Oelfreie Verdichter für Kläranlagen

Autor(en): **Müller, Eduard**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **95 (1977)**

Heft 23

PDF erstellt am: **04.06.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-73383

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

HERAUSGEGEBEN VON DER VERLAGS-AKTIENGESELLSCHAFT DER AKADEMISCHEN TECHNISCHEN VEREINE, 8021 ZÜRICH, POSTFACH 630

Oelfreie Verdichter für Kläranlagen

Von **Eduard Müller**, Winterthur

Für das Eintragen von Luft zur Speisung von Belebtschlammbecken in Kläranlagen können ölfrei arbeitende Verdichter verwendet werden. Mit der folgenden groben Übersicht über die wichtigsten ölfreien Verdichter soll deren Eignung für diese spezielle Anwendung diskutiert werden. Das Thema wurde anlässlich einer Fachtagung des VSA über abwassertechnische Probleme Ende 1976 behandelt.

Die *ersten Abwasserkläranlagen mit kontinuierlichem Durchfluss unter Verwendung des aktivierten Klärschlammprozesses* entstanden 1918 in *England* und den *USA*. Bis zum Jahre 1925 war dieses System als praktische Lösung anerkannt. Im Klärschlammprozess bilden sich aktive biologische Kolonien, die bei Haushalt- und anderen Abwässern zum Abbau organischer Schmutzstoffe in absetzbare Feststoffe führen. Der für den biologischen Prozess notwendige Sauerstoff muss ins Wasser eingetragen werden, entweder durch *mechanische* Aufwirbelung im Becken oder durch *Luftzuführung in den Belüftungstank*. Im folgenden wird nur die Belüftung mit Hilfe von Verdichtern und Gebläsen behandelt.

Anwendungsbereiche verschiedener Maschinen im PV-Diagramm

Bild 1 zeigt die Anwendungsgebiete verschiedener ölfrei fördernder Verdichter und Gebläse in Funktion der Fördermenge und des Förderdruckes mit dem gesamten Fördermengenbereich von Membrankompressoren über Rootsgebläse, Wasserringkompressoren, Schraubenkompressoren und Kolbenkompressoren bis zu den Turbomaschinen in radialer und axialer Ausführung. Nicht in diesem PV-Diagramm eingetragen, sind die Ventilatoren, die jedoch ebenfalls erwähnt werden sollen [1].

Der Vergleich des für normale Klärschlammbecken benötigten Luftdruckes von maximum 2 bar abs. mit den durch die verschiedenen Maschinen erzeugbaren Drücken bestimmt hauptsächlich, welche dieser Maschinen für die Anwendung in Kläranlagen in Frage kommen.

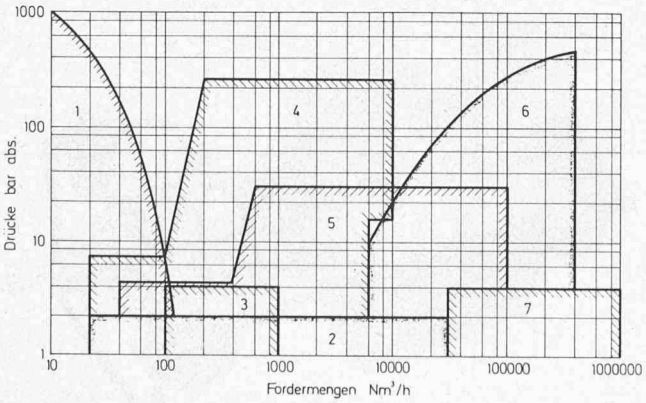


Bild 1. Anwendungsgebiete verschiedener ölfrei fördernder Verdichter und Gebläse im Druck-Volumen-Diagramm. 1 Membrankompressoren, 2 Kreiskolbengebläse, 3 Wasserringpumpen, 4 Labyrinthkolben-Kompressoren, 5 Schraubenkompressoren, 6 Radialverdichter, 7 Axialverdichter

