

Mario HÜBNER

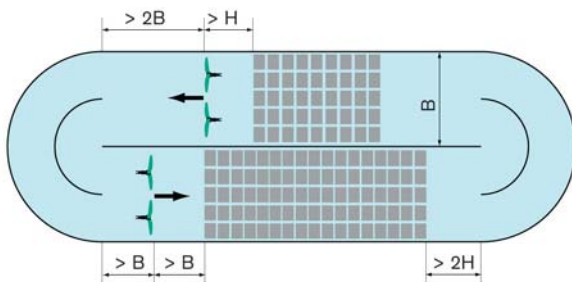
Prozessoptimierung im Umlaufbecken

Tauchrührwerke für die kommunale Abwasserreinigung – Effizienzsteigerung durch modernste Anlagentechnik.

zen durch die ganzheitliche Betrachtung ökologischer und technischer Aspekte.

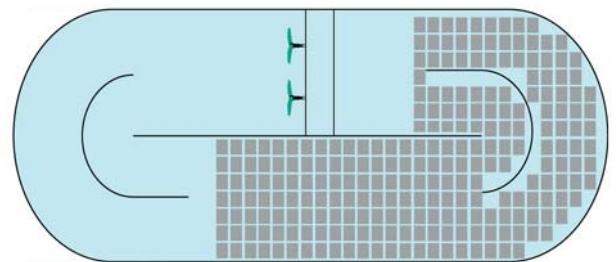
Besonders in den urbanen Räumen ist aufgrund der hohen Bevölkerungszahl, dem hohen Nutzungsdruck auf alle Ressourcen und der Komplexität der Infrastruktursysteme eine zukunftsgerichtete Bewertung und Entwicklung anspruchsvoll. Daneben müssen aber die so genannten Entleerungsgebiete beachtet und bestehende Unsicherheiten berücksichtigt werden.

Heute spricht man von einem Wasserbedarf von ca. 120 Litern pro Person und Tag in



Dimensionierung eines Belebungsbeckens

Bild 1



Belebungsbecken mit Belüftung in der Umlenkung

Bild 2

Vier große gesellschaftliche und globale Herausforderungen gilt es zu meistern:

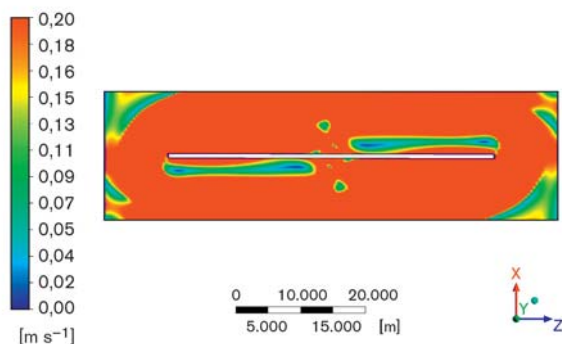
- den Klimawandel
- den demografischen Wandel
- eine bessere Regenwasserbewirtschaftung
- die Sanierung der öffentlichen Haushalte.

Der Wandel als Herausforderung und Chance

Die nachhaltige Nutzung der Ressource Wasser unter Berücksichtigung der klimatischen, demografischen und ökonomischen Veränderungen stellt eine der großen gesellschaftlichen Herausforderungen der Zukunft dar. Der volkswirtschaftliche Wohlstand einer Gesellschaft steht in direktem Zusammenhang mit der Bewirtschaftung der Wasserressourcen. Dabei ist die Wasserwirtschaft in einem hoch urbanisierten Land wie Deutschland ein wichtiges Element der

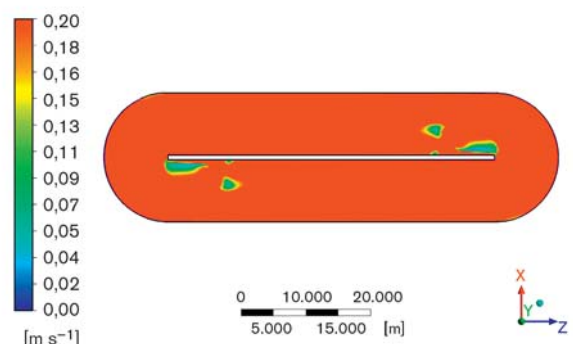
Daseinsfürsorge, von dem viele andere Bereiche, wie z. B. die Abwasserentsorgung abhängig sind. Die Infrastrukturen der Wasserwirtschaft sorgen im Spannungsfeld zwischen Umwelteinflüssen, der besseren Regenwasserbewirtschaftung, dem sparsameren Umgang mit Wasser zu einem Widerspruch. Das über Jahrzehnte gewachsene komplexe System der Wasserversorgung und Abwasserentsorgung gerät zunehmend unter Veränderungsdruck. Neben den steigenden Anforderungen an Ressourceneffizienz und ökologische Nachhaltigkeit sind es insbesondere Probleme, die sich aufgrund demografischer Veränderungen und des Klimawandels ergeben. Unter den sich ändernden Randbedingungen werden verschiedene infrastrukturelle Schwachstellen sichtbar. Die Anpassung an die genannten Veränderungen verlangt nach neuen Lösungsansätzen

Deutschland. Dieser Wert wird heute bereits in vielen Teilen nicht mehr erreicht und in den nächsten Jahren könnte dieser auf 80 Liter pro Person und Tag zurückgehen. Durch die Einführung der Regenwassergebühr zwischen 0,37 und 2 €/m² angeschlossener versiegelter Grundfläche an den Abwasserkanal, werden immer mehr Zisternen zum Einsatz gebracht. Dadurch fehlt uns dieses Regenwasser in den heute zu groß dimensionierten Abwasserkanälen zum Transport der immer problematischer werdenden Feststoffe. Gleichzeitig geht der Bedarf der Trinkwasserförderung in den Vertikalfilterbrunnen zurück, eine regelmäßige Brunnenregenerierung wird dann aus Kostengründen weiter hinaus geschoben, da die Ergiebigkeit ausreichend ist. Dadurch werden aber viele Brunnen in ihrem Gesamtsystem und die Pumpen in einem



Geschwindigkeitsverteilung 0,20 m über Boden: eckige Beckenform

Bild 3



0,20 M ÜBER BODEN: runde Beckenform

Bild 4

schlechten Wirkungsgrad arbeiten. Da die Pumpen meist im Teillastbetrieb arbeiten, werden sich Rezirkulationsströmungen in den Laufrädern einstellen, welche dann durch unterschiedliche Strömungsgeschwindigkeiten Druckimpulse auslösen. Dadurch kommt es zu Schwingungen der Unterwassermotorpumpen und zu einer deutlich kürzeren Lebensdauer der Aggregate.

