

1. Einrichtung zur Begasung von Flüssigkeit, mit einem völlig in die Flüssigkeit untergetauchten, angetriebenen, doppelseitig beschauften Rotor, der auf der dem Flüssigkeitsspiegel zugekehrten Seite über ein Tauchrohr Gas, und auf der gegenüberliegenden Rotorseite Flüssigkeit aus der Umgebung des Rotors ansaugt und beide Medien am Rotoraustritt dispergiert, und mit einem in rotornahen Bereich angeordneten, das Tauchrohr umgebenden, wenigstens angenähert achsenkrecht verlaufenden Schirm, dessen Aussendurchmesser wesentlich grösser ist als der Aussendurchmesser des Rotors, dadurch gekennzeichnet, dass der Rotor (6) nach Art eines doppelflutigen, radial durchströmten Pumpen- oder Gebläserades einen auf beiden gegenüberliegenden Seiten Förderschaukeln (20, 21) tragenden, geschlossenen Radscheibenkörper (19) aufweist, der im Durchmesser (d_r) grösser ist als der lichte Durchmesser (d_i) des Tauchrohres (5), und dass der radial innere Bereich des Schirmes (26) axial und radial unterbrechungsfrei bis an die oberseitigen Schaukeln (20) des Rotors (6) heranreicht, ohne sie zu berühren.

2. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Flüssigkeitseintrittsseite des Rotors (6) frei von Einbauten gehalten und lediglich ein einziger, die Rotoraustrittsströmung (24) nach oben begrenzender Schirm (26) vorhanden ist.

3. Einrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass auf der Unterseite des Schirmes (26) in dem radial ausserhalb des Rotors (6) liegenden Bereich eine Vielzahl von Unstetigkeiten (27) angeordnet ist, die als konzentrisch zum Rotor (6) angeordnete, ringförmige Stege, als vorzugsweise nach aussen zurückspringende Stufen oder als Vorsprünge, z.B. Noppen oder Bolzen (27), ausgebildet sind.

4. Einrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass an den gassseitigen, axialen Stirnseiten der Schaukeln (20) wenigstens in dem radial über den Radscheibenkörper (19) überstehenden Bereich achsenkrecht verlaufende Leitflächen (53, 54) vorgesehen sind, die in Umfangsrichtung kürzer sind als der Abstand benachbarter Schaukeln (20'), die sich in Drehrichtung (41) des Rotors (6) nach vorn erstrecken und deren freie Kante (55) einen spitzen Winkel (α) mit einem zu dem jeweiligen Konturenpunkt (56) gezogenen Zentrumsstrahl (58) einschliesst.

5. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Radscheibenkörper (19) an der Unterseite einen unbeschauften, rotationssymmetrischen Verdrängungskörper aufweist.

6. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass um das Tauchrohr (5) herum ein Schaumfallrohr (30) angeordnet ist, welches mit seinem oberen, eine Überfallkante (34) bildenden Ende höhenstellbar und bis über die Flüssigkeitsoberfläche (8) zu reichen bestimmt ist und welches einen gegenüber dem Gasansaugkanal des Tauchrohres (5) gesonderten Rückführkanal (31) für Schaum (9) und/oder für Schwimmstoffe bildet, der in einen die Ansaugöffnung (18) des Tauchrohres (5) umgebenden Ringschlitz (32) an der Oberseite des Rotors (6) innerhalb von dessen Saugbereich ausmündet und sich wenigstens im mündungsnahen Bereich zum Rotor (6) hin verjüngt.

7. Einrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem Aussenrand der Ansaugöffnung (18) und dem inneren Rand des Ringschlitzes (32) ein wenigstens angenähert achsenkrecht verlaufender Ringspalt (33) vorhanden ist.

8. Einrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass im oberen Teil des Rückführkanals (31) zwischen Tauchrohr (5) und Schaumfallrohr (30) Distanzhalter (37) zur Abstützung des Schaumfallrohres vorgesehen sind, die jeweils als sich unterbrechungsfrei erstreckende Bleche ausgebildet sind, beispielsweise in Form von Drallflächen.

9. Einrichtung nach Anspruch 1, mit einem Schwimmer, der auf der zu begasenden Flüssigkeit schwimmt und eine Plattform oder ein Gerüst aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass eine aus

Antriebsmotor (7), Rotor (6), Tauchrohr (5), Schaumfallrohr (30) und Schirm (26) bestehende Baueinheit als Ganzes gegenüber dem Schwimmer (42) heb- und senkbar ist.

10. Einrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass auf dem Schwimmer (42) eine Seilwinde (49) sowie an erhöhter Stelle eine Seilumlenkrolle (50) angeordnet ist, über die ein zur Seilwinde (49) führender Seilzug (51) die Baueinheit (7, 6, 5, 30, 26) trägt.

Die Erfindung betrifft eine Einrichtung zur Begasung von Flüssigkeit, mit einem völlig in die Flüssigkeit untergetauchten, angetriebenen, doppelseitig beschauften Rotor, der auf der dem Flüssigkeitsspiegel zugekehrten Seite über ein Tauchrohr Gas, und auf der gegenüberliegenden Rotorseite Flüssigkeit aus der Umgebung des Rotors ansaugt und beide Medien am Rotoraustritt dispergiert, und mit einem im rotornahen Bereich angeordneten, das Tauchrohr umgebenden, wenigstens angenähert achsenkrecht verlaufenden Schirm, dessen Aussendurchmesser wesentlich grösser ist als der Aussendurchmesser des Rotors.

Umwälzbelüfter sollen Wasser, Abwasser, Abwasserschlamm, Flüssigmist und Substrate mit grossen Gehalten an organischen Stoffen, also flüssige Medien mit gelösten und suspendierten Stoffen unterschiedlichster Zusammensetzung, umwälzen und mit Luft oder anderen Gasen anreichern, um in dem geförderten Flüssigkeitsstrom physikalische, chemische und/oder biochemische Reaktionen auszulösen und durchzuführen, z.B. Ausschäumen kolloidaler und suspendierter Stoffe, Neutralisieren von Alkalien durch Begasung mit Rauchgas, Entkarbonisieren von sauren Wässern, Oxydieren und damit Abbau der in den flüssigen Medien vorhandenen organischen Stoffe durch exotherm verlaufende biochemische Reaktionen.

Die bisher ausgeführten Umwälzbelüfter bestehen normalerweise aus einem in die Flüssigkeit eintauchenden, stumpf endenden Ansaugrohr, unter dem sich mit einem Spalt zum Ansaugrohrende der Belüftungsrotor befindet. Dieser ist mit einem oberhalb des Ansaugrohres angebrachten Antriebsmotor durch eine Welle verbunden. Der Belüftungsrotor besteht normalerweise aus einer Platte, an deren Oberseite Gasschaukeln und an deren Unterseite Flüssigkeitsschaukeln radial angeordnet sind. Die Schaukeln sollen einerseits das flüssige Medium umwälzen und in dieses andererseits Gas unterschiedlichster Zusammensetzung, vielfach Luft, eintragen.

Herkömmlich wurden die Umwälzbelüfter als Wasserstrahlpumpen mit einem zwischen dem Saugrohrende und der Radscheibe des Rotors gebildeten, ringförmigen Saugspalt aufgefasst. Der von dem sich drehenden Rotor radial nach aussen geförderte Wasserstrom erzeugt beim Vorbeifliessen an dem Saugspalt einen Unterdruck; dadurch wird das in dem Ansaugrohr befindliche Gas angesaugt und in dem Flüssigkeitsstrom verteilt.

