



(19)  
 Bundesrepublik Deutschland  
 Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 10 2004 039 593 A1 2006.02.23

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: 10 2004 039 593.4

(22) Anmeldetag: 13.08.2004

(43) Offenlegungstag: 23.02.2006

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: C25B 1/18 (2006.01)

(71) Anmelder:

Hilbertz, Wolf H., Dubai, AE

(74) Vertreter:

SCHLÜTER GRAF & PARTNER, 44137 Dortmund

(72) Erfinder:

gleich Anmelder

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
 gezogene Druckschriften:

DE 20 60 066 A

DE 11 514

US 44 61 684 A

US 44 40 605 A

US 42 46 075 A

SU 11 93 177 A

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

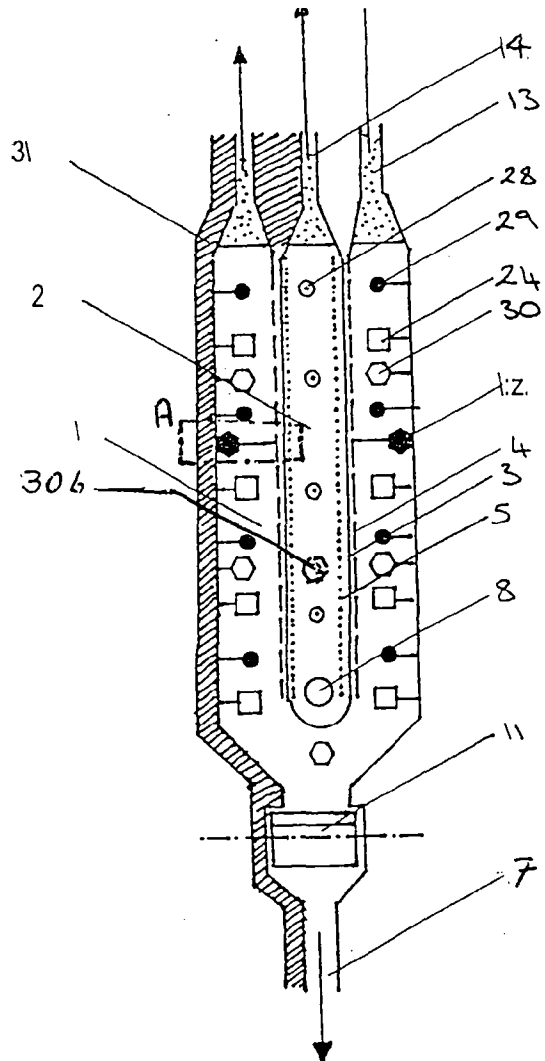
(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zur Extraktion von Magnesiumhydroxyd aus Meerwasser, Solen und konzentriertem Salzwasser**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Extraktion von Magnesiumhydroxyd aus Salzlösungen in folgenden Schritten:

- Einbringen von Salzlösung in ein Kathodenabteil (1) einer Zweikammer elektrolysezelle,
- Einbringen von Salzlösung in das Anodenabteil (2) der Zelle, deren Anodenabteilung (1) von der Kathodenabteilung (2) durch wenigstens eine Membran (3) getrennt ist,
- Anlegen eines Gleichstroms zwischen Kathode (4) und Anode (5) mit einer Stromstärke, die geeignet ist, einen hohen pH-Wert in dem Salzlösungselektrolyt in der Kathodenabteilung (1) zu erzeugen,
- Ablösung des akkretierten Materials (9) und Transport desselben aus der Kathodenabteilung (1).

Die Erfindung betrifft weiterhin eine Vorrichtung zur Extraktion von Magnesiumhydroxyd aus Salzlösungen, im Wesentlichen umfassend

- eine Elektrolysezelle, bestehend aus wenigstens einer Anodenabteilung (2) und einer Kathodenabteilung (1), welche durch mindestens eine Membran (3) getrennt sind,
- eine oder mehrere Anoden (5) und eine oder mehrere Kathoden (4) in den entsprechenden Abteilungen (2, 1), angeordnet in der Nähe wenigstens einer zugeordneten Membran (3),
- mindestens einen Zulauf (6) für die Zuführung von Salzlösung in die Kathodenabteilung (1),
- mindestens einen Ablauf (7) zur Abführung von verbrauchtem Prozesselektrolyt und Magnesiumhydroxyd aus der Kathodenabteilung (1),
- wenigstens eine Öffnung (8), um Salzlösung in die Anodenabteilung einzuleiten und abzuleiten, ...



**Beschreibung**

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren sowie eine Vorrichtung zur elektrolytischen Extraktion von Magnesiumhydroxyd, insbesondere aus Meerwasser, konzentriertem Meerwasser, Solen oder konzentrierten Salzlösungen.

**[0002]** Magnesiumhydroxyd wird in beträchtlichen Mengen für industrielle Zwecke benötigt, vor allem bei der Herstellung von Papier und hitzebeständigen Materialien. Es wird zur Raffinierung von Zucker verwendet und bei der Herstellung von Uran. Im medizinischen Bereich ist es ein wichtiges Antisäuremittel (Antacid) und Laxativ. Magnesiumhydroxyd oder Bruzit ist ein Rohmaterial für die Produktion von Magnesium und Magnesiumlegierungen, die zunehmend insbesondere im Fahrzeugbau eingesetzt werden.

**[0003]** Meerwasser stellt ein großes Reservoir an Magnesiumhydroxyd dar. Es ist bekannt, daß Magnesiumhydroxyd aus Meerwasser ausgefällt werden kann, indem die Alkalinität des Wassers durch Zugabe von dolomitischem Kalk oder Löschkalk erhöht wird. Bisher wurden jedoch keine Versuche unternommen, Magnesiumhydroxyd aus Meerwasser, konzentriertem Meerwasser, Solen oder anderen Mineralösungen direkt unter Einsatz von elektrolytischen Verfahren auf Basis einer industriellen Massenherstellung zu gewinnen.

**[0004]** Nach Sauerstoff, Wasserstoff, Chlor und Natrium ist Magnesium das fünfthäufigste Element in Meerwasser. Eine Kubikmeile Meerwasser enthält 6.125.000 t Magnesium. (Life Nature Library, The Sea, The Matchless Phenomenon of the Sea, Leonard Engel, and the editors of Time-Life Books New York, 1972, Seite 11). Somit müssen 660 bis 3.000 Kubikmeter Meerwasser verarbeitet werden, je nach Wirkungsgrad des verwendeten Verfahrens, um eine Tonne Magnesium aus der Verbindung Magnesiumhydroxyd zu gewinnen.

## Stand der Technik

**[0005]** Aus der US Patentschrift Nr. 4.246.075 ist die Mineralakkretion (Mineralablagerung) von Strukturen mit großen Oberflächen, Baukomponenten und Elementen bekannt. Indem ein Gleichstrom zwischen Elektroden in einem Elektrolyt wie Seewasser geschaltet wird, wird Kalziumkarbonat, Magnesiumhydroxyd und Wasserstoff an der Kathode erzeugt, während an der Anode Sauerstoff und Chlor erzeugt werden. Die elektrochemische Akkretion von Mineralien wird benutzt, um Strukturen mit großen Oberflächen, Baukomponenten und Elemente, bestehend aus einem harten und widerstandsfähigen Material, herzustellen. Um solche Oberflächen, Baukomponenten und Elemente aus hartem und widerstandsfähigem Material herzustellen, wird eine vorgefertigte Form,

bestehend aus elektrisch leitendem Material als Kathode in ein Volumen von Elektrolyt wie z.B. Meerwasser getaucht. Eine oder mehrere Anoden werden in der Nähe der Struktur versenkt und ein Gleichstrom wird für eine Zeitspanne, die zur Akkretisierung einer soliden Bedeckung des Materials der Form/Struktur ausreicht, zwischen den Elektroden geschaltet.

**[0006]** **Abb. 8** der US Patentschrift Nr. 4.246.075 zeigt die Anwendung der Mineralakkretionstechnologie für den Bau einer OTEC (Ocean Thermal Energy Conversion) Anlage. Die Zeichnungen zeigen selbstreinigende Kathoden in der  $Mg(OH)_2$  Kammer. Die Beschreibung in Spalte 6, Zeilen 51-55 bezieht sich auf **Abb. 8** und besagt, daß die Anlage neben der Umwandlung von Thermalenergie in Elektrizität auch Chlor, Wasserstoff, Ammonium,  $Mg(OH)_2$  (Bruzit) als Nebenprodukt des Elektrolyseverfahrens, welches zur Herstellung von Auftrieb von kaltem Meerwasser in den Tiefwasserrohren benutzt wird, herstellen kann. Mittels Anwendung von Hitze kann das Bruzit direkt auf das Mineral Periklase ( $MgO$ ) reduziert werden. Hierdurch könnte die Anlage refraktorisches Magnesium zu möglicherweise wettbewerbsfähigen Kosten produzieren. Diese Anwendungsvorschläge wurden jedoch bisher nicht im industriellen Maßstab zur Anwendung gebracht.

