

Wasseraufbereitung mit Körting-Strahlpumpen



Abwasserbelüftung mit mehr Wirtschaftlichkeit

Einsatzbereiche

Strahlpumpen werden in vielen Bereichen der Wasseraufbereitung eingesetzt. Dabei entscheiden die Art des Treib- und Fördermediums sowie die an allen drei Anschlüssen der Strahlpumpe anliegenden Drücke über deren Form und Ausführung. Strahlpumpen sind selbstansaugend und arbeiten ohne bewegte Maschinenelemente. Ihre Wirkungsweise beruht ausschließlich auf den Gesetzen der Strömungslehre.

Mit Wasser oder einer anderen Flüssigkeit betriebene Strahlpumpen werden eingesetzt zum

■ Mischen von Flüssigkeiten und Gasen:

**Ejektoren,
Flüssigkeitsstrahl-Gasmischer**

■ Verdichten von Gasen:

**Wasserstrahl-Luftverdichter,
Flüssigkeitsstrahl-Gasverdichter**

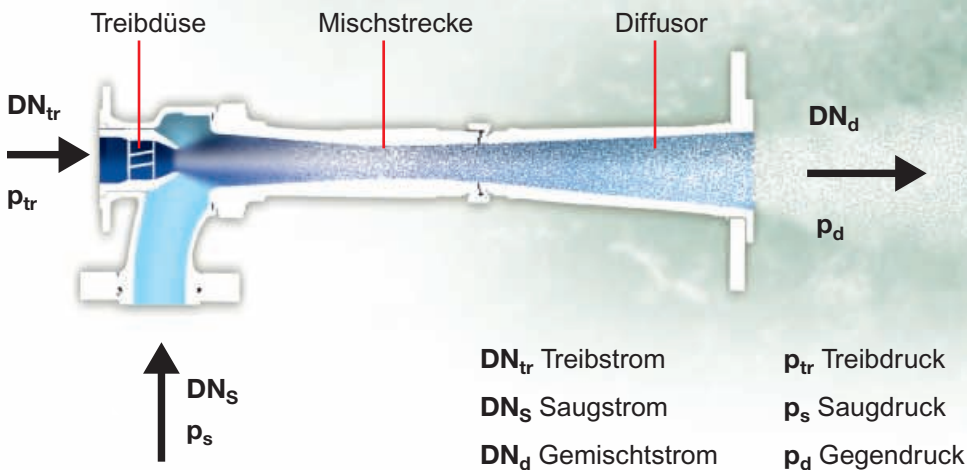
■ Mischen von Flüssigkeiten:

Flüssigkeitsstrahl-Mischdüsen

■ Fördern von Flüssigkeiten:

Flüssigkeitsstrahl-Flüssigkeitspumpen

Aufbau der Körting Strahlpumpe



Funktion

Strahlpumpen werden vom Treibmedium in der dargestellten Weise durchströmt. Der Strömungsquerschnitt ändert sich längs dieses Weges derart, dass in der Treibdüse der Druck abfällt und die Geschwindigkeit ansteigt. Hinter der Treibdüse liegt der Bereich mit dem niedrigsten statischen Druck. Hier kann

das Saugmedium in das strömende Treibmedium eintreten und sich mit ihm vermischen. Dabei wird die Bewegungsenergie des Treibstromes auf den Saugstrom übertragen. Im Diffusor wird die Strömung wieder verzögert. Dabei erhöht sich der Druck bis auf den Gegendruck am Austritt der Strahlpumpe.

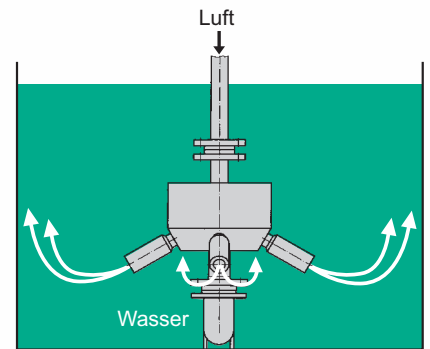


Ideal für Anlagen mit hochbelastetem Abwasser

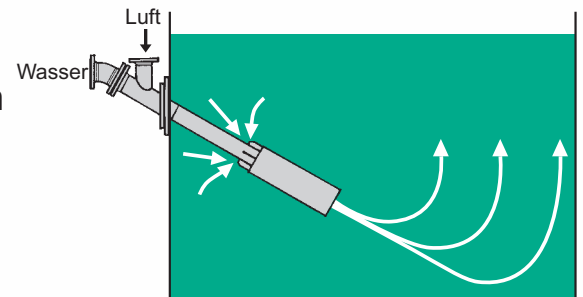
Ejektoren für das Belebungsverfahren

Der Ejektor entspricht in seinem Aufbau der Strahlpumpe; die von ihm einzutragende Luft wird vorher verdichtet. Aufgrund des hohen Sauerstoffbedarfs organisch belasteter Abwässer und der zunehmenden Bauhöhe moderner biologischer Abwasserreinigungsanlagen ist es energetisch günstiger, Luft auf den hydrostatischen Druck am Einbauort des Ejektors mechanisch vorzuverdichten und dem Sauganschluss zuzuführen. Dieser Verzicht auf einen nennenswerten Druckgewinn im Ejektor reduziert den notwendigen Treibdruck. Gleichzeitig werden günstigere Mischungsverhältnisse (Saugstrom: Treibstrom) erzielt. Die Treibdüse des Körting-Ejektors wird mit einem verstopfungsfreien Dralleinsatz ausgerüstet. So zerteilt der Treibstrahl bereits bei niedrigem Treibdruck die Luft in feine Blasen, die in der Mischstrecke intensiv mit dem Treibstrom vermischt werden. Das Luft-Wasser-Gemisch wird mit hoher Turbulenz ins Belebungsbecken eingespeist. Der Ejektor gewährleistet so eine optimale Sauerstoffzufuhr bei vollständiger Durchmischung. Auch bei hoher Biomasse-Konzentration im Abwasser werden Strömungsgeschwindigkeiten erreicht, die Ablagerungen am Boden des Belebungsbeckens verhindern.