Im Gegensatz zu der in vielen Bauformen üblichen, im Bereich des Flüssigkeitsspiegels arbeitenden Oberflächenbelüftung ist aber auch schon eine Einrichtung der eingangs beschriebenen Art bekannt, deren Umwälzorgane unterhalb der Oberfläche des Flüssigkeitskörpers arbeiten, ihn ohne Hebung kräftig umwälzen und dabei Gas eintragen (DE-OS 1782485). Dabei sind zwischen der Rotornabe und den spiralförmig verlaufenden Rotorschaukeln schwimmhautartige, achsenkrecht angeordnete Umlenkstege vorgesehen, die auf den nabennahen Bereich beschränkt und an ihrer freien Kante stark bogenförmig eingeschnitten sind. Auch sind diese Stege an der Rückseite der jeweils vorauslaufend angrenzenden Schaufel in radialer Richtung bewusst wesentlich länger gehalten als an der Vorderseite der nachlaufend angrenzenden Schaufel. Die sich achsenkrecht erstreckenden Rotorteile sind nicht rotationssymmetrisch angeordnet, ihre Projektions-

fläche ist daher etwa sternförmig mit entgegen der Drehrichtung gebogenen schlanken Zacken, deren Wurzeln radial nach innen fast bis an die Rotornabe heranreichen. Im Vergleich zum lichten Querschnitt des Luftansaugrohres ist der Inhalt einer solchen Projektionsfläche sehr klein.

Diese sternförmigen Gebilde können deshalb und wegen ihrer ausgezackten Kontur nicht als Radscheibenkörper fungieren. Im Saugrohr ist gassseitig ein Unterdruck zu verzeichnen, dessen Betrag mindestens der Eintauchtiefe des Saugrohres entspricht und dem ein vom Rotor durch die Flüssigkeitsförderung aufgebauter hydraulischer Unterdruck gegenübersteht. Bei dem radial tief eingeschnittenen Stern der Umlenkstege kommt es im Bereich der Rotationsebene stets zu einem instabilen Hin- und Herflattern der Phasengrenze zwischen Gas und Flüssigkeit. Überwiegt der hydraulische Unterdruck momentan, so kann örtlich Gas durchgerissen werden und es gelangen einzelne grosse Gasblasen in die Flüssigkeit. Sinkt der hydraulische Unterdruck jedoch gegenüber dem erforderlichen Mittelwert ab, so schlägt Flüssigkeit örtlich bzw. momentan durch den Radstern in das Saugrohr zurück, wodurch vorübergehend wenig Gas angesaugt wird. Dies erklärt wahrscheinlich den bei der bekannten Einrichtung in der Praxis beobachteten, sehr unruhigen Lauf mit grobblasigem Gaseintritt und dementsprechend schlechtem Gasübergang.

Bei einer anderen bekannten Einrichtung (FR-PS Nr. 1050396) ist weder ein grosser achssenkrech angeordneter Schirm noch ein für Gas und für Flüssigkeit doppelseitig beschauelter Rotor vorgesehen. Es wird vielmehr das angesaugte Gas ausschliesslich durch die einzig vorhandene, gasfördernde Beschauelung in die Flüssigkeit hineingepresst, wodurch viel Antriebsenergie verlorengeht, da der an der Stelle des Rotors herrschende Flüssigkeitsdruck von dem gasfördernden Schaufelrad überwunden werden muss, was mit geringem Durchsatz verbunden ist und die spezifische Sauerstoffeintragsleistung stark mindert. Die Rührflügel, die unterhalb der gasfördernden Beschauelung mit Abstand davon angeordnet sind, erzeugen ferner keine enggebündelte rasche Strömung, wie sie für ein Dispergieren feiner Bläschen mit turbulenter Umwälzung erforderlich wäre; sie leisten lediglich ein mehr oder minder gleichmässiges Verteilen von gesättigter Flüssigkeit im Behälter.

Gleiches gilt hinsichtlich einer weiteren bekannten Einrichtung (CH-PS Nr. 466818), bei der am unteren Ende des Tauchrohres ein kleiner Kragen oder Flansch angeordnet ist, der an seinem Aussenumfang einen beschauelten Diffusor trägt. Kragen und Diffusor sind Bestandteile der gasfördernden Pumpe. Der den Rotor umgebende Diffusor bewirkt eine Verzögerung der Strömung. In kurzem Radialabstand um den Diffusor herum ist ein Zylinder angeordnet, der als Umlenkschirm die Strömung in die Vertikale zwingt und eine radiale Ausbreitung der Gasblasen verhindert. Ein energiearmer Gaseintrag lässt sich bei einem solchen Aufbau nicht erreichen.

Eine andere bekannte Konstruktion weist eine Doppelanordnung von Schirmen auf (DE-OS 2229833), wodurch die vom Rotor ausgeworfene Strömung starr kanalisiert wird. Die beiden im Abstand voneinander angeordneten Schirme bilden einen Radialdiffusor, in dem der Strömungsquerschnitt für eine radial verlaufende Strömung von innen nach aussen proportional zur Entfernung vom Zentrum zunimmt. Wenn der Abstand zwischen den Schirmen von innen nach aussen ausserdem noch ansteigt, ist aus Kontinuitätsgründen eine starke Radialverzögerung der Strömung unausweichlich. Durch eine solche sehr schädliche Strömungsverlangsamung wird die Blasenkoaleszenz begünstigt; eine Vereinzelung und gegenseitige Entfernung der vom Rotor dispergierten Gasblasen kann nämlich nicht erzielt werden. Infolgedessen tritt die Strömung am Aussenrand zwischen den beiden Schirmen relativ langsam und grobblasig aus, wobei die Auftriebskräfte der Grobblasen gegenüber den Massenkraften der strömenden Flüssigkeit überwiegen. Die steil zum Flüssigkeitsspiegel aufsteigenden groben Blasen bilden einen kräftigen

Schleier, der eine Schleppe Wirkung auf die Flüssigkeit ausübt. Bei kurzen Kontaktzeiten und nur relativ geringen Kontaktflächen ist der erzielbare Gasübergang entsprechend schlecht.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, alle diese Mängel zu beseitigen und eine Einrichtung der eingangs geschilderten Art zu schaffen, die bei einfacher Konstruktion, preisgünstiger Fertigung sowie bequemer Montage und Wartung einen zuverlässigen, wirksamen Betrieb über lange Zeiträume gewährleistet und einen feinblasigen Gaseintrag ermöglicht.

Die Erfindung löst die gestellte Aufgabe dadurch, dass der Rotor nach Art eines doppelflutigen, radial durchströmten Pumpen- oder Gebläserades einen auf beiden gegenüberliegenden Seiten Förderschaukeln tragenden, geschlossenen Radscheibenkörper aufweist, der im Durchmesser grösser ist als der lichte Durchmesser des Tauchrohres, und dass der radial innere Bereich des Schirmes axial und radial unterbrechungsfrei bis an die oberseitigen Schaukeln des Rotors heranreicht, ohne sie zu berühren.

Es ist eine wichtige Erkenntnis, dass die Art der Kontur und der Flächeninhalt der Projektionsfläche des Radscheibenkörpers mitentscheidend für die Blasengrösse des eingetragenen Gases ist. Dieser Zusammenhang ist konstruktiv realisiert, indem erfindungsgemäss ein geschlossener Radscheibenkörper am Rotor vorgesehen ist, dessen Projektionsfläche den gasfördernden Querschnitt am Saugrohrende vollflächig überdeckt. Im gesamten gasführenden Durchmesserbereich des Rotors wird also die Phasengrenze durch eine geschlossene Wand stabilisiert und zugleich näher an die Saugrohrstirnkante herangerückt, denn es erfolgt nicht nur eine radiale Trennung der Phasen, sondern die Wand ist radial gleichbleibend so weit nach aussen gelegt, dass sich über den ganzen Umfang des Radscheibenkörpers hinweg ein kontinuierlich hoher hydraulischer Unterdruck aufbauen kann. Das einzutragende Gas wird mithin gezwungen, durch einen schmalen Schlitz entlang einer grossen Umfangsstrecke in die Flüssigkeit überzutreten, so dass zwangsläufig feine Gasblasen entstehen.