Verdrängermaschinen

Membrankompressoren

Membrankompressoren arbeiten im Prinzip wie Kolbenkompressoren, d.h. mit Kurbelwelle, Pleuelstange, Kolben und Ventilen. Bei ihnen ist jedoch zwischen dem Kolben und dem Fördermedium eine elastische Membrane angeordnet. Der Zwischenraum zwischen dieser Membrane und dem Kolben ist mit einer geeigneten Flüssigkeit gefüllt, die die Kolbenbewegung auf die Membrane überträgt. Die Membrane selbst bewirkt zusammen mit den Ansaug- und den Druckventilen das Ansaugen, Komprimieren und Ausstossen des Fördermediums. Diese für relativ kleine Fördermengen geeigneten Maschinen können einstufig bis etwa 5 bar, mehrstufig aber für sehr hohe Enddrücke verwendet werden. Deshalb würden sie bei Kläranlagen hinsichtlich des Enddruckes ungenügend ausgenützt und somit sehr unrationell eingesetzt.

Rootsgebläse

Das einfache Funktionsprinzip dieser Maschine ist aus Bild 2 ersichtlich: Durch die Drehung der beiden Kolben in Pfeilrichtung wird Luft angesaugt und für einen kurzen Moment zwischen Kolben und Gehäuse eingeschlossen. Durch die weitere Drehung des Kolbens öffnet dieser Raum gegen die Druckseite, so dass im ersten Moment durch eine Rückströmung die eingeschlossene Luft auf den Förderdruck verdichtet und anschliessend der ganze Inhalt in die Druckleitung ausgestossen wird. Die Kolben bewegen sich gegenseitig und gegenüber dem Gehäuse berührungsfrei, jedoch zur Verhinderung von zu grossen Leckverlusten mit sehr kleinen Spielen. Für die Synchronisierung der Flügelbewegungen dient ein ausserhalb des Förderraumes angeordnetes Synchronisiergetriebe. Die Mengenregulierung kann durch die Variation der Drehzahl erfolgen, beispielsweise mit einem stufenlosen Regelantrieb oder – viel gröber – mit polumschaltbaren Motoren.

Diese Maschinen werden gebaut für Drücke bis 2 bar abs. sowie Mengen von 100 bis 60000 m³/h. Sie sind sowohl bezüglich des erzeugbaren Förderdruckes als auch des Mengenbereiches sehr gut geeignet für die Anwendung in Kläranlagen [2].

Wasserringpumpen

Das Funktionsprinzip der Wasserringpumpe ist aus der schematischen Darstellung in Bild 3 ersichtlich: In einem kreisförmigen Gehäuse dreht sich ein exzentrisch gelagerter Rotor. Dieser ist mit Längsrippen versehen, die einerseits den Wasserring in Rotation setzen und ausserdem den sichelförmigen Kompressionsraum zwischen dem Wasserring und dem Rotorkern in einzelne Zellen unterteilen. Die Variation dieser Zellenvolumina mit der Rotordrehung bewirkt das Ansaugen, Komprimieren und Ausstossen des Fördergases.

Derartige Maschinen finden eine breite Anwendung insbesondere in der chemischen Industrie, wo chemisch reine oder eventuell sogar korrosive Gase zu fördern sind. In vielen Fällen wird statt Wasser eine geeignete andere Flüssigkeit verwendet. Bei der Förderung von Schwefeloxidgasen benützt man