Mehrstrahlige Ejektoren im Belebungsbecken



Installation von außen durch die Beckenwand



Vorteile der Körting-Ejektoren

■ Wartungsfrei

Keine bewegten Maschinenelemente

■ Hohe Sauerstoffausnutzung

Feine Blasen schaffen große Grenzflächen zwischen Luft und Wasser und hohe Turbulenz führt zur Grenzschichtenenergie

■ Vermeidung von Ablagerungen

Durch eine intensive Anströmung des Bodens werden Ablagerungen von Biomasse verhindert.

■ Einfache Regelung der Sauerstoffzufuhr

■ Verstopfungssicher

Der engste Strömungsquerschnitt wird durch den Durchmesser der Treibdüsen bestimmt.

■ Keine Dichtungsprobleme

Das Wasser kann bei Anlagenstillstand ohne negative Auswirkung in die Luftleitung eindringen. Beim Wiederanfahren unterstützt die Förderwirkung des Ejektors ihre Entwässerung.

■ Bedarfsgerechte Dimensionierung

Individuelle Anpassung der Baugröße

Mehrstrahlige Ejektoren im Belebungsbecken

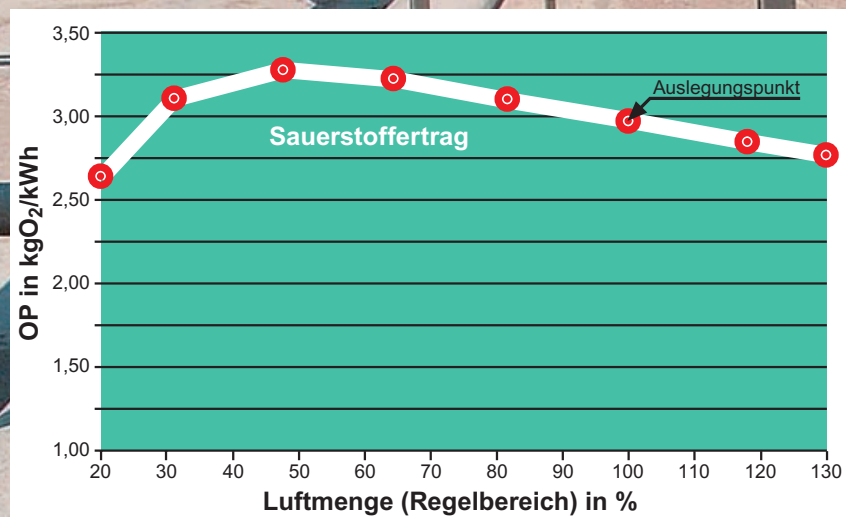
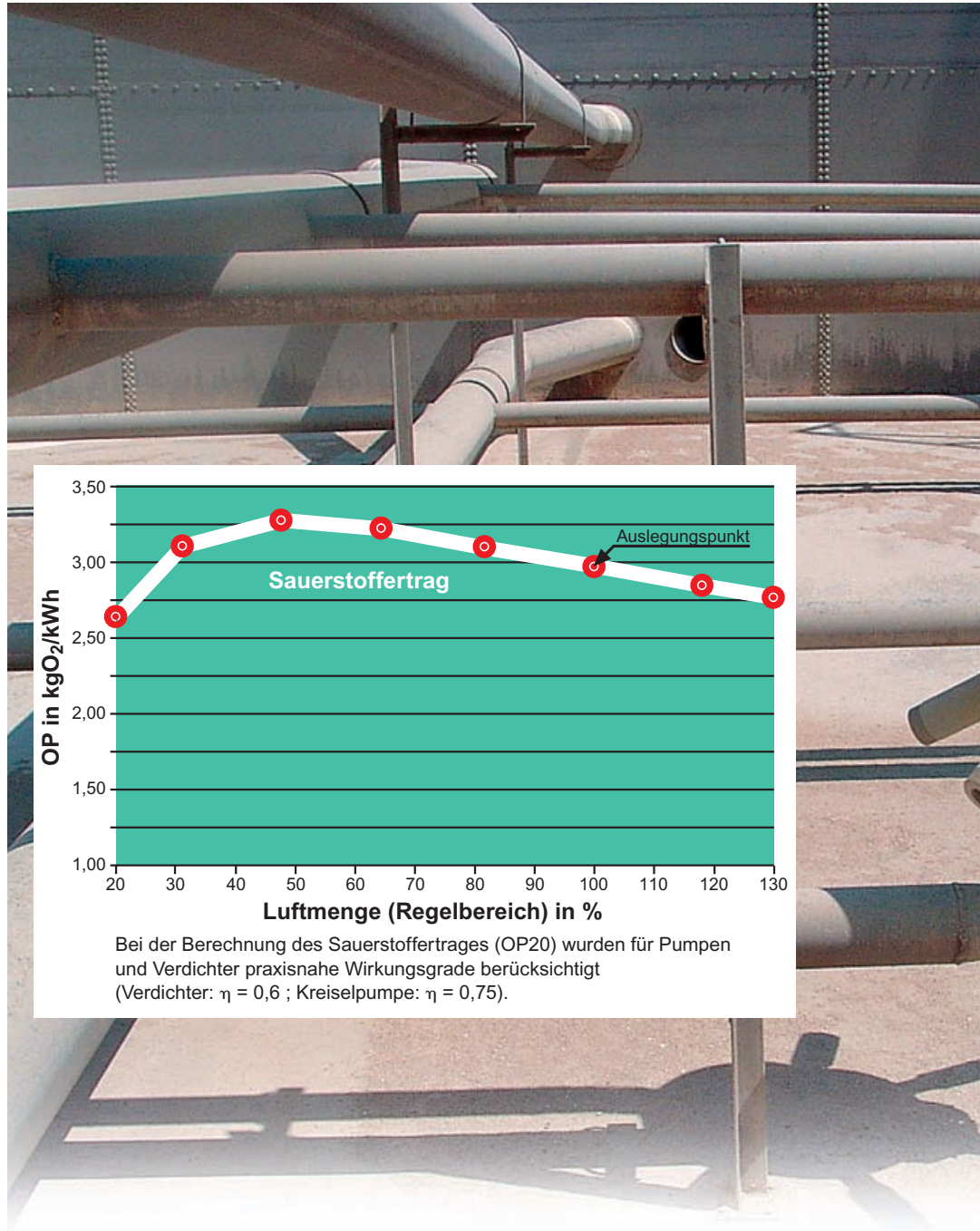
Bei einer Ausrüstung des Belebungsbeckens mit Körting-Ejektoren befinden sich keine bewegten Maschinenelemente im Becken, die zur Wartung Anlass geben könnten. Die mechanische Beanspruchung der Ejektoren entspricht der einer mit hoher Geschwindigkeit durchflossenen Rohrleitung. Drehkolbengebläse/ Verdichter und Pumpen können der Wartung gut zugänglich außerhalb des Beckens angeordnet werden.

