

# EINSATZ VON OBERFLÄCHENBELÜFTUNGSSYSTEMEN – HEUTE WIEDER GERECHTFERTIGT?

W. Frey, Leobendorf

## **1. Einleitung**

Der Titel meines Beitrages müsste eigentlich lauten: „War der Einsatz von Oberflächenbelüftungssystemen jemals nicht gerechtfertigt?“. Damit kommt man zu der oft gestellten Frage, ob Druck- oder Oberflächenbelüftungssysteme die bessere Wahl sind. Die Praxis zeigt, dass beide Systeme seit langem nebeneinander existieren. Wäre ein System das bessere, so wäre das andere System bereits vom Markt verschwunden. Nach meiner Ansicht gibt es keine schlechten Belüftungssysteme, sondern hauptsächlich falsche Anwendungen bzw. Einsatzbereiche die zu Problemen führen.

Grundsätzlich ist die Festlegung des Belüftungssystems eine wichtige und schwierige Aufgabe der planenden Ingenieure. Fehlentscheidungen haben schwerwiegende Konsequenzen auf den Anlagenbetrieb (Einhaltung der Grenzwerte) und die anfallenden Kosten.

Im vorliegenden Beitrag soll versucht werden eine Hilfestellung bei der Auswahl zu geben. Dazu werden die Betriebseigenschaften sowie Vor- und Nachteile von Oberflächenbelüften, unter Berücksichtigung der Erfahrungen der letzten Jahre, diskutiert und mit Beispielen aus der Praxis ergänzt.

## **2. Bauformen von Oberflächenbelüftungssystemen**

Man unterscheidet Kreiselbelüfter und Stabwalzenbelüfter (Rotoren). Außerdem zählt zur Gruppe der Oberflächenbelüftungssysteme auch die Strahlbelüftung. Der

Vollständigkeit halber wird eine kurze Beschreibung von Kreiseln und Rotoren gegeben. Detaillierte Hinweise auf Bauformen, Strömungsverhältnisse und das Regelverhalten von Oberflächenbelüftern findet z. B. bei FREY (1990), KROISS (1991).

## **2.1           Kreiselbelüfter**

Kreisel haben eine vertikale Welle und werden in Mischbecken oder in Umlaufbecken eingesetzt. Sie können in offener oder geschlossener Bauweise ausgeführt werden. Die Wirkungsweise entspricht der eines Pumpenlaufrades. Der in den Wasserkörper hineinragende Kreisel fördert Wasser von unten nach oben und wirft es über der Wasseroberfläche aus. Es werden Kreisel mit Durchmessern von 0,5 bis 4,5 m angeboten. Übliche Umfangsgeschwindigkeiten betragen 4-6 m/s. Die Antriebsleistungen können 150 kW erreichen.

## **2.2           Rotor (Stabwalzenbelüfter)**

Rotoren haben eine horizontale Welle und werden heute ausschließlich in Umlaufbecken eingesetzt. Sie bestehen aus einer Hohlwelle, an der Sterne aus Flachstäben befestigt sind. Üblicherweise werden Walzenbelüfter heute mit einem Durchmesser von 1 m und Längen von 4,5 bis 9 m angeboten. Die Umfangsgeschwindigkeiten liegen bei 3-4 m/s. Die Antriebsleistung eines 9 m Rotors bei maximaler Eintauchtiefe liegt bei ca. 45 kW.

## **3.           Wassertiefe, Beckengeometrie und Strömungsverhältnisse**

Ausgeführte Beckentiefen liegen bei 2,5 – 5 m. Bei Kreiselbelüftern sind tiefere Becken als bei Rotorbelüftern üblich.

In den letzten Jahren wurden Anlagen (z.B. Münster Wassertiefe = 5m) mit größeren Beckentiefen ausgeführt. Bei solchen Ausführungen ist der Einsatz von zusätzlichen Rührwerken zur Sicherstellung der Durchmischung erforderlich.

### 3.1 Fallbeispiel – tiefes Belebungsbecken

In Österreich wurde im Jahr 1999 eine Industrieabwasserreinigungsanlage einer Zuckerfabrik mit einem tiefen Belebungsbecken ausgeführt. Die Betriebsabwasserreinigungsanlage ist als zweistufige anaerob - aerobe Anlage konzipiert. Die in der aeroben Stufe zu behandelnde CSB-Fracht beträgt 9.000 kg/d und die Stickstofffracht ca. 1000 kg/d (KROISS, PRENDL 2001).