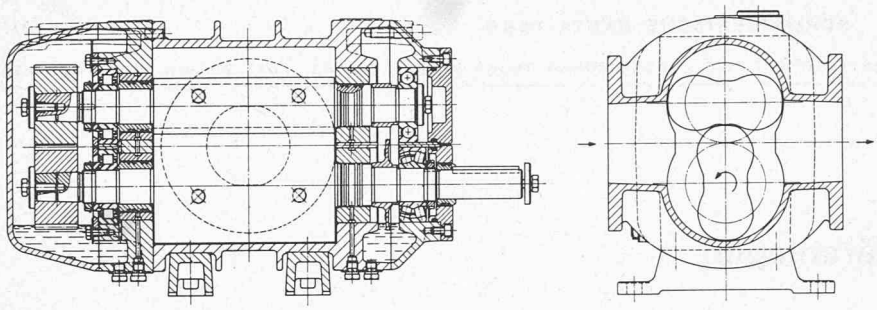


Bild 2. Längs- und Querschnitt eines Kreiskolbengebläses der Gebrüder Sulzer Aktiengesellschaft, Winterthur

beispielsweise Schwefelsäure. Diese Maschinen fördern in jedem Fall absolut ölfrei.

Der *Wirkungsgrad* ist wegen der hydrodynamischen Verluste *schlecht*. Ausserdem vermag die Maschine auf wesentlich höhere Drücke zu komprimieren, als sie für Kläranlagen notwendig sind. Aus diesen beiden Gründen ist ihr Einsatz für diese Anwendung vergleichsweise unrationell.

Schraubenkompressoren

Bild 4 zeigt das Schnittmodell eines Schraubenkompressors. Die beiden Rotoren sind mit einer besonderen spiralförmigen Verzahnung versehen, die berührungslos ineinander greift. Das in den Spiralgängen eingeschlossene Fördermedium wird durch laufendes Verdrehen verdichtet, bis der Austrittkanal auf der Druckseite durch die Profile der Rotoren geöffnet wird, so dass das Fördermedium ausgestossen werden kann. Um den berührungsfreien Lauf der beiden Rotoren zu gewährleisten, ist ein Synchronisiergetriebe notwendig, das praktisch keine Leistung übertragen muss. Die Maschine ist konstruktiv sehr einfach gebaut, insbesondere braucht sie keine ansaug- oder druckseitigen Ventile. Die Herstellung ist jedoch wegen der sehr hohen Präzision sämtlicher Hauptteile nicht einfach. Um gute Wirkungsgrade zu erhalten, muss die Maschine mit relativ hohen Drehzahlen betrieben werden. Dazu dient das Getriebe auf der Antriebsseite.

Bei den kleinen Drücken, die für Abwasserreinigungsanlagen benötigt werden, wären Schraubenkompressoren nur teilweise ausgenützt und ihre Anwendung somit unrationell.

Kolbenkompressoren

Es gibt verschiedene Bauarten von ölfrei fördernden Kolbenkompressoren, deren Kolben mit Kolbenringen aus Teflon oder Kohle ausgerüstet sind. Wegen dem selbstschmierenden Material der Kolbenringe können sie ohne Schmierung betrieben werden. Eine besondere Bauart ist der sogenannte «Labyrinthkompressor» (Bild 5), dessen Kolben den Zylinder nicht berührt und auch keine Kolbenringe aufweist.

Die Abdichtung wird mit Labyrinthrillen erzielt, die durch das oft wiederholte Spiel von Beschleunigung und Verzögerung der Leckmenge eine wirksame Barriere gegen unzulässig grosse Verluste bilden. Diese *berührungslose* Abdichtung, die konsequenterweise auch bei der Kolbenstange angewendet wird, erlaubt das Arbeiten ohne Abnützung und für schwierigste Betriebsverhältnisse. Die gezeigte Maschine arbeitet doppeltwirkend. Die Ein- und Auslaufventile sind seitlich am Zylinder angeordnet. Der Antrieb erfolgt über Kurbelwelle und Kreuzkopf. Diese Maschinen arbeiten bis etwa 6 bar einstufig und werden gebaut für Mengen bis rund 15000 m³/h [3]. Sie sind für die Anforderungen in Kläranlagen schlecht ausgenützt und deshalb für diese Anwendung zu teuer.

