



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2023 100 537.5**

(22) Anmeldetag: **11.01.2023**

(43) Offenlegungstag: **12.10.2023**

(51) Int Cl.: **C01F 5/22 (2006.01)**

B01J 19/26 (2006.01)

(66) Innere Priorität
10 2022 108 490.6 07.04.2022

(71) Anmelder:
**Pommersheim, Rainer, Dr., 55252 Mainz-Kastel,
DE**

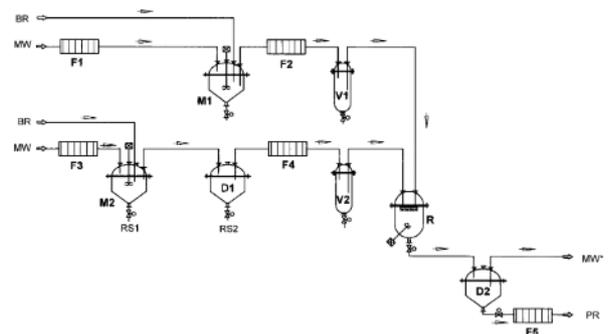
(74) Vertreter:
**Meissner Bolte Patentanwälte Rechtsanwälte
Partnerschaft mbB, 80538 München, DE**

(72) Erfinder:
**Pommersheim, Rainer, Dr., 55252 Mainz-Kastel,
DE; Breuch, Denis, Dr., 55411 Bingen, DE; Löwe,
Holger, Dr., 55276 Oppenheim, DE**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung von Partikeln mit einem hohen Magnesiumgehalt aus Meerwasser**

(57) Zusammenfassung: Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ein Verfahren und eine Vorrichtung, mit dessen/deren Hilfe aus Meerwasser Partikel gewonnen werden können, welche einen hohen Magnesiumgehalt aufweisen. Derlei Partikel können z.B. Magnesiumhydroxid sein, oder auch andere, wasserunlösliche Magnesiumsalze wie z.B. Magnesiumsulfat, Magnesiumcarbonat usw. Die Partikel werden in einem Fällungsprozess mit einem geeigneten alkalischen Reagenz hergestellt. Erfolgt diese Fällung unter Zuhilfenahme eines erfindungsgemäßen Düsenaufbaus und/oder unter Zugabe von Hilfsreagenzien, kann man die Größe der gewonnenen Partikel sowie deren Ausbeute in bestimmtem Rahmen beeinflussen. Die aus dem Prozess gewonnene wässrige Suspension kann mit bestehenden technischen Verfahren zu unterschiedlichen Produkten weiterverarbeitet werden, bis hin zu metallischem Magnesium für die Metallurgie.



Beschreibung

[0001] Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ein Verfahren und eine technische Vorrichtung zur Gewinnung von Partikeln aus Meerwasser, welche einen hohen Magnesiumgehalt aufweisen. Derlei Partikel können z.B. Magnesiumhydroxid sein, oder auch andere, wasserunlösliche Magnesiumsalze wie z.B. Magnesiumsulfat, Magnesiumcarbonat usw.

[0002] Die Partikel werden erfindungsgemäß in einem Fällungsprozess mit einem geeigneten alkalischen Reagenz hergestellt. Erfolgt diese Fällung unter Zuhilfenahme eines erfindungsgemäßen Düsenaufbaus und/oder unter Zugabe von Hilfsreagenzien, kann man die Größe der gewonnenen Partikel sowie deren Ausbeute beeinflussen. Die aus dem Prozess gewonnene wässrige Suspension kann mit bekannten technischen Verfahren zu unterschiedlichen Produkten weiterverarbeitet werden, bis hin zu metallischem Magnesium für die Metallurgie.

[0003] Magnesiumhaltige Rohstoffe, insbesondere Magnesiumhydroxid sind sehr wichtige Rohstoffe für die Industrie. In der Natur kommt Magnesiumhydroxid in kristalliner Form als so genanntes Brucit vor und wird auch als Erz industriell abgebaut. Da Brucit nur in wenigen Regionen der Erde im industriellen Maßstab abgebaut werden kann, der Bedarf an magnesiumhaltigen Rohstoffen und speziell Magnesiumhydroxid aber stetig steigt, rücken auch andere Wege zu dessen Gewinnung immer mehr in den Fokus. Hierzu zählt insbesondere die Fällung von wasserlöslichen Magnesiumsalzen, wie z.B. Magnesiumchlorid mit einem Hydroxid in wässriger Lösung.

[0004] Die Weltmeere enthalten große Mengen an unterschiedlichen Salzen. Ihr Salzgehalt liegt im Schnitt bei ca. 3,5 % also 35 g/Liter. Die Zusammensetzung des Meerwassers ist in allen Regionen der Welt nahezu gleich. Der Anteil an Magnesiumchlorid im Meerwasser liegt bei ca. 11% des Salzgehaltes. Somit bietet sich Meerwasser als praktisch unerschöpfliche Rohstoffquelle für Magnesiumsalze an.