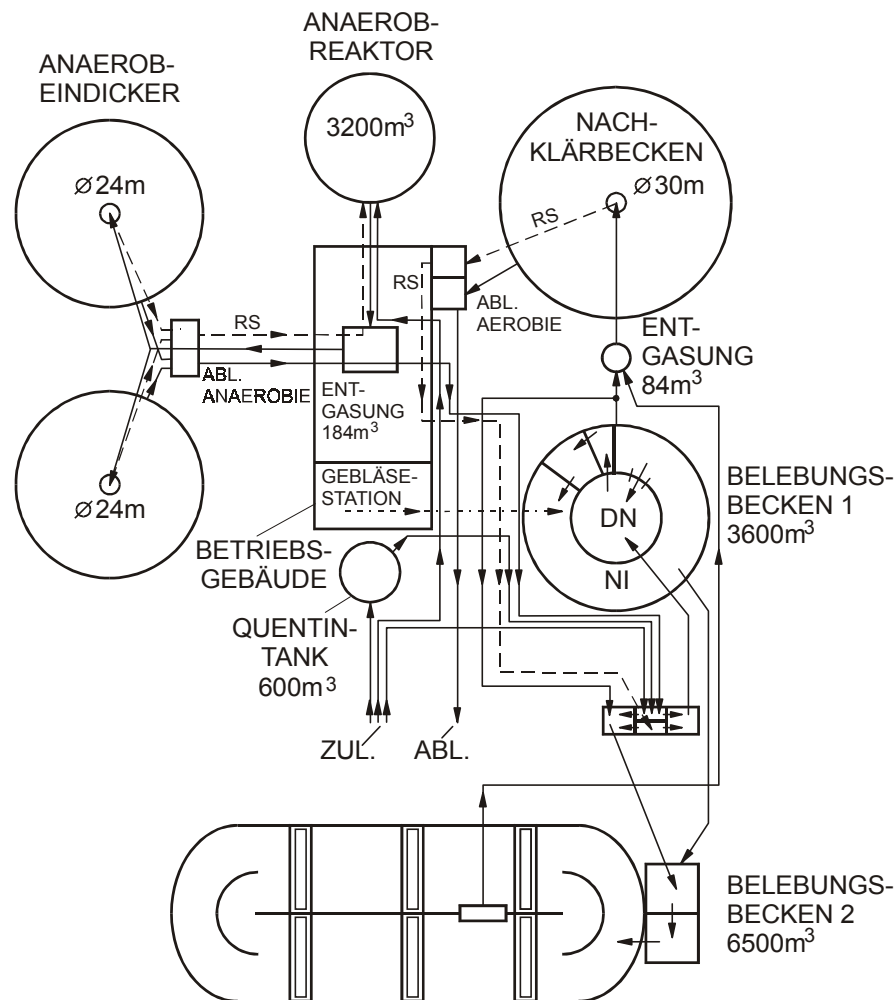
Zur Anpassung an den Stand der Technik wurde vor der Kampagne 1999 ein Umbau durchgeführt. Die bestehende aerobe Stufe mit einem Volumen von 3600 m<sup>3</sup> (Druckbelüftung) wurde um ein neues Belebungsbecken mit einem Volumen von 6100 m<sup>3</sup> und zwei aeroben Selektorkaskaden mit je 200 m<sup>3</sup> ergänzt. Das neue Belebungsbecken ist mit 6 Stabwalzenbelüftern mit je 9 m Länge und 45 kW Antriebsleistung ausgerüstet. In jeder der beiden Selektorkaskaden ist ein Kreisel mit 30 kW Antriebsleistung angeordnet.

Aufgrund der schlechten Baugrundverhältnisse musste der Boden abgetragen werden. Man hat sich dann entschlossen keine Bodenauswechslung durchzuführen, sondern die Becken einfach tiefer zu belassen. Auch hatte man bewusst zunächst auf den Einbau von Rührwerken verzichtet. Wie die Beckenleerung nach Kampagneende gezeigt hat, gab es Ablagerungen, die aber wesentlich geringer als erwartet ausgefallen waren. Die Dicke betrug maximal 1m. Die Ablagerungen enthielten vergleichsweise wenig organisches Material, es handelte sich zum Großteil um Rübenerde.

Das für die Abwasserreinigung zur Verfügung stehende Beckenvolumen wird durch die abgelagerungsfreie Wassertiefe bestimmt. Im vorliegenden Fall betrug die Wassertiefe 5,6m – 1m (Ablagerung) = 4,6 m. Dieser Wert liegt deutlich über den üblichen Wassertiefen bei Rotorbelüftung.

Die Entscheidung Oberflächenbelüfter einzusetzen war maßgeblich durch die Betriebserfahrungen mit dem Druckbelüftungssystem der bestehenden Aerobie bestimmt. Der Einsatz der feinblasigen Druckbelüftung hatte sich im stark kalkhaltigen Abwasser nicht bewährt. Im Bereich der Poren der Belüftermembrane kam es zu

Kalkausfällungen, die die Leistung des Belüftungssystems innerhalb weniger Tage stark beeinträchtigen. Bereits in der ersten Kampagne 1998 gab es einen Totanschaden an den Membranen. Um das Belüftungssystem auf Dauer funktionsfähig zu halten mussten die Kalkablagerungen an den Belüftermembranen im Abstand von zwei bis drei Tagen durch Zugabe von Ameisensäure in die Druckluft entfernt werden.



**Abbildung 1: Fließschema BARA – Zuckerfabrik (KROISS, PRENDL 2001)**

#### 4. Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen

Es ist im Rahmen dieses Vortrages sicher nicht möglich, eine umfassende Anleitung zum Kostenvergleich verschiedener Belüftungssysteme zu geben. Die Aussage von

v. d. EMDE (1980) hat nach wie vor Gültigkeit.