Die starke Neigung kleiner Bläschen, zu groben Blasen zu koaleszieren und aufzusteigen, soll der Schirm verhindern. Dazu ist er nach der Erfindung axial und radial derart ausgebildet, dass die vom Rotor ausgeworfene Dispersion mit grosser Geschwindigkeit und entsprechender Turbulenz unter ihm in einer relativ dünnen Strömungsschicht entlangströmt. Die Blasen können auf Grund der hohen Turbulenz nicht koaleszieren, die im Gegenteil einen weiteren Bläschenzerfall mit ständiger Phasengrenzenerneuerung bewirkt, was den Gasübergang begünstigt. Weil der grosse Schirm unterbrechungsfrei bis in den saugwirksamen Rotorbereich hineinragt, verhindert er ausserdem, dass die Bläschen aufsteigen. Sie werden niedergehalten und zwangsweise auf grosser Umfangsstrecke verteilt, wodurch sich ihr gegenseitiger Abstand vergrössert. Die weiträumige Bläschendisersion und Vereinzelung unterbindet weitestgehend die Möglichkeit, mit Nachbarbläschen zu koaleszieren. Daher kann die sich verlangsamende Strömung die feinen Bläschen in der Schwebe halten, was bei grösseren Blasen nicht möglich wäre. Die feine Bläschendisersion wird nun gleichmässig im Beckeninhalte verteilt. Dabei ist die insgesamt je Mengeneinheit tatsächlich gelösten Gases aufgewendete Antriebsleistung wesentlich geringer als nach dem Stand der Technik.

Eine wichtige Ausgestaltung der Erfindung besteht darin, dass an der Flüssigkeitseintrittsseite alle Teile des Rotors völlig frei der Flüssigkeit ausgesetzt, also keine Einbauten wie Leitflächen, Zufuhrkanäle, Hilfsrotoren oder dgl., vorhanden sind. Sie würden lediglich die Strömung behindern und in grob verunreinigten Flüssigkeiten Ansatzflächen zum Festsetzen von Fasermaterial oder dgl. bilden, was eine weitere Querschnittsverengung und Strömungsverlangsamung zur Folge hätte. Die Strömung muss möglichst verlustarm bleiben, denn eine rasche Umwälzung mit vor allem am Rotorausstritt schneller Flüssigkeitsströmung bei geringstmöglicher Rotorantriebsleistung ist für die Erzielung eines

optimalen Gaseintrages je Einheit Antriebsenergie von grosser Bedeutung. Je rascher die Flüssigkeit am Rotor austritt, um so mehr Gas wird durch Injektorwirkung angesaugt; und je schneller die Behälterflüssigkeit umgewälzt wird, um so grösser kann das Diffusionsgefälle für das Gas bzw. für eine Gaskomponente, beispielsweise Luftsauerstoff, an den in den Bereich der Begasungseinrichtung gelangenden Flüssigkeitsvolumina sein, d.h. um so intensiver wird z.B. Sauerstoff aus eingetragener Luft aufgenommen. Sowohl saugseitige Einbauten wie auch unnötige doppelte Leitschirme oder dgl. an der Rotoraustrittsseite würden die Saug- und Umwälzströmung nur behindern. Diese bleibt daher zweckmässigerweise in ihrem Verlauf sich selbst überlassen. Demgemäss kann lediglich ein einziger, die Rotoraustrittsströmung nur nach oben begrenzender Schirm vorhanden sein, durch dessen Verteilerwirkung das frei strömende Flüssigkeits/Gas-Gemisch radial weit in den Behälterinhalt hineingefördert wird.

Da der Schirm der erfindungsgemässen Einrichtung sehr gross sein kann, vermag sich darüber in einem sogenannten Totwasser-gebiet gasreiche Flüssigkeit anzusammeln, die vom übrigen Beckeninhalte getrennt und für die Begasung wirkungslos umlaufen würde. Um diese sogenannte Totwasserwalze möglichst verlustarm zu führen, sie in die Hauptbeckenströmung zurückzuleiten und auch diesen Volumenteil gleichmässig mit dem gesamten Inhalt des Behälters zu vermischen, können strömungsgünstige, rotationssymmetrische Umlenkflächen im Bereich der Flüssigkeitsoberfläche und im Übergangsbereich zum Schirm an der Begasungseinrichtung vorgesehen sein. Die Totwasserwalze wird durch einen am Schirmumfang aufsteigenden Blasenschleier ständig angetrieben. Die dadurch in die Flüssigkeit hineingetragene kinetische Energie bleibt an den Umlenkstellen weitgehend erhalten, so dass sich oberhalb des Schirmes eine spürbare zentrifugale Strömung mit gut begaster Flüssigkeit ausbildet. Diese strömt relativ rasch bis zum Schirmrand und vermischt sich mit der darunter hervortretenden Hauptströmung. Die durch den Blasenschleier an die Flüssigkeit übertragene Strömungsenergie wird so in hohem Masse für das Umwälzen des übrigen Beckeninhaltes ausgenutzt. Zugleich erzielt man den wichtigen Vorteil, dass die Eintauchtiefe des Umwälzbegasers ohne Vergrösserung der Leistungsaufnahme gegenüber weniger strömungsgünstiger Führung der Umwälzströme erhöht werden kann. Versuche haben gezeigt, dass der spezifische Gaseintrag ein ausgeprägtes Optimum hat, wenn der Aussendurchmesser des Schirmes so bemessen wird, dass die Geschwindigkeitshöhe der Strömungsgeschwindigkeit am Schirmrand kleiner als die Eintauchtiefe ist.

Nicht nur die sich unmittelbar um den Umwälzbegaser herum oberhalb des Schirmes ausbildende Flüssigkeitswalze wird verlustarm geführt, sondern auch die Hauptströmung im Becken, wozu eine Vielzahl von Massnahmen beitragen können. Bei der Umwälzung mittels einer untergetauchten Begasungseinrichtung können zwei rotationssymmetrische, sich gegenseitig durchströmende Flüssigkeitswalzen übereinander vom Rotor her angeschoben werden. Durch spezielle Abstimmung der Bemessung der Behältertiefe in bezug auf Beckenform — im Vertikalschnitt gesehen — und Eintauchtiefe ergeben sich wesentlich kleinere Verluste als herkömmlich.

Der Begasungsrotor saugt an seiner Unterseite Flüssigkeit aus tiefliegenden Schichten des Behälters an und führt sie mit hoher Geschwindigkeit an der radialen Aussenkante des Radscheibenkörpers vorbei. Dort tritt die vom Rotor bewegte, gasangereicherte Flüssigkeit mit hoher Geschwindigkeit radial aus. Die in dem Gemisch enthaltenen Gasblasen haben die Tendenz, diese zunächst tellerartige radiale Strömung schon innerhalb des Rotors schirm- oder schüsselartig nach oben abzurängen, wodurch sich die Kontaktzeit des Gases mit der Flüssigkeit verkürzen und eine Entmischung (Blasenkoaleszenz) eintreten würde. Angestrebt wird aber eine möglichst lange Kontaktzeit zwecks Stabilisierung des feinblasigen Gemisches sowie eine tiefe Lage und ein flacher Verlauf der Tellerströmung, damit auch möglichst tiefe Schichten

von der Umwälzbewegung erfasst, in Radialrichtung stabilisiert und mit grosser Unterwasser-Wurfweite abgegeben werden. Dies lässt sich z.B. dadurch verwirklichen, dass an den gaseitigen, axialen Stirnseiten der Schaufeln wenigstens in dem radial über den Radscheibenkörper überstehenden Bereich achsenrecht verlaufende Leitflächen vorgesehen sind.

