

Das MBR-Belüftungssystem

Die Alternative zur bewährten Turbinenbelüftung für die Einbecken-Kläranlagen von Biogest

1. Zielsetzung

Leistung und Betriebskosten eines Belebtschlammesystems hängen ganz entscheidend davon ab, wie die Aufgaben der „Belüftung“ und „Umwälzung“ technisch gelöst werden. Mit zunehmendem Anspruch an die Reinigungsleistung einer Kläranlage und der besonders strengen Bewertung der Energiekosten, muß der für die Belüftung und Umwälzung einer Belebtschlammanlage angewendeten Technik gezielte Beachtung geschenkt werden.



Biogest-Kläranlage der Gemeinde Wellmitz (1.500 EW)

Doch nicht nur ein optimiertes Zusammenspiel von Leistung und Verbrauchskosten kennzeichnen eine zeitgemäße Lösung. Wichtige Systemeigenschaften kommen hinzu, so daß die Zielsetzung eines Belüftungs- und Umwälzsystems mit folgenden Stichworten definiert werden kann:

1. Die **O₂-Ertragsleistung** muß hoch sein. Hierbei ist nicht der Wirkungsgrad im Reinwasser, sondern unter Betriebsverhältnissen die entscheidende Ertragsgröße.

2. Die **Umwälzleistung** muß während aller Betriebsphasen so effektiv sein, daß Sohlströmungen von > 0,3 m/sec. dauerhaft garantiert werden können.

3. Der **Rührbetrieb** muß sicherstellen, daß praktisch kein Sauerstoff eingetragen wird. Gleichzeitig darf die o.g. Mindest-Sohlströmung von 0,3 m/sec. nicht unterschritten werden. Darüber hinaus muß der Rührbetrieb mit geringstmöglichem Energieaufwand praktiziert werden.

4. Die **Wintertauglichkeit** des Systems - auch bei extremen Frosttemperaturen - muß gesichert sein. Dies gilt speziell für offene Becken.

5. Die **Aerosolbildung** muß auf ein mögliches Minimum reduziert werden.

6. Die **Standzeiten** des Belüftungs- und Umwälzsystems (wartungsfreie Betriebsdauer) müssen weit über die übliche Gewährleistungsfrist hinaus sichergestellt sein. Ein Zeitraum von fünf Jahren ist hierbei die Mindestforderung.

7. Mögliche **Reparaturen** müssen einfach und für das Betriebspersonal gefahrenlos durchgeführt werden können.

8. Die **Investitionskosten** müssen trotz hohem Leistungspotential des Systems möglichst gering sein.

9. Die **Geräuschemission** muß so gering wie möglich sein, um den Standort der Kläranlage auch in der Nähe einer Wohnbebauung zu erleichtern.

Ein für die Biogest-Kompaktkläranlagen wichtiges zusätzliches Ziel ist es, daß die Belüftungs- und Umwälztechnik bei Einbecken-Kläranlagen einschränkungsfrei angewendet werden kann. Da der Betriebsablauf dieser im Aufstau betriebenen Kompaktanlagen durch ständig wechselnde Wasserspiegel gekennzeichnet ist, muß das zu wählende Belüftungs- und Umwälzsystem *unabhängig vom Wasserstand* die voranstehenden Zielsetzungen erfüllen.

2. Die MBR-Technik

Zu den systemtypischen Merkmalen der vor fast 20 Jahren entwickelten Einbecken-Klärtechnik von Biogest gehört die Anwendung einer schwimmenden Belüftungsturbine (System BSK). Insbesondere in Kombination mit einem Zerkleinerer (der mit der Turbine konstruktiv verbunden ist) hat sich diese Belüftungstechnik in hunderten von Einsatzfällen bewährt. Die Entwicklung eines alternativen Belüftungs- und Umwälzsystems erschien trotz dieser guten Erfahrungen notwendig, um insbesondere die Wintertauglichkeit bei extremen Tiefsttemperaturen, die Geruchsbildung und den Geräuschpegel zu verbessern. Letztgenannte Zielsetzung ist immer dann von Bedeutung, wenn die Kläranlage in direkter Nachbarschaft zur Wohnbebauung angeordnet werden soll und somit ein geringstmögliches Maß an Emissionen angestrebt werden muß.