**[0007]** Die US Patentschriften Nr. 4.440.605 und Nr. 4.461.684 beschreiben die Anwendung ähnlicher Mineralakkretionstechnologie zur Reparatur betonbewehrter Strukturen und zum Schutz vor Biodegradation.

**[0008]** Die Patentschrift J 61.177,385-A beschreibt die Produktion von Magnesiumhydroxyd durch Elektrodeposition aus Meerwasser mit hohem Salzgehalt. Durch Anwendung einer hohen Stromdichte und einer niedrigen Temperatur kann Magnesiumhydroxyd mit einem niedrigen Kalziumkarbonatgehalt hergestellt werden. **Abb. 2** zeigt ein Förderband, das offenbar auch als Kathode dient, an der Magnesiumhydroxyd abgelagert und dann aus der Zelle befördert wird.

**[0009]** Die Patentschrift SU 1,193,177-A beschreibt eine Methode der Extraktion von Magnesiumhydroxyd durch Elektrolyse von mit Mineralien angereichertem Wasser, z.B. unterirdischem Wasser, als Ausgangsmaterial in einer Membran/Diaphragma Zelle, wobei das Ausgangsmaterial in die Anoden- und Kathodenabteilungen der Zelle gebracht wird. Dabei wird die Elektrolyse mit einer Stromdichte von 0,4 bis 0,8 A/dm<sup>2</sup>, einer Stromstärke von 8–10 V und einem pH Wert in der Kathodenabteilung von 10,5–11 durchgeführt. Es wird beansprucht, daß diese Bedingungen zu einer Extraktion von 100 prozentigem Magnesiumhydroxyd ohne Verunreinigungen führen. Die Patentschrift sagt jedoch aus, daß dieser Prozeß lediglich in einem Glaskrug ausgeführt wurde, wobei

die Anoden- und die Kathodenabteilungen mit Hilfe eines Schott Tiegels (crucible) mit einem Fassungsvermögen von 50 mg getrennt wurden. Es wird jedoch weder ein Verfahren noch eine Vorrichtung zur Herstellung von Magnesiumhydroxyd offenbart.

**[0010]** K. Menzel „Elektrochemische Abscheidung von mineralischen Substanzen aus Meerwasser“ in „Natürliche Konstruktionen, Mitteilungen des SFB 230, Heft 1 – Aus den Teilprojekten/Sonderforschungsbereich 230“ Universität Stuttgart/Universität Tübingen, 1988 beschreibt die Beschichtung von Elektroden aus Drahtgewebe mit „selbstreparierenden“ Mineralbeschichtungen in Meerwasser mittels Elektrizität. Die Mechanismen der Ausfällung und der elektrochemischen Bedingungen, um wachsende, feste Schichten zu erhalten, werden diskutiert und experimentell untersucht. Bei den Experimenten wurde ein chloridfreies Anodenelektrolyt (KOH Lösung) verwendet, um die Produktion von Chlorgas an der Anode zu vermeiden. Das Anodenabteil ist vom Kathodenabteil durch einen porösen Glasfilter (1 Micrometer Porendurchmesser) oder durch eine keramische Membran getrennt. Diese Beschreibung bezieht sich jedoch auf die Anlagerung von Magnesiumhydroxyd und Kalziumkarbonat an Kathoden zur Herstellung von Bauteilen und nicht auf die industrielle Gewinnung von Magnesiumhydroxyd als Rohstoff zur Weiterverarbeitung. Zusammengefasst steht derzeit weder ein geeignetes Verfahren, noch eine Vorrichtung zur elektrolytischen Extraktion von Magnesiumhydroxyd, insbesondere aus Meerwasser, konzentriertem Meerwasser, Solen oder konzentrierten Salzlösungen oder auch wässrigen Lösungen von chloridfreien Salzen (nachfolgend unter dem Begriff „Salzlösungen“ zusammengefasst) zur Verfügung, das im industriellen Maßstab wirtschaftlich einsetzbar ist.

#### Aufgabenstellung

**[0011]** Hier will die Erfindung Abhilfe schaffen. Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur elektrolytischen Extraktion von Magnesiumhydroxyd, insbesondere aus Salzlösungen zu schaffen, das auch im industriellen Maßstab wirtschaftlich einsetzbar ist. Gemäß der Erfindung wird diese Aufgabe durch ein Verfahren gelöst, welches folgende Verfahrensschritte umfasst:

- Einbringen von Salzlösung in ein Kathodenabteil einer Zweikammerelektrolysezelle,
- Einbringen von Salzlösung in das Anodenabteil der Zelle, deren Anodenabteilung von der Kathodenabteilung durch wenigstens eine Membran getrennt sind,
- Anlegen eines Gleichstroms zwischen Kathode und Anode mit einer Stromstärke, die geeignet ist, einen hohen pH Wert in dem Salzlösungelektrolyt in der Kathodenabteilung zu erzeugen,
- Ablösung des akkretierten Materials und

Transport desselben aus der Kathodenabteilung.

**[0012]** Mit der Erfindung ist ein Verfahren zur elektrolytischen Extraktion von Magnesiumhydroxyd, insbesondere aus Salzlösungen geschaffen, das auch im industriellen Maßstab wirtschaftlich einsetzbar ist. Die Elektrolyse bewirkt eine Erhöhung des katholytischen pH-Wertes, bis Magnesiumhydroxyd ausgefällt wird. Der pH-Wert kann soweit angehoben werden, dass Magnesiumhydroxyd mit einem hohen Reinheitsgrad ausgefällt wird. Der pH-Wert des Katholyts wird von der angelegten Stromdichte zwischen den Elektroden bestimmt. Das akkretierte Material kann anschließend von der Kathode abgelöst werden.

**[0013]** Unter dem Begriff „Membran“ sind nachfolgend alle Mittel zur Trennung von Anolyt und Katholyt, insbesondere auch Ionenaustausch-Membranen oder eine ionenselektive Membranen sowie Glas- oder Keramikfilter subsumiert.

**[0014]** Vorzugsweise wird das akkretierte Material von der Kathode mittels Abstreifen, Abschaben, Abbürsten oder der Anwendung von Vibration entfernt. Hierdurch wird die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens erhöht.

**[0015]** In Weiterbildung der Erfindung wird die Kathode von der Membran fortbewegt, während Magnesiumhydroxyd an der Kathode akkumuliert. Hierdurch wird eine geringe Distanz zwischen der Membran und der effektiven Kathodenoberfläche bei zunehmender Akkretion gewährleistet.

**[0016]** Bevorzugt wird zur Entfernung des akkretierten Materials von der Kathode diese von der Membran in einem größeren Abstand fortbewegt. Hierdurch wird eine In-Process-Entfernung des Materials ermöglicht. Darüber hinaus wird einer möglichen Beschädigung der Membran entgegengewirkt.

**[0017]** In Ausgestaltung der Erfindung wird das Wasserstoffgas, das in der Kathodenabteilung entsteht sowie das Sauerstoff- und Chlorgas, das in der Anodenabteilung entsteht gesammelt. Hierdurch wird die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens weiter erhöht. Wenn das Anodenelektrolyt aus einer Süßwasserlösung mit chlorfreiem Salz besteht, wird an der Anode nur Sauerstoff erzeugt. Dies kann vorteilhaft gegenüber der Mischung aus Chlorgas und Sauerstoff sein, welche von Salzlösungelektrolyt an der Anode erzeugt wird. Das chlorfreie Salz ist vorzugsweise Kaliumhydroxyd, doch es kann auch ein anderes Salz sein wie zum Beispiel Natriumhydroxyd. Wenn das Anolyt aus Salzwasser besteht, können weitere Salze beigemischt werden, um die elektrische Leitfähigkeit zu erhöhen.

**[0018]** In weiterer Ausgestaltung der Erfindung wird

die Wärme des abgelassenen Prozesselektrolyts über einen Wärmetauscher zur Aufheizung von frischem Salzlösungelektrolyt zur Speisung der Kathodenabteilung verwendet. Hierdurch wird die Effizienz des Verfahrens erhöht. Vorteilhaft werden dem frischen Salzlösungelektrolyt zur Speisung der Kathodenabteilung mittels Ionenaustausch Hydroxylionen des abgelassenen Prozesselektrolyts zugeführt.