Kläranlagen sind unter den kommunalen Betrieben hinsichtlich ihres Energiebedarfs mit einem Anteil von durchschnittlich 20 % oft der größte Einzelverbraucher. Die

ca. 10.000 kommunalen Kläranlagen in Deutschland verbrauchen jährlich rund 4,4 TWh Strom. Einsparpotenziale zu erkennen und zu nutzen, bedeutet öffentliche Haushalte und die Umwelt langfristig zu entlasten. Kommunale Betriebe erfüllen hier auch eine Vorbildfunktion und können als Multiplikatoren dienen, wenn es darum geht, dass Bewusstsein der Öffentlichkeit auf Energieeinsparung und die damit verbundene CO₂-Reduzierung zu lenken.

Beim Betrieb von Klärwerken macht der Energieverbrauch der Anlagentechnik, ge-

messen an den gesamten Betriebskosten, in der Regel den größten Posten aus. Selbst bei energetisch optimierten Kläranlagen verursachen die drei Hauptkomponenten Belüfter, Tauchmotorrührwerke und Pumpen über 80 % des Stromverbrauchs. Vor diesem Hintergrund besteht hier weiterer Bedarf und auch gleichsam das größte Potenzial zur Senkung des Energieverbrauchs.

Der DWA beziffert in einem aktuellen Memorandum die Einsparpotenziale bei Klärprozessen durch Energiesparmaßnahmen, Erhöhung der Energieeffizienz und Nutzung

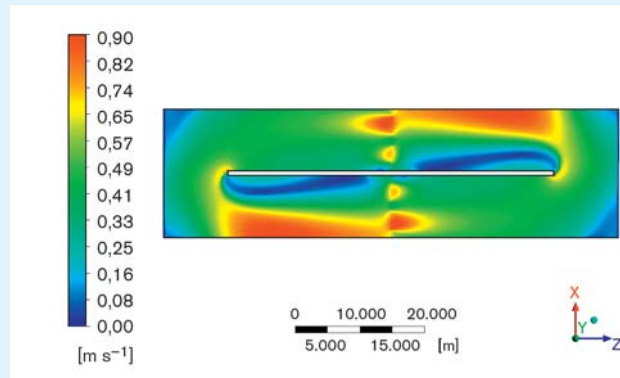


Bild 5

GESCHWINDIGKEITSVERTEILUNG
3,00M ÜBER BODEN: eckige Beckenform

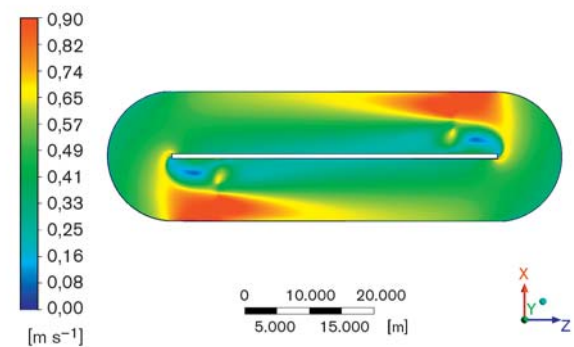
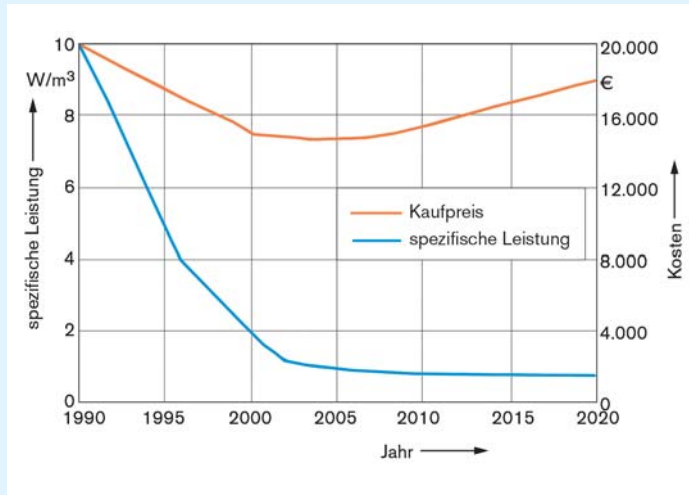


Bild 6

3,0 M ÜBER BODEN:
runde Beckenform



Leistungsdichte

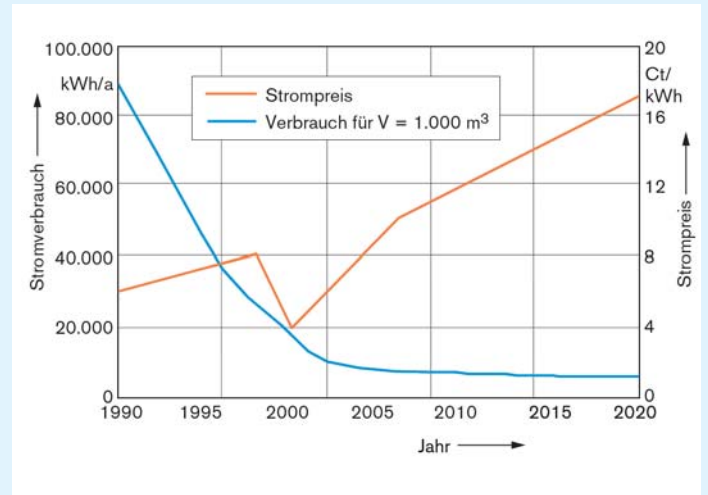


Bild 7 Energiekosten

Bild 8

$$F_S \approx m^2 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \left(\frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} \right)$$