[0005] Deshalb ist es naheliegend, dass seit Jahrzehnten auf dem Gebiet der Magnesiumgewinnung aus Meerwasser geforscht wird. Nachfolgend sind einige, diesbezügliche Schutzrechte stellvertretend aufgeführt.

[0006] Bei dem Verfahren nach DE 11 96 172 B wird Magnesiumhydroxid aus Meerwasser durch Fällung mit einer 5- bis 10%igen wässrigen Suspension einer Calciumcarbidablauge (Bestehend hauptsächlich aus Calciumoxid, Aluminiumoxid, Eisenoxid und Siliciumoxid) gewonnen. Das Verfahren beinhaltet folgende Schritte:

1. Trennung von Calciumcarbidablauge in milchigem Zustand in weniger reine und reinere Anteile.
2. Umsetzung von Meerwasser mit dem erhaltenen weniger reinen Anteil der Calciumcarbidablauge zu kohlenstoffsaurem Meerwasser
3. Umsetzung des kohlenstoffsauren Meerwassers mit dem reineren Anteil der Calciumcarbidablauge zu Magnesiumhydroxid und
4. Trennung des erhaltenen Magnesiumhydroxids in eine reine und eine weniger reine Fraktion.

[0007] Die Umsetzung/Fällung erfolgt hier diskontinuierlich in Klärbecken mit anschließender mechanischer Abtrennung (Flüssigkeitszyklon) des ausgefällten Magnesiumhydroxids. Die Verwendung von Calciumcarbidablauge anstelle beispielsweise von Calciumhydroxid, welches viel kostengünstiger ist, dürfte den Prozess zusätzlich verteuern.

[0008] Die GB 543 665 A beschreibt ein Verfahren zur Extraktion von Magnesiumsalzen aus Meerwasser sowie ein Verfahren zur Vorbehandlung des Meerwassers, um seinen Kohlendioxid-, Bicarbonat- und Carbonatgehalt durch Zugabe von Calciumhydroxid oder Oxid zu reduzieren. Nach Ausfällen des Calciumcarbonats kann die Mg(II)-Lösung weiterverarbeitet werden.

[0009] Dieses Schutzrecht offenbart im Grunde ein Verfahren zur Vorbehandlung von Meerwasser, damit daraus die benannten Salze gewonnen werden können. Ein technischer Prozess zur tatsächlichen Gewinnung dieser Salze wird nicht dargelegt.

[0010] Die US 3 111 376 hat ein kontinuierliches Verfahren zur Herstellung von Magnesiumhydroxid, aus einer Magnesiumchloridlösung mit Dolomit ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) zum Gegenstand. Das Ausfällen des Magnesiumhydroxides erfolgt dabei bei erhöhten Temperaturen (bis 90°C) bei denen Dolomit insitu in die entsprechenden Hydroxide ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) überführt werden.

[0011] Aufgrund der relativ hohen Temperaturen und der eingesetzten Reagenzien dürfte das Verfahren für eine breite technische Anwendung allerdings recht teuer und unwirtschaftlich sein.

[0012] Meerwasser wird gemäß der GB 535 852 A mit Natriumcarbonat vorbehandelt um Calciumsalze auszufällen. Nach Abtrennen der Calciumcarbonate wird das Meerwasser dann mit Natriumhydroxid versetzt um das gewünschte Magnesiumhydroxid zu erhalten welches abschließend abfiltriert wird.

[0013] Aufgrund des eingesetzten Natriumhydroxids als Fällreagenz und des dadurch im System

erzeugten hohen pH-Wertes ist ein Ausfällen sämtlicher mehrwertiger Ionen zu erwarten, was zu einem stark verunreinigten Produkt führt.

[0014] Die US 240 50 55 beschreibt eine Methode zur Gewinnung von Magnesiumhydroxid aus Meerwasser. Hier wird Meerwasser direkt mit einer (über)stöchiometrischen Menge Calciumhydroxid-Kalkmilch versetzt und einem Reaktor bis zur vollständigen Umsetzung zu Magnesiumhydroxid gerührt. Abschließend erfolgt die Abtrennung des gefällten Magnesiumhydroxid.

[0015] Durch die Art der Methode sind die erhaltenen Partikel relativ groß. Auch wird bei der Herstellung der Kalkmilch Süßwasser eingesetzt, was zu einer Erhöhung der Herstellungskosten führt.

[0016] Es wird in der WO 0029326 A1 ein Verfahren zur Herstellung von Magnesiumhydroxid aus Meerwasser beschrieben, bei dem das Magnesiumhydroxid mit Natronlauge, die durch Elektrodialyse aus Meerwasser gewonnen wurde, ausgefällt wird.