Sämtliche der bis dahin dargestellten Kompressorenarten arbeiten nach dem *Verdichterprinzip*, d.h. im wesentlichen wie ein Kolbenkompressor mit den Arbeitstakten Ansaughub, innere Verdichtung durch Volumenverminderung des Hubraumes und anschliessendem Ausstossen des Fördermediums in die Druckleitung [4]. Dieses Prinzip gilt sogar auch für das Rootsgebläse, bei dem allerdings die Druckluft selbst als «Kolben» funktioniert.

Turbomaschinen

Die Turboverdichter weisen eine grundsätzlich andere Wirkungsweise auf. Bei ihnen erfolgt die *Verdichtung rein dynamisch*, und zwar durch die *Ausnutzung von Beschleunigungs- und Trägheitskräften in der Gasströmung*. Turboverdichter bestehen in der Hauptsache aus einem auf der Antriebswelle festsitzenden, mit verhältnismässig hoher Drehzahl rotierenden Läufer und einem mit entsprechenden Strömungskanälen versehenen Gehäuse. Je nach Druck- und

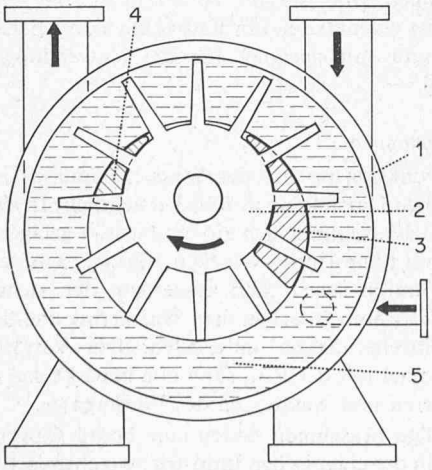


Bild 3. Prinzipbild einer Wasserringpumpe; 1 Gehäuse, 2 Rotor, 3 Ansaugöffnung, 4 Austrittsöffnung, 5 Wasserring (Maschinenfabrik Burckhardt AG, Basel)

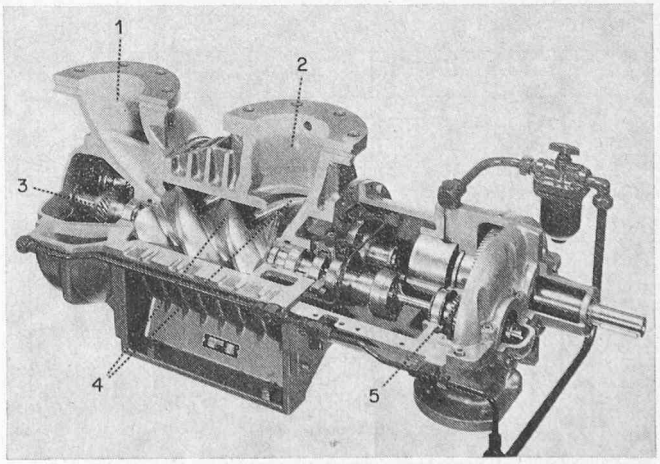


Bild 4. Modellbild eines Schraubenkompressors; 1 Ansaugstutzen, 2 Druckstutzen, 3 Synchronisiergetriebe, 4 Schraubenrotoren (nur der vordere Rotor ist deutlich sichtbar), 5 Übersetzungsgetriebe (Aerzener Maschinenfabrik GmbH, Aerzen/BRD)

Fördermenge weisen diese Turboverdichter *verschiedene Ausführungsformen* auf. Man kann sie zunächst in drei Hauptkategorien einteilen, und zwar als:

- *Ventilatoren* für relativ kleine Drücke. Wegen der kleinen mechanischen Beanspruchung können sie aus Blech und zum Teil sogar aus Kunststoff gefertigt werden.
- *Turbogebläse,* die wesentlich höhere Drücke erzeugen und deshalb mit höheren Drehzahlen als die Ventilatoren arbeiten. Den erhöhten Beanspruchungen entsprechend werden die massgebenden Teile nicht mehr aus Blech, sondern vorwiegend aus Schmiedestahl und Guss hergestellt.
- *Turbokompressoren,* die gleich aufgebaut sind wie Turbogebläse. Sie dienen jedoch in der Regel zur Erzeugung von noch höheren Drücken. Merkmale sind die zwischen den einzelnen Stufen oder Stufengruppen eingeschalteten Kühler.