$$F_S \approx \frac{\text{m}^4 \cdot \text{kg}}{\text{m}^3 \cdot \text{s}^2}$$

$$F_S \approx \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}$$

$$N = \text{Newton}$$

$$\text{Leistungsziffer} = \frac{\text{Schub}}{P_{1,1}}$$

$P_{1,1}$ = kW-Aufnahme des Rührwerks im Betriebspunkt

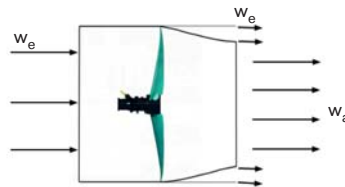
Schub = N

$$\text{Leistungsziffer} = \frac{1}{\text{m/s}}$$

$$\text{Leistungsziffer} = \frac{N}{\text{kW}}$$

$$\text{Leistungsziffer} = \frac{N}{\text{Nm/s}}$$

$$\text{Leistungsziffer} = \frac{1}{\text{m/S}}$$



$$F_S = \frac{\pi}{4} D_s^2 \cdot \frac{\rho}{2} (W_a^2 - W_e^2)$$

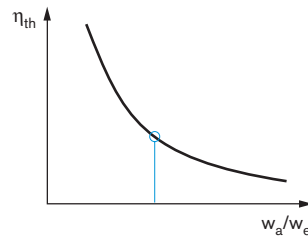
F_S = Schub N

D_s^2 = Propellerdurchmesser² [m²]

W_a^2 = Strahlgeschwindigkeit $\left[\frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} \right]$

W_e^2 = Beckengeschwindigkeit $\left[\frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} \right]$

ρ = Dichte $\left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$



$\frac{W_a}{W_e} \rightarrow$ je größer W_a desto schlechter η

$\eta_{\Sigma} = \eta_{th} \cdot \eta_{Güte}$ $\eta_{Güte}$ bei guten Propellern zwischen 0,85...0,9

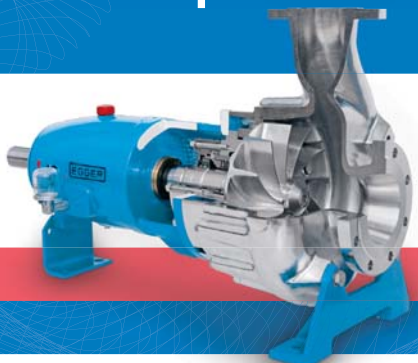
Rührwerksauslegung, Leistungsziffer

Bild 10

Egger – wenn andere Pumpen verstopfen



Turo®-Freistrom-Pumpen sind optimiert auf die Förderung von Abwässern mit Fasern, Dickstoffen und Schlämmen.



www.eggerpumps.com

IFAT 7.–11. Mai 2012:
Halle A6, Stand 227/324

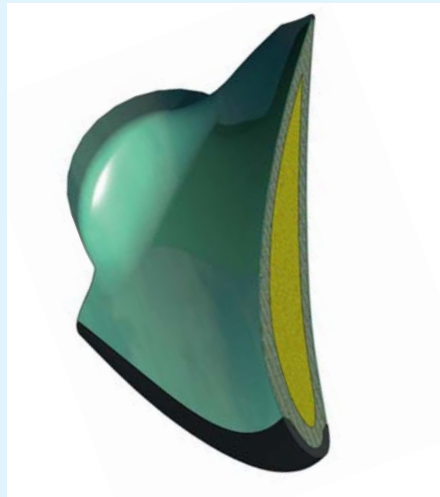
Emile Egger & Cie SA
2088 Cressier NE (Schweiz)
Telefon +41 (0)32 758 71 11
Telefax +41 (0)32 757 22 90
info@eggerpumps.com

Emile Egger & Co. GmbH
68199 Mannheim (Deutschland)
Telefon +49 (0)621 84 213-0
Telefax +49 (0)621 84 213-13
info@eggerpumps.de



Rührwerk Megaprop

Bild 9



Profilschnitt Flügel

Bild 11

erneuerbarer Energien auf 25 %. Effizienzsteigerungen und Energieeinsparungen lassen sich in Kläranlagen vor allem durch optimierte Beckengeometrien und perfekt darauf abgestimmte Belüftungs- und Rührwerkstechnik erzielen. Letztere bildet mit rund 20 % des gesamten Stromverbrauchs der Anlagentechnik eine der größten Verbrauchergruppen.

Verfahrensbeschreibung

Das wichtigste und weltweit bedeutendste Verfahren der biologischen Abwasserreinigung ist das Belebungsverfahren. Es besteht aus vier wesentlichen Elementen:

- Belebungsbecken
- Belüftung
- Nachklärbecken und
- Rücklaufschlamm.

Der eigentliche Reinigungsvorgang spielt sich im Belebungsbecken ab. Die Mikroorganismen bilden im Wasser schwebende Flocken, den Belebtschlamm. Für den biologischen Abbau benötigen sie Sauerstoff, der mit Belüftungseinrichtungen eingetragen wird.

Das Gemisch aus Belebtschlamm und gereinigtem Abwasser fließt in das Nachklärbecken, in dem sich der Schlamm absetzt und das gereinigte Abwasser an der Oberfläche aus dem Becken abfließt. Der abgesetzte, eingedickte Schlamm wird mit einem Räumler in einen Trichter geschoben und der Rücklaufschlamm wird mittels Rezirkulationspumpen in das Belebungsbecken zurückgepumpt.

So gelingt es, im Belebungsbecken eine große Bakterienmasse vorzuhalten, damit die Abwasserinhaltsstoffe in kurzer Zeit aus dem Abwasser entfernt werden können. Die Rücklaufschlammmenge muss ausreichend sein, damit sich der Schlamm im Nachklärbecken nicht ansammelt und das kein Schlamm in den Ablauf der Kläranlage gelangt. Normalerweise ist die Rücklaufschlammförderung etwa gleich groß wie der Zufluss. Der Rücklaufschlamm ist unbe-

dingt erforderlich, damit die Belebungsanlage funktioniert.

