



Erteilt gemäß § 18 Absatz 2
Patentgesetz der DDR
vom 27. 10. 1983
in Übereinstimmung mit den entsprechenden
Festlegungen im Einigungsvertrag

5(51) C 02 F 1/62
C 02 F 3/00

DEUTSCHES PATENTAMT

(21)	DD C 02 F / 342 223 0	(22)	28.06.90	(45)	30.04.92
(71)	Chemie AG Bitterfeld – Wolfen, O - 4400 Bitterfeld, DE				
(72)	Neumann, Willi, Prof. Dr. sc. techn. Dipl.-Ing.; Straubo, Gunhild, Prof. Dr. sc. techn. Dipl.-Chem.; Kliche, Horst, Dipl.-Ing.; Briesowsky, Johannes, Dr.-Ing.; Ladwig, Uwe, Dipl.-Ing.; Düresch, Rolf, Dr. rer. nat. Dipl.-Ing.; Schmidt, Jörg, Dr. rer. nat. Dipl.-Chem.; Rodemann, Roderich, Chem.-Ing.; Sauter, Uta, Dipl.-Chem.; Fröbus, Kurt, Dipl.-Lehrer, DE				
(73)	Chemie AG Bitterfeld – Wolfen, O - 4400 Bitterfeld; Technische Hochschule „Carl Schorlemmer“, O - 4200 Merseburg, DE				
(74)	Chemie AG Bitterfeld – Wolfen, Abt. Patente/Lizenzen, O - 4400 Bitterfeld, DE				

(54) Biosorptionsreaktor

(55) Bioreaktoren; Schwermetallakkumulation; Biosorption; Abwasserbehandlung

(57) Die Erfindung betrifft ein Biosorptionsreaktor, der aus einem Mischkopf und einem rohrförmigen Mischkanal besteht, in dem die Biosorption von Schwermetallen und/oder Schwermetallverbindungen an Biomasse realisiert wird. Der erfindungsgemäße Biosorptionsreaktor gemäß Fig. 1 ist zur Schwermetallentfernung aus Abwässern geeignet. Durch die hochturbulenten Strömungsverhältnisse im Reaktor läßt sich die Biosorption in kurzer Zeit mit guten Ergebnissen und hohen Durchsatzraten realisieren. Der Einsatz des vorgeschlagenen Sorptionsreaktors führt zu einer effektiveren und energiegünstigeren Gestaltung von mikrobiellen Sorptionsprozessen zur Entfernung von Schwermetallen und/oder Schwermetallverbindungen aus Abwässern und zur Wertstoffrückgewinnung.

Patentanspruch:

Biosorptionsreaktor zur kontinuierlichen Entfernung von Schwermetallen und/oder Schwermetallverbindungen auf mikrobieller Basis aus Industrieabwässern, bestehend aus Flanschen, miteinander verbundenen Mischeinrichtungen, Stutzen für den Stoffeintrag, Meßsteller für eine stabile Prozeßführung, gegebenenfalls verbunden mit Pumpe und Regeleinrichtung versehenem Bypaß-Rohrleitungssystem, dessen Innenwandungen und Einbauten aus mit oder ohne Beschichtung versehenem Metall, Kunststoff und/oder Keramik gefertigt sind, **gekennzeichnet dadurch**, daß er aus einem Mischkopf (1) besteht, dessen oberer Teil als Deckel (2) die Form eines von oben geschlossenen Kegelstumpfes aufweist und ein Innendurchmesser-Verhältnis D_1 zu D_3 von 3,0 bis 3,5 und ein Innendurchmesser-Höhen-Verhältnis D_1 zu H_2 von 1,6 bis 2,3 hat und mehrere Zulaufstutzen (10) im gleichmäßigen Abstand zueinander zum gerichteten Eintrag von Biomassesuspensions- und Abwässerströmen enthält, wobei der Anstellwinkel der Zulaufstutzen (10) so gewählt ist, daß die Biomasse- und Abwasserströme durch diese auf die Innenfläche des kegelstumpfförmigen Deckels (2) auftreffen, und Deckel (2) und trichterförmiges Unterteil (3) des Mischkopfes (1) über Flansche (6) lösbar verbunden sind, und aus einem mit dem Mischkopf (1) über Flansche lösbar verbundenen rohrförmigen Mischkanal (4) besteht, welcher ein Innendurchmesser-Höhen-Verhältnis D_2 zu H_3 von 0,03 bis 0,06 hat, im Inneren Aufnahmen zum Einbringen von turbulenz erzeugenden Einrichtungen (7) aufweist und nach unten mit einem Ablaufkonus (5) mit Abzugstutzen abgeschlossen wird, woran sich gegebenenfalls ein Bypaß-Rohrleitungssystem (8) anschließt.