Ein weiteres Unterscheidungsmerkmal aller Turbomaschinen ist ihre *Funktionsweise.* Bei den Radialmaschinen wird die Luft zentrifugal beschleunigt und nach jedem Verdichterrad ein grosser Teil der kinetischen Energie im Diffusorkanal in Druckenergie umgewandelt. Die Axialmaschinen arbeiten nach dem Tragflügelprinzip: Die Verzögerungen und Beschleunigungen der axialen Luftströmung in den Leit- und Laufschaufelgittern erzeugen fortschreitend höhere Drücke. Nach dem letzten Schaufelkranz wird die Luftgeschwindigkeit in einem Diffusorkanal verzögert zwecks Umwandlung in Druckenergie.

Nach ihrer *Verwendung* kann nochmals unterschieden werden: Die *Radialmaschinen* werden verwendet für hohe Druckverhältnisse und verhältnismässig kleinere Fördervolumen; die *Axialmaschinen* dagegen für grosse Volumenströme.

Ventilatoren

Axialventilatoren erzeugen zu kleine Druckdifferenzen und kommen deshalb für die Verwendung in Kläranlagen nicht in Frage. Bei Radialventilatoren ist das von einer Stufe erreichbare Druckverhältnis abhängig von der Grösse der Maschine, d.h. für die Erzeugung eines bestimmten Enddruckes sind bei kleinen Volumenströmen mehr Gebläseräder notwendig als bei grossen. Aus diesem Grunde ergeben sich die Verwendungsmöglichkeiten eher in grösseren Kläranlagen. Hier aber spielen

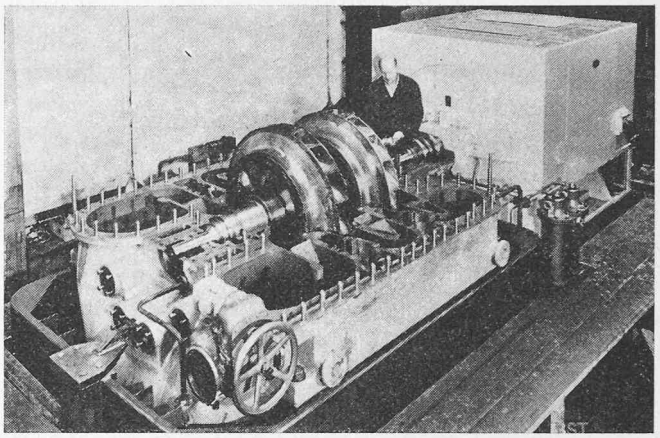


Bild 6. Zweistufiges Radialgebläse mit Vorrotationsregelung beider Stufen. Max. Fördermenge 110 000 m³/h, Förderdruck 1,55 bar abs., Antriebsleistung 2250 kW. Vorne links ist der Ansaugraum sichtbar mit den drehbaren Klappen für die Vorrotationsregelung. Nach dem Austritt aus dem ersten Rad strömt die Luft in den radialen Diffusor und wird dann um 180° umgelenkt für den Eintritt in das zweite Rad (Gebrüder Sulzer Aktiengesellschaft, Winterthur)