[0017] Durch die Verwendung von Natriumhydroxid als Fällreagenz werden aufgrund des dadurch erzeugten hohen pH-Wertes auch eine Reihe anderer Salze ausfallen, was zu erheblichen Verunreinigungen des Produktes führt.

[0018] In der WO 2016/193087 A1 wird beschrieben, wie unter Zuhilfenahme einer speziell konstruierten Düse aus den Lösungen zweier Salze, durch Fällung Mikro- und Nanopartikel hergestellt werden können. Durch Verändern der Flussraten und durch Zugabe von oberflächenaktiven Stoffen kann die Partikelgröße beeinflusst werden.

[0019] Bei dem beschriebenen Prozess kommen nahezu ausschließlich Lösungen von Salzen zum Einsatz. Der Einsatz von Laugen als Fällreagenz ist nicht vorgesehen.

[0020] Die DE 10 2004 026 725 A1 offenbart ein modulares Düsensystem zur Erzeugung von Tropfen aus Flüssigkeiten unterschiedlicher Viskosität. Die dort beschriebene Anordnung bezieht sich auf eine Gas-Flüssigkeits-Düse, bei welcher die Flüssigkeit durch innere Kapillaren gepumpt wird und das Gas, welches die Flüssigkeit umströmt, der Gewährleistung eines Tropfenabrisses dient.

[0021] Aus dem Vorgenannten ist es daher Aufgabe der Erfindung, ein weiterentwickeltes Verfahren im Sinne eines praktisch anwendbaren technischen Prozesses und eine Vorrichtung zur Gewinnung von Partikeln aus Meerwasser anzugeben, wobei die Partikel einen hohen Magnesiumgehalt aufweisen.

[0022] Die Lösung der Aufgabe der Erfindung erfolgt mit den Lehren bzw. Merkmalen und Merkmalsgruppen der unabhängigen Ansprüche, wobei die abhängigen Ansprüche mindestens zweckmäßige Ausgestaltungen und Weiterbildungen umfassen.

[0023] Ausgehend vom bekannten Stand der Technik betrifft die vorliegende Erfindung ein Verfahren und eine Vorrichtung, mit dessen/deren Hilfe kleine Partikel mit einem hohen Magnesiumgehalt aus Meerwasser hergestellt werden können.

[0024] Grundgedanke der Erfindung ist es, das im Meerwasser enthaltene, gut wasserlösliche Magnesiumchlorid in eine nahezu wasserunlösliche Form, beispielsweise Magnesiumhydroxid zu überführen und somit auszufällen.

[0025] Ein Überführen des Magnesiumchlorids, beispielsweise in das nahezu wasserunlösliche Magnesiumhydroxid erfolgt durch einfaches Anheben des pH-Wertes im System oberhalb einem Wert von 12. Erhöht man den pH-Wert weiter auf beispielsweise 14, wird immer noch Magnesiumhydroxid gebildet. Allerdings werden bei diesem hohen pH-Wert nahezu alle weiteren im Meerwasser enthaltenen Salze in wasserunlösliche Hydroxide überführt, was zu unerwünschten Verunreinigung des angestrebten Magnesiumhydroxids führt.

[0026] Eine einfache und kostengünstige Lösung, den pH auf 12 zu begrenzen ist es, anstelle von beispielsweise Natriumhydroxid das schwer wasserlösliche Kalziumhydroxid zu verwenden. Kalziumhydroxid ist nur bis ca. 1,7 g/Liter bei Zimmertemperatur in Wasser löslich, was den pH-Wert der Lösung auf 12 begrenzt.

[0027] Eine weitere Möglichkeit zur Einstellung des pH-Wertes besteht darin, dass durch Anlegen einer Spannung eine Erhöhung des pH-Wertes möglich ist.

[0028] Es ist daher möglich, den pH-Wert des Meerwassers auf den erforderlichen Wert von 12 nicht nur über die Zugabe von $\text{Ca}(\text{OH})_2$ einzustellen, sondern auch durch das Anlegen einer elektrischen Spannung im Sinne einer Elektrolyse.

[0029] Erhöht man die Spannung über einen experimentell festzulegenden Grenzwert, wird ein Großteil der gelösten Salze ausfallen. Auf diese Weise bestände die Möglichkeit, ein Salzgemisch bzw. ein stark salzreduziertes Meerwasser bereitzustellen, welches in an sich bekannter Weise weiterverarbeitet oder verwendet werden kann.