Hierzu 1 Seite Zeichnung

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft einen technischen Bioreaktor zur kontinuierlichen Entfernung von Schwermetallen und/oder Schwermetallverbindungen aus Industrieabwässern mittels eines Verfahrens auf der Basis der Verwendung von Mikroorganismen als Biosorbenten zur Entlastung der Umwelt und zur Wertstoffrückgewinnung.

Charakteristik des bekannten Standes der Technik

Konventionelle Rührreaktoren, die bei Stoffumwandlungsprozessen eingesetzt werden, können eine Reihe von Primärforderungen, die an Reaktoren gestellt werden, erfüllen. Dazu zählen eine gleichmäßige Verteilung der Mikroorganismen, Nährstoffe und Substrate über das Kultivierungsmedium, die Versorgung der Biomasse mit Nährstoffen, die Einstellung bestimmter Milieubedingungen (wie Temperatur, pH-Wert, Druck, Strömungsverhältnisse etc.) und die ideale Durchmischung diskontinuierlich oder quasikontinuierlich zugeführter Flüssigkeitsvolumenströme. Nachteilig ist, daß solche Forderungen, wie die Aufkonzentrierung der Biomasse, die Entkopplung von Verweilzeit und Biomassekonzentration, kontinuierliche Prozeßabläufe, definiertes Führen von Stoffströmen, hohe Transportkoeffizienten bei kontinuierlichen Prozeßabläufen und sich ändernden Stoffströmen sowie Schwankungen, in deren stofflicher Zusammensetzung nur unzureichend und mit hohem konstruktivem, technischem und energetischem Aufwand, verbunden mit hohen Investitions- und Betriebskosten realisierbar sind. (Deckwer et al.: Bioreaktoren: Ein Leitfaden für Anwender, GBF-Texte 4 GBF, Braunschweig 1987; Deckwer, W.-D., Bioreaktoren – derzeitiger Stand und erkennbare Entwicklungen, Chem. Ing. Tech., 60 [1988], S. 583 ff.) Andere Bioreaktoren z. B. Turmreaktoren und daraus abgeleitete Modifikationen sind dagegen einfach in ihrer Konstruktion, die keine bewegten Teile (wie Rühren) benötigen, einen geringen Energieeintrag und geringere Wärmeübertragungsflächen haben, weniger Aufstellungs- und Betriebsfläche benötigen. Nachteilig ist jedoch, daß wie bei den Rührreaktoren nur an den Prozeß angepaßte Unkatreaktoren entstehen (z. B. hinsichtlich des Reaktionsvolumens, Stoffstromführung, der Verweilzeit usw.), so daß sich ändernde Volumenströme und/oder Schwankungen von deren stofflicher Zusammensetzung nur mit hohem Aufwand beherrscht werden können. (Crueger, W./Crueger, A.: Angewandte Mikrobiologie, Akademische Verlagsgesellschaft, Wiesbaden 1982; Schügerl, K.: Bioreaktionstechnik II, Verlag Sauerländer u. Sallé, Frankfurt [Main], 1988). Auch die in der biologischen Abwasserreinigung gebräuchlichen Tropfkörper sind für die Entfernung von Schwermetallen ungeeignet, weil die Verweilzeiten zu hoch sind und in der Regel Mischpopulationen auf deren Tropfkörperfüllungen angesiedelt sind, die eine geringe Selektivität gegenüber Schwermetallen und deren Verbindungen aufweisen. (Präve et al.: Handbuch der Biotechnologie, Akademische Verlagsgesellschaft, Wiesbaden, 1982).