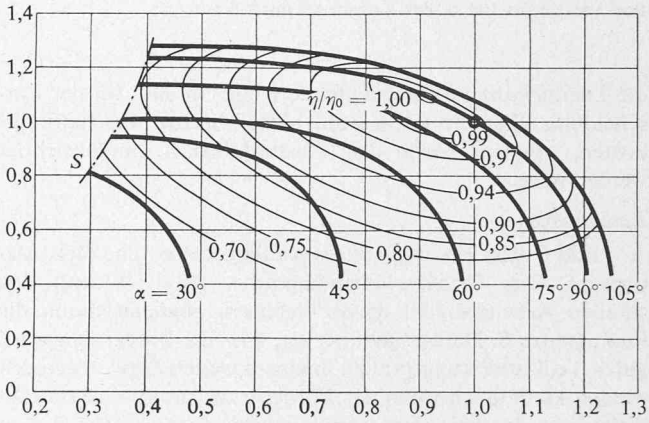


Bild 7. Druck-Volumen-Charakteristik eines zweistufigen Radialgebläses mit Vorrotationsregelung beider Stufen gemäss Bild 6

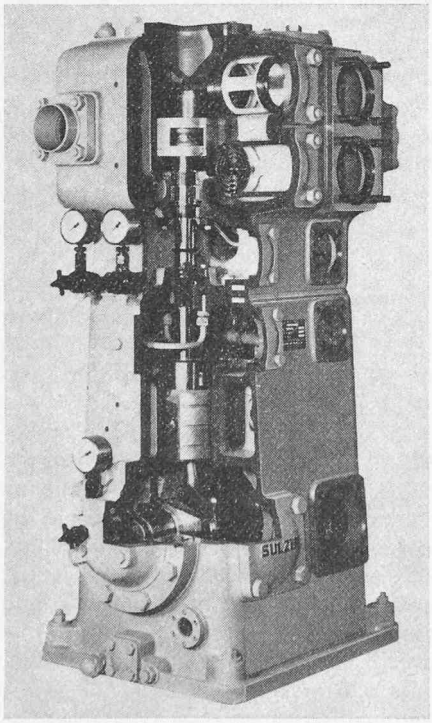
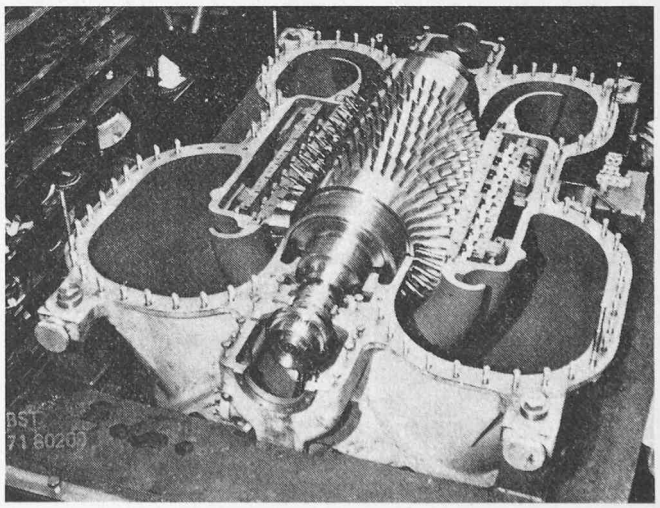


Bild 5. Moderner Labyrinthkolbenkompressor; Kreuzkopf und Kolbenstangen-Führungslager lassen den Kolben, mechanisch genau zentrisch geführt, schwingungsfrei und berührungslos im Zylinderraum bewegen. Zylinder, Führungslager und Kreuzkopfführung sind wassergekühlt (Gebrüder Sulzer Aktiengesellschaft, Winterthur)

Bild 8. Axialgebläse mit Leitschaufelverstellung (Gebrüder Sulzer Aktiengesellschaft, Winterthur)