[0030] Das erfindungsgemäße Verfahren unterscheidet sich vom Stand der Technik dadurch, dass durch den Einsatz eines Überschusses an $\text{Ca}(\text{OH})_2$ im ersten Verfahrensschritt eine gesättigte $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -

Lösung direkt aus Meerwasser herstellbar ist. Der Einsatz von Süßwasser ist nicht erforderlich. Die nachfolgend noch näher erläuterte Düse ermöglicht die Bereitstellung sehr kleiner Partikel, deren Größe zusätzlich durch die Fließparameter der Reaktionsflüssigkeiten beeinflussbar ist. Eine Kombination mit Anwendung der erfindungsgemäßen Düse, die der Herstellung der Partikel direkt aus Meerwasser dient, ist aus dem Stand der Technik weder bekannt noch naheliegend.

[0031] Rührt man eine gesättigte Kalziumhydroxid-Lösung mit Meerwasser zusammen fällt sofort Magnesiumhydroxid aus. Die Partikel sind jedoch recht groß und deren Größenverteilung sehr breit.

[0032] Um kleine Partikel mit einer engen Größenverteilung aus Magnesiumchlorid herzustellen, wird bei der vorliegenden Erfindung eine spezielle Düse verwendet. Mit Hilfe dieser Düse wird das Meerwasser kontrolliert innerhalb definierter Parameter mit der gesättigten Kalziumhydroxid-Lösung in Kontakt gebracht und nicht unkontrolliert, wie beispielsweise durch einfaches Rühren.

[0033] Die Erfindung soll nachstehend anhand von Ausführungsbeispielen sowie unter Zuhilfenahme von Figuren näher erläutert werden.

[0034] Hierbei zeigen:

Fig. 1 eine beispielhafte Erläuterung einer Anlage zur Durchführung eines technischen Prozesses zur Gewinnung von Magnesiumpartikeln aus Meerwasser;

Fig. 2 eine schematische Darstellung eines technischen Prozesses zur beispielhaften Umsetzung des Verfahrens gemäß drittem Beispiel und

Fig. 3 eine Schnittdarstellung sowie eine Detaildarstellung der erfindungsgemäßen Düse bzw. Mehrfachdüse, bei der sich im Zentrum mehrerer, senkrechter, zylindrischer Kanäle Kapillaren befinden.

[0035] Erfindungsgemäß wird eine Mehrfachdüse verwendet, die wie folgt ausgeführt ist (**Fig. 3**): Im Zentrum mehrerer, senkrechter, zylindrischer Kanäle befinden sich Kapillaren. Der innere Durchmesser der Kapillaren und der freie Querschnitt der zylindrischen Kanäle hat einen Durchmesser von wenigen Millimetern. Die Kapillaren und die zylindrischen Kanäle werden von je einer der Reaktionsflüssigkeiten durchströmt (K1 und K2). Die Abmessungen der resultierenden von den Flüssigkeiten durchströmten Querschnitte sind vergleichbar und so gewählt, dass selbst bei laminaren Strömungen der Durchsatz pro Kanal im Bereich einiger Liter pro Minute liegt. Die einzelnen zylindrischen Kanäle und die Kapillaren in deren Inneren sind innerhalb der Düse durch waage-

rechte Kanäle so miteinander verbunden, dass die Strömungsverhältnisse in jedem Kanal und in jeder Kapillaren nahezu gleich sind.

[0036] Die Düse ist so ausgebildet, dass die beiden Flüssigkeitsströme erst im äußeren Auslassbereich, also außerhalb der Düse in Kontakt geraten (MZ). Dies verhindert eine Verstopfung der Düse und erhöht die Zuverlässigkeit des Verfahrens.

[0037] Verändert man nun den Vordruck beider Flüssigkeiten K1 und K2, die eine solche Düse durchströmen, so ändern sich auch die Fließparameter durch die Kapillaren und durch die senkrechten, zylindrischen Kanäle.

[0038] Experimentell konnte nachgewiesen werden, dass bei laminaren Strömungen durch die Düse, also bei Werten der Reynolds Kennzahl unter 10.000, der Durchmesser der erhaltenen Partikel von der Strömungsgeschwindigkeit vorgegeben wird.

[0039] So erhält man z.B. mit der gleichen Düse bei niedrigen Flussraten Partikeldurchmesser im μm Bereich, während bei höheren Strömungsraten, die nahe an der Grenze zur turbulenten Strömung liegen, Partikel mit einem deutlich kleineren Durchmesser entstehen. Im Bereich der turbulenten Strömung bleibt der Partikeldurchmesser dann immer nahezu konstant.

[0040] Durch die Zugabe einer oberflächenaktiven Flüssigkeit, wie beispielsweise eines Detergenz, kann der Durchmesser der erhaltenen Partikel weiter abgesenkt werden. Dabei werden die Partikel umso kleiner, je höher die Konzentration an Detergenz in beiden der Düse zugeführten Lösungen ist. Ähnliche Effekte können durch Verändern der Konzentration und/oder der Temperatur der Reaktionslösungen beobachtet werden.