**[0019]** Bevorzugt werden verfahrenswesentliche Größen wie Temperatur, pH-Wert, Stromdichte, Stromspannung, Salinität, Durchflussrate des Katholyts oder Abscheidungsrate des Magnesiumhydroxyds durch Sensoren erfasst und als Eingangsgrößen der Prozesssteuerung verwendet. Hierdurch ist eine kontinuierliche Prozessoptimierung ermöglicht. Die erfassten Größen werden von einem Computer verarbeitet, der die relevanten Parameter adjustiert, um vorherbestimmte Bedingungen der Verfahrensweise aufrechtzuerhalten. Eine integrierte Sensoren-Mikroprozessor-Effektor Vorrichtung steuert automatisch das Abscheidungsverfahren des Magnesiumhydroxyds, zum Beispiel in Hinblick auf optimale Energienutzung oder Reinheit des Magnesiumhydroxyds und erstellt eine Dokumentationen des Prozessablaufs.

**[0020]** Der Erfindung liegt weiterhin die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung zur elektrolytischen Extraktion von Magnesiumhydroxyd, insbesondere aus Salzlösungen zu schaffen, die auch im industriellen Maßstab wirtschaftlich einsetzbar ist. Gemäß der Erfindung wird diese Aufgabe durch eine Vorrichtung gelöst, im Wesentlichen umfassend

- eine Elektrolysezelle, bestehend aus wenigstens einer Anodenabteilung und einer Kathodenabteilung, welche durch mindestens eine Membran getrennt sind,
- eine oder mehrere Anoden und eine oder mehrere Kathoden in den entsprechenden Abteilungen, angeordnet in der Nähe wenigstens einer zugeordneten Membran,
- mindestens einen Zulauf für die Zuführung von Salzlösung in die Kathodenabteilung
- mindestens einen Ablauf zur Abführung von verbrauchtem Prozesselektrolyt und Magnesiumhydroxyd aus der Kathodenabteilung,
- wenigstens eine Öffnung, um Salzlösung in die Anodenabteilung einzuleiten und/oder abzuleiten,
- wenigstens eine Vorrichtung zur Entfernung von Magnesiumhydroxyd von der Kathode,
- Fördermittel zum Abtransport des Magnesiumhydroxyds aus der Kathodenabteilung.

**[0021]** Mit der Erfindung ist eine Vorrichtung zur elektrolytischen Extraktion von Magnesiumhydroxyd, insbesondere aus Salzlösungen geschaffen, die auch im industriellen Maßstab wirtschaftlich einsetzbar ist. Das aus dem Ablauf abgeführte Magnesiumhydroxyd kann in fester, flockenförmiger oder feinteil-

lig suspendierter, milchartiger Form vorliegen. Bevorzugt ist eine getrennte Öffnung zum Ablauf des Anolyts vorgesehen.

**[0022]** In Ausgestaltung der Erfindung ist die Vorrichtung zur Ablösung des akkretierten Magnesiumhydroxyds von der Kathode ein Abstreifer oder Abschaber. In anderer Ausgestaltung ist die Vorrichtung zur Ablösung des akkretierten Magnesiumhydroxyds von der Kathode ein mechanischer Schwingungsgenerator. In beiden Fällen ist eine wirtschaftliche Ablösung des Magnesiumhydroxyds gewährleistet.

**[0023]** In Weiterbildung der Erfindung ist die Kathode relativ zur zugeordneten Membran im Abstand von 2 bis 150 mm translatorisch bewegbar. Hierdurch ist der Abstand zwischen Kathode und Membran regulierbar. Dieser Bewegungsmechanismus bewirkt, dass die Kathode während des Ausfällens von Magnesiumhydroxyd, welches sich zunehmend auf der Kathodenoberfläche aufbaut, von der Membran in dem Maß entfernt wird, dass eine gleich bleibende Entfernung zwischen Membran und der Oberfläche des Magnesiumhydroxyds gegeben ist. Weiterhin kann die Kathode auf größere Entfernung (z.B. > 80 mm) von der Membran gebracht werden, um Magnesiumhydroxyd von der Kathode zu entfernen und die Massierung von losen Magnesiumhydroxydpartikeln zu vermeiden.

**[0024]** Vorteilhaft ist die Anode relativ zur zugeordneten Membran im Abstand von 1 bis 30 mm translatorisch bewegbar. Hierdurch ist die Steuerbarkeit des Prozessablaufs weiter erhöht.

**[0025]** In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist die Kathode relativ zur zugeordneten Membran kontinuierlich entsprechend dem Wachstum des akkretierten Materials bewegbar ist. Hierdurch ist ein gleich bleibender Abstand zwischen der mit akkretiertem Material beaufschlagten Kathode und der Membran erzielbar, wodurch ein kontinuierlicher Verfahrensablauf gewährleistet ist.

**[0026]** In Weiterbildung der Erfindung sind in der Kathodenabteilung steuerbare Leitflächen zur Beeinflussung des Fließverhaltens des Elektrolyts vorgesehen. Diese bewirken ein gleichmäßiges und uniformes Durchfließen des Elektrolyts in der Kathodenabteilung.

**[0027]** In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist mindestens ein Transducer und/oder Vibrator in der Anodenabteilung und/oder auf der Anode angeordnet. Hierdurch wird die dauerhafte Bildung von Sauerstoffblasen und Chlorgasblasen auf der Anodenoberfläche verhindert. Bevorzugt ist in der Kathodenabteilung mindestens ein Transducer zur Emission von Schallwellen in das Elektrolyt angeord-

net.

**[0028]** In Ausgestaltung der Erfindung weist die der Anode zugewandte Seite der Kathode eine geriffelte oder gezackte Oberfläche auf. Durch dieses mit der Oberfläche einer Eisenfeile vergleichbare Muster wird die elektrolytisch wirksame Oberfläche vergrößert. Weiterhin wird hierdurch eine erhöhte Haftung des Magnesiumhydroxyds auf der Kathodenoberfläche bewirkt.

**[0029]** In vorteilhafter Weiterbildung der Erfindung besteht die Kathode aus einer Reihe röhrenförmiger Einheiten mit halbkreisartigem Querschnitt, deren flacher Teil elektrisch leitend ist und dessen gebogener Teil aus einem wärmeisolierenden Material besteht, wobei die Einheiten derart angeordnet sind, dass der elektrisch leitende Teil der Membran zugewandt ist. Die Anordnung der Profile ist vorzugsweise vertikal parallel, alternativ ist auch eine horizontale oder diagonale Anordnung möglich.

**[0030]** Bevorzugt umfasst mindestens eine röhrenförmige Einheit ein regelbares Heizelement und ein wärmeleitendes Fluid. Hierdurch kann die Temperatur des Elektrolyts an der Kathodenoberfläche erhöht werden, wodurch die Ausfällrate des Magnesiumhydroxyds gesteigert wird. Die Temperatur des Elektrolyts liegt vorzugsweise zwischen 20°C und 98°C.

**[0031]** In Weiterbildung der Erfindung ist ein Wärmetauscher vorgesehen, der zwischen Prozesselektrolyt-Auslauf und Speisesalzlösung- Zulauf angeordnet ist. Hierdurch kann mittels Wärmetausch aus der Vorrichtung frische einlaufende Salzlösung durch auslaufende warme Prozesslösung aufgeheizt werden, sodass kaltes Salzwasser effektiv als Rohmaterial ohne weitere Kosten verwendet werden kann. Wird jedoch warme Salzlösung, bspw. Meerwasser oder erwärmtes konzentriertes Meerwasser aus Entsalzungsanlagen als Rohmaterial verwendet, kann das Aufheizen der Kathodenoberflächen und des Elektrolyts entfallen.

**[0032]** In bevorzugter Ausgestaltung der Erfindung sind in den Elektrodenabteilungen Sensoren zur Messung von Prozessparametern vorgesehen. Hierdurch ist die Überwachung und Manipulation von Prozessparametern ermöglicht, um die Produktion von Magnesiumhydroxyd in ökonomischer und qualitativer Hinsicht zu optimieren. Einige operativ veränderliche Größen sind zum Beispiel: Temperatur des Elektrolyts, pH Wert des Eingangs- und Prozesselektrolyts, Zusammensetzung des Elektrolyts, Durchflussraten, Abstände der Elektroden, Übertragungsraten der Hydroxylionen von auslaufendem Prozesselektrolyt in frische einlaufende Salzlösung, Frequenzen und Leistung der sonochemischen Transducer im Kathoden- und Anodenabteil, Frequenzen der Anodenvibratoren, Temperatur an der Kathodenoberflä-

che, elektrische Stromdichte und Stromspannung zwischen den Elektroden, chemisch-physikalische Eigenschaften des ausgefällten Magnesiumhydroxyds und dessen Zusammensetzung, Ausfällungsraten des Magnesiumhydroxyds. Diese Variablen können von Sensoren in und an der Vorrichtung erfasst und von einem programmierten Mikroprozessor verarbeitet werden, der optimale operative Bedingungen entsprechend Zielvorgaben durch Anpassung der entsprechenden variablen Größen mittels geeigneter Effektoren vornimmt.