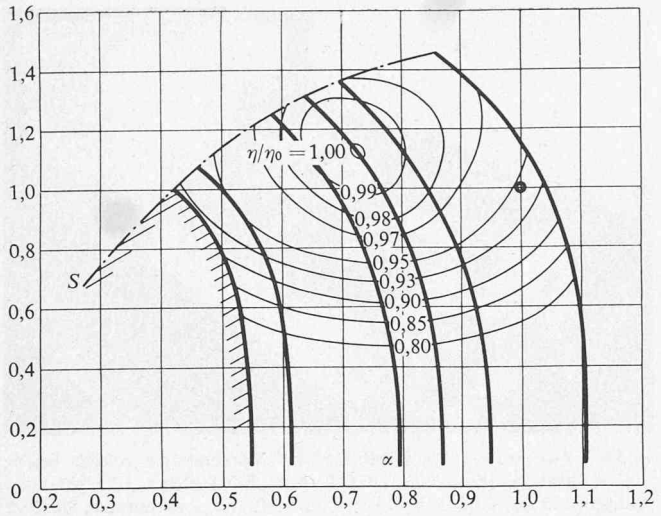


Bild 9. Druck-Volumen-Charakteristik eines Axialgebläses gemäss Bild 8. Die dünn gezeichneten Muschelkurven geben den Wirkungsgradverlauf an. Auf der Linie der relativen Druckerhöhung 1 (entspricht dem Betriebsdruck) variiert demnach der Wirkungsgrad von 93 bis 99 % des maximalen Wirkungsgrades bei einer Mengenvariation von 43 bis 104 % der Konstruktionsfördermenge.

die *Energiekosten* eine bedeutende Rolle, so dass bei der Entscheidung über die Typenwahl nicht nur die Anschaffungskosten, sondern auch der Leistungsbedarf berücksichtigt werden muss.

Radialgebläse

Bild 6 zeigt ein zweistufiges Radialgebläse ohne Gehäuseoberteil. Das Druckvolumendiagramm (Bild 7) zeigt den stabilen Arbeitsbereich dieses Gebläses, begrenzt durch die Pumpgrenze *S*. Daraus geht hervor, dass die Fördermenge bei guten Teillastwirkungsgraden in einem weiten Bereich geregelt werden kann, auch wenn der Förderdruck praktisch konstant bleibt, wie das bei Abwasserreinigungsanlagen wegen der zu überwindenden gleichbleibenden statischen Flüssigkeitshöhe im Klärbecken der Fall ist.

Axialgebläse

Die in Bild 8 gezeigte Maschine ohne Gehäuseoberteil ist mit einer Leitschaufelverstellung ausgerüstet, die es erlaubt, die Fördermenge des Gebläses zu regeln. Zu diesem Zweck sind die Leitschaufeln in trocken schmierenden Büchsen gelagert und können über Hebel, die in den konzentrischen Verstellkorb greifen, gleichsinnig verdreht werden. Bild 9 zeigt die Druckvolumencharakteristik eines derartigen Gebläses. Das stabile Arbeitsgebiet wird auch hier durch die Pumpgrenze *S* begrenzt.

Allgemeine Anforderungen

Für die *Belüftung der Klärbecken normaler Kläranlagen* von kommunalen Abwässern sind Luftdrücke zwischen 0,3 bis 1 bar notwendig. Die geforderte Luft muss ölfrei sein, und die Luftmenge ist abhängig von der Kapazität der Kläranlage (ausgedrückt in Einwohner-Gleichwerten). Die Spannweite reicht von kleinen Anlagen mit einem Luftbedarf von etwa 100 m^3/h bis zu Grossanlagen mit gegen 1 Mio m^3/h. Für eine bestimmte Kläranlage variiert die notwendige Luftmenge sowohl nach einem Tages- als auch einem Jahreszeitenzyklus. Aus diesem Grunde muss die Fördermenge regulierbar sein. Ausserdem darf die Luftzufuhr zu den Klärbecken nie längere Zeit unterbrochen werden, d.h. für den Fall von Revisionen an den Maschinen muss eine gewisse Reservekapazität vorhanden sein. Anderseits soll die Luftmenge bei grossen Kläranlagen mit vielen Klärbecken nicht durch einige wenige Maschinen gefördert werden, damit beim Reinigen eines oder mehrerer Klärbecken die entsprechende Förderkapazität abgeschaltet werden kann. All diese Argumente zusammengenommen, machen es deutlich, dass *für die meisten Anwendungen das Rootsgebläse die geeignetste Maschine* ist. Nur für sehr grosse Kläranlagen mit einem Luftbedarf von schätzungsweise mehr als 3×10^5 m^3/h kommen Turbogebläse in Frage [5].