*„Ein echter **Kostenvergleich** verschiedener Belüftungssysteme ist nur über die **Jahreskosten** (Kapitalkosten und Betriebskosten) der gesamten Abwasserreinigungsanlage möglich. Nur die Unterschiedlichen Anschaffungskosten und die Energiekosten der Belüftungssysteme gegenüberzustellen genügt nicht. Vielmehr sind alle Folgekosten bzw. Einsparungen die sich aus der Regelungsmöglichkeit, Wartung, Reparatur, etc. ergeben einzurechnen.“*

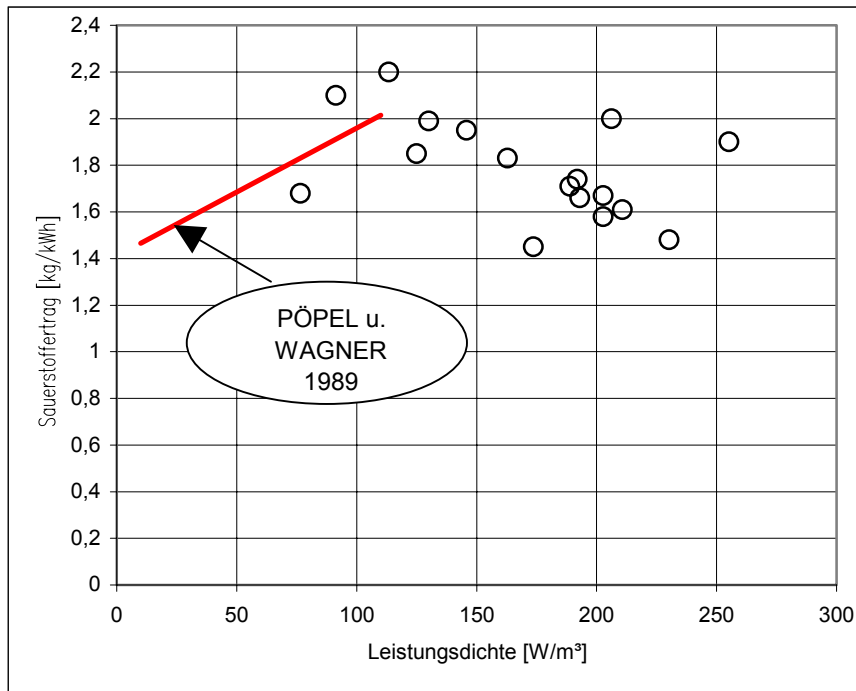
Bei den Wartungs- und Reparaturkosten ist, zufolge der in letzter Zeit vermehrt aufgetretenen Verstopfungen von Druckbelüftungssystemen, eine große Unsicherheit entstanden.

#### **4.1 Sauerstofftrag von Oberflächenbelüftungssystemen**

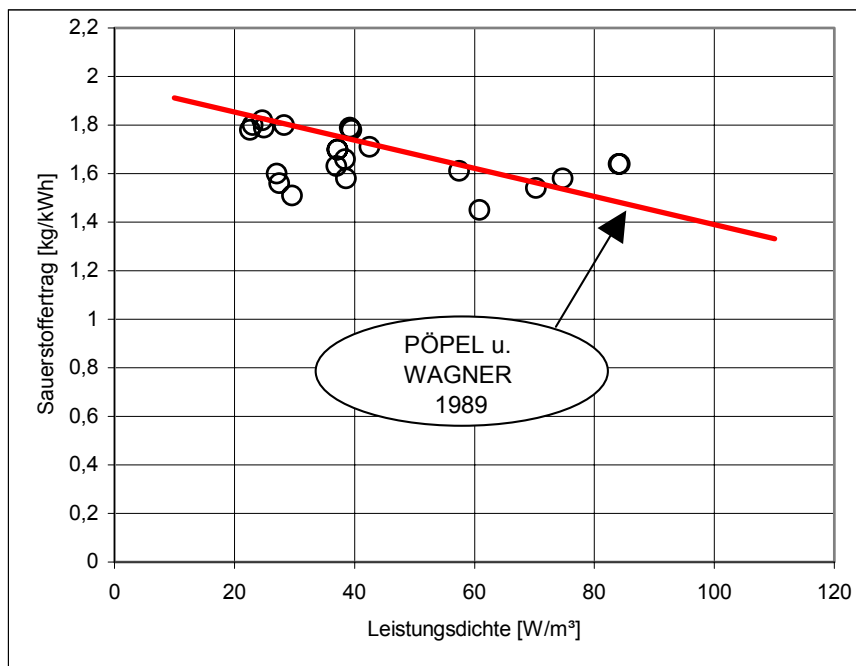
Eine Zusammenstellung von Messwerten findet man bei PÖPEL u. WAGNER (1989). Daraus ist ersichtlich, dass unter günstigen Bedingungen mit Druckbelüftungssystemen in belebtem Schlamm ein Sauerstofftrag von 1,3 – 2,3 kg/kWh erreichbar ist. Für Oberflächenbelüftungssysteme werden Sauerstofftragswerte von 1,5 – 1,9 kg/kWh genannt. Vom Autor wurden in der Zeit von 1990 bis 2001 ca. 45 Messungen auf 11 Anlagen mit Kreisel- und Rotorbelüftern durchgeführt. Die Resultate der Messungen reihen sich gut in die Zusammenstellung von PÖPEL u. WAGNER (1989) ein. Daraus kann abgeleitet werden, dass die Systeme einen hohen Entwicklungsstand erreicht haben.