**[0033]** Der Verbrauch von Elektrizität zur Ausfällung von Magnesiumhydroxyd aus Salzlösungen durch das Verfahren und die Vorrichtung der vorliegenden Erfindung kann reduziert werden, indem möglichst kleine Abstände zwischen den Elektroden eingerichtet werden und die Elektrodenmaterialien eine hohe elektrische Leitfähigkeit aufweisen, um Verluste durch den elektrischen Widerstand der Salzlösung und des Elektrodenmaterials so klein wie möglich zu halten. So besteht zum Beispiel die Kathode bevorzugt aus Kupfer oder Silber, alternativ können elektrisch hochleitfähige Trägermaterialien mit Gold-, Silber-, oder Kupferbeschichtung als Kathode eingesetzt werden. Um wirtschaftlich vorteilhaft Magnesiumhydroxyd aus Salzlösungen zu produzieren, ist der Einsatz niedrigstmöglicher elektrischer Stromspannungen und Stromstärken erforderlich. Mehrere Vorrichtungen bzw. Elektrolysezellen können zu einer Elektrolyseanlage kombiniert werden.

#### Ausführungsbeispiel

**[0034]** Andere Weiterbildungen und Ausgestaltungen der Erfindung sind in den übrigen Unteransprüchen angegeben. Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in den Zeichnungen dargestellt und wird nachfolgend im Einzelnen beschrieben. Es zeigen:

**[0035]** Abb. 1 einen Querschnitt durch eine erfindungsgemäße Vorrichtung;

**[0036]** Abb. 2 einen Längsschnitt durch die Vorrichtung gemäß Abb. 1;

**[0037]** Abb. 3 die Detailansicht „A“ der Vorrichtung gemäß Abb. 1 mit Teilen der Anode, der Membran und der Kathode mit ausgefälltem Bruzit;

**[0038]** Abb. 4 die Detailansicht „A“ aus Abb. 3 mit veränderter Anordnung. Sie zeigt die Kathoden in der nichtaktiven Position und die aktive Ablösevorrichtung für Bruzit;

**[0039]** Abb. 5 die Detailansicht einer Lamellenanordnung auf einem Rahmen als Teil einer Kathodenabteilung;

**[0040]** Die als Ausführungsbeispiel gewählte Vor-

richtung besteht aus einer Prozesswanne (100), in der eine Anodenabteilung (2) längsseitig angeordnet ist sowie eine Kathodenabteilung (1) vor, hinter und unter der Anodenabteilung (2) vorgesehen ist. Die Prozesswanne (100) weist einen Zulauf (6) zur Aufgabe der Salzlösung auf. Die Kathodenabteilung ist im Wesentlichen in Form einer Stimmgabel ausgebildet und umschließt die im Wesentlichen stabförmig ausgebildete Anodenabteilung (2) (vgl. [Abb. 1](#)). Kathodenabteilung (1) und Anodenabteilung (2) sind durch eine oder mehrere Ionen- durchlässige Membranen (3) getrennt. Die Kathoden (4) bzw. Anoden (5) der Kathoden- bzw. Anodenabteilung (1 bzw. 2) sind mit einer – nicht dargestellten – regulierbaren Gleichstromquelle verbunden.

**[0041]** Die Kathodenabteilung (1) weist unterhalb ihrer Krümmung einen Ablauf (7) zum Ablauf von Prozesslösung auf. Die Schenkel der Kathodenabteilung (1) sind gebildet durch röhrenartige Profile (32) mit halbkreisförmigem Querschnitt, gebildet aus einem flachen Kathodenteil (15) aus elektrisch hochleitfähigem Material wie zum Beispiel Silber und Kupfer oder einem hochleitfähigem Trägermaterial mit einer Beschichtung zum Beispiel aus Gold, Silber, Kupfer, Platin sowie einem gerundeten wärmeisolierenden Profil (17). Der elektrisch leitende, flach ausgebildete Teil jeder so gestalteten Kathodeneinheit (4) hat eine geriffelte Oberfläche (16), vergleichbar dem einer Metallfeile. Zwischen dem flachen Kathodenteil (15) und dem gerundeten Profil (17) ist ein Hohlraum (18) gebildet, der mit einer wärmeleitenden, jedoch elektrisch nicht leitenden Flüssigkeit gefüllt ist. In dem Hohlraum (18) ist zentral ein elektrisches Heizelement (19) vorgesehen. Zwischen den nebeneinander angeordneten Kathodeneinheiten (4) sind Abstandhalter (21) vorgesehen, die einen gleichmäßigen, stabilen Abstand der Röhren (32) zueinander gewährleisten. An den Abstandhaltern (21) sind Leitschienen (22) angeformt, die in Nuten (23) der Profile (17) jeweils zweier benachbarter Kathodeneinheiten (4) eingreifen. Die Abstandhalter (21) sind in regelmäßigen Abständen vertikal entlang der Kathodeneinheiten (4) angeordnet, wobei Zwischenräume gebildet sind, sodass das Elektrolyt ungehindert zirkulieren kann. Die so gebildeten Paneele (35) sind modulare Komponenten der Kathodenabteilung (1). Im Ausführungsbeispiel weist jedes der Paneele (35) zwanzig Kathodeneinheiten (4) auf (zehn der in [Abb. 3](#) dargestellten Paare von Kathodeneinheiten).

**[0042]** Die wärmeisolierenden Profile (17) der Kathodeneinheiten (4) sind an einem steifen Rahmen (20) befestigt, der wiederum mit einer Verschiebevorrichtung (12) verbunden ist. Über die Verschiebevorrichtung (12) können die Kathodeneinheiten (4) auf die Membran (3) zu bzw. von ihr fort bewegt werden. Die Verschiebevorrichtung (12) umfasst im Anwendungsbeispiel eine Gewindestange (12a), die in ein korrespondierendes Innengewinde (20a) des Rah-

mens (20) eingreift sowie einen Motor (12b), durch den die Gewindestange in beide Richtungen rotatorisch angetrieben werden kann. Die Verschiebevorrichtung (12) bewirkt, dass der Abstand (33) zwischen Kathode (4) bzw. einer auf der äußeren Oberfläche (16) wachsenden Mineralschicht (9) und der Membran (3) während der Akkretion jederzeit konstant bleibt oder dass von einem – nicht dargestellten – Computer ermittelte optimale Abstände eingestellt werden. Weiterhin kann über die Verschiebevorrichtung (12) der Abstand (33) zwischen Kathode (4) und Membran (3) ausreichend groß für das Abstreifen der Mineralschichten eingestellt werden. Der Abstand (33) in [Abb. 3](#) ist aus Gründen größerer Klarheit nicht maßstabgerecht dargestellt.

**[0043]** Die Kathoden (4) sind gegenüber der Membran (3) in kleinstmöglicher und einstellbarer Entfernung zu dieser angeordnet. Die kleinstmögliche Entfernung beschreibt die kleinste mögliche Distanz zwischen Kathode (4) und Membran (3), die einen ungehinderten und kontinuierlichen Fluss des Elektrolyts zwischen diesen gewährleistet, auch unter dem Einfluss von Konvektionströmungen oder anderen Kräften, die auf das Elektrolyt in der Kathodenabteilung (1) einwirken. Dabei muss in der Kathodenabteilung (1) jederzeit genügend Raum für die wachsende Akkretion (9) auf der der Membran (3) zugewandten Kathodenoberfläche vorhanden sein (vgl. [Abb. 3](#)). Weiterhin muss ein Abstreifer (10) zwischen Kathode (4) und Membran (5) bewegt werden können, um das akkretierte Material (9) zu entfernen.

**[0044]** Der Abstreifer (10) besteht im Wesentlichen aus einem geführten Draht oder einer gespannten Kunststoffschnur, die horizontal angeordnet ist. Wahlweise kann auch ein mit Borsten versehenes Profil verwendet werden. Der Abstreifer (10) kann, von einem oder mehreren Motoren (12b) angetrieben, auf der vollen Höhe der Kathodenabteilung (1) vertikal auf- und niederfahren. Wenn die Kathoden (4) in der vorgesehenen Abstreifposition sind, entfernt die vertikale Bewegung des Abstreifers (10), der über die Oberfläche (16) der Kathoden (4) gleitet, das akkretierte Material (9) von den Kathoden (4) und das Material sinkt auf ein Förderband (11), das unterhalb der Krümmung im unteren Teil der Kathodenabteilung (1) angeordnet ist und in einen Behälter (34) am Ende des Förderbandes (11) mündet (vgl. [Abb. 2](#)). Eine mit rotierenden Bürsten versehene Vorrichtung (26) ist behälterseitig unter dem Förderband (11) angeordnet und entfernt das restliche Mineral von dem Förderband (11), welches in dem Behälter (34) gesammelt wird. Das Förderband ist vorzugsweise porös, sodass das gebrauchte Prozesselektrolyt über den Ablauf (7) abfließen kann, während das Mineral (16) auf dem Band (11) verbleibt, um in den Behälter (34) transportiert zu werden. Um das Mineralmaterial, welches in dem aus der Kathodenabteilung ausgeflossenen Prozesselektrolyt noch

enthalten ist, nach Verlassen der Kathodenabteilung durch den Abfluss (7) zu separieren, können hier verschiedene Filter bekannter Art angeordnet sein.