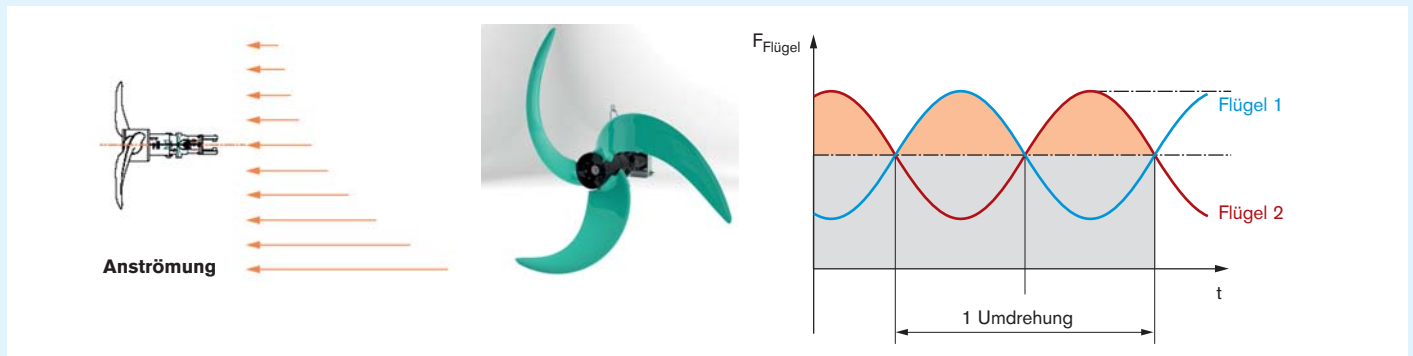
Simultane Nitrifikation/Denitrifikation

Nitrifikation und Denitrifikation erfolgen gleichzeitig in einem Becken. Der Übergang zwischen aeroben und anoxischen Zonen ist gleitend. Flexible Anpassung an Belastungsschwankungen ist möglich. Bei der simultanen Nitri-/Denitrifikation werden in einem Becken, das als Umlaufgraben ausgeführt ist, in Fließrichtung hintereinander abwechselnd aerobe Zonen und anoxische Zonen erzeugt. Durch die Belüfter wird Sauerstoff eingetragen und vom Schlamm aufgezehrt. Wenn der Sauerstoff verbraucht ist, liegen anoxische Bedingungen vor und die Denitrifikation findet statt. Dieses Verfahren ist besonders gut für lang gezogene Umlaufbecken geeignet. Gerne verwendet man Druckbelüftungssysteme. Für gedrungene (kurze) Umlaufbecken ist die simultane Nitri-/Denitrifikation nicht geeignet, weil die Fließstrecke zu kurz ist um effektive anoxische Zonen einzustellen. Für die Umwälzung setzen wir Tauchrührwerke ein.

Intermittierend Nitrifikation/Denitrifikation

Nitrifikation und Denitrifikation erfolgen zeitlich versetzt in einem Becken. Die Belüftung wird dazu in den Pausen vollständig abgestellt. Eine flexible Anpassung an die Belastungsschwankungen ist möglich. Bei der intermittierenden Nitri-/Denitrifikation werden in einem Becken zeitlich hintereinander aerobe und anoxische Bedingungen geschaffen. Zunächst wird belüftet, in dieser Belüftungsphase wird ein Sauerstoffgehalt von ca. 1 bis 2 mg O₂/l für die Nitrifikation eingestellt.

Danach wird die Sauerstoffzufuhr abgestellt, der O₂-Gehalt sinkt auf 0, somit haben wir anoxische Bedingungen und die Denitrifikation setzt ein. In dieser Zeit müssen die Tauchrührwerke sicherstellen, dass der



Blattbelastung

Bild 12

Belebtschlamm sich nicht absetzt, sondern mit dem Abwasser in Kontakt bleibt. Die Denitrifikationszeit ist abhängig von der Belastung der Anlage.

Das zuletzt genannte Verfahren wird vor allem auf kleineren Kläranlagen angewendet, wenn die Belüftung nicht soweit gedrosselt werden kann, dass im Belebungsbecken gleichzeitig aerobe und anoxische Bereiche auftreten. Dieses Verfahren ist für Becken beliebiger Form anwendbar.

Durchmischung der Belebungsbecken

Das Belüftungssystem und die dazugehörige Abstimmung der Tauchrührwerke sind die wichtigsten Komponenten der Anlage. Die optimale Funktion entscheidet über die Reinigungsleistung und hat maßgeblich Einfluss auf die Betriebskosten der Anlage. Wichtig dabei ist, dass der Ausgleich der Konzentration, Vermeidung von Kurzschlussströmungen, Vermeidung von Ablagerungen und das Einbringen der Horizontalströmung optimal gewährleistet sind.

Bei hochbelasteten Anlagen wird das Mischen oft mit dem Impulsbelüftungsverfahren (Messner) durchgeführt. In solchen Anlagen kommt man heute oft ohne Tauchrührwerke zurecht. Dieses Verfahren eignet sich für Anlagen mit intermittierender Nitri-/Denitrifikation. Gewährleistet wird dies, indem während der Denitrifikationsphase das Becken mit Luft beschickt wird. Durch die regelmäßige Luftbeaufschlagung kann dieses Prinzip gut funktionieren. Eine große abgasende Belegungsdichte ist hier sehr sinnvoll.

In langen Belebungsbecken wird meist die simultane Nitri-/Denitrifikation zum Einsatz gebracht. Hier finden zur Durchmischung die Tauchrührwerke ihren Einsatz. Um energieeffizient zu arbeiten müssen hier langsam laufende Aggregate mit großen Flügeldurchmessern bis zu 2,6 m verwendet werden. Für die Auswahl und Positionierung der Rührwerke setzen die Hersteller heute moderne Auslegungsprogramme ein. Nach dem Einbau ist zu überprüfen, ob die gestellten Aufgaben effizient erfüllt werden können. Besonders zu beachten ist der Strömungswiderstand durch aufsteigende Luftblasen (Blasenwand). Dadurch muss die erforderliche Rührwerksleistung erhöht werden. Manchmal ist auch nachzudenken, gewisse Strömungsgassen zu berücksichtigen, um den Prozess optimal zu gewährleisten. Demzufolge ist die Abstimmung Belüftungssystem und Rührwerk unbedingt notwendig. Bei Nichterreichen von vorher garantierten Werten – Sauerstoffzufuhr – Belüftungssystem bzw. Mischungsleistung – Rührwerk, wird im Nachhinein oft der Fehler gesucht.