Die **MBR-Belüftungstechnik** stellt eine Kombination von zwei Einzelsystemen dar:

System 1:

Ein **spezielles feinblasiges Druckluft-Verteilungssystem**, welches am Boden eines Einbecken-Reaktors angeordnet ist und von einem Drehkolbengebläse versorgt wird.

System 2:

Ein **Vertikalrührwerk**, welches im Zentrum des Beckens auf einer Brücke angeordnet wird.

Die Trennung von Belüftung und Umwälzung durch zwei verschiedene Systeme hat den besonderen Vorteil, daß jedes für sich optimiert werden kann. Hierdurch lassen sich die gewünschten Ziele, insbesondere im Hinblick auf eine Minimierung der Betriebskosten, erreichen.

3. Das feinblasige MBR-Lufteintragungssystem

Hinlänglich bekannt ist die Tatsache, daß der Eintrag von Luftsauerstoff in wäßrige Medien dadurch verbessert werden kann, daß möglichst kleine Luftblasen eine möglichst lange Aufenthaltszeit im jeweiligen Becken haben. Die Maximierung der Blasenzahl vergrößert die Grenzfläche und somit den O_2 -Austausch.

Die verlängerte Aufenthaltszeit erhöht den Blasenweg und somit die Kontaktzeit.

Das Ergebnis: der in jeder Luftblase enthaltene Sauerstoff kann optimal an das umgebende Medium abgegeben werden. Leicht nachvollziehbar ist die hieraus resultierende Tatsache, daß der Wirkungsgrad des Lufteintragungssystems deutlich verbessert wird.



Biogest-Kläranlage der Gemeinde Schönfeld (2.000 EW)

Zum Eintrag besonders feiner Luftblasen verwendet Biogest sogenannte Membranplatten-Belüfter. Diese werden in Abhängigkeit von der Behälterform ring- oder strahlenförmig im Bereich der Behältersohle auf Edelstahl-Quadratrohren (abgestützt auf höhenverstellbaren Konsolen) angeordnet. Die Zuordnung und endgültige Formgebung der einzelnen Belüfterstränge ist abhängig von der Behälterform, dem Sauerstoffbedarf und dem Belüftungsvolumen. Jede einzelne Membranplatte besteht aus einem rechteckigen Grundkörper, dessen Kanten abgerundet sind. Dieser Grundkörper ist mit einer tausendfach geschlitzten und für die Abwasserbelüftung entwickelten EPDM-Membrane abgedeckt. Mit einem speziellen Randprofil wird die Membrane auf der Grundplatte befestigt - allerdings leicht lösbar, damit ein möglicher Austausch mit wenigen Handgriffen vorgenommen werden kann. Jeder einzelne Belüfter weist eine wirksame Oberfläche von $0,1 \text{ m}^2$ auf. Durch die mehr als zehntausend Schlitze, die auf der Membranplatte gleichmäßig verteilt sind, entstehen während des Belüftungsvorganges Millionen kleinster Luftblasen. Das besondere an der Plattengeometrie (gegenüber Tellerbelüftern) ist die Tatsache, daß die austretenden Blasen sich kaum zu einer Blasensäule verdichten. Vielmehr nehmen die Luftblasen einen senkrecht nach oben gerichteten Weg ohne ausgeprägte Neigung zur Koaleszenz. Diese Systemeigenschaft ermöglicht den gewünschten

hohen Grenzflächenaustausch und somit eine Optimierung des Belüftungsvorgangs.

Die der Bemessung eines MBR-Systems zugrunde gelegte Luft-Durchsatzleistung pro Membranplatte beträgt $8 \text{ Nm}^3/\text{h}$. Dies entspricht der mittleren zugelassenen Flächenbelastung und weist somit einen Spielraum nach unten (bis ca. $2 \text{ Nm}^3/\text{Membranplatte}/\text{h}$) als auch erhebliche Reserven nach oben (bis ca. $12 \text{ Nm}^3/\text{h}$) auf. Da die O_2 -Zufuhrleistung bei den von Biogest verwendeten Membranplatten innerhalb der Grenzmengen unabhängig vom Luftdurchsatz gleich bleibt, kann die Luftzufuhr nach betriebstechnischen Gesichtspunkten variiert werden, ohne daß die spezifische Sauerstoffzufuhr eingeschränkt wird.