Der scheinbare Widerspruch in **Abbildung 2** erklärt sich dadurch, dass in die Auswertungen von PÖPEL u. WAGNER (1989) hauptsächlich Messwerte mit Energiedichten bis 100 W/m<sup>3</sup> Eingang gefunden haben, während bei den aktuellen Messungen des Autors größere Energiedichten vorhanden waren. Ähnliche Zusammenhänge wurden schon von KNOP u. KALBSKOPF (1969) vorgelegt.

Die **Abbildung 3** zeigt eigene Messwerte in Zusammenschau mit Literaturdaten.



**Abbildung 2: Messwerte von Kreisellüftern in Reinwasser (Mischbecken)**



**Abbildung 3: Messwerte von Rotorbelüftern in Reinwasser**

Die Wirtschaftlichkeit von Oberflächenbelüftern ist von der Energiedichte im Belebungsbecken abhängig. Bei Kreiseln (in Mischbecken) steigt der Sauerstofftrag mit zunehmender Leistungsdichte. Die vorliegenden Messungen zeigen aber auch, dass bei sehr hohen Leistungsdichten, wie sie z. B. in Selektoren auftreten, der Sauerstofftrag wieder abnimmt. Bei Rotorbelüftern steigt der Sauerstofftrag mit sinkender Leistungsdichte. Dieser Umstand ist bei der Abschätzung der Wirtschaftlichkeit des Systems im Teillastbetrieb zu berücksichtigen.

Zur Berechnung der Wirtschaftlichkeit eines Oberflächenbelüftungssystems, in belebtem Schlamm, ist der Grenzflächenfaktor ( $\alpha$ -Wert) zu berücksichtigen. Er liegt bei Kreisel- und Rotorbelüftung bei 0,9 – 1,0.

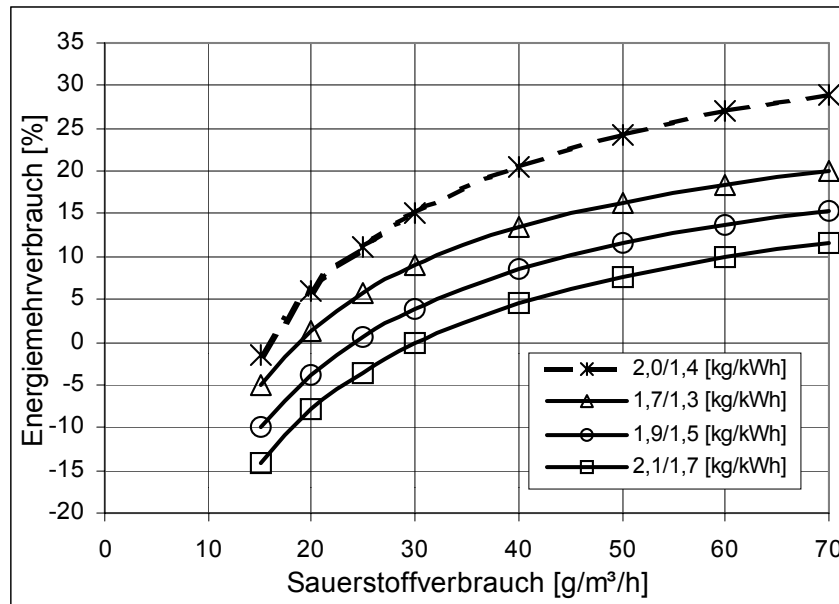
## **4.2           Energiekosten**

In die Energiekosten ist jedenfalls der gesamte Energieaufwand für die Biologie einzurechnen. Die in Umlaufbecken mit Druckbelüftung vorhandenen Rührwerke laufen in der Regel 24 Stunden am Tag. Um auch während der Belüftungsphasen eine Umlaufströmung aufrecht zu erhalten, muss die installierte Leistung relativ hoch sein. Wenn die Anforderungen an die Stickstoffentfernung hoch sind, müssen in der Regel auch in Umlaufbecken mit Stabwalzen Rührwerke eingebaut werden. Da diese aber nur ohne zusätzliche Luftbeaufschlagung die Strömung aufrecht zu erhalten haben, kann deren spezifische Leistung geringer angesetzt werden.

Es wird im Folgenden eine Betrachtung des Energieaufwandes für die Biologie durchgeführt. Als veränderliche Parameter sind der Sauerstoffverbrauch und die Op-Werte der Druck- und Oberflächenbelüftungssysteme enthalten. An Annahmen wurden getroffen:

- spezifische Rührwerksleistung für Druckbelüftung 3 W/m<sup>3</sup> und 2 W/m<sup>3</sup> für Oberflächenbelüftung.
- Sauerstoffgehalt in der Biologie 1,5 mg/l

- intermittierende Betriebsweise 50% Nitrifikation und 50 % Denitrifikation. Bei Druckbelüftung laufen die Rührwerke durch und bei Oberflächenbelüftern werden sie während der Belüftungsphase abgestellt.