Die für das Ansaugen möglichst grosser Volumina ausgebildete Unterseite des Rotors gibt der Austrittsströmung ohne sonstige Massnahmen eine unerwünscht steile Richtung, die den Gasauftrieb beschleunigen würde. Diese Austrittsströmung kann z.B. durch Leitflächen in die Horizontale umgelenkt und in dieser Richtung stabilisiert werden. Der Richtungswechsel der Tellerströmung bewirkt zusätzliche Wirbel, welche die vom Flüssigkeitsstrom angesaugten Gasblasen verkleinern und ihnen damit eine für Transport und Gasübergang günstigere Grösse geben. Durch die Verlängerung des gemeinsamen Fliessweges von Flüssigkeit und Gasblasen sowie durch die grössere Oberfläche des Gasvolumens werden Kontaktzeit und -fläche zwischen beiden Medien vergrössert. Damit steigert sich auch ganz wesentlich die Ausnutzung der wirksamen Bestandteile in dem angesaugten Gas, wie Sauerstoff in der Luft, Kohlendioxid im Rauchgas oder Ozon in der ozonisierten Luft und am Meer.

Damit sich bei grob verunreinigten Flüssigkeiten, etwa Flüssigmist oder Abwasserschlämme, die Schaufelkanäle nicht zusetzen, können die Leitflächen in Umfangsrichtung zweckmässig kürzer als der Abstand benachbarter Schaufeln sein. In solchen bereichsweise offenen Schaufelkanälen mit durchgehenden Längsöffnungen werden auch grobe mechanische Verunreinigungen mitgerissen. Da sich der Hauptteil der bereits mit feinen Gasblasen angereicherten Austrittsströmung an der — in Drehrichtung — vorderen Seite der Schaufeln befindet, ist es günstig, wenn sich die Leitflächen in Rotordrehrichtung nach vorne erstrecken. Um mechanisch dichte Bestandteile wie Halme, Fasern, Papierschnitzel und dgl. daran zu hindern, sich an einer in Umfangsrichtung vorstehenden Kante der Leitflächen anzulagern, ist deren freie, in Drehrichtung vordere Kontur vorteilhaft derart gestaltet, dass sie an einem beliebigen Konturenpunkt mit einem dorthin gezogenen Zentrumsstrahl einen spitzen Winkel einschliesst. Verunreinigungen gleiten dann stets radial nach aussen ab.

Die Umlenkung der innerhalb des Rotors zunächst schräg aufsteigenden Strömung in die Horizontale und das Mitreissen der feinen Gasblasen wird noch mehr gefördert, wenn die Leitflächen vorzugsweise sichelförmig radial nach aussen über die Schaufelspitzen hinaus verlängert sind. Diese Leitflächenverlängerungen erzeugen zusätzlich zu der bereits erwähnten Tellerströmung eine weitere, sehr dünne, gasblasenfreie, schirm- oder tellerartige, raschere Strömung, die sich über den zunächst genannten, mit Gasblasen angereicherten Grundstrom legt. Diese raschere, obere, dünne Abdeck- oder Schirmströmung kann die Gasblasen erst durchbrechen, wenn deren Steigkraft grösser ist als die horizontalen Bewegungsimpulse der darüber befindlichen blasenfreien Schirmströmung. Letztere saugt nebenbei vornehmlich oberhalb des Rotors befindliche Flüssigkeit an und verlängert so die Kontaktzeit zwischen den beiden Medien.

Beim feinblasigen Gaseintrag wird je nach Art der Flüssigkeit zwangsläufig auch Schaum erzeugt. Es können suspendierte Stoffe ausflotiert werden, die sich in bis über den Antriebsmotor hinauswachsenden Schaumdecken von grosser Mächtigkeit einlagern können. Die durch den Kühlventilator in das Innere des Antriebsmotors hineingesogene Schaumfeuchtigkeit und die mitgetragenen Schmutzpartikel können im Motor mechanische und elektrische Beschädigungen hervorrufen. Es kommt sogar vor, dass ausflossene Substanzen sich an den die Belüftungseinrichtung tragenden Schwimmern stark angereichert ablagern, mit diesen die ganze Anlage in die Tiefe ziehen und auch dadurch mechanische oder elektrische Folgeschäden verursachen.

Es ist schon versucht worden, den Schaum zusammen mit der einzutragenden, am Tauchrohr angesaugten Luft in den Beckenin-

halt zurückzuführen. Dies führt über kurz oder lang zu einer Verstopfung des Ansaugquerschnittes. Im übrigen versagt diese Methode ohnehin von vornherein in den Fällen, in denen ein Gas, z.B. Kohlendioxid oder sonst eine Abluft, in die Flüssigkeit eingetragen werden soll und das Tauchrohr an jeder Stelle nach aussen hin geschlossen sein muss. Demgegenüber ist bei einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung um das Tauchrohr herum ein Schaumfallrohr angeordnet, das einen gegenüber dem Gasansaugkanal des Tauchrohres gesonderten Rückführkanal für Schaum und/oder Schwimmstoffe bildet.

Die günstigste Höhe der Schaumfallkante ist fallweise empirisch zu ermitteln. Sie wird auf jeden Fall oberhalb des Flüssigkeitsspiegels liegen, vorzugsweise etwa 10 bis 25 cm darüber. Die Schaumdecke kann um etwa dasselbe Mass über die Höhe der Schaumfallkante hinauswachsen; will man sie je nach Art des Schaumes auf eine Mächtigkeit von etwa 25 bis 50 cm begrenzen, so kann hierzu am oberen Ende des Schaumfallrohres ein axial justierbarer Ring vorgesehen sein, der sich z.B. über wenigstens drei radial feststehende Befestigungs- und Führungsschrauben und eine entsprechende Anzahl schraubenlinienförmig verlaufender Langlöcher im Ring durch eine Drehbewegung nach Art einer Mutter axial verstellen lässt.

In manchen Einsatzfällen schwankt das Schäumverhalten der Flüssigkeit; gerade dann ist es wichtig, die Schaumfallkantenhöhe der jeweiligen Schaumentwicklung anpassen zu können. Die Schaumdecke darf nicht zu hoch über die Schaumfallkante hinauswachsen, weil es sonst leicht zu Brückenbildung innerhalb des ringförmigen Querschnittes des Schaumfallrohres kommen kann. Die Verschiebbarkeit der Schaumfallkante mittels eines axial beweglichen Ringes ist nur in solchen Fällen anwendbar, in denen die Flüssigkeit nicht übermässig schmutz- und krustenbildend ist. Neigt die zu begasende Flüssigkeit stärker zu Ablagerungen und zur Krustenbildung an den Wänden, so ist es besser, den Überstand des Schaumes in etwa der gleichen Größenordnung zu halten wie die radiale Abmessung des ringförmigen Schaumfallquerschnittes, indem man die ganze Belüftungseinrichtung entsprechend dem Anwachsen bzw. Absinken der Schaumschicht anhebt bzw. absenkt. Hierzu kann auf dem Schwimmer eine Seilrolle und eine Seilwinde angeordnet sein, mit denen die an einem Seil aufgehängte Einrichtung auf- und abbewegbar ist.

Der vom Schaumfallrohr umschlossene Kanal mündet mit Vorteil in einen die Ansaugöffnung des Tauchrohres umgebenden Ringschlitz an der Oberseite des Rotors innerhalb von dessen Saugbereich aus. Wenn der zwischen Ringschlitz und Ansaugöffnung verbleibende Ringspalt radial eine genügende Mindestbreite hat, so lässt sich eine beachtliche Saugkraft des Rotors aufbauen.

Vorteilhaft ist ferner eine Ausgestaltung, wonach der Aussendurchmesser des Ringschlitzes etwa so gross ist wie oder kleiner als der Rotoraussendurchmesser.

Damit sich in dieser Querschnittsverengung keine Verstopfungen bilden können und sich hier ein Vordrall der Luftströmung ausbilden kann, wird der Kanal in seinem letzten Abschnitt bis zum ausmündenden Ringschlitz zweckmässig von Distanzhaltern, Einbauteilen und dgl. freigehalten. Die Sauberhaltung des Ringschlitzes und die Ausbildung eines Vordralls wird z.B. durch auf der Oberseite des Radscheibenkörpers des Rotors axial nach oben sich in den Ringschlitz hinein erstreckende Räumfinger begünstigt.