Sauerstoffausnutzung

Da der Sauerstoffeintrag nicht nur von der Blasengröße (Grenzfläche zwischen Gas und Wasser), sondern im gleichen Maße von der Erneuerung der Grenzschicht der Gasblasen infolge der Turbulenz des Abwassers abhängig ist, erreichen Ejektoren durch die permanente Abwasserumwälzung eine sehr viel größere Sauerstoffausnutzung im Abwasser als andere Druckbelüfter.

Umfangreiche Sauerstoffzufuhrversuche in Reinwasser (ATV M-209) nach dem Sauerstoffadsorptionsverfahren bilden die Datenbasis zur Auslegung der Körting-Ejektoren. Alle Messungen wurden im großtechnischen Maßstab durchgeführt und in zahlreichen Abnahmeversuchen bestätigt.

In Abhängigkeit von der Einbausituation, Baugröße und Luftbeaufschlagung beträgt die Sauerstoffausnutzung eines im Belebungsbecken installierten Ejektors bei einer Eintragstiefe von 6 m bis zu $18 \text{ g O}_2/\text{Nm}^3 \cdot \text{m}$. Durch seine schräg zum Boden geneigte Strömungsrichtung wird die Beckentiefe vollständig als Eintragstiefe ausgenutzt.



Bei der Berechnung des Sauerstoffertrages (OP₂₀) wurden für Pumpen und Verdichter praxisnahe Wirkungsgrade berücksichtigt (Verdichter: $\eta = 0,6$; Kreiselpumpe: $\eta = 0,75$).

Regelung und Sauerstoffertrag

Die Regelung der Sauerstoffzufuhr erfolgt ausschließlich durch Änderung des Luftvolumenstroms. Eine verringerte Luftzufuhr senkt den Eintrittsdruck in den Ejektor und reduziert somit zusätzlich die Leistungsaufnahme der Drehkolbengebläse/ Verdichter. Das Ergebnis ist ein nahezu konstant hoher Sauerstoffertrag über den gesamten Regelbereich des Sauerstoffeintragungssystems.

Die Ejektoren werden – in Abhängigkeit der rheologischen Eigenschaften des Belebtschlammes (Temperatur, TS-Gehalt...) – für ein geeignetes Luft/Wasser-Verhältnis ausgelegt. Dies gewährleistet sowohl eine Leistungssteigerung des Sauerstoffeintragungssystems durch einfache Erhöhung der Luftzufuhr, als auch einen optimalen Sauerstoffertrag im Teillastbetrieb.



Ausführung

Die relativ kurzen Einzel-Ejektoren werden lösbar mit einem Verteiler-Gehäuse verbunden, von unten mit dem Treibstrom und von oben mit Druckluft versorgt.

Der Strahlaustritt ist schräg nach unten zum Boden gerichtet. Der Austrittswinkel wird den Einbauverhältnissen individuell angepasst. Als Gehäusewerkstoff wird das chemisch hervorragend beständige Polypropylen verwendet.

Installation im Belebungsbecken

In Kenntnis der Beckengeometrie, der Wassertiefe und des Sauerstoffbedarfs werden Anzahl, Anordnung und Ausföhrung der mehrstrahligen Ejektoren auf den jeweiligen Bedarfsfall abgestimmt. Ihr Einbau erfolgt einfach durch 2 Flansche an die Rohrleitungen für Treibstrom und Druckluft.

Die Installation der kompakten Apparate am Boden des Belebungsbeckens gewährleistet eine flächendeckende Begasung und vollständige Durchmischung des Abwassers.

Installation von außen durch die Beckenwand

Der abgebildete Ejektor aus Cr-Ni-Stahl wird von außen, in der Behälterwand montiert. Seine Anschlüsse für Treibstrom und Druckluft liegen außerhalb des Belebungsbeckens.

Die vergleichsweise großen Apparate werden mit einer zweiten nachgeschalteten Mischstrecke ausgestattet, in der zusätzlich Flüssigkeit angesaugt und so die Durchmischung im Becken intensiviert wird.