**Abbildung 4: Energienmehrverbrauch – Sauerstoffverbrauch**

In der **Abbildung 4** ist der Energienmehrverbrauch über dem Sauerstoffverbrauch aufgetragen. Die erste Zahl in der Legende ist der Sauerstoffertrag des Druckbelüftungssystems und die zweite Zahl ist der Sauerstoffertrag des Oberflächenbelüftungssystems in belebtem Schlamm. Durch den dauernden Betrieb der Rührwerke ist die erforderliche Leistung für die Mischung bei kleinen Atmungen im Verhältnis zur Belüfterleistung deutlich erhöht. Der geringere Sauerstoffertrag der Oberflächenbelüftungssysteme wird dadurch kompensiert. Bei hohen Werten der Sauerstofferträge wird das Druckbelüftungssystem erst bei höheren Sauerstoffverbrauchswerten wirtschaftlicher als das Oberflächenbelüftungssystem. Der Grund dafür liegt in der kurzen Laufzeit des Gebläses bei niedrigem Sauerstoffverbrauch und der längeren Laufzeit der Rührwerke. Bei kleineren Sauerstofferträgen beider Systeme erreicht der Energienmehrverbrauch höhere Werte als bei höheren Sauerstofferträgen. Je größer die Differenz der Sauerstofferträge zwischen den Systemen ist desto größer wird der Energienmehrverbrauch.

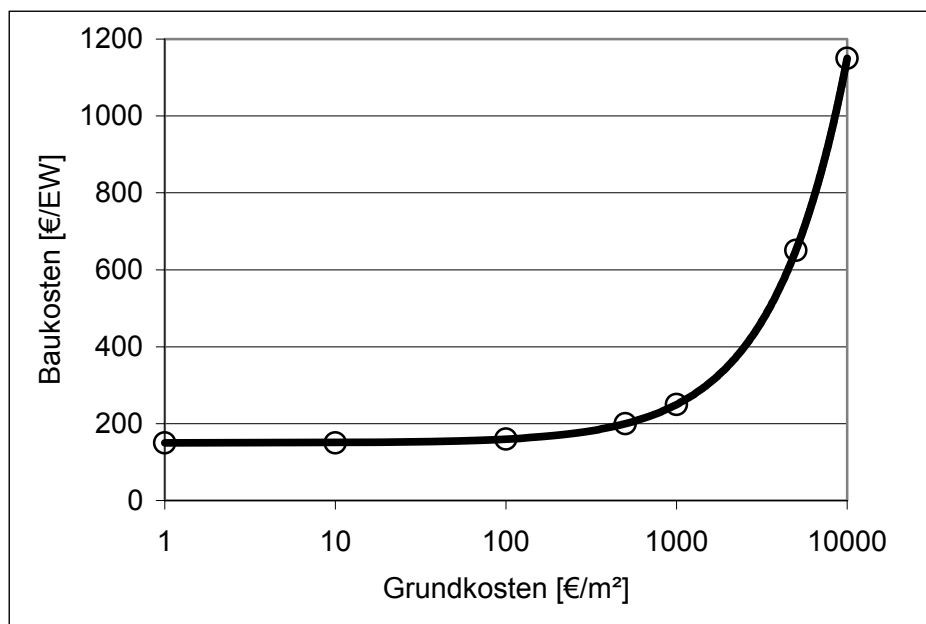


Die Kurven in **Abbildung 4** zeigen auch, dass mit Druckbelüftungssystemen nicht in jedem Fall ein geringerer Energiebedarf für den Betrieb der Biologie erreicht wird. So ist bei einem Sauerstoffverbrauch bis ca. 30 g/m<sup>3</sup>/h, unter mittleren Verhältnissen, praktisch kein Energiemehrverbrauch feststellbar. Bei sehr niedrig belasteten Anlagen ergeben sich, unter den getroffenen Annahmen, sogar Vorteile für die Oberflächenbelüftungssysteme.

### 4.3 Einfluss der Grundkosten auf die Gesamtkosten

Ein Argument gegen den Einsatz von Druckbelüftungssystemen ist die Tatsache, dass durch die geringere Beckentiefe bei gleichem Beckenvolumen mehr Grundfläche benötigt wird. Dieser Umstand wird in manchen Fällen ein „KO“-Kriterium sein, er darf aber nicht verallgemeinert werden.

Untersuchungen an der TU Wien, Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft (KROISS 2001), für den Bau einer Kläranlage im Stadtgebiet von Hongkong, haben gezeigt, dass die Grundkosten ab einem Preis von € 1.000,-- pro Quadratmeter zu einem wesentlichen Kostenfaktor für die Baukosten der Kläranlage werden.



**Abbildung 5: Grundkosten - Gesamtkosten (KROISS 2001)**

Diese Aussage kann auch auf die Mehrkosten zufolge des größeren Flächenbedarfes für das Belebungsbecken angewendet werden. Liegen die Grundkosten unter ca. 800,-- €/m<sup>2</sup> so hat der erhöhte Flächenbedarf für das Belebungsbecken nur einen geringen Einfluss auf die Gesamtbaukosten.

## **5. Regelverhalten**

Die Anpassung der Sauerstoffzufuhr an den Sauerstoffverbrauch ist bei Oberflächenbelüftungssystemen in der Regel einfacher als bei Druckbelüftungssystemen.