Die distanzhaltenden Einbauteile im Schaumfallrohr können derart gestaltet sein, dass sie eine Drallbildung der Luft begünstigen. Um das herkömmlicherweise nötige Einhängen von Blechen zum Abfangen gröberer Schmutzteile oder Schwimmbeckenteile im Schaumfallrohr zu vermeiden, kann vorgesehen sein, dass die Distanzhalter jeweils als sich unterbrechungsfrei über die axiale Länge der Abstützung erstreckende Bleche ausgebildet sind.

Auch bei einer Belüftungseinrichtung mit Schaumfallrohr ist um die Ansaugöffnung und den Ringschlitz herum ein radial stehender Blasenverteilschirm angeordnet. Wird er vom Schaumfallrohr gehalten, so lässt sich der Ringschlitz frei von Einbautei-

len halten. Der Übergang vom Tauchrohr bzw. vom Schaumfallrohr in den Schirm kann auch mit im Axialschnitt strömungsgünstigen Umlenkflächen versehen sein.

Die oberflächennahe Umlenkfläche ist vorteilhaft derart unterhalb der Flüssigkeitsoberfläche angeordnet, dass sich ihre Höhenlage bei Justierung der Höhe der Schaumfallkante nicht mit verändert. Ist zur Anpassung der Höhenlage der Schaumfallkante an die Schaumschichtstärke ein Anheben bzw. Absenken der ganzen Belüftungseinrichtung vorgesehen, so sind diese oberflächennahen Umlenkflächen am besten unmittelbar am Schwimmer befestigt.

Zur Erleichterung der Fertigung, des Transportes, der Montage und der Wartung, z.B. bei starker Verunreinigung, ist es zweckmässig, wenn das den Schirm haltende Schaumfallrohr als separater, über das Tauchrohr axial hinweg verschiebbarer Teil ausgebildet und so bequem demontierbar ist.

In der Zeichnung sind Ausführungsbeispiele der Erfindung dargestellt, und zwar zeigen:

Fig. 1 einen Übersichtsquerschnitt durch einen Flüssigkeitsbehälter mit einer erfindungsgemässen Begasungseinrichtung,

Fig. 2 einen vergrösserten Querschnitt durch eine Begasungseinrichtung ähnlich Fig. 1,

Fig. 3 einen weiter vergrösserten, vertikalen Längsschnitt durch den unteren Teil einer erfindungsgemässen Begasungseinrichtung,

Fig. 4 eine axiale Draufsicht auf die Oberseite des Rotors der Einrichtung von Fig. 3,

Fig. 5 eine vertikale Schnittansicht einer weiteren Ausführungsform einer Begasungseinrichtung nach der Erfindung,

Fig. 6 eine gasseitige Axialansicht eines Rotors für eine erfindungsgemässe Begasungseinrichtung,

Fig. 7 eine schematisierte Ausschnitt-Seitenansicht einer schwimmend angeordneten Begasungseinrichtung nach der Erfindung mit absenk- und anhebbarer Begasungseinheit und

Fig. 8 eine Draufsicht auf die Anordnung von Fig. 7.

Ein flüssiges Substrat 1, z.B. Flüssigmilch, ist im Beispiel der Fig. 1 in den strömungsgünstig gestalteten, vorzugsweise runden Behälter 2 eingefüllt. Geeignet wäre auch ein etwa quadratischer Behälter mit abeschrägten oder gerundeten Ecken. Über eine aus Stahlträgern gebildete Brücke 3 ist im Behälter 2 mittig eine Belüftungseinrichtung 4 mit Tauchrohr 5, Rotor 6 und Antriebsmotor 7 angeordnet. Der Behälter 2 kann im Querschnitt etwa halbquadratisch sein, so dass der Durchmesser D etwa doppelt so gross ist wie die Füllhöhe H bei Betrieb. Auf dem Flüssigkeitsspiegel 8 kann je nach Art des Substrates 1 eine Schaumdecke oder eine Schwimmdecke 9 (Fig. 2) gebildet sein. Die Eintauchtiefe t der Belüftungseinrichtung 4 in die Flüssigkeit beträgt etwa ein Viertel der Füllhöhe H. Durch diese Anordnung — $H \approx D/2$ und $t \approx H/4$ — ergeben sich besonders günstige Strömungsverhältnisse, so dass es möglich ist, die Umröhlung mit geringstem Energieaufwand optimal aufrechtzuerhalten. Zusätzlich sind in den Eckenbereichen am Boden und in Spielgelehnähe Verdrängerkörper 10 bzw. 11 angeordnet, die eine verlustarme Strömungsumlenkung bewirken. Ferner ist am Boden unterhalb des Rotors 6 in der Beckenmitte ein rotationssymmetrischer Verdrängungskörper 12 von Kegel- oder Hyperboloidform angeordnet, um eine möglichst verlustarme Umlenkung einer zentripetalen, horizontalen Flüssigkeitsbewegung in eine aufwärtsgerichtete Strömung zu begünstigen. Im Becken 2 des dargestellten Querschnitts bilden sich daher im wesentlichen zwei rotationssymmetrische Flüssigkeitswalzen aus, die vom Rotor 6 her angeschoben werden, nämlich eine Grundwalze (Strömungspfeile 13), die sich ständig mit einer sauerstoffreichen, oberflächennahen, zentrifugalen Flüssigkeitsströmung (Strömungspfeile 13a) vereinigt, und eine kleinere Oberwalze (Strömungspfeile 14), die durch aufsteigende Blasen von eingetragenem Gas angetrieben wird.

Mit der dargestellten Anordnung erzielt man eine besonders hohe Eintragsleistung von Luft und damit von Sauerstoff in das

Substrat 1 durch möglichst verlustarme Umwälzung und Vermischung des gesamten Beckeninhaltes derart, dass die mit Gasblasen besonders gut erreichbaren Flüssigkeitsgebiete mit weniger gut erreichbaren Zonen ständig in Kontakt gebracht werden. Während der Belüftungszeit wird der örtliche Sauerstoffgradient innerhalb des Substrats 1 sehr gering gehalten, so dass nicht etwa örtlich eine teilweise Sättigung und an anderer Stelle teilweise noch ein starkes Defizit an Sauerstoff eintritt. Durch Umwälzung, Durchmischung und Vergleichsmässigung des Sauerstoffgehaltes wird die Sättigungszeit für den gesamten Beckeninhalt verkürzt, d.h. die erforderliche Antriebsleistung je Mengeneinheit an eingetragenen und gelöstem Sauerstoff wird geringer im Vergleich zu einer weniger guten, verlustreicheren Mischung und Umwälzung des Beckeninhaltes nach dem Stand der Technik. Die Beckengestaltung und die Anordnung der Belüftungseinrichtung 4 innerhalb des Behälters 2 ist also für die technologische Leistungsfähigkeit mit entscheidend.

Die in Fig. 2 bis 4 vergrössert gezeigte Belüftungseinrichtung 4 ist über Abstandshalter 16 an einer Plattform 15 befestigt, die ihrerseits Teil einer Brücken- oder einer Schwimmkonstruktion ähnlich Fig. 7 und 8 sein kann. Die Einrichtung 4 taucht unter den Spiegel 8 einer in einem (hier nicht gezeichneten) Behälter befindlichen Flüssigkeit ein. Der Belüfter 4 besteht im wesentlichen aus dem Tauchrohr 5, welches mittels eines Flansches 5a an der Plattform 15 befestigt ist, dem Antriebsmotor 7 mit einer das Tauchrohr 5 durchsetzenden Antriebswelle 17 und dem an ihrem Ende befestigten, unterhalb des Tauchrohres 5 liegenden Rotor 6. Das Tauchrohr 5 kommuniziert oben mit der Luft über der Plattform 15 und endigt unten mit möglichst geringem axialem Spiel an einer luftseitigen Beschaukelung des Rotors 6. Das letzterem zugekehrte Ende des Tauchrohres 5 bildet daher eine Ansaugöffnung 18.