Auf Wunsch wird der Ejektor mit einer Absperrmöglichkeit (in Strömungsrichtung hinter der Treibdüse) ausgeführt, so dass die Treibdüse jederzeit kontrolliert werden kann, ohne das Becken dafür entleeren zu müssen.



Sauerstoffausnutzung

Bei üblichen Einblastiefen von 5...8 m wird eine Sauerstoffausnutzung OC_{20} in Reinwasser von $11 \text{ g O}_2/\text{Nm}^3 \cdot \text{m}$ erreicht. Im Teillastbetrieb – bei reduzierter Luftmenge – kann die Sauerstoffausnutzung über diesen Wert hinaus bis auf $14 \text{ g O}_2/\text{Nm}^3 \cdot \text{m}$ gesteigert werden.

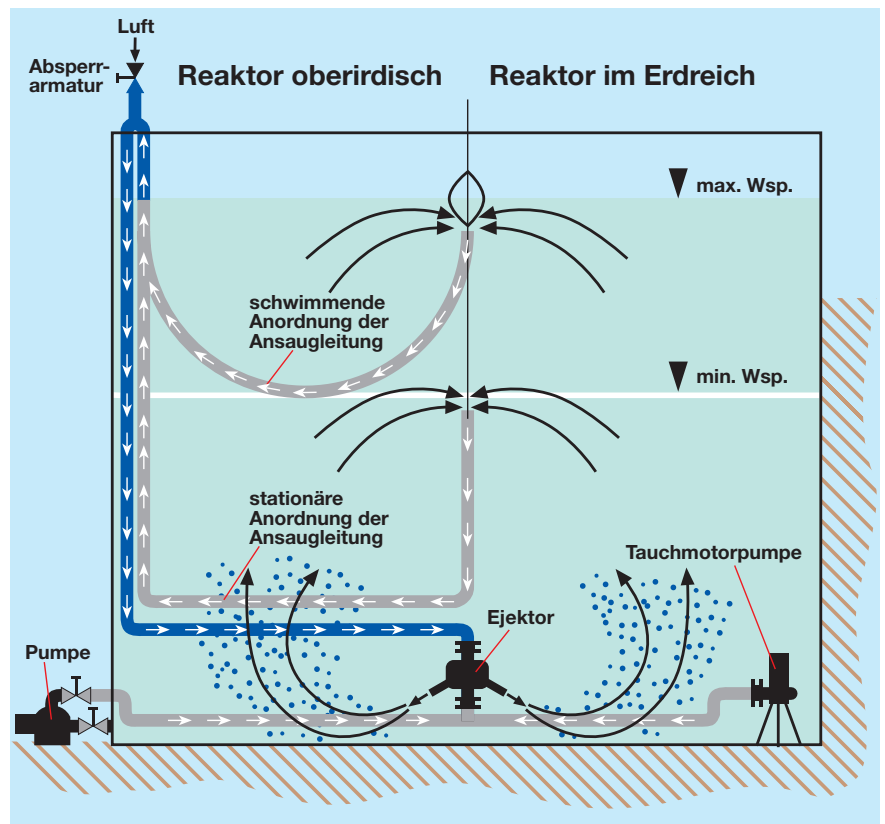
Je nach Einblastiefe und Sauerstoffbedarf werden ca. 400-500 Nm^3/h Druckluft von einem einzelnen Ejektor eingetragen.

Ejektoren in SBR Anlagen

Ejektoren eignen sich hervorragend zur Belüftung und Durchmischung sogenannter „SBR“-Anlagen (Sequenced Batch Reactor). Diese Belebungsanlagen (mit Aufstaubetrieb), in denen unter anderem die biologischen Prozesse der Nitrifikation und Denitrifikation in einem Becken zeitlich nacheinander ablaufen, bedürfen der vollständigen Durchmischung des Beckeninhaltes mit und ohne Luftzufuhr. Durch den Einbau spezieller, für dieses Verfahren patentierter Ejektoren und deren besonderer Anordnung im SBR-Reaktor werden Ejektoren sowohl zur gleichzeitigen Abwasserbelüftung und -durchmischung während der Belüftungsphase als auch zur gezielten Umwälzung - ohne Luftzufuhr - während der Mischphase eingesetzt.

Die Rezirkulation des Abwassers durch die Ejektoren findet nach Abschluß der Belüftungsphase automatisch statt. Der Wechsel beider Phasen kann beliebig oft erfolgen, so dass die beim SBR-Verfahren erreichte Entkopplung des Abwasserreinigungsprozesses von den Zulaufbedingungen noch unterstützt wird.

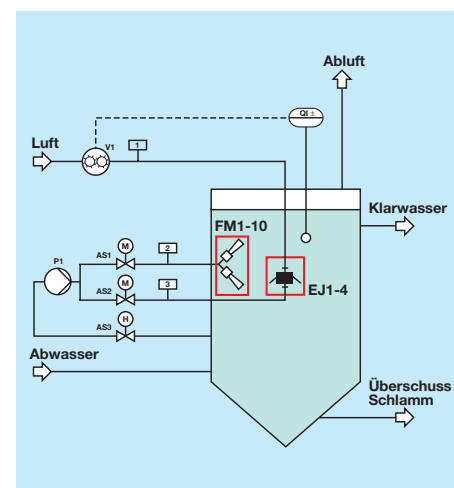
Die für die vollständige Durchmischung des Beckeninhaltes während der Mischphase zuständigen Ejektoren werden mit denselben, auch während der Belüftungsphase eingesetzten Umwälzpumpen betrieben. Durch die Flüssigkeitsförderung der Ejektoren wird die Leistungsaufnahme der Umwälzpumpen auch während der Mischphase optimal genutzt.