Bei Druckbelüftungssystemen spielt die Anlagengröße eine Rolle. Je größer die Anlage wird umso aufwendiger gestaltet sich die Bereitstellung des erforderlichen Luftvolumenstromes und die Aufteilung der Luft auf mehrere Becken bzw. Beckenbereiche.

Ein wichtiger Vorteil der Oberflächenbelüftungssysteme liegt darin, dass der Sauerstoffeintrag von fast 0 kg/h bis zur maximalen Belüftungsleistung verändert werden kann, und trotzdem praktisch keine Ablagerungen im Becken auftreten.

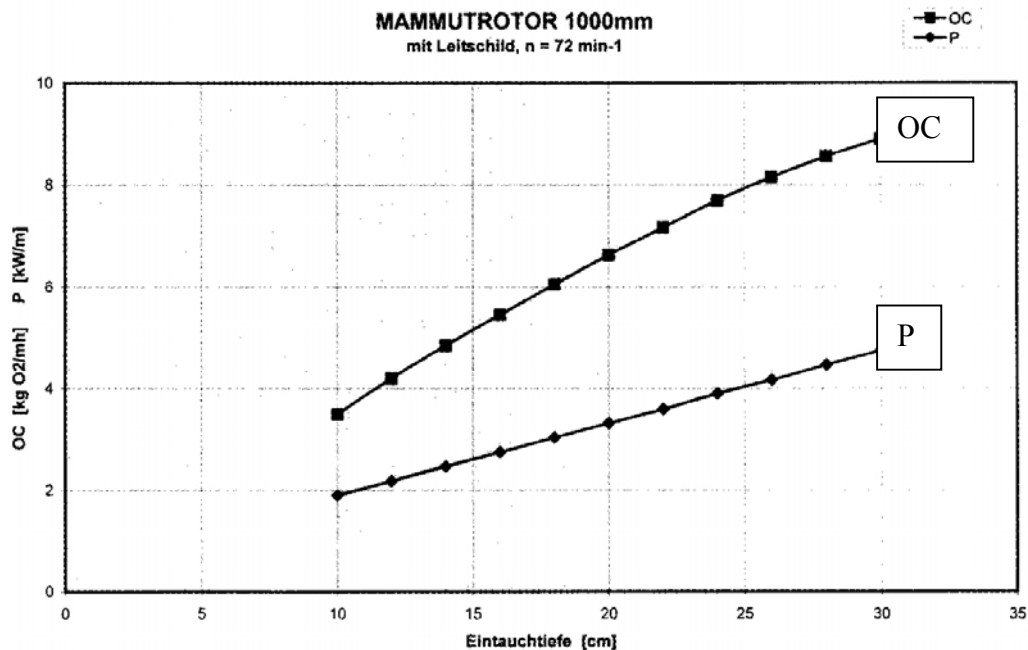
### **5.1 Stabwalzenbelüfter**

Die Sauerstoffzufuhr von Stabwalzenbelüftern wird durch die Anzahl der im Betrieb befindlichen Aggregate und die Eintauchtiefe bestimmt. Eine Veränderung der Drehzahl zur Beeinflussung der Sauerstoffzufuhr wird heute kaum noch angewandt.

Wichtig für das Erreichen optimaler Sauerstoffertragswerte ist die Anordnung von Leitwänden nach dem Rotor, so dass das sauerstoffreiche Wasser in die Tiefe abgelenkt wird. Ab Energiedichten von ca. 40 - 50 W/m<sup>3</sup> wird es erforderlich, nicht nur Leitwände nach den Rotoren, sondern auch Bremswände vor den Rotoren anzuordnen. Wird dies unterlassen, wird die Geschwindigkeit im Gerinne so hoch, dass es nicht gelingt die maximale Leistungsaufnahme der Belüfter zu erreichen, weil die Relativgeschwindigkeit zwischen Rotor und Wasser zu gering wird. Auch die Anordnung von Umlenkswänden an den Beckenenden bewirkt eine Verbesserung des

Sauerstoffertrages. Detaillierte Angaben findet man bei KNOP u. KALBSKOPF (1969).

In der **Abbildung 6** ist der Zusammenhang zwischen Eintauchtiefe, der Sauerstoffzufuhr und der Leistungsaufnahme dargestellt.



**Abbildung 6: Zusammenhang zwischen OC, P und ET von Mammutrotoren (Firmenschrift Passavant)**

## 5.2 Kreiselbelüfter

Bei den Kreiselbelüftern existiert eine große Anzahl verschiedener Konstruktionen. Es gibt daher ebenso viele theoretische bzw. empirische Zusammenhänge der Sauerstoffzufuhr mit der Eintauchtiefe, der Geometrie und der Drehzahl. Detaillierte Angaben findet man bei KNOP u. KALBSKOPF (1969). Von großer Bedeutung ist die starke Abhängigkeit der Sauerstoffzufuhr von der Drehzahl. Sie geht in der Regel mit der dritten Potenz in die Berechnung ein. Eine Halbierung der Drehzahl führt dazu, dass die Sauerstoffzufuhr auf ein Achtel des Wertes bei maximaler Drehzahl zurückgeht. (v. d. EMDE 1969)

## 6. Sauerstoffausnutzung – pH Wert

Es ist bekannt, dass bei der Nitrifikation Säure gebildet wird, die zu einem Absinken des pH-Wertes im Belebungsbecken führt. Sinkt der pH-Wert unter etwa 6,7 ab, so muss mit einer Hemmung der Nitrifikation gerechnet werden. Dem Absinken des pH-Wertes muss entgegengewirkt werden.