**[0045]** Der Abstreifer (10) weist eine glatte Oberfläche auf, sodass beim Abstreifen des Akkretionsmaterials (9) von der Kathodenoberfläche (16) ein kleiner Teil des Minerals in den Hohlräumen der geriffelten Oberfläche verbleibt. Dieses ist von Vorteil, weil somit Nukleation des ausfällenden Magnesiumhydroxyds und die folgende Schichtbildung erleichtert werden.

**[0046]** Durch die Verschiebevorrichtung (12) kann die Kathode (4) progressiv von der Membran (3) während des Akkretionsvorgangs fortbewegt werden und eine typische Distanz von 1-120 mm jederzeit zwischen der Membran (3) und der Kathode (4), oder, während der Akkretion, zwischen der äußeren Oberfläche des akkretierten Materials (9) und der Membran (3) gehalten werden. Weiterhin kann durch die Verschiebevorrichtung (12) die Kathode (4) weiter von der Membran (3) getrennt werden, sodass der Abstreifer (10) zwischen Kathode (4) und Membran (3) bewegt werden kann, um das akkretierte Material (9) zu entfernen.

**[0047]** An der Wandung der Kathodenabteilung (1) sind Transducer (29) vorgesehen. Hierbei handelt es sich um sonochemische Module, die durch Anwendung von Schallwellen im Frequenzbereich von 4-18.000 Hz im Elektrolyt auf die Akkretionsmatrix wirken, wodurch die Produktionsrate von Magnesiumhydroxyd verbessert wird.

**[0048]** Weiterhin sind innerhalb der Kathodenabteilung (1) eine Reihe von durch Motoren angetriebenen Leitflächen oder Lamellen (24, 25) angeordnet. Diese steuern die Strömung des Elektrolyts, beginnend am Zulauf (6) bis zum Ablauf (7) derart, dass ein größtmöglicher Kontakt des frischen Elektrolyts (Salzlösung) mit den Kathoden stattfindet. In [Abb. 2](#) sind die normalerweise horizontal angeordneten Lenklamellen (24), die justierbar eine gleichförmige Strömung des Elektrolyts durch die Kathodenabteilung bewirken, gezeigt.

**[0049]** [Abb. 5](#) zeigt eine Reihe von justierbaren Leitflächen (25), generell vertikal im Vergleich mit den horizontal angeordneten Leitflächen (24), verbunden mit dem steifen Rahmen (20) zwischen den Kathoden (4), um das aufwärts strömende Elektrolyt zu Lücken zwischen den Abstandhaltern (21) so zu leiten, dass das Elektrolyt die Kathodenoberflächen (16) bestreicht. Die Kombination der verschiedenen Leitflächen (24) verursacht eine spiralförmige Strömung des Elektrolyts in der Kathodenabteilung, die eine bestmögliche Nutzung des Elektrolyts ermöglicht.

**[0050]** In der Anodenabteilung (2) ist für die Zuführung des Anolyts an der der Krümmung der Katho-

denabteilung (1) zugewandten Seite ein Zulauf (8) vorgesehen. Die Anode (5) besteht vorzugsweise aus einem hochleitfähigen Material wie Platin, einem platinbeschichteten Trägermaterial oder zum Beispiel Mischmetall Oxyden auf einem Titanträger (z.B. aus Raney Titan), vorzugsweise so geformt, dass die Anodenoberfläche maximiert wird. Die Anoden (5) sind gegenüber der Membran (3) in kleinstmöglicher und einstellbarer Entfernung zu dieser angeordnet. „Kleinstmögliche Entfernung“ bedeutet im Fall der Anoden (5) ähnliches wie bei den Kathoden (4), sodass ein ungehinderter und kontinuierlicher Fluss des Elektrolyts zwischen den Anoden (5) und Membran (3), auch unter dem Einfluss von Konvektionströmungen oder anderen Kräften, die auf das Elektrolyt in der Anodenabteilung einwirken, gewährleistet ist. Die typische Distanz liegt im Bereich von 1-50 mm.

**[0051]** In der Anodenabteilung (2) sind weiterhin Transducer (28) vorgesehen, um durch Emission von akustischen Frequenzen Sauerstoff- und Chlorgasblasen, die elektrisch isolierend wirken und den Akkretionsvorgang negativ beeinträchtigen, zu entfernen. Dadurch wird die Wirksamkeit des Akkretionsvorgangs erhöht. Zusätzlich können in der Anodenabteilung (2) auch – nicht dargestellte – Vibratoren angeordnet sein.

**[0052]** Sowohl in der Kathodenabteilung (1) als auch in der Anodenabteilung (2) sind Sensoren (30, 30b) vorgesehen, die zum Beispiel Parameter wie pH-Werte, Salinität, Temperatur, Durchflussraten und ähnliche, für einen ökonomischen Akkretionsprozess wichtige Parameter, an einen Computer weitergeben, der entsprechend den empfangenen Daten die Konditionen für einen optimierten Akkretionsprozess bestimmt, zum Beispiel durch Feinabstimmung der Erhitzung der Kathoden (4), Durchflussraten, Stromstärke und Spannung zwischen den Elektroden (4, 5) und weiteren Parametern, die zur Optimierung der Mineralakkretion von Magnesiumhydroxyd notwendig sind und den Zielvorgaben entsprechen.

**[0053]** Die Membran (3), angeordnet zwischen den Elektroden (4, 5), besteht aus einem Material mit ionenspezifischer Selektivität bekannter Bauart und trennt das Anolyt vom Katholyt wie auch die in den Abteilungen entstehenden Gase. Sie ist zum Beispiel eine Ionenaustauschmembran. Alternativ kann zum Beispiel ein Diaphragma des bekannten Typs oder ein keramisches oder Glasmaterial mit einem Porendurchmesser von ungefähr 1 Mikrometer eingesetzt werden.

**[0054]** Der Verfahrensablauf der vorliegenden Erfindung wird exemplarisch anhand des gewählten Ausführungsbeispiels im Folgenden beschrieben: Eine Wasser/Kaliumhydroxyd Lösung (5-60 Gewichtsprozent KOH) wird durch den Zulauf (8) in die Anodenabteilung (2) gelassen und gefilterte Salzlö-

sung wird in die angrenzende Kathodenabteilung (1) durch den Zulauf (6) der Prozesswanne gelassen (Abb. 2). Eine Gleichstromquelle wird an die Elektroden (4, 5) angeschlossen, sodass ein elektrischer Strom mit einer Ausgangsspannung von 1,1–6 V und einer Ausgangsstromdichte von 0,8–38 A/m<sup>2</sup> effektiver Kathodenoberfläche fließt. Die Stromdichte wird so eingestellt, dass der pH-Wert des Elektrolyts an der Kathode (4) mindestens 9,7 (bei normalem Meerwasser) beträgt. Elektrolyte, deren Zusammensetzung von der normalen Meerwassers abweichen, zum Beispiel konzentriertes Meerwasser aus Meerwasserentsalzungsanlagen oder Solen, können verschiedene pH-Werte erforderlich machen, um Magnesiumhydroxyd mit einem hohen Reinheitsgrad zu produzieren. Diese von der Norm für normales Meerwasserelektrolyt abweichenden pH-Werte können von den in der Vorrichtung integrierten Sensoren in Verbindung mit einem Mikroprozessor und Steuerungsmechanismen experimentell ermittelt und effektiv im Produktionsprozess verwendet werden.

**[0055]** Vorteilhaft wird der Zwischenraum, der die Elektroden trennt, so klein wie praktisch möglich, bezogen auf Produktionsbedingungen, gehalten, um effizient Magnesiumhydroxyd zu produzieren. Die Anode (5) befindet sich typischerweise 1–30 mm von der Membran (3) entfernt, die Anordnung der Kathoden (4) ist anderer Art, da sie variabel gegenüber der Membran (3) eingestellt werden kann.