Die Welle 17 kann im Motor 7 weitestgehend schwingungsfrei gelagert sein. Wahlweise oder zusätzlich kann nahe dem unteren Ende der Welle 17 ein Stützlager 17a vorgesehen sein, das seitliche Ausschläge der Welle 17 unmöglich macht.

Der Rotor 6 besteht aus einem Radscheibenkörper 19 mit strömungsgünstig gewölbter Ober- und Unterseite sowie aus beiderseits des Radscheibenkörpers 19 angebrachten Schaufeln, von denen die Schaufeln 20 auf der Oberseite des Radscheibenkörpers 19 die oberhalb der Plattform 15 angesaugte Luft und die Schaufeln 21 auf der Unterseite des Radscheibenkörpers 19 Flüssigkeit (Substrat 1) fördern. Die Anzahl der Schaufeln 20 auf der Oberseite ist grösser als die der Schaufeln 21 auf der Unterseite. Soweit möglich sind die oberseitigen und unterseitigen Schaufeln 20, 21 deckungsgleich angeordnet. Die Flüssigkeitsschaufeln 21 und diejenigen Luft- bzw. Gasschaufeln 20, welche mit ersteren deckungsgleich liegen, erstrecken sich über den Aussendurchmesser d_r des Radscheibenkörpers 19 hinaus bis auf einen Durchmesser d_a , wodurch die äussere Begrenzung des Rotors 6 gebildet ist (Fig. 3).

Der vom Antriebsmotor 7 in Umlauf versetzte Rotor 6 saugt durch die Ansaugöffnung 18 und das Tauchrohr 5 Luft aus der Atmosphäre an (Strömungspfeile 22); zugleich saugt der Rotor 6 axial aus der Tiefe des Beckens 2 Flüssigkeit 1 an (Strömungspfeile 23). Beide Medien, Luft und Flüssigkeit, werden am Rotoraustritt dispergiert und radial nach aussen ausgeworfen (Strömungspfeile 24). Um den Rotor 6 herum ist ein breiter Schirm 26 angeordnet, an dessen Unterseite die turbulente Strömung 24 zunächst entlangfliesst, wobei das Luft-/Flüssigkeitgemisch feinblasig dispergiert wird und aufgrund der Turbulenz ein intensiver Phasengrenzenaustausch stattfindet.

Der Schirm 26 hindert die dispergierten Luftblasen zunächst am Aufsteigen und hält sie mit der zentrifugal ausgeworfenen Flüssigkeit über eine lange Strecke hinweg in turbulentem Kontakt. Im radialen Bereich des Schirmes 26 hat die vom Rotor 6 ausgeworfene Flüssigkeit noch eine hohe Strömungsgeschwindigkeit und Turbulenz, was eine Blasenkoaleszenz verhindert. Die

eingetragene Luft bleibt feinblasig und in geringer Mächtigkeit in der Strömungsflüssigkeit erhalten; der Gasaustritt ist dadurch sehr gering.

Der Schirm 26 darf aber nicht zu gross sein und sich nicht in solche Bereiche hinein erstrecken, in denen sich die Flüssigkeitsströmung unter gewisse Mindestgeschwindigkeitswerte verlangsamt; sonst käme es am Rande des Schirmes 26 doch noch zu Grobblasenbildung und zu einem Rückstau von Flüssigkeit, der sich nicht nur auf die ganze Umwälzbewegung im Becken 2 ungünstig auswirken, sondern auch eine starke Beeinträchtigung des Überganges der Blasen in die Flüssigkeit bringen würde. Ausserdem wäre bei Rückstau und Grobblasenbildung das vom Rotor 6 eingetragene Gas in so grosser Mächtigkeit unter dem Schirm 26 vorhanden, dass ein Auftrieb entstünde, der schwimmende Belüftungseinrichtungen 4 anheben und deren Lagestabilität beeinträchtigen könnte.

Um diesen Mängeln zu begegnen, ist eine solche Bemessung vorgesehen, dass die Geschwindigkeitshöhe der Schirmaustrittsströmung etwas geringer als die Eintauchtiefe t des Rotors 6 ist. Dadurch wird die eingetragene Antriebsenergie besonders günstig ausgenutzt, und die Flüssigkeit innerhalb des Bereichs des Schirmes 26 strömt mit Sicherheit noch ausreichend schnell, um eine Grobblasenbildung zu verhindern. Der richtig bemessene Schirm bietet im Zusammenwirken mit der Strömungsturbulenz innerhalb des Substrates 1 den weiteren Vorteil eines intensiven Phasengrenzenaustausches mit der feinblasig dispergierten eingetragenen Luft. Die rasche Phasengrenzenenerneuerung begünstigt einen Sauerstoffübergang, indem sie in der unmittelbar benachbarten Grenzschicht der Flüssigkeit die schnelle Gassättigung unterbindet, welche sonst die weitere Sauerstoffaufnahme verlangsamen würde. Diese Turbulenz wird noch gefördert oder zumindest trotz Strömungsverlangsamung aufrechterhalten, wenn an der Unterseite des Schirmes 26 Unstetigkeiten 27 (Fig. 3), z.B. in Form von kleinen Bolzen, Noppen oder dgl. angeordnet sind, deren Höhe sich durch die Blasendurchmesser bestimmt.

Am Aussenumfang des Blasenschirmes 26 bildet sich aufgrund des Gasaufrisses ein aufsteigender Blasenschleier (Strömungspfeile 28). Diese Aufwärtsströmung 28 verursacht oberhalb des Schirmes 26 eine die Belüftungseinrichtung 4 ringförmig umgebende Strömungswalze (Pfeile 14). Durch Einbau von strömungsbegünstigenden Umlenkflächen 29 (Fig. 2 und 3) unterhalb der Wasseroberfläche 8 und am Übergangsbereich in den Schirm 26 werden die Strömungsverluste dieser Flüssigkeitsschicht 14 besonders gering gehalten, wobei die durch den Blasenschleier 28 in das Substrat 1 hineingetragene kinetische Energie weitgehend erhalten bleibt.

Je nach Art der zu begasenden Flüssigkeit 1 bildet der aufsteigende Blasenschleier 28 mehr oder weniger stark Schaum. Zur Begrenzung der Mächtigkeit einer solchen Schaumdecke 9 (Fig. 2) kann zur betriebssicheren Rückführung des Schaumes in das Substrat 1 konzentrisch um das Tauchrohr 5 herum ein Schaumfallrohr 30 angeordnet sein, welches zusammen mit dem Tauchrohr 5 einen ringförmigen Schaumfallkanal 31 bildet und welches über einen die Ansaugöffnung 18 umgebenden Ringschlitz 32 im unmittelbar wirksamen Bereich auf der Oberseite des Rotors 6 mündet. Ein zwischen Ringschlitz 32 und Ansaugöffnung 18 befindlicher Ringspalt 33 mit einer gewissen radialen Mindestbreite b_f gewährleistet eine ausreichende Saughöhe für die durch das Tauchrohr angesaugte Luft. Der Aussendurchmesser d_s des Ringschlitzes 32 ist so bemessen, dass dieser sich nur bis in Bereiche hinein erstreckt, in denen eine Saugwirkung des Rotors 6 noch vorhanden ist. Auch die Öffnung 18 ist derart bemessen, dass in ihrem Bereich der von dem Belüfter 4 erzeugte Unterdruck grösser ist als der Gegendruck, welcher der Eintauchtiefe t des Rotors 6 entspricht.

Die dargestellte Anordnung verhindert, dass sich im Schaumfallrohr 30 ein Flüssigkeitsspiegel ausbilden könnte, da etwa übertretendes Wasser und Schaum sofort durch den Rotor 6

abgeführt werden. Die radiale Breite b_s des Ringschlitzes 32 ist für einen ungehinderten Durchtritt des Schaumes ausgelegt. Der Ringschlitz 32 erstreckt sich zwischen der Ansaugöffnung 18 bzw. dem Ringspalt 33 am unteren Ende des Tauchrohres 5 und dem Schirm 26 am unteren Ende des Schaumfallrohres 30, das mithin die Halterung für den Blasenschirm 26 bildet.