Dimensionierung der Umlaufbecken und deren Einbauten

Die Beckengeometrien sind meist vorgegeben. Hier ist es für die Aggregathersteller notwendig die passenden Aggregate richtig zu positionieren. Wir Rührwerkshersteller geben die Mindestwerte für die Abstände zu den Wänden, der Sohle und auch zu den Rührwerken untereinander an (Bild 1).

Vor und hinter jedem Belüftungsfeld kommt es zur Ausbildung von Strömungswalzen. In

diesen Randwalzen kommt es durch die nach oben gerichtete Wasserströmung zu einer Verkürzung der Aufenthaltszeit der Luftblasen im Wasser, wodurch die Sauerstoffausnutzung deutlich reduziert wird.

Eine Erhöhung der Rührwerksleistung um die Randwalzen zu vermeiden und die gewünschte Umlaufströmung sicher zu stellen, bringt in vielen Einsätzen nicht den erhofften Erfolg. In der Praxis werden oft die Belüfterfelder vergrößert und bei Becken mit geringer Länge werden dann die Belüfterfelder auch in die Umlenkung installiert. Diese Felder sollen dann so angeordnet werden, dass sie die Umwälzung unterstützen (Bild 2).

Die Montage von Belüftern in den Umlenkungen werden oft von Ausrüstern und Planern abgelehnt, mit der Begründung, dass dann vermehrt Blasenkoaleszenz auftritt und die Sauerstoffausnutzung abnimmt. Dr. Frey (Abwassertechnische Ausbildung und Beratung, Österreich) konnte bei Untersuchungen aber feststellen, dass bei der Montage von Belüftern in den Umlenkungen dieses Phänomen nicht auftritt.

Fazit: Wenn die Belebungsbeckentechnik in der Praxis ineffizient und unwirtschaftlich arbeitet, liegt dies in der Regel daran, dass die einzelnen Komponenten unzureichend aufeinander abgestimmt sind. So ist die Effizienz von Rührwerken und Belüftern maßgeblich von den durch sie bewirkten Strömungsverhältnissen und der daraus resultierenden Reinigungsleistung abhängig.

Optimierung mit Hilfe von CFD

Wenn die Beckengeometrie, Rührwerk und Belüftung ausgelegt sind, macht es Sinn



Ablösewirbel durch Umlenkung

Bild 13



Rückströmung an Trennwand

Bild 14



TRW im Belüfterfeld

Bild 15



**Rückströmung
durch Belüfterwalze**

Bild 16



**AVMS-Vibrations-
schaden**

Bild 17



**AVMS-Momenten-
wechselschaden**

Bild 18

im Vorfeld CFD-Berechnungen durchzuführen. Aufgrund dieser Maßnahmen hat man die Möglichkeit die Strömungen und Ablagerungen theoretisch zu analysieren.

Die Bilder 3 bis 6 zeigen das Profil einmal 20 cm über dem Beckenboden und einmal 300 cm über dem Beckenboden, jeweils im Vergleich mit gerundeter und eckiger Beckenform.

Präzise Aussagen über die realen Strömungsverhältnisse im Belebungsbecken lassen sich trotz genauer Kenntnis aller Einflussfaktoren und -größen während der Planungsphase bisher nur schwer treffen. Die Lücke zwischen Theorie und Praxis kann jedoch geschlossen werden.

Mit moderner Software können Strömungsverhältnisse schon in der Planungsphase erheblich genauer berechnet und somit optimiert werden. Das Computermodell berücksichtigt neben der Beckengeometrie alle technischen Komponenten sowie alle relevanten Betriebsparameter. Die Simulation hilft dabei, die Transparenz der Systeme zu erhöhen und im Vorfeld verfahrenstechnische Probleme zu erkennen. Der besondere Vorteil besteht darin, bereits in der Planungsphase Energiesparpotenziale durch eine Optimierung von Auslegung und/oder Betrieb aufzuzeigen und so Amortisationszeiten besser prognostizieren zu können.

Bild 7 zeigt eine Aufzeichnung der letzten 20 Jahre über die spezifische Leistungsdichte in W/m^3 und den Kaufpreis eines Rührwerkes mit Absenkvorrichtung. Der Verbrauch für die Umwälzung von Belebungsbecken ist in den vergangenen 20 Jahren von durchschnittlich $10 W/m^3$ auf

Aerzen - one step ahead



Innovation from tomorrow's world



Delta Hybrid ist die weltweit erste Baureihe von Drehkolbenverdichtern.

Sie ist eine Synergie aus Gebläse- und Verdichtertechnik und bietet durch die Verschmelzung der Vorteile beider Systeme völlig neue Möglichkeiten in der Unter- und Überdruck-Erzeugung.

Folgende Vorteile zeichnen die Zukunftstechnologie Delta Hybrid aus:

- **Höchste Energieeffizienz und Reduzierung der Life-Cycle-Costs**
- **Zuverlässigkeit und Langlebigkeit**
- **Niedrige Schallpegel, Verzicht auf Absorptionsmaterial**
- **Platzsparend, einfachste Handhabung und Reduzierung der Wartungskosten**
- **Erweiterte Einsatz- und Druckbereiche**

Erleben Sie den Quantensprung bei zweiwelligen Drehkolbenmaschinen!

Mehr erfahren Sie unter www.delta-hybrid.com

Aerzener Maschinenfabrik GmbH

Reherweg 28 · 31855 Aerzen / Deutschland · Telefon: 0 51 54 / 8 10
Telefax: 0 51 54 / 81 91 91 · info@aerzener.de · www.aerzener.de



Beschichtetes Tauchmotorrührwerk mit IE3 Motor Bild 19

mittlerweile ca. 1 W/m^3 oder weniger gesunken.

Der Preis der Tauchrührwerke hat sich dagegen sehr wenig verändert. Was sich geändert hat sind die Energiekosten, welche auf Bild 8 ersichtlich sind. Die Energiekosten sind seit 2000 jährlich gestiegen. Die Tauchrührwerke und die dazugehörigen Auslegungen wurden effizienter.