SBR-Anlage
mit atmosphärischer Luftansaugung

Bedarfsgerechte Dimensionierung

Die zahlreichen Ausführungs- und Anordnungsmöglichkeiten der Ejektoren und deren unterschiedliche Betriebsweisen mit atmosphärischer Luft, Druckluft oder einer Kombination aus beidem schaffen ideale Voraussetzungen für deren Einsatz in großen und kleinen Abwasserreinigungsanlagen.



Sauerstoffeintrags- und Mischsystem zur Belüftung und vollständigen Durchmischung in einem SBR-Reaktor zur Filtratwasserbehandlung aus der Faulschlammwässerung

Ejektoren zum Eintrag gasförmigen Sauerstoffs

Ejektoren zum Eintrag gasförmigen Sauerstoffs ähneln in Aufbau und Wirkungsweise den mit Druckluft beaufschlagten Apparaten.

Sie werden vornehmlich innerhalb der Belebungsbecken installiert und von trocken oder nass aufgestellten Kreiselpumpen betrieben. Im Unterschied zu den mit Druckluft beaufschlagten Ejektoren wird der gasförmige Sauerstoff zwischen Druckseite der Pumpe und Eintritt in den Ejektor durch ein in die verbindende Rohrleitung eingebautes Düsensystem injiziert. So findet bereits vor Eintritt in den Ejektor eine Vermischung auf höchstem Druckniveau statt.

Während der Durchströmung des Ejektors wird die Vermischung intensiviert wobei ein nicht unerheblicher Teil des Gases bereits im Abwasser gelöst wird. Im Ejektor wird statische Druckenergie in kinetische Energie umgesetzt, so dass das Zwei-Phasen-Gemisch mit hoher Turbulenz aus dem Ejektor in das Belebungsbecken eintritt.

Sauerstoffeintragssystem in den Belebungsbecken der Papierfabrik Lang in Ettringen. Die sechsstrahligen Ejektoren werden mit dem als Off-Gas aus der nachgeschalteten Ozonanlage zur Verfügung stehenden Sauerstoff versorgt.



Ausführung

Neben mehrstrahligen Ejektoren kommen auch einstrahlige Ejektoren zum Einsatz, deren Einbau sowohl am Boden der Belebungsbecken, als auch in der Beckenwand erfolgen kann. Alle Ejektoren werden aus Chromnickelstahl hergestellt, wobei deren Werkstoffqualität von der jeweiligen Abwasserzusammensetzung abhängig ist. Ihre kompakte Bauweise erlaubt zudem die nachträgliche Installation auf einem Grundrahmen als s.g. „skid-mounted unit“.



2 einstrahlige Ejektoren mit Tauchmotorpumpe auf einem gemeinsamen Grundrahmen

Einsatzbereiche

Ejektoren können neben dem Sauerstoffeintrag auch für die vollständige Durchmischung des Belebungsbeckens – ohne Gaszufuhr – dimensioniert werden, so dass ihr Einsatz eine intermittierende Nitrifikation/Denitrifikation – ohne zusätzliche Rührwerke – ermöglicht. Die Überströmung des Beckenbodens durch die Ejektoren verhindert Ablagerungen.

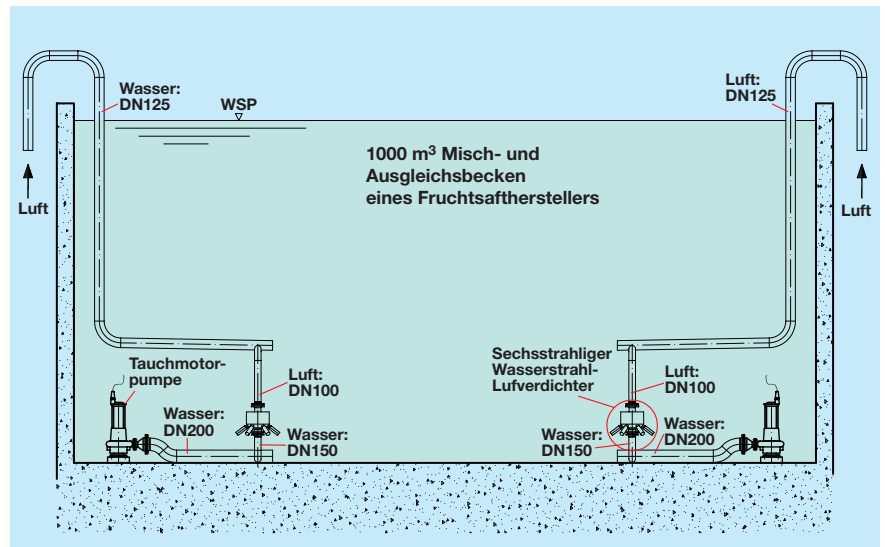


Wasserstrahl-Luftverdichter zum Eintrag atmosphärischer Luft

Ejektoren werden eingesetzt

- zur Spitzenlastabdeckung
- zur Grundlastabdeckung
- zum Eintrag gasförmigen Sauerstoffs, der als Off-Gas in Ozonanlagen entsteht.

Durch individuelle Anpassung der wartungsfreien Ejektoren an ihre Betriebsbedingungen wird das Sauerstoffeintragungssystem optimiert und die Leistungsaufnahme und Anzahl notwendiger Pumpen reduziert.



Im Zuge der Umstellung des Kläranlagenbetriebs der Rheinland Raffinerie Werk Godorf der Shell Deutschland Oil GmbH auf eine intermittierende Reinsauerstoffbegasung wurden in einem der Belebungsbecken 12 sechsstrahlige Ejektoren installiert. Jeweils 3 Ejektoren sind mit einer Rohrleitung verbunden und werden von einer Tauchmotorpumpe gemeinsam gespeist. Die Pumpe ist durch einen Unterwasser-Kupplungsfuß an die Rohrleitung angeschlossen und kann über Führungsröhre jederzeit geborgen werden.