Das Tauchrohr 5 ragt mit seinem oberen Ende über den Wasserspiegel 8 hinaus und bildet dort eine Schaumfallkante 34 für den Schaum 9. Die Überfallhöhe H_k der Schaumfallkante 34 ist der Mächtigkeit H_s der Schaumdecke so anpassbar, dass ein gewisser Überstand $H_{\bar{u}}$ des Schaumes 9 über der Kante 34 die Bildung von Schaumbrücken im ringförmigen Schaumfallkanal 31 unterbindet. Im Ausführungsbeispiel gemäss Fig. 2 ist zu dieser betriebsgemässen Anpassung der Höhw H_k der Schaumfallkante 34 ein Schaumfallring 35 vorgesehen, der durch Drehbewegung gegenüber dem Schaumfallrohr 30 axial beweglich ist, beispielsweise indem Stehbolzen 35a des einen Teils in schräg oder schraubenlinienförmig verlaufende Langlöcher 35b des anderen Teils eingreifen.

Bei sehr stark durch suspendierte Stoffe verunreinigten Flüssigkeiten und Schaumdecken, die in das Schaumfallrohr 30 (Pfeile 36) eine starke Schmutzfracht einbringen, könnte der Ring 35 und damit der Überstand $H_{\bar{u}}$ der Schaumfallkante 34 nach einer gewissen Betriebs- und Verschmutzungsdauer nicht mehr gut einstellbar sein, wenn sich die Gleitflächen mit Schmutz zugesetzt haben und eine Verstellbewegung erschweren. Für diese Fälle ist die in Fig. 7 und 8 dargestellte Konstruktion vorgesehen, die weiter unten erläutert wird.

Zur Wartung ist lediglich eine axiale Befestigung des Schaumfallrohres 30 zu beseitigen und der Rotor 6 zu entfernen. Danach kann das Schaumfallrohr 30 im Bedarfsfall axial von dem Tauchrohr 5 abgezogen werden.

An der Innenseite des Schaumfallrohres 30 sind radialdistanzhaltende Bleche 37 angeschweisst, die radial nach innen vor dem Tauchrohr 5 frei endigen. Lediglich an ihren oberen und unteren Enden sind die Distanzbleche 37 durch Versteifungsringe 38, 38a gegeneinander stabilisiert. Der obere Versteifungsring 38 kann mit Klemmschrauben versehen sein, durch die sich das Schaumfallrohr 30 und der Schirm 26 in der richtigen axialen Position gegenüber dem Tauchrohr 5 und dem Ringspalt 33 axial und in Umfangsrichtung fixieren lassen.

Mit Rücksicht auf die axiale Verschiebbarkeit der Schaumfallkonstruktion auf dem Tauchrohr 5 ist auch der Aussendurchmesser d_s des Ringschlitzes 32, welcher gleich dem Innendurchmesser des Blasenschirmes 36 ist, etwas grösser als der Aussendurchmesser des Tauchrohres 5. Die Distanzhalter 37 sind unterbrechungsfrei durchlaufende Bleche, die dem einfallenden Schaum keinerlei unnötige Angriffsflächen bieten, an denen sich mitgeschleppter Schmutz festsetzen könnte. Die Bleche 37 können schraubenlinienförmig verbunden sein, so dass sie der durch das Schaumfallrohr 30 hindurch angesaugten Luft einen Vordrall im Sinne der Drehrichtung des Rotors 6 erteilen.

Der letzte, vor dem Ringschlitz 32 befindliche Abschnitt 39 des Schaumfallrohres 30, in dem sich der ringförmige Querschnitt des Schaumfallkanals 31 auf den Querschnitt des Ringschlitzes 32 verzüngt, ist von Einbauten freigehalten. Durch diese Querschnittsverengung und die damit einhergehende Strömungsbeschleunigung (Pfeile 36a) wird ein bereits eingeleiteter Drall verstärkt, ohne dass ihn irgendwelche Einbauten in diesen Drallvorraum 39 beeinträchtigen könnten.

Die Ausbildung eines solchen Vordralls wird noch begünstigt durch sich vom Rotor 6 her axial in den Ringschlitz 32 hinein erstreckende und ihn ständig freihaltende Räumfinger 40. Diese sind am Aussenumfang des Radscheibenkörpers 19 des Rotors 6 so angeordnet, dass sie auf der in Drehrichtung 41 rückwärtigen Seite einer Schaufel 20 sitzen, wodurch sie einen ganz geringen Strömungswiderstand bieten.

In den Fig. 5 und 6 ist eine andere Ausgestaltung der Erfin-

dung erläutert. Dieses Ausführungsbeispiel ist einfacher als die vorbeschriebene Konstruktion, da das Schaumfallrohr entfallen kann. Im wesentlichen waagrechte Leitflächen 53 bzw. 54 an den Luftschaukeln 20' unterstützen die Funktion des Blasenschirmes 26 an der Belüftungseinrichtung 4' in vorteilhafter Weise.

Man erkennt in Fig. 6, dass an den Gasschaukeln 20' axial sich erstreckende Leitflächen angeordnet sind. In der oberen Hälfte von Fig. 6 sind kurze Leitflächen 53 und — als Ausführungsvariante — in der unteren Hälfte von Fig. 6 verlängerte Leitflächen 54 gezeichnet, die sich jeweils in dem den Radscheibenkörper 19 des Rotors überragenden Bereich der Gasschaukeln 20' befinden. Die Leitflächen 53 bzw. 54 erstrecken sich nur einseitig von den Schaukeln 20' in Drehrichtung 41 nach vorn und reichen nicht bis zur jeweils benachbarten Schaufel. Eine durchgehende Öffnung (Abstand A) gewährleistet, dass selbst grobe mechanische Verunreinigungen durch den so gebildeten Schaufelkanal hindurchgerissen werden, so dass er stets frei von Verunreinigungen bleibt. Die freie Kante 55 der Leitflächen 53, 54 ist so gestaltet, dass jeder zu einem beliebigen Punkt 56 der Kontur gezogenen Zentrumsstrahl 58 mit der Tangente 57 in diesem Punkt einen spitzen Winkel α einschliesst. Die Kante 55 ist für sich leicht festsetzendes Material abweisend, dadurch bleibt sie stets frei und voll wirksam.

Der Zweck der kurzen Leitflächen 53 besteht darin, das von der Flüssigkeitsströmung in Pfeilrichtung 24 bzw. 41 mitgerissene Gas nicht durch Auftriebskräfte sofort wieder entweichen zu lassen, sondern den dispergierten Gasbläschen wenigstens für eine etwas längere Strecke die Richtung der Radialströmung 24 aufzuzwingen. Hierdurch wird die Kontaktzeit insbesondere sehr feiner Gasbläschen mit der Flüssigkeit erhöht und bei gleicher Antriebsleistung ein besserer Übergang der wirksamen Bestandteile im angesaugten Gas, wie O_2 in der Luft, CO_2 im Rauchgas oder O_3 in ozonierter Luft, erzielt. Überdies wird die Radialströmung 24 nicht so stark nach oben abgedrängt, so dass sie leichter in weniger oberflächennahe Schichten gelangen kann.

Die Kontaktzeit der gasförmigen und flüssigen Medien wird durch sichelartig verlängerte Leitflächen 54 noch weiter gesteigert, indem der mit Gasblasen angereicherte Strom 24 teller- oder schirmartig durch einen dünnen, blasenfreien Strom 25 überdeckt wird. Dessen grosser Horizontalimpuls verhindert die Herauslösung der Gasblasen aus dem sich darunter bewegenden Dispersionsstrom 24. Der sich mit grosser Geschwindigkeit ausbreitende Abdeckstrom 25 kann erst von den Gasblasen durchbrochen werden, wenn ihre Steigkraft grösser ist als der Horizontalimpuls des dünnen Abdeckstromes.