Im Zusammenhang mit Membranbelüftern werden immer wieder Bedenken geäußert, daß es zu einem Riß und somit zu einer erheblichen Leistungseinbuße kommen kann. Die von Biogest verwendete EPDM-Membran mit einer speziell für diese Membranplatte entwickelten Schlitzung ist bezüglich der mechanischen Beständigkeit kaum zu übertreffen.

Hierfür sorgt einerseits die extrem hohe Mate-



MBR-Rührwerk im Probebetrieb

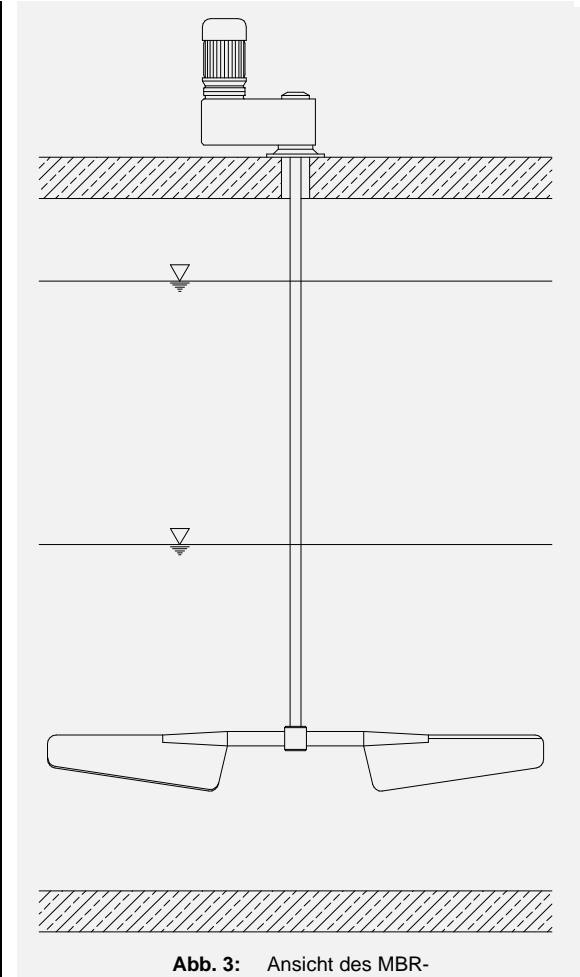


Abb. 3: Ansicht des MBR-

rialfestigkeit und darüber hinaus eine ausgesucht gute Materialqualität. Ein weiteres Indiz für die extrem hohe mechanische Festigkeit ist die Tatsache, daß die für den Betrieb gewählte Luftbeaufschlagungsmenge gegenüber dem zur Zerstörung führenden Luftdurchsatz ca. 25 -mal niedriger liegt.

Die Beständigkeit der EPDM-Membran gegenüber den üblichen Inhaltsstoffen häuslichen bzw. industriellen Abwassers ist beispielhaft gut und begründet somit praktisch keine Einsatzgrenzen. Grundsätzlich gilt die Anwendungsfähigkeit für alle wäßrigen Lösungen im pH-Bereich von 2 - 13. Eine gewisse Empfindlichkeit besteht gegenüber Kohlenwasserstoffen, wenn diese in größeren Konzentrationen im Abwasser enthalten sind. Da dies nur in extremen Ausnahmefällen zu erwarten ist (spezielle Industrieabwässer), ist diese Einschränkung nur in besonderen Pro-

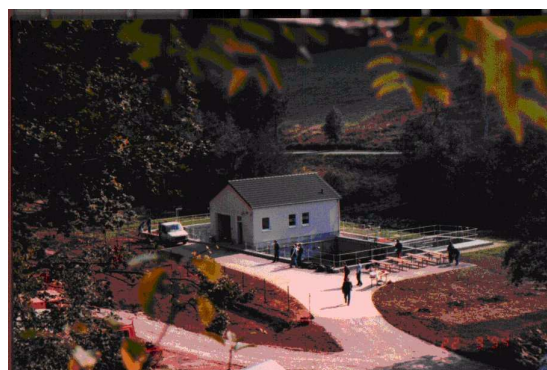
jektfällen zu beachten. Eine Beständigkeitsliste wird auf Wunsch gerne zur Verfügung gestellt.

Der Einbau des MBR-Membranplattensystems erfolgt im Standardfall als feste Installation auf dem Beckenboden. Als zentralsymmetrisch angeordnete Gitterkonstruktion, welche - in Abhängigkeit von der Anzahl der Membranplatten - in mehrere Einzelfelder unterteilt wird. Auf besonderen Wunsch kann das Gesamtsystem so konzipiert werden, daß ein Herausheben der Belüftungsgitter auch ohne Entleerung des Beckens möglich ist.

