Die Ergebnisse des Pilotversuches wurden ausgewertet und basierend darauf wurde die Großanlage konzipiert, welche im Juli 2019 in Betrieb genommen wurde.

Unter Berücksichtigung von Abflussbeiwerten für die verschiedenen Abfallagerbereiche wurden die notwendigen Retentionsvolumina für die einzelnen Flächen ermittelt. Ausschlaggebend für die Größe der Speicherbecken ist, dass der erste 15-minütige Spülstoß mit höheren Schmutzfrachten aufgefangen wird. Anschließend läuft das nur mehr gering belastete Niederschlagswasser direkt in den Vorfluter ab.

Die MBR-Anlage ist hydraulisch so dimensioniert, dass das gesamte Nutzvolumen der Speicherbecken innerhalb von 48 Stunden entleert werden kann, damit es anschließend wieder für nachfolgende Regenereignisse zur Verfügung steht.

Im Folgenden sind die Eckdaten der Großanlage zusammengefasst:

- Abwassermenge < 16,0 m³/h
- CSB-Fracht < 168 kg/d
- MBR-Volumen 80 m³
- Trockensubstanz (TS) Gehalt 12 kg/m³
- Lufteintrag 190 Nm³/h
- CSB-Raumbelastung < 2,10 kg CSB/(m³*d)
- Membranmodul 800 m² (Material: PVDF; 0,05 µm; Hohlfaser)
- Flux 20 l/(m²*h)

Das kombinierte Biologie- und Membranbecken ist quaderförmig ausgeführt. Sämtliche Aggregate sowie die Elektro-, Mess-, Steuer- und Regelungstechnik befinden sich in einem 40“-Container. Das Becken sowie der Container sind in Abbildung 1 zu sehen.



Abb. 1: Betriebscontainer und Biologiebecken.

3 ERGEBNISSE

3.1 Pilotanlage

In der nachstehenden Abbildung 2 sind verschiedene Versuchsphasen erkennbar. Anfänglich bereitete ein starkes Algenwachstum im Retentionsbecken und nachfolgend auch in der MBR-Pilotanlage erhebliche Probleme. Durch eine spezielle Bekämpfung der Algen konnte das Wachstum eingedämmt und unterbunden werden. Einmal wurde der Füllstand im Speicher- und Vorlagebecken zu tief abgesenkt. In Folge wurde anaerober Sedimentschlamm (CSB > 6.000 mg/l) in die MBR-Anlage gefördert und der Bioprozess wurde erheblich überlastet.

Danach erfolgten eine sukzessive Steigerung der Zulaufmenge und eine Simulation verschiedener Betriebszustände, wie beispielsweise einer Trockenperiode. In den letzten Wochen fand ein Regelbetrieb ohne weitere Störungen statt.

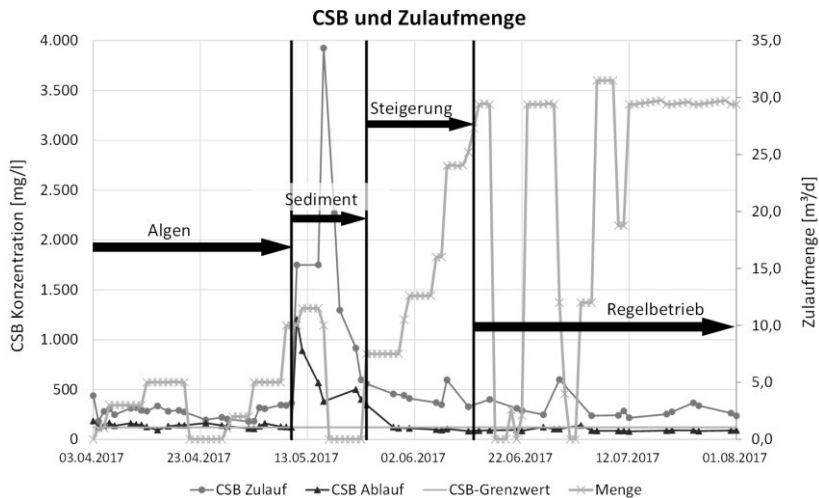


Abb. 2: Zeitlicher Verlauf der CSB-Konzentration und Zulaufmenge in der Pilotanlage.

Im Folgenden sind die wesentlichen Ergebnisse für die Zeit des Regelbetriebes kurz aufgelistet:

- Zulaufmenge \varnothing 22,6 m³/d
- CSB-Zulauf \varnothing 304 mg/l
- CSB-Ablauf \varnothing 94 mg/l
- TS-Gehalt 6,8 g/l
- CSB-Raumbelastung 0,57 kg CSB/(m³*d)
- Permeabilität 67 l/(m²*h*bar)

Für die Zeit des Regelbetriebes lag der durchschnittliche CSB-Abbaugrad bei 69 %.