Durch weitgehende Denitrifikation kann ein Großteil der Alkalität, die bei der Nitrifikation verloren wird, wiedergewonnen werden.

Auch führt der jeweilige Kohlendioxid - Partialdruck in der Abluft des Belebungsbeckens vor allem bei schlecht gepufferten Wässern zu einem Absinken des pH-Wertes. Dieser Effekt ist umso ausgeprägter, je höher die Sauerstoffausnutzung und je größer die Einblastiefe von Druckluftbelüftungssystemen ist (SCHWAGER u. GUJER 1987). Bei Oberflächenbelüftungssystemen ist in der Regel die Sauerstoffausnutzung gering, außerdem ist die Beckentiefe gering, so dass hier der Einfluss auf den pH-Wert am geringsten ist.

Bei vorliegen ungünstiger Verhältnisse kann die Dosierung von Neutralisationsmittel, zur Stabilisierung des pH-Wertes, erforderlich werden (NOWAK, SVARDAL, 1990). Die dadurch entstehenden Kosten sind den Betriebskosten des Belüftungssystems zuzurechnen.

Von der TU Wien, Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft, wurde eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung (NOWAK 1999) anlässlich der Erweiterung der Kläranlage Linz-Asten (Bemessungswerte Belebung „neu“: CSB-Fracht = 78 t/d; ges.geb.N-Fracht = 9,5 t/d) durchgeführt. Aufgrund der Einleitersituation und der Abwasserzusammensetzung konnte nicht ausgeschlossen werden, dass zeitweise keine weitgehende Denitrifikation und damit auch kein Rückgewinn an Alkalität erfolgt. Die abwassertechnischen Berechnungen wurden mittels dynamischer Simulation durchgeführt.

Untersucht wurde unter anderem, welche Kosten durch die Neutralisationsmittelzugabe bei feinblasigen Druckbelüftungssystemen im Vergleich zu weniger effizienten

mittelblasigen Druckbelüftungssystemen entstehen. Dieser Vergleich hat auch für Oberflächenbelüftungssysteme Gültigkeit.

Unter der Annahme, dass 30 Tage pro Jahr Neutralisationsmittel dosiert werden muss, liegen die Kosten für das Neutralisationsmittel (Kalk) bei ca. 15% der Energiekosten des Belüftungssystems. Bei einem Dosierzeitraum von 180 Tagen pro Jahr steigen die Energiekosten des feinblasigen Systems + Kalkdosierung auf den gleichen Wert wie die Energiekosten des mittelblasigen Systems (entsprechende Aussagen können auch für Oberflächenbelüftungssysteme gelten).

## **7. Emissionen von Oberflächenbelüftern**

Bei großen Anlagen sind in der Regel eine große Zahl von Aggregaten, im Freien aufgestellt. Damit ergibt sich, dass das **Lärmproblem** (Motor, Getriebe, Wassergesch) schwieriger zu beherrschen ist als bei Druckluftbelüftungssystemen.

Durch die im Vergleich geringere Beckentiefe (als Becken mit Druckbelüftung) und damit bei gleichem Volumen größere Oberfläche, ist die **Ablufffassung** aufwendiger als bei Druckbelüftungssystemen.

Auch die Ausbildung von **Aerosolen** ist eindeutig größer als bei Druckluftbelüftungssystemen. Durch konstruktive Maßnahmen ist dieses Problem technisch beherrschbar. Üblicherweise werden bei Oberflächenbelüftern die Brücken und Tische breit ausgeführt und mit knapp über den Wasserspiegel reichenden Schürzen versehen.

## **8. Einsatzbereiche; Vor- und Nachteile von Oberflächenbelüftungssystemen**

Der Schwerpunkt des Einsatzes von Oberflächenbelüftungssystemen während der letzten 10 Jahre lag in Österreich in der Industrie- und Gewerbeabwasserreinigung. Auf 10 Anwendungen im industriellen bzw. gewerblichen Bereich kommt eine An-

wendung im kommunalen Sektor. Ausschlaggebend für diese Entwicklung sind die Vor- und Nachteile der Systeme.

### **8.1 Vor- und Nachteile von Oberflächenbelüftungssystemen**

Folgende Stärken bzw. Vorteile von Oberflächenbelüftungssystemen beeinflussen die Wahl des Belüftungssystems.