Durch individuelle Anpassung der Strömungskanäle Treibdüse, Mischstrecke und Diffusor wird jeder atmosphärisch ansaugende Wasserstrahl-Luftverdichter für seine Einsatzbedingungen (Füllhöhe, Sauerstoffeintrag) maßgeschneidert. Der maximale Sauerstoffeintrag bei optimaler Energieausnutzung ist dadurch immer gewährleistet.

Sein Einbau kann sowohl im Belebungsbecken als auch von außen durch die Beckenwand erfolgen. Die Treibseite des Wasserstrahl-Luftverdichters wird durch eine kurze Rohrleitung mit einer für den Betrieb geeigneten Umwälzpumpe verbunden. Die Saugseite wird durch eine Rohr- oder Schlauchleitung über den Füllstand hinausgeführt.

Kompaktbelüfter

Der sogenannte „Kompaktbelüfter“ ist eine Kombination aus Wasserstrahl-Luftverdichter und Abwassertauchmotorpumpe auf einem gemeinsamen Grundrahmen. Der Installationsaufwand für diese kompakte Einheit ist äußerst gering. Kompaktbelüfter werden vorwiegend eingesetzt

- zur kostengünstigen Nachrüstung von Belebungsbecken,
- zum Einbau in Misch- und Ausgleichsbecken,
- während des Umbaus oder zur Spitzenlastabdeckung in Belebungsbecken.



Flüssigkeitsstrahl-Gasverdichter zum Ozoneintrag

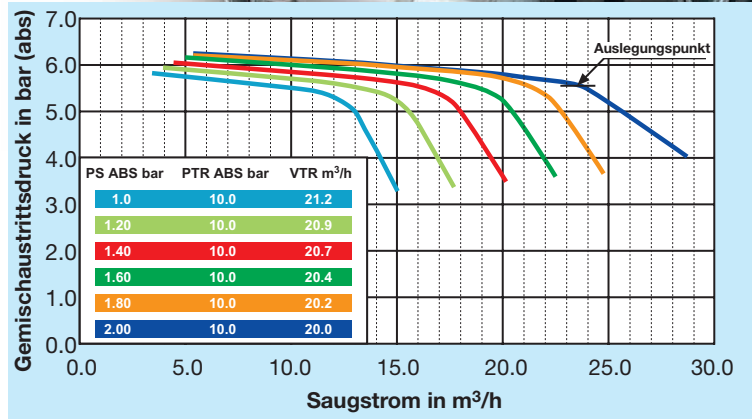
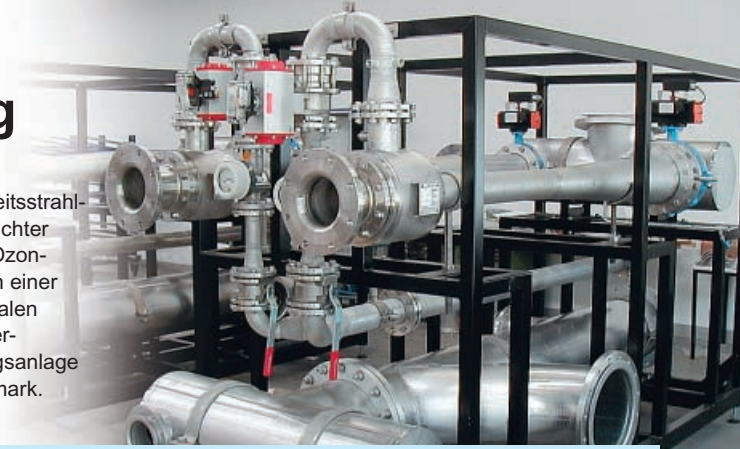
Der Ozoneintrag in Flüssigkeiten ist ein ideales Einsatzgebiet für Flüssigkeitsstrahl-Gasverdichter. Ein ca. 10%iges Ozon/Luft- oder Ozon/Sauerstoff-Gasgemisch wird aus dem Ozon-Erzeuger abgesaugt, mit dem zu behandelnden Stoffstrom intensiv gemischt und dem nachgeschalteten System unter höherem Druck zugeführt. Der exzellente Stoffübergang und die absolut leakagefreie Verdichtung des giftigen Gasmisches im Flüssigkeitsstrahl-Gasverdichter zeichnen diese Eintragstechnik aus.



Flüssigkeitsstrahl-Gasverdichter für die Ozonbehandlung von Trinkwasser in einem Wasserwerk in England.

Kennlinien eines Flüssigkeitsstrahl-Gasverdichters

Flüssigkeitsstrahl-Gasverdichter für den Ozoneintrag in einer kommunalen Abwasserreinigungsanlage in Dänemark.