[0041] Um einen ausreichenden Volumendurchsatz für industrielle Anwendungen zu erreichen, können mehrere der hier beschriebenen Mehrkapillardüsen in Düsenköpfen zusammengefasst werden. Bei diesen Düsenköpfen sind sowohl die Kapillaren für den Flüssigkeitstransport, als auch die Kanäle für das sie konzentrisch umströmende Gas in übereinanderliegende Platten oder Ebenen eingearbeitet.

Beispiel 1:

[0042] Es wird eine gesättigte Kalziumhydroxid-Lösung durch Einrühren von beispielsweise 4g Kalziumhydroxid auf einen Liter Süßwasser zubereitet, anschließend abfiltriert und in ein Vorratsgefäß eingefüllt. In ein zweites Gefäß wird Meerwasser eingefüllt, welches ebenfalls vorher filtriert wurde. Diese beiden, klaren Lösungen werden anschließend einer Düse zugeführt, die wie oben beschrieben kon-

struiert ist und bei der die eine Lösung die Kapillare durchströmt und die andere den umgebenden zylindrischen Kanal. Am Auslass der Düse erhält man Magnesiumhydroxid als wässrige Suspension. Durch Verändern des Vordrucks auf der Düse werden unterschiedliche Strömungsverhältnisse im Inneren der Düse erzeugt. Dies führt zu unterschiedlichen Partikelgrößen in der erhaltenen Suspension. Das pulverförmige Magnesiumhydroxid kann durch einfaches Sedimentieren oder durch Filtrieren aus der Suspension gewonnen werden.

Beispiel 2:

[0043] Es wird eine gesättigte Kalziumhydroxidlösung durch Einrühren von beispielsweise 4g Kalziumhydroxid auf einen Liter Meerwasser zubereitet, anschließend abfiltriert und in ein Vorratsgefäß eingefüllt. Durch die Verwendung des Meerwassers werden eine Reihe der im Wasser enthaltenen Salze gefällt, einschließlich des darin enthaltenen Magnesiumchlorids. Deshalb wird die Suspension vor dem Filtrieren abdekantiert. In ein zweites Gefäß wird Meerwasser eingefüllt, welches ebenfalls vorher filtriert wurde. Diese beiden, klaren Lösungen werden anschließend einer Düse zugeführt, die wie oben beschrieben konstruiert ist und bei der die eine Lösung die Kapillare durchströmt die andere den umgebenden zylindrischen Kanal. Am Auslass der Düse erhält man Magnesiumhydroxid als wässrige Suspension. Durch Verändern des Vordrucks auf der Düse werden unterschiedliche Strömungsverhältnisse im Inneren der Düse erzeugt. Dies führt zu unterschiedlichen Partikelgrößen in der erhaltenen Suspension. Das pulverförmige Magnesiumhydroxid kann durch einfaches Sedimentieren oder durch Filtrieren aus der Suspension gewonnen werden.

Beispiel 3:

[0044] Will man bei einem pH von 14 und nicht wie in o.g. Beispielen von 12, arbeiten, geht man wie folgt vor: Es wird eine gesättigte Natriumhydroxidlösung durch Einrühren von beispielsweise 4g Kalziumhydroxid und 6g Natriumcarbonat auf einen Liter Wasser zubereitet, anschließend abfiltriert und in ein Vorratsgefäß eingefüllt. Verwendet man hierfür Meerwasser anstelle Süßwasser muss die Suspension wie in Beispiel 2 vor ihrer weiteren Verwendung sedimentiert und der Überstand filtriert werden, ansonsten reicht einfaches Filtrieren. In ein zweites Gefäß wird Meerwasser eingefüllt, welches ebenfalls vorher filtriert wurde. Diese beiden, klaren Lösungen werden anschließend einer Düse zugeführt, die wie oben beschrieben konstruiert ist und bei der die eine Lösung die Kapillare durchströmt die andere den umgebenden zylindrischen Kanal. Am Auslass der Düse erhält man eine wässrige Suspension. Durch Verändern des Vordrucks auf der Düse werden unterschiedliche Strömungsverhältnisse im Inneren

der Düse erzeugt. Dies führt zu unterschiedlichen Partikelgrößen in der erhaltenen Suspension. Der Feststoffanteil der Suspension erhält nur zu ca. 80% Magnesiumhydroxid. Er kann durch einfaches Sedimentieren oder durch Filtrieren aus der Suspension abgetrennt werden.