- einfache, robuste Systeme mit hoher Ausfallsicherheit
- verstopfungsfrei auch unter schweren Bedingungen (Feststoffe, Kalkausfällungen, etc.)
- bei entsprechender Ausbildung gute schaumzerstörende Wirkung
- keine Einbauten an der Beckensohle, so dass die Leerung und Reinigung der Becken bei Außerbetriebnahmen einfach ist
- Reparaturen an den Geräten können ohne Beckenleerung durchgeführt werden. Es sind keine langen Außerbetriebnahmen zu Reparaturzwecken erforderlich.
- große Betriebssicherheit und Redundanz (gewährleistet durch die größere Anzahl von Aggregaten)
- einfache Steuerung über einen großen Bereich der Sauerstoffzufuhr

Obige Stärken sind auch für den kommunalen Bereich günstig. Für diesen haben aber auch die Nachteile wesentlichen Einfluss auf die Wahl des Belüftungssystems. Als Nachteile sind anzuführen:

- die Einschränkungen der Wahl der Beckengeometrie
- der erhöhte Flächenbedarf der Belebungsbecken durch die geringere Wassertiefe
- die erhöhten Emissionen von Oberflächenbelüftungssystemen
- im Winterbetrieb Probleme mit Eisbildung
- die im Reinwasser schlechteren Sauerstoffertragswerte

Die Aussage, dass es durch Oberflächenbelüftungssysteme zu einer erhöhten Abkühlung des Belebungsbeckens kommt kann nicht bestätigt werden. Vielmehr wurde

nachgewiesen, dass die Abkühlung nur eine Funktion der Beckenoberfläche, nicht aber des Belüftungssystems ist (KROISS 1991).

## **9. Zusammenfassung**

Die Frage der Auswahl des Belüftungssystems wird bei Kläranlagenplanungen immer sehr intensiv diskutiert. Die Einsatzbedingungen und die Gebrauchseigenschaften sind Basis der Entscheidung für die Festlegung des Belüftungssystems.

Anhand der Beckengeometrie, speziell der Wassertiefe, dem Regelverhalten und der Abwassereigenschaften (Alkalität - pH Wert) werden die Unterschiede zwischen verschiedenen Systemen besprochen. Ergänzt werden die Aussagen durch Fallbeispiele aus der Praxis.

Im Rahmen einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung werden Sauerstoffertragwerte aus der Literatur und eigene Messdaten der letzten 10 Jahre zusammengefasst. Die Frage der Energiekosten für die Belebung wird anhand eines Vergleichs Druckbelüftungssystem – Oberflächenbelüftungssystem besprochen. Hierbei wird speziell auf die Betriebsweise der intermittierenden Nitrifikation und Denitrifikation in Umlaufbecken eingegangen. Aus der Sicht der Baukosten wird die der Einfluss der Grundstückskosten an den Gesamterrichtungskosten beleuchtet.

Den Abschluss bildet eine zusammenfassende Darstellung der Stärken und Schwächen von Druckbelüftungssystemen.

## 10. Literatur

- v. d. EMDE W.: Belüftungssysteme, Wiener Mitteilungen Band 4, Technische  
Herausgeber: Technische Hochschule Wien, Institut für Wasserversorgung,  
Abwasserreinigung und Gewässerschutz, 1969
- v. d. EMDE W.: Entscheidungskriterien bei der Wahl von Belüftungssystemen,  
Fortbildungskurs „Biologische Abwasserreinigung“, TU Wien, 1980
- FREY W.: Belüftungssysteme; Wiener Mitteilungen Band 81; 1990
- KNOP E., KALBSKOPF K.-H.: Energetische und hydraulische Untersuchungen an  
mechanischen Belüftungssystemen, gwf Heft 8, 1969
- KROISS H.: Perspektiven der Anwendung von Oberflächenbelüftern, WAR Band 54,  
Darmstadt 1991
- KROISS H.: Neue Entwicklungen in der Abwasserreinigung, Informationsreihe  
Betriebspersonal Abwasserreinigungsanlagen ÖWAV (KAN), Folge 9, 2001,  
Kommissionsvertrieb: Österreichisches Normungsinstitut
- KROISS H., PRENDL L.: Grosstechnische Erfahrungen mit der Reinigung von  
Zuckerfabriksabwasser; vorgetragen auf der „4<sup>th</sup> biennial conference of  
ACE CR - wastewater 2001“; Mlada Boleslav, 15 - 17 May 2001
- FREY W.: Belüftungssysteme; Wiener Mitteilungen Band 81; 1990
- NOWAK O., SVARDAL K.: Nitrifikation und Denitrifikation, Wiener Mitteilungen  
Band 81-2. Auflage; 1990
- NOWAK O.: Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zum Belüftungssystem der Kläranlage Linz-  
Asten, unveröffentlichte Studie des Institutes für Wassergüte und  
Abfallwirtschaft der TU Wien 1999
- PÖPEL H. J. u. WAGNER M.: Sauerstoffeintrag und Sauerstofftrag moderner  
Belüftungssysteme, Korrespondenz Abwasser 5/1989
- SCHWAGER A., GUJER W.: pH-Berechnung beim Belebtschlammverfahren und  
Auswirkungen des pH-Wertes auf die Nitrifikation, VSA-Verbandsbericht Nr.:  
348 (1987)

### Anschrift des Verfassers:

Abwassertechnische Ausbildung  
und Beratung  
Dipl.-Ing. Dr. Wilhelm Frey  
Leobendorf / Hofgartenstraße 4/2  
A-2100 Korneuburg

Telefon: ++43 (0) 2262 68173

Fax: ++43 (0) 2262 66385

e-mail: aab.frey@aon.at