3.2 Großanlage

Bereits während der Inbetriebnahme konnten die positiven Ergebnisse aus der Pilotanlage bestätigt werden. Der CSB-Grenzwert wurde von Beginn an eingehalten.

Die Inbetriebnahme der MBR-Anlage erfolgte im Juli 2019. Die zugeführte Abwassermenge wurde entsprechend dem Wachstum des Belebtschlammes gesteigert und die Inbetriebnahme konnte im September 2019 erfolgreich abgeschlossen werden.

Aufgrund der geringen Niederschläge konnte ab Anfang 2020 keine Beschickung mit Oberflächenwasser erfolgen. Das Biologie-Becken wurde jedoch weiterhin belüftet. Die Biologie im nach oben hin offenen Becken kühlte bis auf 4,5 °C ab und der TS-Gehalt reduzierte sich infolge der endogenen Atmung geringfügig.

Nach 47 (!!) Tagen ohne Zulauf und ohne Nährstoffdosierung wurde am 24.02.2020 die Beschickung der Anlage wieder bei einer Zulauftemperatur von 10 °C gestartet. Trotzdem wurden die Ablaufgrenzwerte bei einer Beprobung am 28.02.2020 deutlich eingehalten.

Ende Juni 2020 wurden bei Starkregenereignissen deutlich mehr als 300 m³/d verarbeitet (siehe Abbildung 3). Die Membran und auch die Biologie zeigten auch bei diesen Stoßbelastungen keinerlei Beeinträchtigungen und die Grenzwerteinhaltung war stets deutlich gegeben.

In Abbildung 3 sind die Regenmengen und der Durchsatz der MBR-Anlage grafisch dargestellt.

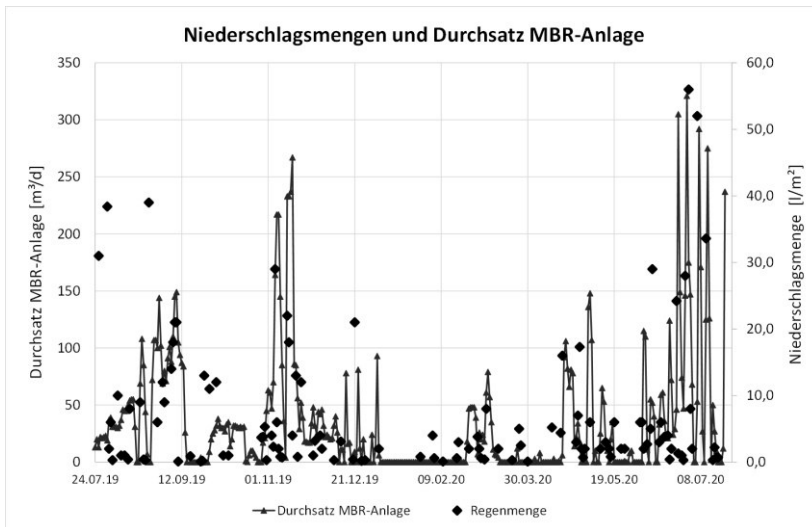


Abb. 3: Zeitlicher Verlauf der Niederschlagsmengen und dem Durchsatz der MBR-Anlage in der Großanlage.

Die Auswertung der Daten über einen Zeitraum von fast einem Jahr brachte folgende Ergebnisse:

- CSB-Zulauf \varnothing 250 mg/l
- CSB-Ablauf \varnothing 75 mg/l
- CSB-Abbaugrad \varnothing 70 %
- Ammonium-Ablauf \varnothing 0,4 mg/l
- Gesamtphosphor-Ablauf \varnothing 0,5 mg/l
- TS-Gehalt (max.) 14,5 g/l
- Permeabilität nach 12 Monaten 100 l/(m²*h*bar)

Die wesentlichsten Erkenntnisse nach etwa einjährigem Betrieb der Großanlage sind nachfolgend zusammengefasst:

- Seit der Inbetriebnahme kam es zu keinen Problemen mit Algen oder Bodenschlamm im Speicherbecken. Jährlich werden eine Entleerung sowie eine Reinigung der Retentionsbecken durchgeführt.
- Der lange Stillstand (47 Tage) im Winter zeigte keinerlei negative Auswirkungen auf das Gesamtsystem und die Abbauleistung der Biologie.
- Der Einsatz von Entschäumern war bisher nicht notwendig.
- Das Biomassewachstum ist im Regelfall stabil. Bei längeren Stillstandzeiten oder bei nur geringer Beschickung ist eine leicht abnehmende Biomassemenge zu beobachten.