**[0056]** Während des Akkretionsvorgangs wird der Abstand zwischen Membran (3) und der der Membran (3) zugewandten Mineralschicht (9) auf der Kathode (4) automatisch mittels eines gesteuerten Motors (12b) konstant gehalten (1–50 mm), während die Mineralschicht (9) wächst. Dies bewirkt, dass Elektrolyt jederzeit zwischen der Membran (3) und der Mineralschicht (9) zirkulieren kann und somit Rohstoffe zur Mineralakkretion in unmittelbare Nähe der wachsenden Mineralschicht (9) transportiert werden. Einen weiteren Vorteil dieser Automatik stellt die Minimierung von elektrischen Widerstandsverlusten im Elektrolyt dar.

**[0057]** Nachdem sich eine gewisse Menge von Magnesiumhydroxyd auf den Kathoden (4) gebildet hat, wird das Mineral in folgender Weise weiter verarbeitet:

Die Kathoden werden durch eine Verschiebevorrichtung (12) von der Membranseite entfernt, sodass die senkrechte Bewegung des Mineralabstreifers (10) effektiv das Akkretionsprodukt von den Kathodenoberflächen (16) lösen kann, das auf das poröse Förderband (11) sinkt und von demselben aus der Kathodenabteilung (1) in den Behälter (34) gefördert wird. Am Förderband (11) verbleibende Restbestände werden von einer oder mehreren bürstenartigen Vorrichtungen (26) entfernt (Abb. 2).

**[0058]** Der Abstreifvorgang der Mineralschichten kann durchgeführt werden, während die Vorrichtung Elektrolyt enthält und elektrolytisch aktiv ist oder wenn die Vorrichtung kein Elektrolyt enthält.

**[0059]** Wenn die Vorrichtung Elektrolyt enthält, wird ein stetiger Zufluss von Elektrolyt in die Kathodenabteilung (1) aufrechterhalten, während Elektrolyt und abgestreiftes Material (9) mittels des porösen Förderbandes (11) und/oder durch den Ablauf (7) die Kathodenabteilung (1) verlassen. Das aus dem Ablauf (7) gelaufene und im Behälter (34) gesammelte Salzwasser/Magnesiumhydroxyd Gemisch wird gefiltert, um das Magnesiumhydroxyd zu erlangen. Das Salzwasser wird einem – nicht dargestellten – Hydroxylaustauscher zugeführt, der mit frischem Salzwasser gespeist wird, das als Elektrolyt zur Verarbeitung in der Vorrichtung vorgesehen ist. Ebenso kann thermische Energie des gebrauchten Salzwassers durch einen – ebenfalls nicht dargestellten – Wärmeaustauscher auf das frische Salzwasserelektrolyt übertragen werden.

**[0060]** Bei alternativen Betriebsweisen der Vorrichtung kann vorteilhaft auf den Betrieb des Förderbandes (11) verzichtet werden. Dazu wird das Förderband aus der Vorrichtung entfernt. Das Salzwasser/Magnesiumhydroxydgemisch wird dann durch den Ablauf (7) zum Filtern und ggf. zur weiteren Verwendung in Wärme- oder Hydroxylaustauschern abgelassen.

**[0061]** Neben der Herstellung von Magnesiumhydroxyd aus Salzlösungen werden auch Wasserstoff-, Sauerstoff- und im Fall einer alternativen Nutzung der Vorrichtung Chlorgase als Nebenprodukte der Elektrolyse von Wasser oder Salzwasser erzeugt. Diese Gase treten durch Öffnungen (13, 14) des Kathoden- bzw. Anodenraums (1, 2) aus und werden mit bekannten Vorrichtungen gesammelt. Sauerstoff- und Chlorblasen, die an der Anode (5) entstehen, werden durch die Wirkung von Vibratoren und Transducern (28), die in der Anodenabteilung (2) oder auf der Anode (5) angebracht sind, von der Anodenoberfläche entfernt.

**[0062]** Die Vorrichtung ist thermisch isoliert, um Wärmeverluste zu minimieren. Abb. 1 zeigt die Isolierung (31) nur am Kopfende der Einheit, weil diese als eine in einer Reihung gleichartiger Einheiten vorgesehen ist. Für alle gereiht angeordneten Vorrichtungen ist eine thermische Isolierung vorgesehen.

**[0063]** Im Ausführungsbeispiel liegen folgende Betriebsbedingungen vor:

Stromspannung zwischen den Elektroden 1,1–6,0 V;  
Stromdichte an der Kathode 0,8–48,0 A/m<sup>2</sup> effektiver Kathodenoberfläche;  
Temperatur des Elektrolyts 3–98° C.

**[0064]** Der pH-Wert des Katholyts liegt innerhalb des Bereichs von 8,3 – 14,5; vorzugsweise zwischen 8,7 und 13,0; besonders bevorzugt zwischen 9,3 und 12,8; und im Besonderen zwischen 9,5. und 12,6.

**[0065]** Der kritische pH-Wert für Ausfällung von Magnesiumhydroxyd in Meerwasser ist 9,7.

**[0066]** Eine spezifische Kombination der oben gegebenen Werte wird benötigt, um die gewünschte Zusammensetzung des ausgefällten Materials zu erhalten. Es sollte vermerkt werden, dass eine relativ niedrige Stromdichte an der Kathode (4) zu dem Akkretionsprodukt Bruzit in seiner harten kristallinen Form führt, während bei Anwendung höherer Stromdichte Bruzit in der weichen, seifenartigen Form ausgefällt wird.

#### Bezugszeichenliste

1	Kathodenabteilung
2	Anodenabteilung
3	Membran
4	Kathode
5	Anode
6	Zulauf
7	Ablauf
8	Zulauf
9	Akkretion (Ablagerung)
10	Abstreifer
11	Förderband
12	Verschiebevorrichtung
12a	Gewindestange
12b	Motor
13	Öffnung
14	Öffnung
15	Kathodenteil
16	Kathodenoberfläche
17	wärmeisoliertes Profil
18	Hohlraum
19	Heizelement
20	Rahmen
20a	Innengewinde
21	Abstandhalter
22	Leitschiene
23	Nut
24	Lamelle
25	Leitfläche
26	Bürstenvorrichtung
28	Transducer
29	Transducer
30	Sensor
30b	Sensor
31	Isolierung
32	Röhre
33	Abstand
34	Behälter
35	Paneel
100	Prozesswanne

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Extraktion von Magnesiumhydroxyd aus Salzlösungen in folgenden Schritten:

- Einbringen von Salzlösung in ein Kathodenabteil (1) einer Zweikammerelektrolysezelle,
- Einbringen von Salzlösung in das Anodenabteil (2) der Zelle, deren Anodenabteilung (1) von der Kathodenabteilung (2) durch wenigstens eine Membran (3) getrennt ist,
- Anlegen eines Gleichstroms zwischen Kathode (4) und Anode (5) mit einer Stromstärke, die geeignet ist, einen hohen pH-Wert in dem Salzlösungelektrolyt in der Kathodenabteilung (1) zu erzeugen,
- Ablösung des akkretierten Materials (9) und Transport desselben aus der Kathodenabteilung (1).

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das akkretierte Material (9) von der Kathode (4) durch Abstreifen, Abschaben, Abbürsten gelöst wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Kathode (4) von der Membran (3) fortbewegt wird, während Magnesiumhydroxyd an der Kathode (4) akkumuliert.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass zur Entfernung des akkretierten Materials (9) von der Kathode (4) diese von der Membran (3) in einem größeren Abstand fortbewegt wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Wasserstoffgas, das in der Kathodenabteilung (1) entsteht sowie das Sauerstoff und Chlorgas, das in der Anodenabteilung (2) entsteht, gesammelt wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Wärme des abgelassenen Prozesselektrolyts über einen Wärmetauscher zur Aufheizung von frischer Salzlösung zur Speisung der Kathodenabteilung (1) verwendet wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass dem frischen Salzlösungelektrolyt zur Speisung der Kathodenabteilung (1) mittels Ionenaustausch Hydroxylionen des abgelassenen Prozesselektrolyts zugeführt werden.

8. Verfahren nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass verfahrenswesentliche Größen wie Temperatur, pH-Wert, Stromdichte, Stromspannung, Salinität, Durchflussrate des Katholyts oder Abscheidungsrate des Magnesiumhydroxyds durch Sensoren (30, 30b) erfasst und als Eingangsgrößen der Prozesssteuerung verwendet werden.

9. Vorrichtung zur Extraktion von Magnesiumhydroxyd aus Salzlösungen, im Wesentlichen umfassend

- eine Elektrolysezelle, bestehend aus wenigstens einer Anodenabteilung (2) und einer Kathodenabteilung (1), welche durch mindestens eine Membran (3) getrennt sind,
- eine oder mehrere Anoden (5) und eine oder mehrere Kathoden (4) in den entsprechenden Abteilungen (2, 1), angeordnet in der Nähe wenigstens einer zugeordneten Membran (3),
- mindestens einem Zulauf (6) für die Zuführung von Salzlösung in die Kathodenabteilung (1),
- mindestens eine Ablauf (7) zur Abführung von verbrauchtem Prozesselektrolyt und Magnesiumhydroxyd aus der Kathodenabteilung (1),
- wenigstens eine Öffnung (8), um Salzlösung in die Anodenabteilung einzuleiten und abzuleiten,
- wenigstens eine Vorrichtung zur Entfernung von Magnesiumhydroxyd (9) von der Kathode (4),
- Fördermittel (11) zum Abtransport des Magnesiumhydroxyds aus der Kathodenabteilung (1).