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist die Schaffung eines einfach aufgebauten, bioverfahrenstechnisch wirksamen, betriebsenergieminimierten, kontinuierlich, sicher und effektiv arbeitenden, für schwankende Stoffströme flexibel einsetzbaren kompakten Biosorptionsreaktors zur Entfernung von Schwermetallen und Schwermetallverbindungen aus Abwässern für auf mikrobieller Basis arbeitende Verfahren zur Entlastung der Umwelt und zur Wertstoffrückgewinnung.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen einfach aufgebauten, flexibel arbeitenden in seiner Geometrie und verfahrenstechnischen Ausstattung so gestalteten Bioreaktor zu schaffen, daß er die Eliminierung von Schwermetallen und/oder Schwermetallverbindungen aus Abwässern effektiv und vorteilhaft unter stabilen Prozeßbedingungen auch bei sich ändernden Volumenströmen und deren Zusammensetzung ermöglicht.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß ein aus einem Mischkopf (1) und einem damit lösbar verbundenen rohrförmigen Mischkanal (4) bestehenden Biosorptionsreaktor eingesetzt wird. Der Mischkopf (1), der aus Metall, Kunststoff und/oder Keramik sein kann, besteht aus einem Deckel (2) und aus einem Unterteil (3) mit mehreren Zulaufstutzen (10) zum gerichteten und kontinuierlichen Eintrag von Biomasse- und Abwasserströmen.

Der Deckel (2) des Mischkopfes ist so gestaltet, daß er die Form eines von oben geschlossenen Kegelstumpfes aufweist, dessen Innenfläche gleichzeitig als Prallfläche für die Stoffströme dient. Er hat ein Innendurchmesser-Verhältnis D_1 zu D_3 von 3,0 bis 3,5 sowie einen Innendurchmesser-Höhen-Verhältnis D_1 zu H_1 von 1,6 bis 2,3. Das Unterteil (3) des Mischkopfes ist trichterförmig gestaltet und enthält mehrere Zulaufstutzen (10) im gleichmäßigen Abstand zueinander. Der Anstellwinkel der Zulaufstutzen (10) ist so gewählt, daß die Stoffströme durch diese auf die Innenfläche des Deckels (2) auftreffen. Die Stoffströme werden auf diese Art zerteilt und intensiv miteinander vermischt. Das Unterteil hat ein Innendurchmesser-Verhältnis D_1 zu D_2 von 2,5 bis 3,5 sowie ein Innendurchmesser-Höhen-Verhältnis D_1 zu H_2 von 1,6 bis 2,3. Deckel (2) und Unterteil (3) des Mischkopfes sind durch lösbare Schraubverbindungen über Flansche (6) mit Nut und Feder verbunden.