Beispiel 4:

[0045] Setzt man die in Beispiel 2 beschriebene Methode in einem technischen Prozess um, kann dieser wie in **Fig. 1** gezeigt, aufgebaut sein:

Zur Zubereitung der basischen Lösung mit einem pH 12 wird das basische Reagenz (z.B. Kalziumhydroxid) in den Mischtank M2 gebracht und dort in Meerwasser (MW) eingerührt, welches davor über den Filter F3 zu einer klaren Flüssigkeit filtriert wurde. Der in M2 befindliche wässrige Überstand wird dem Sinkgefäß (Dekanter) D1 zugeführt. Der wässrige Überstand aus D1 wird über den Filter F4 in den Vorratsbehälter V2 gebracht, von wo aus er als klare Lösung in den Reaktionsbehälter R gepumpt wird. Der zweite Flüssigkeitsstrom, welcher in R gepumpt wird, ist Meerwasser. Um die Ausbeute zu erhöhen, wird dieser Flüssigkeit eine kleine Menge (unterhalb der Löslichkeitsgrenze) eines basischen Reagenz, beispielsweise Kalziumhydroxid zugefügt, so dass deren pH auf ca. 10 angehoben wird (siehe hierzu oberen Teil des Fließschemas nach **Fig. 1**). Hierzu wird Meerwasser MW über den Filter F1 filtriert und in den Mischtank M1 gepumpt. In dieses Wasser wird in M1 das basische Reagenz BR, beispielsweise Kalziumhydroxid in einer Konzentration von bis zu ca. 1 g/Liter eingerührt. Die so gewonnene Lösung wird über den Filter F2 in den Vorratsbehälter V1 gebracht und von dort in das Reaktionsgefäß R. Im Inneren des Reaktionsgefäßes R befindet sich ein Düsenkopf wie er oben beschrieben wurde, durch welchen die beiden Flüssigkeiten in das Gefäß gepumpt werden und an dessen Auslass die gewünschten Partikel (z.B. Magnesiumhydroxid) entstehen. Wünscht man keine definierten, kleinen Partikel können die beiden Flüssigkeiten auch am Düsenkopf vorbei in R eingeleitet und mit dem Rührwerk aus R vermischt werden. Die Suspension aus R, wird in das Sinkgefäß D2 geleitet, wo sie aufkonzentriert wird. Der wässrige Überstand MW* wird entsorgt, während das Produkt (z.B. Magnesiumhydroxid) aus der Sinkfraktion mit dem Filter F5 abgetrennt wird. Anschließend kann das so gewonnene Magnesiumhydroxid getrocknet und anderen, industriellen Prozessen zugeführt werden, wie z.B. der elektrolytischen Gewinnung vom metallischem Magnesium.

Beispiel 5:

[0046] Setzt man die in Beispiel 3 beschriebene Methode in einem technischen Prozess um, kann dieser wie in **Fig. 2** gezeigt, aufgebaut sein. Dieser entspricht in weiten Teilen jenem aus Beispiel 4. Die dort gemachten Angaben gelten auch hier entsprechend.

[0047] Im Unterschied dazu wird die in R (hier R1) erhaltene Suspension ein zweites Mal mit Meerwasser versetzt um das in deren wässrigem Überstand enthaltene Hydroxid zu Magnesiumhydroxid umzusetzen. Hierzu wird dieser in R2 gepumpt und dort mit dem über F1, M1, F2 und V1 aufbereiteten Meerwasser zu Reaktion gebracht. Anschließend werden die Suspensionen aus D2 und R2 in M4 zusammengeführt und im Sinktank D3 aufkonzentriert. Der wässrige Überstand MW* wird entsorgt, während das Produkt (z.B. Magnesiumhydroxid) aus der Sinkfraktion mit dem Filter F5 abgetrennt wird. Anschließend kann das so gewonnene Magnesiumhydroxid getrocknet und anderen, industriellen Prozessen zugeführt werden, wie z.B. der elektrolytischen Gewinnung vom metallischem Magnesium.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- DE 1196172 B [0006]
- GB 543665 A [0008]
- US 3111376 [0010]
- GB 535852 A [0012]
- US 2405055 [0014]
- WO 0029326 A1 [0016]
- WO 2016/193087 A1 [0018]
- DE 102004026725 A1 [0020]

Patentansprüche

bzw. in Kontakt geraten und eine Mischzone (MZ) bilden.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

1. Verfahren zur Herstellung von Partikeln mit einem hohen Magnesiumgehalt aus Meerwasser, wobei das im Meerwasser enthaltene, gut wasserlösliche Magnesiumchlorid in eine wasserunlösliche Form überführt und ausgefällt wird, weiterhin dieses Überführen durch Anheben des pH-Wertes im System in einem Bereich gleich oder oberhalb von pH 12 erfolgt und die ausgefallten Partikel einer Düsenanordnung zugeführt werden, um eine Einstellung der Partikelgröße und eine Vergleichmäßigung der Größenverteilung der gewonnenen Partikel zu erreichen.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet** dass, das Überführen des Magnesiumchlorids in wasserunlösliches Magnesiumhydroxid erfolgt, in dem eine Begrenzung des pH-Wertes auf 12 erfolgt und hierfür das Meerwasser in eine gesättigte Calciumhydroxidlösung eingebracht, insbesondere eingerührt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet** dass, der pH-Wert des Meerwassers durch das Anlegen einer elektrischen Spannung auf einen Wert von im Bereich pH-12 eingestellt wird.