Literaturverzeichnis

[1] *Andersson, S. B.:* «Compressors». Atlas Copco Air Compendium 1975, S. 287–304.

[2] *Kukla, F.:* «Entwicklung einer neuen Gebläsereihe». Technische Rundschau Sulzer, 1971, Nr. 4.

[3] *Ritter, U.:* «Der Labyrinth-Kolbenkompressor für ölfreie Förderung von Gasen und Dämpfen». Technische Rundschau Sulzer, 1958, Nr. 2.

[4] *Kammerer, H.:* «Betriebliche Merkmale der nach dem Verdrängerprinzip arbeitenden Verdichter». Drucklufttechnik heute und morgen. Bauverlag GmbH, Wiesbaden/Berlin, 1967.

[5] *Niedermann, E.:* «Luftversorgung von Kläranlagen». Turboforum, 1972, Nr. 2.

Adresse des Verfassers: *E. Müller*, dipl. Ing. ETH, Gebrüder Sulzer Aktiengesellschaft, 8401 Winterthur.

Klärschlammhygienisierung

Von **Paul Fluri**, Winterthur

Zu den schwerwiegendsten Problemen dichtbevölkerter Regionen gehört die *unschädliche Beseitigung bzw. Verwertung von Abwasser und Klärschlamm.* In der *Schweiz* fallen zurzeit jährlich rund 2 Mio. Tonnen Klärschlamm an. Sie werden zu etwa 70 Prozent als Dünger von Acker- und Grünflächen verwendet. Das ist aber nicht ganz ungefährlich. *Emil Hess,* Professor für Bakteriologie und Hygiene am Tierspital Zürich, weist in seiner Veröffentlichung «Klärschlamm und Freilandbiologie von Salmonellen» nach, dass von 219 untersuchten Schlammproben aus 44 Kläranlagen in 83,6 Prozent der Fälle Salmonellen gefunden wurden. Die Zahl der Salmonellen erreichte im Maximum 10^7 je Liter. Ihre Überlebenszeit wurde in Modellversuchen überprüft. An Grashalmen, die mit künstlich kontaminiertem Schlamm behaftet waren, überlebten Salmonellen in trockener Atmosphäre während 40 bzw. 58 Wochen. Da *Infektketten* «Abwasser – Klärschlamm – Pflanze – Nutztier – Mensch» eindeutig nachgewiesen sind, wurden auch die zurzeit verfügbaren Hygienisierungsverfahren von Klärschlamm überprüft.

Gamma-Hygienisierung

Bei der Gamma-Hygienisierung reduziert die Bestrahlung mit Isotopen bei Anwendung von 300 k_{rad} – als Beispiel erwähnt – den Enterobakteriengehalt um 4 bis 8 bzw. 9 Zehnerpotenzen. Im Blick auf diese Tatsachen und Erkenntnisse hat Sulzer in Zusammenarbeit mit verschiedenen Fachleuten und Instituten ein Verfahren zur Hygienisierung von Klärschlamm entwickelt, das die hohen hygienischen Anforderungen erfüllt, ohne den Düngewert des Schlamms herabzusetzen (Bild 1).

Die *erste* vollautomatisch arbeitende Gamma-Klärschlammhygienisierungsanlage wurde 1973 auf dem Gelände einer Kläranlage des *Abwasserverbandes Ampergruppe München* in Betrieb genommen. Die Hygienisierungsanlage wurde vorerst für einen täglichen Durchsatz von 30 m^3 Klärschlamm,