Verbesserter Wirkungsgrad

Mit hocheffizienten Tauchmotorrührwerken neuester Generation lassen sich die Lebenszykluskosten der Aggregate und der Gesamtenergieverbrauch in Kläranlagen deutlich reduzieren sowie die Effizienz im Klärprozess verbessern. Moderne Tauchmotorrührwerke beispielsweise der Baureihen Wilo-Maxiprop und Wilo-Megaprop erreichen einen um circa 10 % verbesserten Wirkungsgrad im Vergleich zu ihren direkten Vorgängermodellen (Bild 9).

Ein objektives Benchmarking gleichartiger Tauchmotorrührwerke ermöglicht die so genannte Schubleistungsziffer auf Grundlage der Norm ISO 21630. Diese bildet den

Quotienten der erzeugten Schubkraft und der dabei aufgenommenen elektrischen Leistung. Je größer die errechnete Zahl, umso effizienter arbeitet das Rührwerk.

Insbesondere mit langsam laufenden Tauchmotorrührwerken lassen sich höchste Leistungsziffern erzielen. Bedingt durch große Propellerdurchmesser und kleine Drehzahlen sind enorm hohe Schubwerte bei geringer Leistungsaufnahme möglich (Bild 10).

Durch eine optimale Auslegung werden hohe Schubleistungsziffern erreicht.

Optimierter Propelleraufbau mit Selbstreinigungseffekt

Durch neue Propellergeometrien erreichen die Tauchmotorrührwerke höchste Betriebssicherheit (Bild 11). Die spezielle rückwärtsgekrümmte Flügelgeometrie bewirkt einen Selbstreinigungseffekt des Propellers. Somit können sich keine langfaserigen Schmutzpartikel am Propeller anlagern.

Zudem wurde der Propelleraufbau optimiert. Die meisten Flügel werden in einem Vakuum-Injektions-Verfahren aus Vinylerharz gefertigt. Im Inneren befindet sich ein Kern aus geschlossporigem Polyurethan-Schaum, welcher mit einem hochwertigen Gelcoat ummantelt wird.

Die sichere Propellerbefestigung der strömungsoptimierten Flügel ist durch eine großflächige Flanschausführung gewährleistet. Auch die auf der Nabe sitzende Gleitringdichtung wird serienmäßig durch einen Nabenabschlussring – eine Art Schutzhülse – sowie einen rostfreien Einsatz für den feststehenden Gegenring der Gleitringdichtung vor Verunreinigungen und Verschleiß geschützt. Durch verbesserte Geometrien, die Verarbeitung widerstandsfähiger Werkstoffe und einen sorgfältigen Propelleraufbau sind die Rotoren verschleißarm, selbstreinigend und strömungsoptimiert ausgeführt.

Lebenszykluskosten als Entscheidungsgrundlage

Angesichts solcher Entwicklungssprünge bei der Energieeffizienz von Tauchmotorrührwerken ist vor allem dort dringender

Handlungsbedarf geboten, wo noch eine veraltete Technik oder Mittelschnellläufer zum Einsatz kommen.

Aber auch bei moderneren Anlagen sollten weiterhin Anstrengungen zu einer Minimierung des Energieverbrauchs unternommen werden, indem die Anlagentechnik, zumindest partiell, immer auf einem modernen Stand gehalten wird.

Dabei stehen die Anschaffungs- und Inbetriebnahmekosten für Tauchmotorrührwerke einer kontinuierlichen Modernisierung keineswegs entgegen, da sie in der Regel nur 6 % der Lebenszykluskosten ausmachen. Hier schlagen erfahrungsgemäß die Energie- und Instandhaltungskosten am stärksten zu Buche, weshalb die Energieeffizienz eines neuen Aggregats beim Kauf auch entscheidender sein sollte als die Anschaffungskosten.

Speziell für den Einsatz in Belebungsbecken haben sich weitgehend dreiflügelige Aggregate durchgesetzt, denn hier kommt es auch zu asymmetrischen Anströmungen z. B. nach einer Umlenkung sowie durch die Beckenbelüftung zu Dichteunterschieden des Fördermediums. Dabei können ausgeprägte Wechselbelastungen auf den Propeller einwirken und innerhalb kürzester Zeit teure Folgeschäden am Aggregat und dessen Einbaubehör verursachen. Durch die niedrigere Einzelblattbelastung bei dreiflügeligen Tauchmotorrührwerken werden diese insgesamt weniger beansprucht und arbeiten dadurch schwingungsärmer. Dies trägt zu einer längeren Lebensdauer bei. Die dreiflügelige Ausführung wirkt zudem der Wirbel- und Trombenbildung entgegen, wodurch eine gleichmäßige Durchmischung des Fördermediums gewährleistet ist. Weitere Vorteile sind ein geringerer Momentenwechsel auf Maschine und Absenkvorrichtung und eine noch geringere Drehzahl bei identischem Schub. Dadurch ist eine schonendere Umwälzung und bestmögliche Minimierung des Sauerstoffeintrags über die Mediumsoberfläche möglich. Weiterhin können Dreiflügler aufgrund der niedrigeren Einzelblattbelastung im Vergleich zum Zweiflügler grundsätzlich auch noch bei deutlich geringeren Abständen von/zur Belüftung/Umlenkung eingesetzt werden.

Durch einen zusätzlichen Flügel werden durch externe Einflüsse verursachte Wechselbelastungen reduziert (Bild 12).

Ungünstige Strömungsverhältnisse

Die Bilder 13 bis 16 dokumentieren ungünstige Strömungsverhältnisse.

Die Bilder 17 und 18 zeigen verschlissene und zerstörte Führungsrohre, ausgelöst durch durch starke Momentenwechsel von 2flügligen Rührwerken in schwierigen und teilweise verkehrten Einsatzverhältnissen.



KLÄRANLAGE: Belebungsbecken

Bild 20



Installationsbeispiele



Bilder 21 bis 23

Modularer Aufbau und drehzahloptimierter Betrieb

Moderne langsamlaufende Rührwerke sind modular aufgebaut. Tauchmotor, Getriebe und Propeller sind einzelne Komponenten, die durch ihre individuelle Zusammenstellung eine exakte Anpassung der Tauchmotorrührwerke an die erforderlichen Leistungsdaten und Beckengeometrien ermöglichen. Durch die Verwendung von vier-, sechs- oder achtpoligen Tauchmotoren und unterschiedlichen Getriebeübersetzungen können Propellerdrehzahlen zwischen 17

und 77 U/min realisiert werden. Die hoch-effizienten Planetengetriebe mit einer großen Vorkammer zur Sammlung von Leckagewasser können auch nachträglich und vor Ort durch Austausch der Planetenräder auf neue Drehzahlen eingestellt werden.