Unterhalb des Mischkopfes (1) schließt sich der rohrförmige Mischkanal (4) an. Der Mischkanal, der aus Metall, Kunststoff und/oder Keramik bestehen kann und ein Durchmesser-Höhen-Verhältnis D_2 zu H_3 von 0,03 bis 0,08 hat, weist im Inneren mehrere Aufnahmen zum Einbringen von turbulenz erzeugenden Einbauten auf, deren Verwendung von der jeweiligen Prozeßführung abhängt. Nach unten wird der rohrförmige Mischkanal (4) mit einem Ablaufkonus (5) mit Abzugsstutzen abgeschlossen. Daran schließt sich eine Rohrleitung mit Pumpe durch die das Stoffgemisch abgezogen und bei Bedarf geregelt über eine Bypass-Rohrleitung (8) in den Mischkopf des Reaktors zurückgeführt werden kann. Der Mischkopf (1) ist über Flansche (6) lösbar mit dem rohrförmigen Mischkanal (4) verbunden. Überraschenderweise wurde gefunden, daß durch die Anordnung der Stutzen (10), des Deckels (2) und bei einem bestimmten Durchmesser-Höhen-Verhältnis D_1/H_1 des als Kegelstumpfes ausgebildeten Deckels, die kontinuierlich geförderten und definiert geregelten Ströme aus schwermetallhaltigem Abwasser (V_1) und suspendierter Biomasse (V_2) so in den Mischkopf eingebaut werden, daß sich die Stoffströme intensiv vermischen, ein Durchschlagen der Stoffströme verhindert wird, eine turbulente Strömung entsteht und der Biosorptionsprozeß nach kurzer Verweilzeit abgeschlossen ist. Weiterhin wurde festgestellt, daß durch das Durchmesser-Höhen-Verhältnis D_2/H_3 im rohrförmigen Mischkanal und durch Verwendung der turbulenz erzeugenden Einbauten (7) das hochturbulente Strömungsprofil auch bei starken Schwankungen der zueinander geregelten Stoffströme (V_1 und V_2) erhalten bleibt und dadurch der Biosorptionsprozeß unterstützt und intensiviert wird, ohne das aktive Bioreaktorvolumen ändern zu müssen.

Das Bypass-Rohrleitungssystem (8) ermöglicht es darüber hinaus, Belastungsstöße hinsichtlich des Anfalls der Schwermetalle und/oder ihrer Verbindungen im Abwasser durch entsprechende Beladung des Biomassessuspensionsstromes abzufangen und die Verweilzeit definiert einzustellen.

Die für den Biosorptionsprozeß optimalen Bedingungen wie turbulentes Strömungsprofil und definierte und kurze Verweilzeit werden bei Normalbetrieb durch die Konfiguration des erfindungsgemäßen Biosorptionsreaktors und durch die den Volumenströmen durch externe Fördereinrichtungen aufgeprägten Impuls ohne zusätzliche Energieeintragungssysteme (wie Rührer u. ä.) realisiert.

Ausführungsbeispiel

Der erfindungsgemäße Biosorptionsreaktor soll nachstehend an einem Ausführungsbeispiel erläutert werden, und zwar zeigt Fig. 1 den schematischen Aufbau des Biosorptionsreaktors.

Der Biosorptionsreaktor besteht aus dem Mischkopf (1) und dem rohrförmigen Mischkanal (4). Mischkopf und Mischkanal sind aus oberflächenbeschichtetem Metall gefertigt. Der Mischkopf (1) und der rohrförmige Mischkanal (4) sind übereinander angeordnet und über eine Flanschverbindung (6) lösbar miteinander verbunden. Der Mischkopf (1) besteht aus dem Deckel (2) und dem Mischkopfunterteil (3), die ebenfalls durch Flansche lösbar miteinander verbunden sind. Der Mischkopf (1) weist dabei folgende Abmessungen auf:

$$D_1 = 0,70\text{m}, D_2 = 0,15\text{m}, D_3 = 0,20\text{m}, H_1 = 0,3\text{m} \text{ und } H_2 = 0,3\text{m}.$$

Durch die Wandung des Mischkopfunterteils (3) führen um 90° versetzt 4 Zulaufstutzen (10) in die Mischkammer. Der Anstellwinkel der Stutzen wird so gewählt, daß die zuzuleitenden Stoffströme sich nicht durchschlagen und auf die Innenfläche des Mischkopfdeckels (2) auftreffen. Die Stutzen dienen der kontinuierlichen und geregelten Zuführung des schwermetallhaltigen Abwasservolumenstromes V_1 und des Biomassessuspensionsstromes V_2 . Die durch die Stutzen (10) gerichtet eingetragenen Stoffströme prallen auf den Deckel (2) des Mischkopfes, werden zerteilt und intensiv durchgemischt und es entsteht ein hochturbulentes Strömungsprofil, das auch im Unterteil der Mischkammer, wo sich die Volumenströme V_1 und V_2 sammeln, erhalten bleibt mit einer Reynold-Zahl $Re \gg 2300$.