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine separate Öffnung zum Ablauf des Analyts vorgesehen ist.

11. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung zur Ablösung des akkretierten Magnesiumhydroxyds (10) von der Kathode (4) ein Abstreifer oder Abschaber ist.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 und 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung zur Ablösung des akkretierten Magnesiumhydroxyds (10) von der Kathode (4) ein mechanischer Schwingungsgenerator ist.

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Kathode (4) relativ zur zugeordneten Membran (3) im Abstand von 2 bis 150 mm translatorisch bewegbar ist.

14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Kathode (4) relativ zur zugeordneten Membran (3) kontinuierlich entsprechend dem Wachstum des akkretierten Materials (9) bewegbar ist.

15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Anode (5) relativ zur zugeordneten Membran (3) im Abstand von 1 bis 30 mm translatorisch bewegbar ist.

16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass in der Kathodenabteilung (1) steuerbare Leitflächen (24, 25) zur Beeinflussung des Fließverhaltens des Elektrolyts vorgesehen sind.

17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Transducer (28) und/oder Vibrator in der Anodenabteilung (2) und/oder auf der Anode (5) angeordnet ist.

18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass in der Kathodenabteilung (1) mindestens ein Transducer (29) zur Emission von Schallwellen in das Elektrolyt angeordnet ist.

19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass die der Anode (5) zugewandte Seite der Kathode (4) eine geriffelte oder gezackte Oberfläche (16) aufweist.

20. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Kathode (4) aus einer Reihe röhrenförmiger Einheiten (32) mit halbkreisartigem Querschnitt besteht, deren flacher Teil (15) elektrisch leitend ist und dessen gebogener Teil (17) aus einem wärmeisolierenden Material besteht, wobei die Einheiten (32) derart angeordnet sind, dass der elektrisch leitende Teil (17) der Membran (3) zugewandt ist.

21. Vorrichtung nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine röhrenförmige Einheit (32) ein regelbares Heizelement (19) und ein wärmeleitendes Fluid umfasst.

22. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass ein Wärmetauscher vorgesehen ist, der zwischen Prozesselektrolyt-Auslauf (7) und Speisesalzlösung-Zulauf (6) angeordnet ist.

23. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass in den Elektrodenabteilungen (1, 2) Sensoren (30, 30b) zur Messung von Prozessparametern vorgesehen sind.

24. Vorrichtung nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, dass die von den Sensoren (30, 30b) aufgenommenen Daten von einem Computer verarbeitet werden, um den Produktionsvorgang von Magnesiumhydroxyd mittels Effektoren zu steuern und zu optimieren.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