Die Druckluftversorgung des MBR-Belüftungssystems erfolgt mit Hilfe eines oder mehrerer Drehkolbengebläse bzw. Turbo-Verdichter (bei großen Luftmengen). Diese Aggregate können entweder unter einer witterungsgeschützten Schallhaube direkt neben der Einbecken-Kläranlage oder aber im benachbarten Betriebsgebäude angeordnet werden. Grundsätzlich werden die Gebläse mit einer Schallschutzhaube ausgestattet. Bevorzugter Lieferant ist die Aerzener Maschinenfabrik GmbH.

Die Druckluftversorgung des MBR-Belüftungssystems erfolgt mit Hilfe eines oder mehrerer Drehkolbengebläse bzw. Turbo-Verdichter (bei großen Luftmengen). Diese Aggregate können entweder unter einer witterungsgeschützten Schallhaube direkt neben der Einbecken-Kläranlage oder aber im benachbarten Betriebsgebäude angeordnet werden. Grundsätzlich werden die Gebläse mit einer Schallschutzhaube ausgestattet. Bevorzugter Lieferant ist die Aerzener Maschinenfabrik GmbH.

Allgemeine technische Daten	
Einsatzbereich:	Einbecken - Kläranlagen
Abwasservorbehandlung:	Feststoffabsiebung
maximaler Beckendurchmesser:	ca. 22 m
maximales Beckenvolumen:	ca. 2400 m ³
garantierte Sohlströmung:	> 0,3m/sec.
Netto-Sauerstofftrag:	ca. 7 kg O ₂ /kWh
Reinwasser-Sauerstofftrag:	ca. 4,5 - 5,5 kg O ₂ /kWh
erzielbarer O₂-Ertrag unter Betriebsbed.:	2,5 - 4,0 kg O ₂ /kWh
α-Wert:	ca. 0,7 - 0,8
spezif. Luftmenge:	8 - 10 m ³ / h (pro Membranplatte)
wirksame Membranfläche:	0,1 m ² /Platte
Standzeit der Membran-Belüfter:	> 5 Jahre
spezif. O₂-Zufuhrleistung:	18 - 20 g O ₂ /Nm ³ (pro Meter Einblastiefe)
minimale Flächenbelegung:	3 % der Behältergrundfläche
Leistungsdichte des MBR-Rührwerks:	1 - 2 W/m ³



Biogest-Kläranlage der Gemeinde Grünhain (2.500 EW)

4. Das MBR-Rührwerk

Zur Umwälzung von Belebtschlammssystemen wurden vielfältige Rührorgane unterschiedlichster Konzeption entwickelt. Dem MBR-Rührwerk (als sogenanntes Vertikalrührwerk konstruiert) darf eine besondere Position zugeordnet werden, da es durch mehrere Leistungsmerkmale besticht:

1. Das **zentralsymmetrische Strömungsprofil** bewirkt eine gezielte, homogene Durchmischung und Umwälzung des Behälterinhalts. Einseitige Strömungen, Totzonen, etc. werden vermieden.
2. Die **hohe Sohlströmung** von mehr als 0,3 m/sec. verhindert prozeßstörende Ablagerungen am Beckenboden.
3. Der **optimale Wirkungsgrad** des Rührwerks reduziert die notwendige Leistungsdichte auf 1 - 2 Watt/m³ Beckenvolumen. Hieraus resultieren günstige Betriebskosten.
4. Die **turbulente Strömung** sorgt für eine gute Verwirbelung der mitgerissenen Luftbläschen und verhindert weitestgehend den Zusammenschluß zu großen Blasen.

Das MBR-Rührwerk wird im Regelfall auf einer Brücke im Zentrum des Beckens angeordnet (siehe Abbildung 3). Bei abgedeckten Einbecken-Reaktoren vereinfacht sich die Installation durch Verwendung der Betonplatte zur Rührwerkslagerung.