IE3-Motoren

In vielen Fällen arbeiten Tauchmotorrührwerke im Dauerbetrieb. Daher werden heute oftmals energieeffiziente IE3-Motoren verwendet. Diese erweisen sich bis zu einer Auslastung von mindestens 70 % als beson-

ders wirtschaftlich. Auch werden bei Tauchmotorrührwerken – vor allem wenn sie überwiegend im Teillastbetrieb laufen – zunehmend Frequenzumformer zum Einsatz gebracht. Sie erlauben eine stufenlose Anpassung der hydraulischen Leistung an den Lastzustand über Drehzahlveränderungen. Durch die so erzielte Energieeinsparung können die Betriebskosten deutlich gesenkt werden, der schonendere Teillastbetrieb erhöht zudem die Lebensdauer des Aggregats.

Spezialbeschichtung

Eine weitere Option für die Verbesserung von Standzeiten und Energieeffizienz besteht in der Verwendung von Spezialbeschichtungen. Durch eine Polymer/Aluminiumoxid Beschichtung können Rührwerke zusätzlich wirkungsvoll vor Korrosion und Abrasion geschützt werden (Bild 19).

Anlagenbeispiele in Kläranlagen

Wir konnten im Jahr 2003 vier Rührwerke für ein Umlaufbecken liefern. Die Betriebserfahrungen mit den Aggregaten waren äußerst positiv. In den darauffolgenden Jahren wurden weitere Becken mit weiteren 20 Rührwerken ausgerüstet. Alle Tauchmotor-

the RIGHT choice

✓ TORAY Integrated Membrane Solutions

Superior Quality Membranes and Expert Support Service

Highest Quality

TORAY membranes are manufactured using the latest technologies and materials, with ISO 9001 and ISO 14001 certification.

Full Product Range

TORAY is the only manufacturer offering all types of membranes for the water and wastewater treatment industry, especially RO, NF, UF and MBR.

Global Supply with Local Expertise

TORAY sells and distributes its products throughout the world, while providing personal expert support and service locally.

Visit us at
IFAT 2012
in Munich
Hall 3, Booth 416

TORAY
MEMBRANE EUROPE

RO

NF

UF

MBR

For more information visit www.toraywater.com or contact our regional office.

Headquarters Switzerland
Toray Membrane Europe AG
Tel. +41 61 415 8710
info@toraywater.com

Sales Office Russia
Toray International Europe GmbH
Tel. +7 495 799 5602
info@toraywater.com

Sales Office Canary Islands
Toray Membrane Europe AG
Tel. +34 928 621 538
info@toraywater.com

Branch Office Middle East
Toray Membrane Europe (ME Branch)
Tel. +971 4 392 8811
info@toraywater.com

Branch Office Saudi Arabia
Toray Membrane Europe AG (KSA Branch)
Tel. +966 1 229 9997
info@toraywater.com



Kläranlage Bottrop

Bild 24

rührwerke laufen seither störungsfrei und zur Zufriedenheit der Kunden. Zudem erzielt die Anlage durch den Einsatz unserer effizienten Tauchmotorrührwerke beim Umwälzen der Belebungsbecken eine Energieeinsparung von etwa 25 % (Bild 20).

In den insgesamt 8 Belebungsbecken der Kläranlage mit 500.000 EGW (Einwohnergleichwerte) sind 32 Tauchmotorrührwerke eingebaut, davon 24 von uns. Die vorhandenen Rührwerke, als Erstausrüstung eingebaut, waren sehr reparaturanfällig. Ein Problem war die große Einbautiefe von annähernd 11 m, die Festigkeitsprobleme bei den Absenkvorrichtungen verursachte (Bilder 21 bis 23).

Die Energieaufnahme der 2-flügeligen Tauchrührwerke betrug etwa 3,21 kWh.

Der Vergleich mit den 3-flügeligen Tauchrührwerken mit 2,50 kWh ergibt eine Energie-Einsparung von 22,1 %, also etwa 6.220 kWh pro Jahr und Tauchrührwerk.

Hochgerechnet auf 24 TRW ergibt sich eine Einsparung von 149.270 kWh innerhalb eines Jahres beim Einsatz der neuen Tauchrührwerke:

■ $24 \times 3,21 \text{ kWh} \times 24 \times 365 = 674.870 \text{ kWh}$

■ $24 \times 2,50 \text{ kWh} \times 24 \times 365 = 525.600 \text{ kWh}$.

Aus diesen Werten lässt sich folgende Einsparung in € pro Jahr errechnen (angenommener Energiepreis 0,15 €/kWh):

■ $(\Delta) 149.270 \text{ kWh/a} \times 0,15 \text{ €/kWh} = 22.390 \text{ €/a}$

Im März 2011 wurden die restlichen 8 alten Tauchrührwerke durch 8 3flügelige Megaprop Rührwerke TRE 321.41-4/12 und TE 20-4/12R ausgetauscht, das Besondere daran war, das diesmal Motoren in IE 3 – Ausführung zum Einsatz kamen. Die Aufnahmeleistung konnte im Vergleich zu den alten Rührwerken um 0,9 kWh reduziert werden und somit waren die 8 Rührwerke nochmals um 0,2 kWh effizienter als die bereits 24 getauschten Rührwerke:

■ $8 \times 3,21 \text{ kWh} \times 24 \times 365 = 224.957 \text{ kWh}$

■ $8 \times 2,3 \text{ kWh} \times 24 \times 365 = 161.184 \text{ kWh}$

Aus diesen Werten lässt sich folgende Einsparung in € pro Jahr errechnen (angenommener Energiepreis 0,15 €/kWh):

■ $(\Delta) 63.773 \text{ kWh/a} \times 0,15 \text{ €/kWh} = 9.566 \text{ €/a}$

Unterschiedliche spezifische Leistungsdichten je Becken:

Spezifische Leistungsdichte = $P_{1.1} / V_{\text{Becken}}$

Alte Rührwerke:

4 alte TRW in einem Becken:

$4 \times 3215 \text{ W} / 8400 \text{ m}^3 = 1,53 \text{ W/m}^3$

Mittlere Generation ohne IE 3-Motoren:

4 neue TRW in einem Becken:

$4 \times 2500 \text{ W} / 8400 \text{ m}^3 = 1,19 \text{ W/m}^3$

Einsparung: 0,34 W/m³

Neue Generation mit IE 3-Motoren:

4 neue TRE-Rührwerke in einem Becken:

$4 \times 2300 \text{ W} / 8400 \text{ m}^3 = 1,10 \text{ W/m}^3$

Einsparung: 0,43 W/m³

Der Mehrpreis der IE 3-Motoren durch die Einsparung von weiteren 0,2 kWh ist schnell amortisiert. (in diesem Fall ca. 2 Jahre und 8 Monate):

■ $0,2 \text{ kWh} \times 24 \times 365 = 1752 \text{ kWh} \times$

$0,15 \text{ €/kWh} = 263 \text{ €/a}$.

Kläranlage Bottrop

1997 wurde in Bottrop eine der größten Kläranlagen Europas in Betrieb genommen. Sie reinigt die Abwässer von rund 650.000 Einwohnern und eine etwa gleich große Menge Industrieabwasser aus dem Gebiet der Städte Bottrop, Bochum, Essen, Gelsenkirchen und Gladbeck. Die Herausforderung dieser Anlage lag an der Gesamtgröße. Sie wurde für 1,34 Mio. Einwohnerwerte und ein Einzugsgebiet von ca. 240 km² ausgelegt. Die Zulaufwassermengen betragen bei Trockenwetter ca. 4,25 m³/s und 8,5 m³/s bei Regenwetter. Wegen der beengten Platzverhältnisse haben die Becken eine verfahrenstechnische Nutztiefe von 10,5 m. Das Gesamtvolumen der 3 Belebungsbecken beträgt 253.000 m³. Jedes Belebungsbecken besteht aus 3 Kaskadendenitrifikationsbecken, die als Umlaufbecken ausgeführt werden. Die Durchlaufzeit durch die Belebungsbecken dauert ca. 16,5 h.

Auf einem Areal von 187.000 m² – das entspricht einer Fläche von 28 Fußballfeldern – durchläuft das Wasser im Wesentlichen drei Stationen:

■ die Vorklärung

■ die biologische Reinigung

■ die Nachklärung.

Während es sich bei Vor- und Nachklärung um mechanische Reinigungsprozesse handelt, sind bei der biologischen Reinigung, dem Herzstück einer modernen Kläranlage, Bakterien als „Klärfacharbeiter“ im Einsatz. Milliarden dieser Mikroorganismen entfernen sowohl gelöste organische Schmutzstoffe als auch Phosphor- und Stickstoffverbindungen aus dem Abwasser. Dies geschieht in so genannten Belebungsbecken, in denen 54 TR 325 Megaprop-Rührwerke als Horizontalbeschleuniger das Schlamm-Wasser-Gemisch rund um die Uhr in Bewegung halten. Sie sorgen dafür, dass der Belebtschlamm in die vorgegebene Richtung geleitet wird und die Schlammpar-

tikel gleichmäßig über die gesamte Beckentiefe verteilt werden – nur so können die Bakterien optimal „arbeiten“. Nach 16,5 Stunden ist die biologische Klärung abgeschlossen, der gesamte Klärvorgang dauert etwa einen Tag. In jedem Becken der Nitrifikationsstufe sind jeweils sechs Tauchmotorrührwerke des Typs TR320.32-4/12 mit einer Absenkvorrichtung eingebaut. Die Rührwerke wurden sternförmig in die Becken eingebaut. Durch die enorme Tiefe der Becken beträgt die Führungsrohrlänge 12,5 m. Die Rührwerke kommen in den Belebungsbecken als Horizontalbeschleuniger zum Einsatz. Die 8 Turboverdichter können den Belebungsbecken bis zu 180000 Nm³/h Luft zuführen. Aufgrund der Abwasserbeschaffenheit musste der korrosionsbeständige Werkstoff 1.4462 eingesetzt werden.

■ 54x TR 325.32-4/12Ex P2; 4,5 kW;

n: 32 U/min

■ Beschichtung: Ceram C0.

Zusammenfassung

Die Wirtschaftlichkeit von Belebungsbecken hängt überwiegend von der zum Einsatz kommenden Belüftungs- und Rührwerkstechnik ab. Dabei ist es zunächst entscheidend, dass die einzelnen technischen Komponenten exakt aufeinander abgestimmt werden, um optimale Strömungsverhältnisse im Becken zu gewährleisten. Dies lässt sich im Computermodell simulieren. Einen weiteren Einfluss auf die Gesamtwirtschaftlichkeit hat zudem moderne, energieeffiziente Rührwerkstechnik.

Tauchmotorrührwerke der neuesten Generation gewährleisten beste Ergebnisse in der Abwasserreinigung und einen zuverlässigen sowie wirtschaftlichen Betrieb von Kläranlagen. Dafür sorgt neben einer qualitativ hochwertigen und geometrisch optimierten Ausführung auch ihr auf den jeweiligen Einsatzfall abgestimmte modularer Aufbau. Hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit sollten nicht geringe Investitionskosten die Basis für die Entscheidungen für Neubau oder Modernisierung sein, sondern die Betrachtung der Gesamtkosten über die Lebensdauer.

Es ist unstrittig, dass allein mit der energetischen Optimierung der Kläranlagen das (energetische) Schicksal Deutschlands nicht wesentlich beeinflusst werden kann. Warum sollte eine einzelne Person oder ein einzelnes Unternehmen mit dem Sparen anfangen, wenn nicht einmal der größte Verbraucher, eine Kommune, sich dazu angehalten oder verpflichtet fühlt?

KONTAKT

WIL0 SE

Mario HÜBNER

Heimgartenstraße 1-3 | 95030 Hof/Saale

Tel.: 09281/974-0 | Fax: 09281/974393

E-Mail: mario.huebner@wilo.com