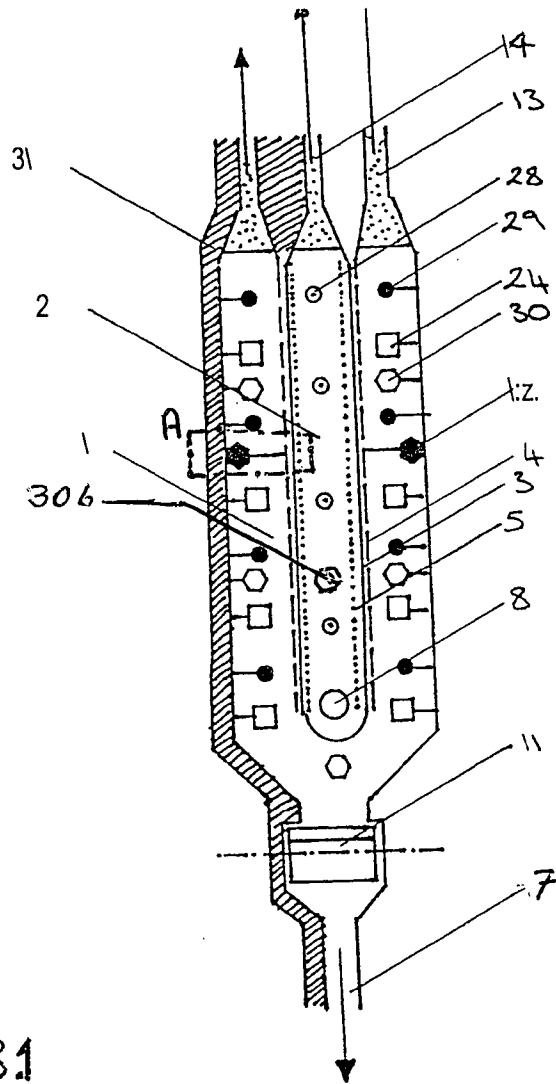


ABB.1

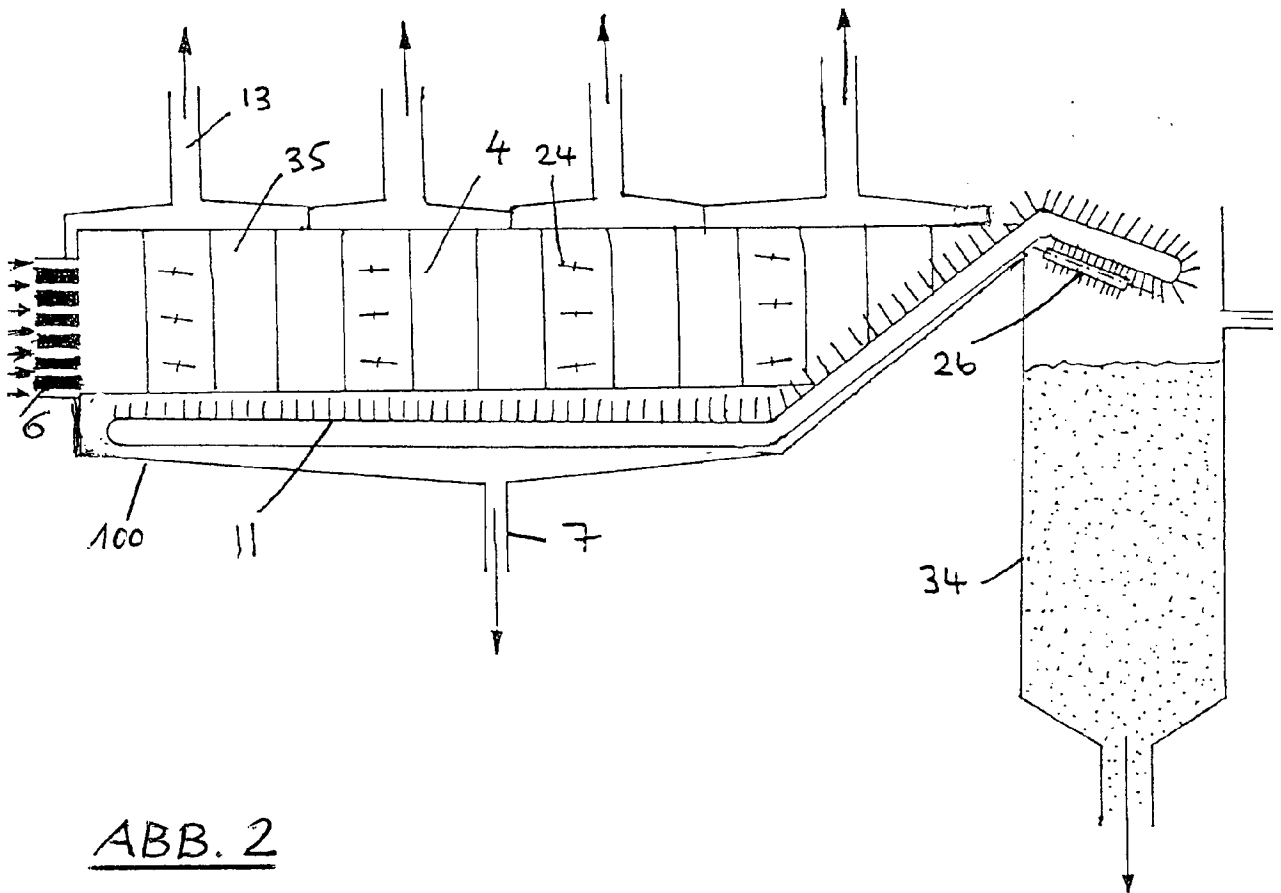


ABB. 2

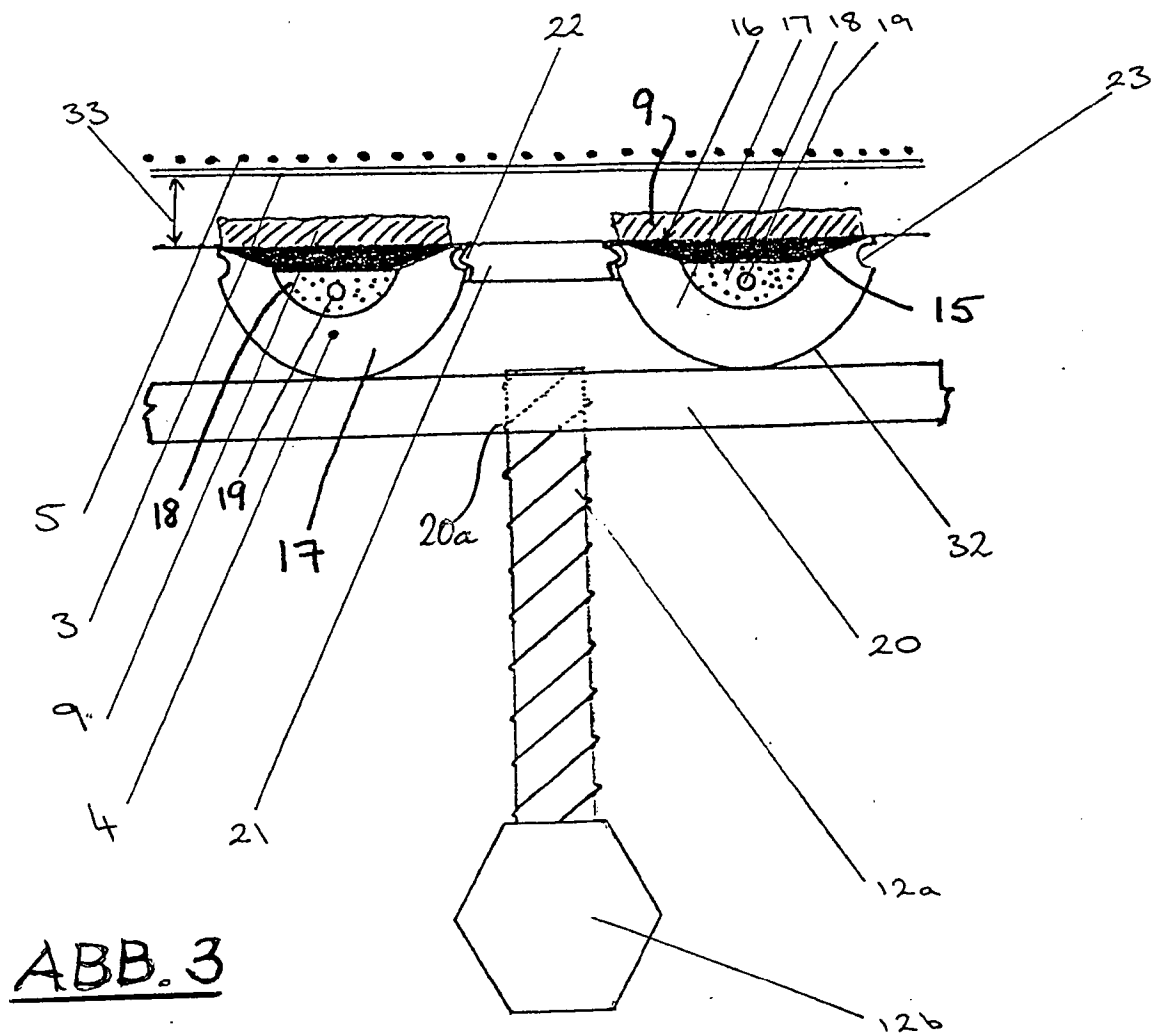
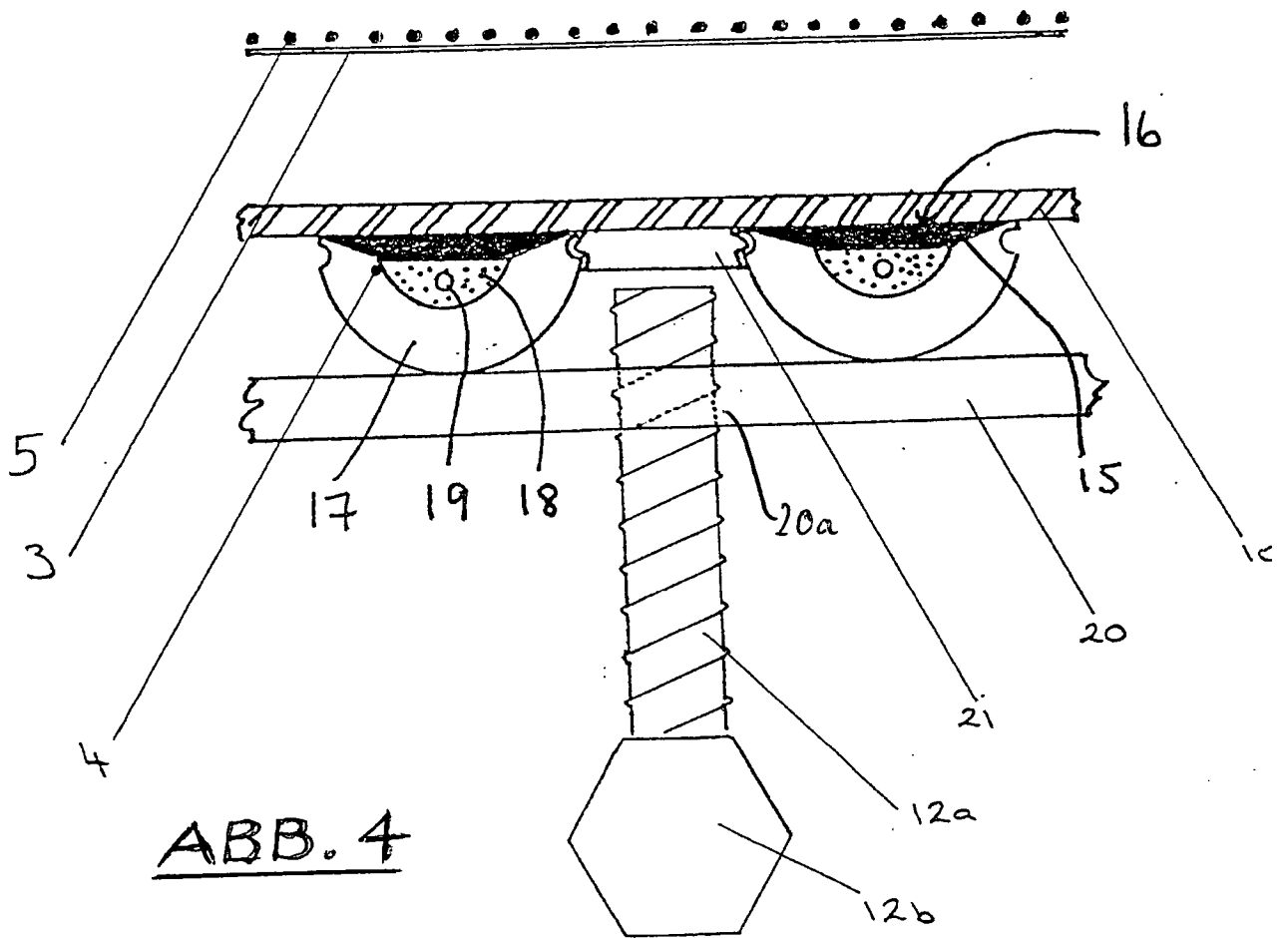


ABB. 3



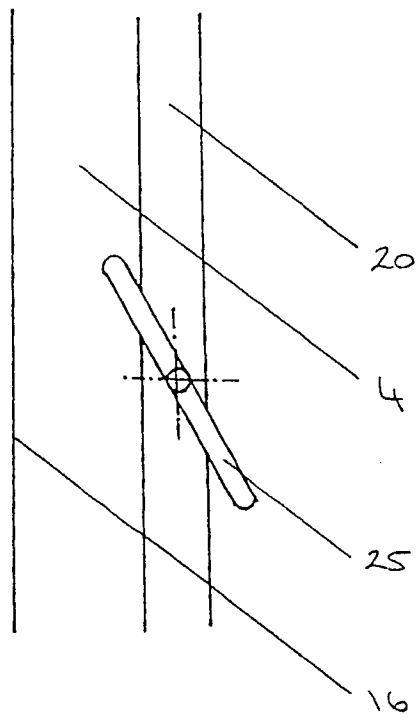


ABB. 5