Die Propellerschaukeln des MBR-Rührwerks sind so gestaltet, daß grundsätzlich beide Drehrichtungen möglich sind und somit einerseits eine senkrecht nach unten und andererseits eine nach oben gerichtete Strömung entsteht. Im Normalfall wird die nach unten gerichtete Strömung praktiziert, da hierdurch die Sohlgeschwindigkeiten auf Werte von $> 0,5$ m/Sek. gesteigert werden können und gleichzeitig die mechanische Rückwerksenergie zu einer Verbesserung des α -Wertes und somit zu einem wirtschaftlicheren Anlagenbetrieb führt.

Mit dem Betrieb des MBR-Rührwerks wird eine äußerst turbulente, horizontal gerichtete Strömung von der Beckenmitte aus bis zum Beckenrand hin erzeugt. Hierdurch wird der Weg der Luftblasen verlängert und die Sauerstoffausnutzung verbessert. Während der Denitrifikation wird die Luftzufuhr abgesperrt und der Reaktorinhalt lediglich gerührt. Durch geringes Aufwallen der Oberfläche ist die Sauer-

stoffaufnahme gering, so daß der Denitrifikationsprozeß möglichst effektiv laufen kann.

Da das MBR-Rührwerk keine Antriebs- oder Lagerteile unterhalb der Wasserspiegellinie hat, ist die Durchführung der wenigen Wartungsarbeiten besonders einfach. Bei dem auf der Brücke (bzw. auf der Betondecke) angeordnetem Untersetzungsgetriebe wird einmal jährlich das Öl gewechselt. Weitere Serviceleistungen sind nicht erforderlich.

Die Größe des MBR-Rührwerks bezüglich Motorleistung und Schaufeldurchmesser richtet sich nach der Behältergröße, dem Umwälzvolumen und der Behältergeometrie. So beginnt der Propeller-Durchmesser bei 500 mm (Behälter- $\varnothing = 6$ m) und endet bei einem Durchmesser von 4 m (Behälter- $\varnothing = 20$ m).

**BIOGEST INTERNATIONAL
GMBH**

Abwassertechnische Systeme

Zentralbüro für Deutschland

Berthold-Haupt-Str. 37 Tel: +49 (0351) 3 16 86 -0
D - 01257 Dresden Fax: +49 (0351) 3 16 86 -86

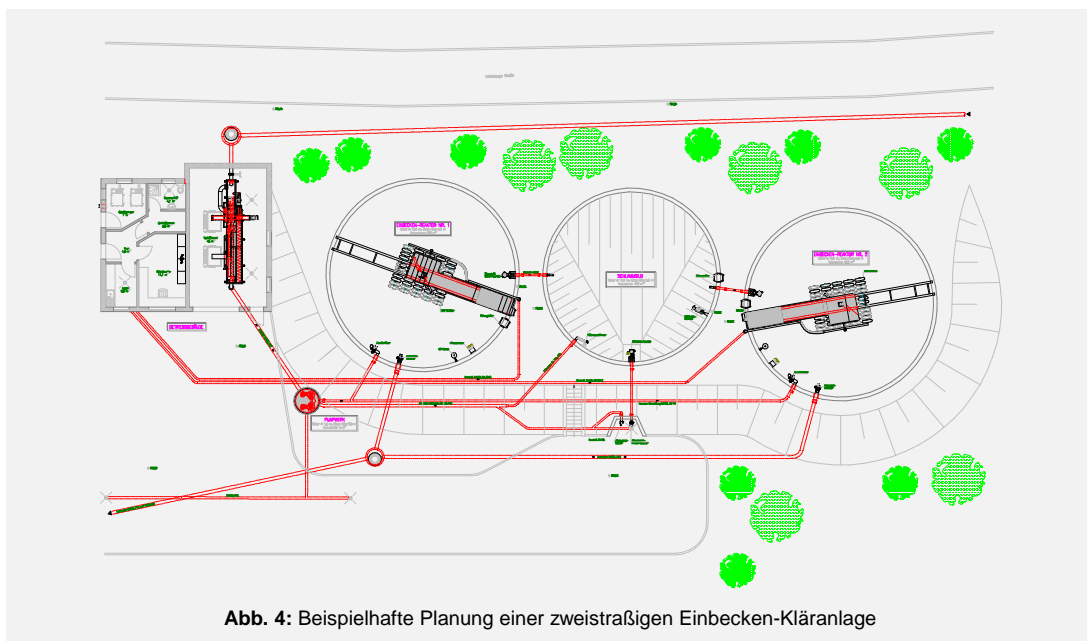


Abb. 4: Beispielhafte Planung einer zweistraßigen Einbecken-Kläranlage