4 SCHLUSSFOLGERUNG UND ERKENNTNISSE

Stark schwankende Quantitäten und Qualitäten von Oberflächenwasser bei Abfallbehandlungsbetrieben stellen hohe Anforderungen an die Reinigungstechnologie. Die Durchführung eines Pilotversuches bietet dabei erhebliche Vorteile, um das Abwas-

ser, die Betriebsbedingungen, aber auch die oft entscheidende menschliche Komponente in der Betriebsführung kennen zu lernen. Mit der Pilotierung wird das technische und unternehmerische Risiko für Planer, Lieferant und Auftraggeber minimiert. Sowohl bei der Pilot- als auch bei der Großanlage konnte ein stabiler CSB-Abbau mit Einhaltung des Ablaufgrenzwertes erreicht werden. Die Nährstoffversorgung ist ausreichend und eine Dosierung von externen Nährstoffquellen ist nicht notwendig. Andere organische Inhaltsstoffe, wie Kohlenwasserstoffe und lipophile Stoffe, werden ebenfalls gut abgebaut bzw. im Biologieschlamm ab- bzw. adsorbiert. Die Grenzwerte im Ablauf werden seit der Inbetriebnahme stets eingehalten. Die Permeabilität der Membran zeigt auch ein Jahr nach der Inbetriebnahme der Großanlage keinerlei Beeinträchtigung. Hydraulische Spitzenbelastungen bei starken Niederschlagsereignissen können ohne Probleme verarbeitet werden. Eine regelmäßige chemische In-Situ-Membranreinigung ist dafür durchzuführen. Allgemein ist eine konservative Auslegung der Membranfläche mit ausreichend hydraulischen Reserven anzuraten. Somit ist man bei Änderung der Abwassermenge flexibel und die geringe Belastung führt zu einer höheren Lebensdauer.

Die Erfahrung mit dem Einsatz einer MBR-Anlage zur Behandlung von Oberflächenwasser bei Abfallbehandlungsbetrieben zeigt deutlich, dass die MBR-Technologie aufgrund des frei wählbaren und einfach regelbaren Schlammalters gut an verschiedene Abwasserarten angepasst werden kann. Die stark schwankenden hydraulischen Belastungen führen zu keinen Beeinträchtigungen im Betrieb. Eine kosteneffiziente Errichtung aufgrund des reduzierten Platzbedarfs und hohe Abbauraten zählen zu den wesentlichen Vorteilen. Das feststofffreie und optisch klare Filtrat kann ohne Weiteres als betriebliches Brauchwasser verwendet werden!

LITERATUR

- Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft (1996) *Verordnung über die allgemeine Begrenzung von Abwasseremissionen in Fließgewässer und öffentliche Kanalisationen (Allgemeine Abwasseremissionsverordnung – AAEV)*. BGBl. Nr. 186/1996, i.d.F. BGBl.II Nr. 332/2019, Wien.
- Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft (1999) *Verordnung über die Begrenzung von Abwasseremissionen aus der physikalisch-chemischen oder biologischen Abfallbehandlung (AEV Abfallbehandlung)*. BGBl. II Nr. 9/1999, i.d.F. BGBl.II Nr. 128/2019, Wien.
- Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (2006) *Verordnung über die Festlegung des Zielzustandes für Oberflächengewässer (Qualitätszielverordnung Chemie Oberflächengewässer – QZV Chemie OG)*. BGBl. II Nr. 96/2006, i.d.F. BGBl.II Nr. 128/2019, Wien.
- Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (2010) *Verordnung über die Festlegung des ökologischen Zustandes für Oberflächengewässer (Qualitätszielverordnung Ökologie Oberflächengewässer – QZV Ökologie OG)*. BGBl. II Nr. 99/2010, i.d.F. BGBl.II Nr. 128/2019, Wien.
- Grundestam, J. (2015) *Procuring 230 Football Fields of Membrane – Strategy, Results and Lessons learned*. In: 11. Aachener Tagung Wasser und Membranen. Aachen, Deutschland.
- Mayr, B. (2017) *Einsatz des Membranbelebungsverfahrens in der österreichischen Industrie: Fallbeispiele und Grenzen*. In: Wiener Mitteilungen Band 243, 145-162, 21.02.2017, Wien.
- Mayr, B., Garstenauer T. (2019) *Membrane Bioreactor as Polishing Step in the Treatment of Galvanic Wastewater*. In: FILTECH Conference Proceedings, Köln, Germany.
- Mayr, B., Novak, S., Horvat, P., Gaisch, F., Narodslawsky, M., Moser, A. (1994) *Hochleistungsbiologie und Membrantrenntechnik zur Abwassertechnik: Fallstudie Deponiesickerwasser*. Österr. Wasser- und Abfallwirtschaft 46 (7/8) 195-202.
- Steiermärkische Landesregierung (1988) *Gesetz über die Ableitung von Wässern im bebauten Gebiet für das Land Steiermark (Kanalgesetz 1988)*. LGBl. Nr. 79/1988, i.d.F. LGBl. Nr. 87/2013, Graz.