4. Vorrichtung zur Gewinnung von Partikeln aus Meerwasser mit einem hohen Magnesiumgehalt, basierend auf einem Fällungsprozess mit einem geeigneten alkalischen Reagenz, insbesondere nach einem Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet** dass, zur Bereitstellung kleiner Partikel mit enger Größenverteilung eine Düsenanordnung vorgesehen ist, um Meerwasser kontrolliert mit gesättigter Calciumhydroxidlösung in Kontakt zu bringen, wobei die Düse im Zentrum mehrerer, senkrechter, zylindrischer Kanäle Kapillaren aufweist, deren innerer Durchmesser und der freie Querschnitt der zylindrischen Kanäle im Bereich von wenigen Millimetern liegt, den Kapillaren und den zylindrischen Kanälen jeweils eine der Reaktionsflüssigkeiten zuführbar ist, wobei weiterhin die zylindrischen Kanäle und die Kapillaren innerhalb der Düse durch Kanäle so miteinander verbunden sind, dass die Strömungsverhältnisse in jedem Kanal und in jeder der Kapillaren nahezu gleich sind und über die Einstellung der Fließparameter die Reaktionsflüssigkeiten die Partikelgröße vorgebar ist.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet** dass, die Flüssigkeitsströme der Reaktionsflüssigkeiten sich außerhalb der Düse im Öffnungsbereich des jeweiligen zylindrischen Kanals mit innenliegender Kapillare vereinigen