An den Mischkopf (1) schließt sich der rohrförmige Mischkanal (4) an, der ebenfalls aus oberflächenbeschichtetem Metall besteht. Der Mischkanal (4) hat einen Innendurchmesser D_2 von 0,15 m und eine Höhe H_3 von 3,0 m. Die Innenflächen des rohrförmigen Mischkanals (4) können unterschiedliche Halterungen und Aufnahmesysteme für turbulenz erzeugende Einbauten (7) z. B. Stege, Prall- und Umlaufelemente enthalten. Nach unten schließt ein Ablaufkonus (5) mit einem Ablaufstutzen den Mischkanal (4) ab. Ein definiert eingestellter Abwasserstrom (V_1) gelangt mit Hilfe einer Pumpe durch eine Rohrleitung, die auf zwei der Stutzen (10) des Mischkopfunterteils mündet, in die Mischkammer. Der schwermetallhaltige Abwasservolumenstrom (V_1) tritt auf die Wandung des Deckels (2) des Mischkopfes, wird zerteilt und mischt sich intensiv mit

dem definierten Biomassessuspensionsstrom (V_2), der auf analoge Weise wie der Volumenstrom V_1 über die verbleibenden 2 Stutzen (10) in die Mischkammer gelangt. Der Anstellwinkel der Stutzen (10) wird so gewählt, daß ein Durchschlagen der Volumenströme in das eine oder andere Rohrleitungssystem verhindert wird. Mittels des Auftreffens der Volumenströme V_1 und V_2 auf den Mischkopfdeckel werden diese zerteilt und intensiv durchmischt, und es bilden sich hochturbulente Strömungsverhältnisse ($Re > 2300$) heraus. Das so gebildete Volumenstromgemisch gelangt über den Ablauftrichter in den rohrförmigen Mischkanal (4) mit den genannten Abmessungen. Diese werden so gewählt, daß im Mischungskanal (4) das hochturbulente Strömungsprofil erhalten bleibt. Darüber hinaus wurde in dem Mischkanal (4) ein Steg und zwei Parallelelemente eingebaut, um die hochturbulenten Strömungsverhältnisse aufrecht zu erhalten. Nach Abschluß des Biosorptionsprozesses verläßt das aus Abwasser und schwermetallbeladener Biomasse bestehende Volumenstromgemisch über den Ablaufkonus (5) und den Ablaufstutzen den Biosorptionsreaktor mittels Pumpen, die in die mit dem Ablaufstutzen verbundenen Bypass-Rohrleitungen (8) (bei Kreislaufbetrieb) oder einer Transportrohrleitung (9) integriert sind und wird weiteren Verfahrensstufen zur Aufarbeitung der schwermetallbeladenen Biomasse zugeführt.

Prozeßparameter:

Temperatur in °C: $T = 20^\circ\text{C}$

pH-Wert: 4

Konzentration d. Schwermetalls Quecksilber: $C_{Hg} = 45 \text{ mg/l}$

Biomassekonzentration in g BTS/l: $C_{BTS} = 2,5 \text{ g BTS/l}$

Art der Biomasse: *Methylobacillus* sp. MB127

Zeit: $t = 10 \text{ min}$

Durchsatz pro h: $80 \text{ m}^3/\text{h}$

Ergebnisse d. Abreicherung: $\geq 25 \text{ mg/g BTS}$

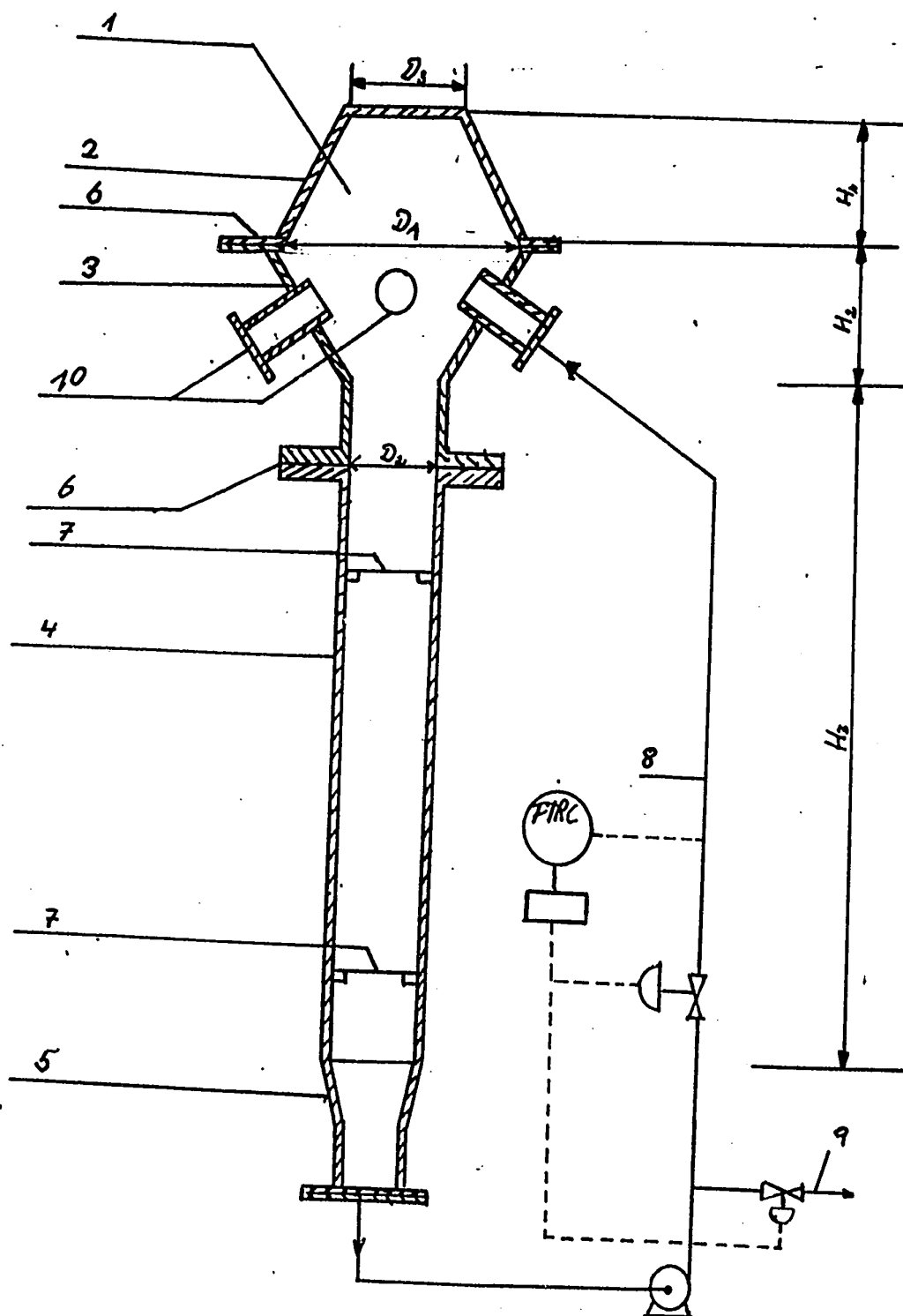


Fig. 1