Für stark schmutzende Flüssigkeiten mit stark wechselnder Schaumbildung ist eine Ausbildung und Aufhängung der Begasungseinheit 4' gemäss dem Ausführungsbeispiel von Fig. 7 und 8 zweckmässig. An einer Schwimmerkonstruktion 42 ist die aus Antriebsmotor 7, Rotor 6, Tauchrohr 5, Schaumfallrohr 30 und Schirm 26 bestehende Begasungseinheit 4' über einen veränderbaren Seilzug 49, 50, 51 höhenverstellbar eingehängt. Die Schwimmerkonstruktion 42 kann drei im Winkel von etwa 120° zueinander angeordnete Ausleger 43 aufweisen, die gegenseitig durch Streben oder Rohre 44 abgestützt und versteift sind. Die Ausleger 43 sind an Standrohren 45 angeordnet, die nach unten bis unterhalb des Rotors 6 in seiner höchsten Position reichen können, so dass die ganze Einrichtung auf dem Trockenen ohne Beschädigung des Rotors 6 auf den Standrohren 45 abgestellt werden kann. An letzteren sind jeweils drei Schwimmkörper 46 mit Reifen 47 befestigt. Die Schwimmkörper 46 können gut abgedichtete Kunststoffässer sein, wie sie zum Transport von Flüssigkeiten oder dgl. verwendet werden. Insbesondere bei der Anwendung für stark schmutzende Flüssigkeiten 1 bzw. stark schmutzende Schaumdecken 9 sind grosse Schwimmkörpervolumina wichtig, weil die Schwimmkörper 46 im Betrieb mit einer hohen Schmutzfracht belastet werden.

Das Standrohr 45 eines der Ausleger 43 ist nach oben hin

verlängert. An dieser Verlängerung 45a ist eine Konsole mit einer Standfläche 48 sowie eine z.B. durch eine Handkurbel 49a zu betätigende Seilwinde 49 befestigt. In der Mitte der Anordnung, wo sich die drei Auslegerspitzen treffen, ist eine zur Seilwinde 49 hin gerichtete Rolle 50 angeordnet, über die von der Seilwinde ein Seilzug 51 geführt ist. An diesem hängt über ein entsprechend stabil gebautes Regenschutzgehäuse 52 die Begasungseinheit 4". Durch Anheben bzw. Absenken der Begasungseinheit 4" mittels der Seilwinde 49 kann die Höhe H_k der Schaumfallkante 34 jeweils der Mächtigkeit H_s der Schaumdecke 9 angepasst und so der optimale Überstand H_{ij} eingestellt werden. Bei Spiegelhöhen Schwenkungen bleibt dieser Überstand H_{ij} dank der Schwimmerkonstruktion 42 erhalten. Lediglich wenn sich das Schäumverhal-

ten der zu begasenden Flüssigkeit ändert und daher die Schaumdickenmächtigkeit H_s entsprechend schwankt, muss die Höhenlage des Gehäuse 52 in bezug auf die Spiegelhöhe 8 variiert werden. Die Erfindung zieht auch Mittel in Betracht, mit denen eine gleichzeitige Veränderung der Eintauchtiefe t der Begasungseinheit 4" in einfacher Weise kompensiert werden kann, z.B. durch Höhenverstellbarkeit der Begasungseinheit 4" relativ zu dem Gehäuse 52.

Die Rohr- und Rotorkonstruktion des Ausführungsbeispiels von Fig. 5 und 6 ist prinzipiell bei den Anordnungen nach Fig. 1 bis 4 oder Fig. 7 und 8 ebenfalls anwendbar. Umgekehrt ist die letztere Anordnung zur höhenbeweglichen Halterung auch mit der vereinfachten Begasungseinrichtung 4' geeignet.

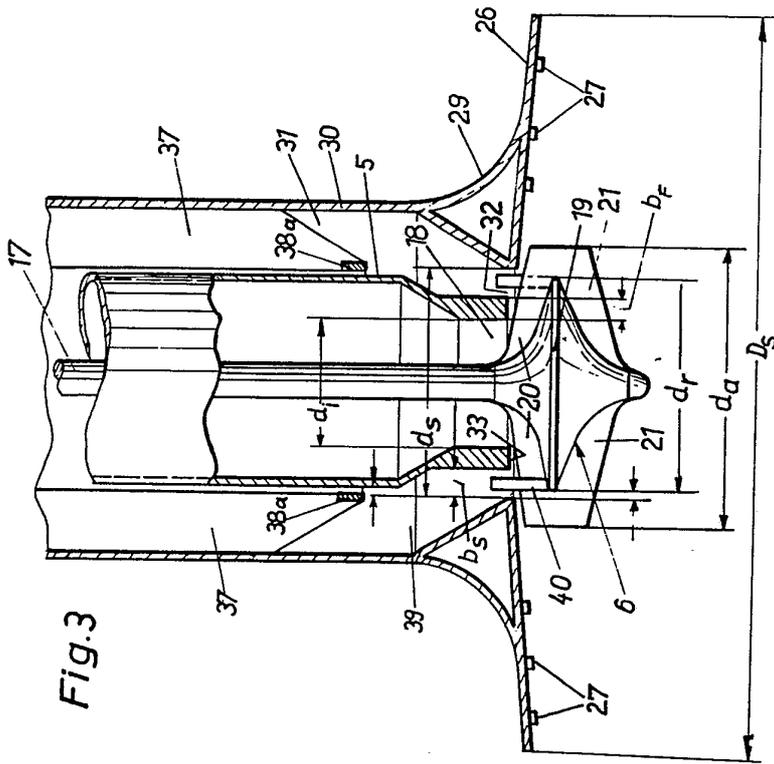


Fig. 3

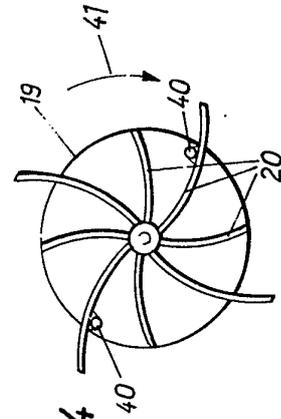


Fig. 4

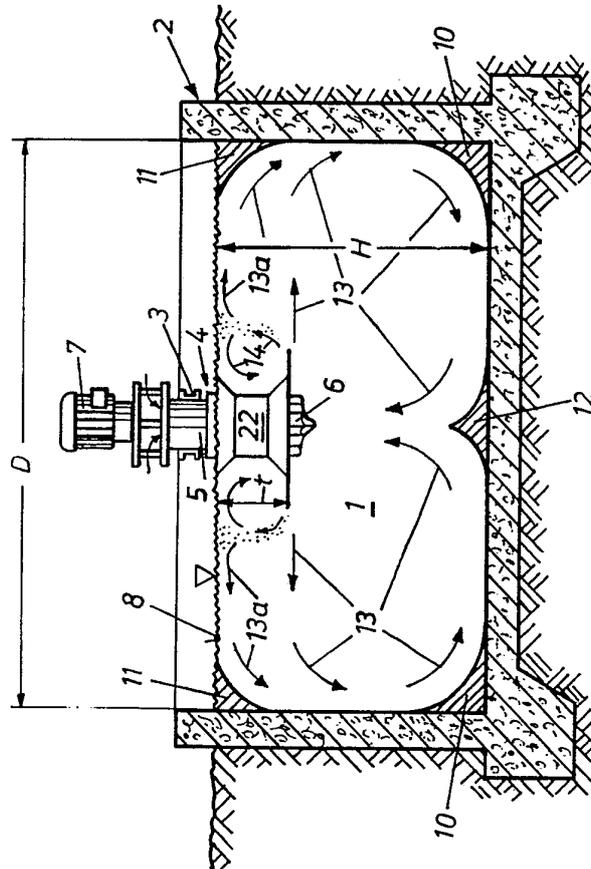


Fig. 1