Anhängende Zeichnungen

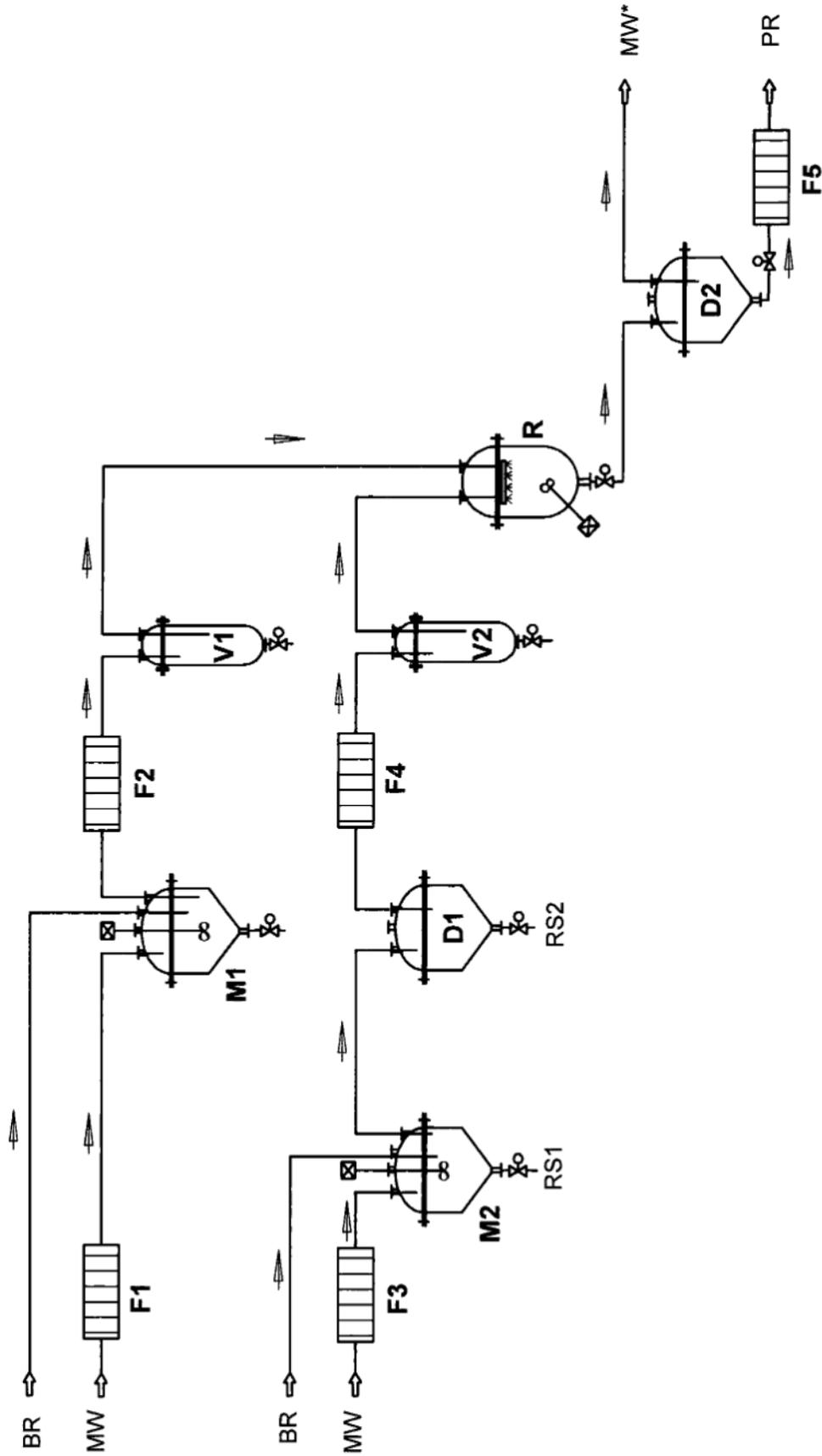


FIG. 1

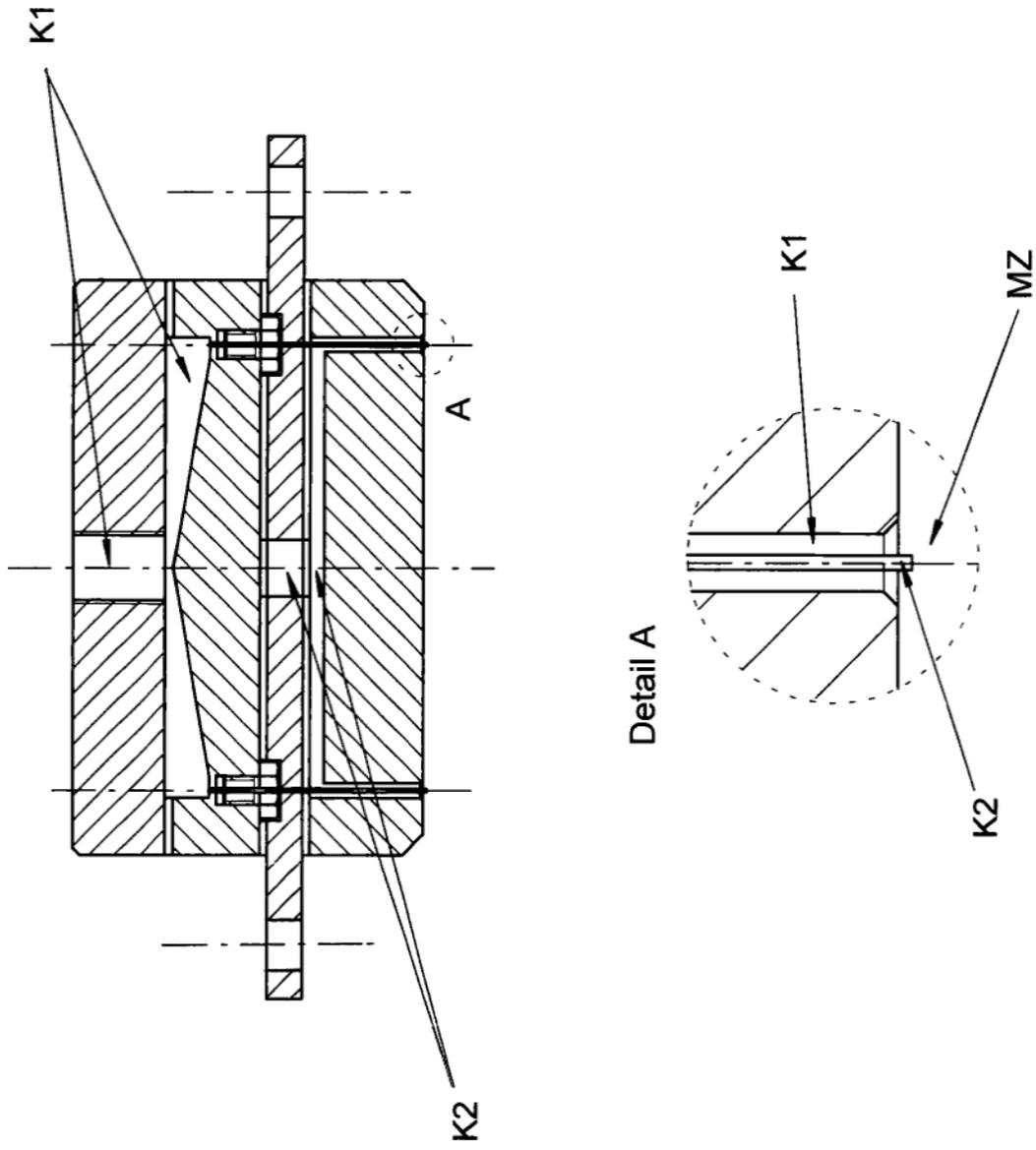


FIG. 3