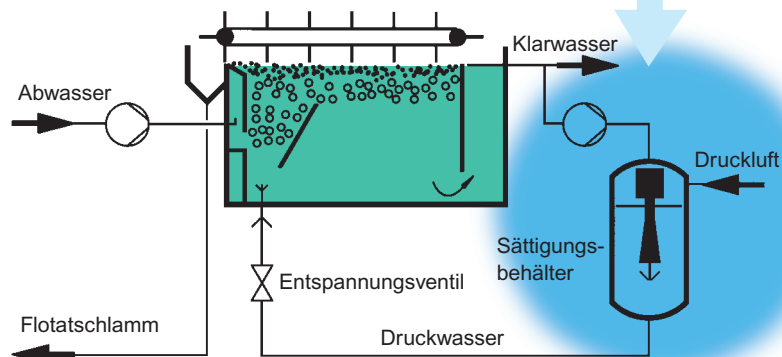
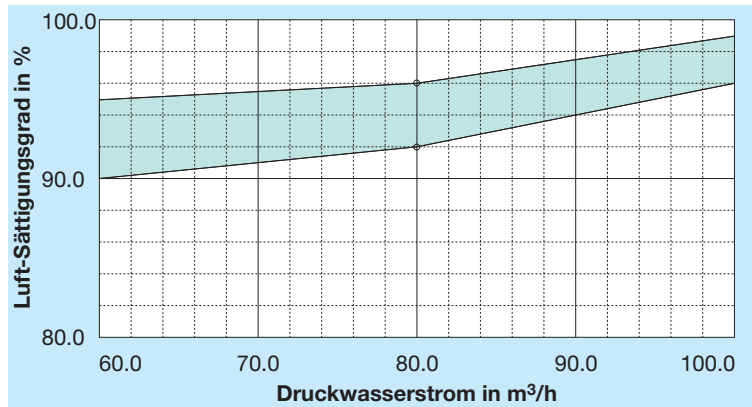
Wasserstrahl-Luftverdichter für die Druckentspannungsflotation

Die Druckentspannungsflotation ist ein Verfahren zur Abtrennung suspendierter Feststoffe. Dabei wird der Feststoff durch Anhaftung feinsten Luftbläschen zum Aufschwimmen gebracht und von der Flüssigkeitsoberfläche entfernt. Die Luftblasen entstehen durch Druckabsenkung hinter dem Entspannungsventil.

Zur Luft-Sättigung des Druckwassers wird ein Teilstrom des Klarwassers als Treibstrom für den Wasserstrahl-Luftverdichter verwendet. Auf seiner Saugseite wird Druckluft zugeführt. Das Gemisch aus Treib- und Saugstrom wird in den Sättigungsbehälter – unterhalb des Flüssigkeitsspiegels – eingetragen. Durch die feine Dispergierung der Luft im Treibstrom wird ein optimaler Luft-Sättigungsgrad des Druckwassers über den gesamten Betriebsbereich erzielt.

Luft-Sättigungsgrad im Druckwasserbehälter durch Körting-Wasserstrahl-Luftverdichter

Messungen nach H. Benoit und C. Schuster, Steinbeis – Transferzentrum Meschede



Druckentspannungsflotation als Nachklärung in einer biologischen Abwasserreinigungsanlage

Flüssigkeitsstrahl-Mischdüsen

Körting-Flüssigkeitsstrahl-Mischdüsen bilden spezielle Mischsysteme, die sowohl für kontinuierliche, als auch diskontinuierliche Mischaufgaben eingesetzt werden. Sie können als vollwertiger Ersatz für mechanische Rührwerke verwendet werden und übertreffen in vielen Fällen deren Mischergebnis. Ihre wesentlichen Vorteile sind:

■ Geringe Investitionskosten

■ Verschleißfreier Betrieb

keine bewegten Maschinenelemente

■ Keine Dichtungsprobleme

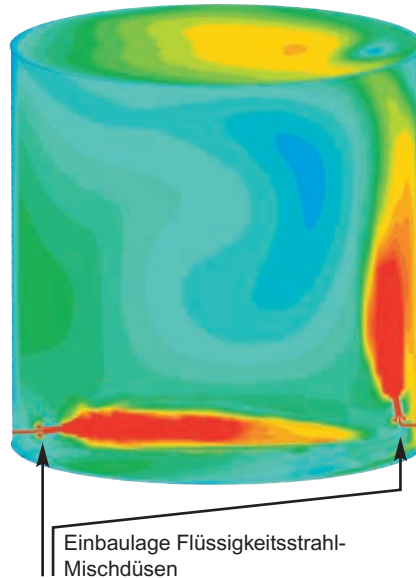
keine Wellendurchführungen im Abwasser

■ Keine Totzonen

die individuelle Anordnung der Flüssigkeitsstrahl-Mischdüsen gestattet deren Einbau in jeder Beckengeometrie ohne Einfluss auf das Mischergebnis

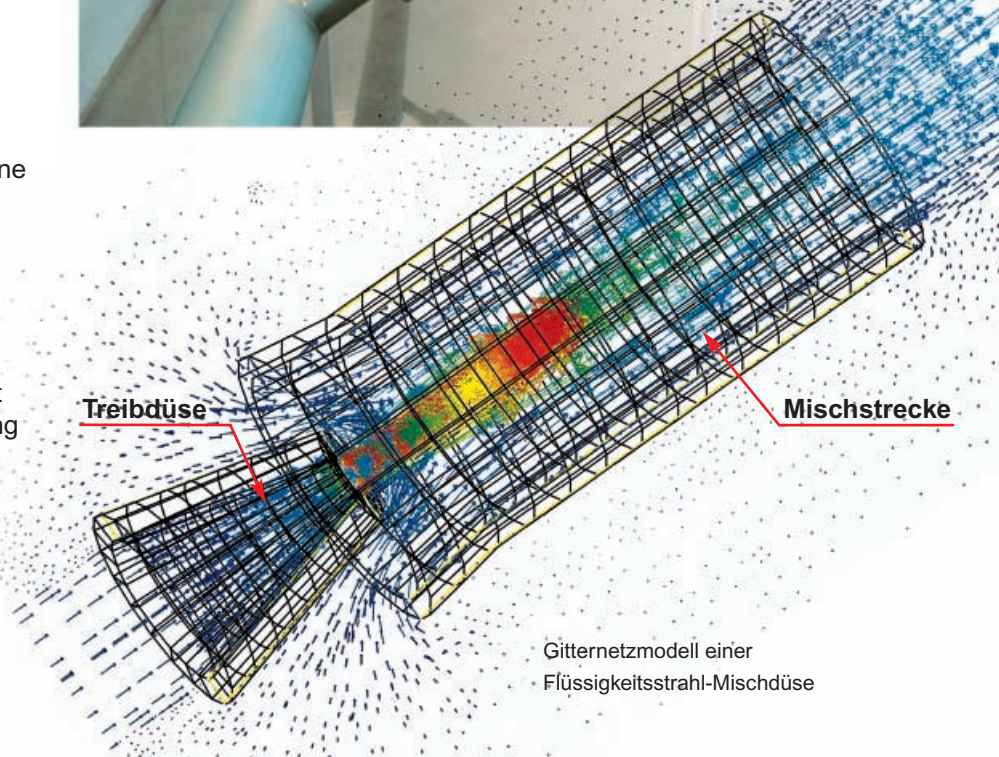
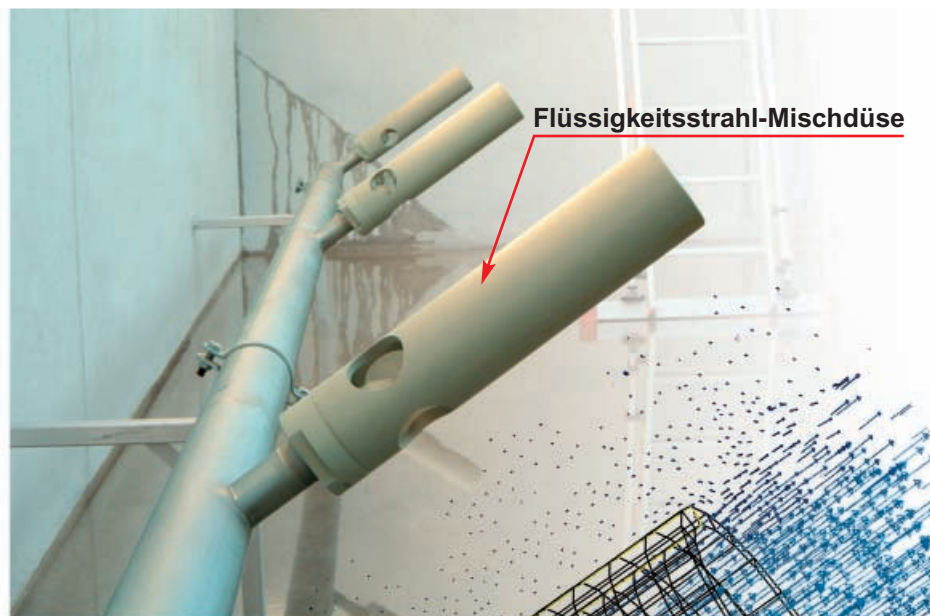
Funktion

Ein Flüssigkeitsstrom wird dem Becken entnommen und über eine Kreiselpumpe der Flüssigkeitsstrahl-Mischdüse zugeführt. Innerhalb der Treibdüse wird Druckenergie in Geschwindigkeitsenergie umgewandelt. Am Ende der Treibdüse entsteht ein Unterdruck, wodurch Flüssigkeit aus der unmittelbaren Umgebung angesaugt wird. In der angeschlossenen Mischstrecke wird der Saugstrom intensiv mit dem Treibstrom vermischt und durch Impulsaustausch beschleunigt. Die Schleppestrahlwirkung des austretenden Gemischstroms verstärkt den Mischeffekt.



Optimierung der Strömungsverhältnisse in einem Rundbecken durch dreidimensionale Computersimulation. Vertikalschnitt - räumliche Verteilung der Strömungsgeschwindigkeit als Farbrasterdarstellung

Flüssigkeitsstrahl-Mischdüsen für die Durchmischung während der Denitrifikation im SBR-Reaktor einer kommunalen Kläranlage in Schweden



Gitternetzmodell einer Flüssigkeitsstrahl-Mischdüse

Fax-Fragebogen zur Auslegung von Ejektoren zur Abwasserbelüftung

Tel.: +49 511 2129-447

Fax: +49 511 2129-223

E-Mail: st@koerting.de

Abwasser

- Herkunft (Industrie, Kommune...)?
- TS-Gehalt (Biomasse und Feststoffe in g/l)?
- Sauerstoffzufuhr in belebtem Schlamm in kg O₂/h?
- Sauerstoffzufuhr in Reinwasser* (OC) in kg O₂/h?
*Nach ATV-Merkblatt M 209 oder vergleichbarem internationalen Regelwerk unter Standardbedingungen (T = 20°C, Po = 1,013 bar, C = O)

Anlage

- Abmessungen des Belebungsbeckens?
- Wasserspiegelhöhe?
- Bauart (Beton, Stahl, oberirdisch oder im Erdreich)?

Belüftung

- Einbaulage - im** oder außerhalb*** - des Beckens?
** Für die Einbaulage im Becken empfehlen wir die flächen-deckende Anordnung mehrstrahliger Ejektoren am Boden.
*** Die Einbaulage "außerhalb des Beckens" kennzeichnet die Installation einstrahliger Ejektoren von außen durch die Beckenwand hindurch.

Mechanische Vorklärung

- Max. Feststoffdurchmesser (Spaltweite des Siebes oder Rechen beeinflussen den minimalen Durchmesser der Düse im Ejektor)?
- Material (Chromnickelstahl der Werkstoffqualität 1.4571 für von außen in der Beckenwand installierte Ejektoren und PP für mehrstrahlige Ejektoren sind Körting Standard-Werkstoffe)?



Körting Hannover AG
Bereich S
Strahlpumpen
Vakuumtechnik

Badenstedter Str. 56
D-30453 Hannover
Postfach 91 13 63
D-30433 Hannover

Telefon: +49 511 2129-0
Telefax: +49 511 2129-223
Internet: <http://www.koerting.de>
E-Mail: st@koerting.de

