

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
5. März 2009 (05.03.2009)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2009/026598 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
Nicht klassifiziert

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/AT2008/000277

(22) Internationales Anmeldedatum:
7. August 2008 (07.08.2008)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
A 1337/2007 27. August 2007 (27.08.2007) AT

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): **METTOP GMBH** [AT/AT]; Peter-Tunner-Strasse 4,
A-8700 Leoben (AT).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **FILZWIESER, An-
dreas** [AT/AT]; Augartenweg 1, A-8712 Proleb (AT).
FILZWIESER, Iris [AT/AT]; Augartenweg 1, A-8712
Proleb (AT).

(74) Anwälte: **NEMEC, Harald** usw.; Wipplingerstrasse 30,
A-1010 Wien (AT).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN,
HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ,
LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK,
MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG,
PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM,
ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,
VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG,
ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU,
TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK,
EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR OPERATING COPPER ELECTROLYSIS CELLS

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM BETREIBEN VON KUPFER-ELEKTROLYSEZELLEN

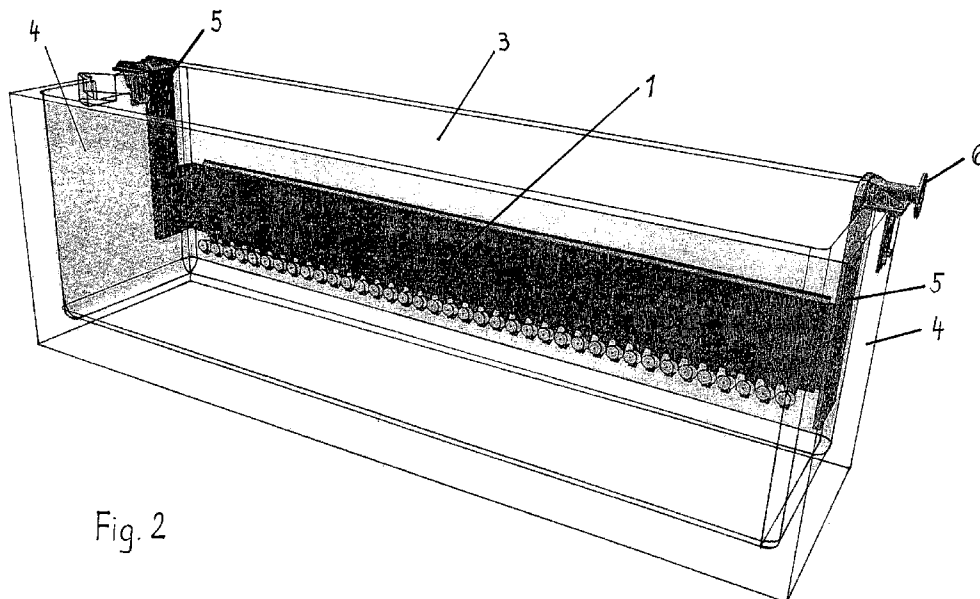


Fig. 2

(57) Abstract: In a method for operating copper electrolysis cells which comprise a plurality of anode and cathode plates positioned perpendicularly and parallel to each other, an electrolyte inlet on the longitudinal side and an electrolyte outlet, the electrolyte flows in through the electrolyte inlet horizontally and parallel to the electrodes in each electrode gap at the level of the lower third of the electrodes at a rate of 0.3 to 1.0 m/s, wherein the cathode plates are in a fixed position with respect to the inlet direction. Thus, an optimum flow control of the electrolyte is achieved with respect to the electrodes, which results in an increase in the limiting current density.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2009/026598 A2



MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts*

(57) Zusammenfassung: Bei einem Verfahren zum Betreiben von Kupfer-Elektrolysezellen, welche eine Vielzahl von senkrecht und parallel zueinander angeordneten Anoden- und Kathodenplatten, einen längsseitigen Elektrolytzulauf und einen Elektrolytablauf umfassen, wird der Elektrolyt über den Elektrolytzulauf horizontal und parallel zu den Elektroden in jedem Elektrodenzwischenraum jeweils in Höhe des unteren Drittels der Elektroden mit einer Geschwindigkeit von 0,3 bis 1,0 m/s eingeströmt, wobei die Kathodenplatten gegenüber der Einströmrichtung ortsfest angeordnet werden. Hierdurch wird eine optimierte Strömungsführung des Elektrolyten in bezug auf die Elektroden erzielt, die zu einer Erhöhung der Grenzstromdichte führt.

Verfahren zum Betreiben von Kupfer-Elektrolysezellen

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben von Kupfer-Elektrolysezellen, welche eine Vielzahl von senkrecht und parallel zueinander angeordneten Anoden- und Kathodenplatten, einen längsseitigen Elektrolytzulauf und einen Elektrolytablauf umfassen, sowie eine neuartige Kupfer-Elektrolysezelle.

Prinzipiell wird in einer Kupferelektrolyse anodisch Kupfer in Form von Kupfer(II)ionen in Lösung gebracht, welches sich an der Kathode wieder zu metallischem Kupfer abscheidet.

Anode: $\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2 \text{e}^-$

Kathode: $\text{Cu}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$

Die Menge an metallischem Kupfer kann über das Faraday'sche Gesetz (Gleichung 1) ermittelt werden:

$$m = \frac{M \cdot i \cdot A \cdot t}{z \cdot F} \quad \text{Glg.1}$$

Dabei ist m die Masse an produziertem Kupfer in g, M die Molmasse von Kupfer in g/mol, i die Stromdichte in A/m², A die Elektrodenfläche in m², t die Zeit in s, z die Wertigkeit der an der Reaktion beteiligten Ionen und F die Faraday Konstante in As/mol. Will man nun bei gegebener Anlagengröße (A) die Menge an produziertem Kupfer erhöhen, kann man nur die Stromdichte i erhöhen.

Die heute technisch machbaren Stromdichten liegen z.B. in einer Cu-Raffinationselektrolyse bei maximal 350 A/m². Dieser Wert ergibt sich daraus, dass in einer technischen Elektrolysezelle nur rund 30 – 40 % der theoretischen Grenzstromdichte gefahren werden kann. Diese theoretische Grenzstromdichte i_{Grenz} (Gleichung 2) ist eine Funktion der Kupferionenkonzentration im Elektrolyten (c^0) und der Diffusionsschichtdicke δ_N an der Elektrode. N, die Anzahl der am Prozess beteiligten Ionen, F, die Faraday Konstante und D, der Diffusionskoeffizient, sind konstant.

$$i_{\text{Grenz}} = n \cdot F \cdot D \cdot \frac{c^0}{\delta_N} \quad \text{Glg. 2}$$

Die Berechnung der theoretische Stromdichte ergibt, bei den heutigen Bauformen, Werte von rund 1000 A/m² und daher technische Stromdichten von maximal 350 A/m².

Bei höheren Stromdichten kommt es vermehrt zu Dendritenbildung und letztendlich zu elektrischen Kurzschlüssen zwischen Anode und Kathode, was den Wirkungsgrad zur Abscheidung von Kathodenkupfer herabsetzt und die Kathodenqualität ebenso. Um eine wesentlich höhere Stromdichte einstellen zu können, muss die Grenzstromdichte erhöht werden. Dies ist im wesentlichen nur durch eine Verringerung der nernstschen Diffusionsschichtdicke möglich. Diese Verringerung kann durch eine höhere Relativbewegung zwischen Elektrolyt und Elektrode erreicht werden.

Die heute verwendeten Bauformen von Raffinationselektrolysezellen zeichnen sich dadurch aus, dass der Elektrolyt stirnseitig zu- und auf der gegenüberliegenden Stirnseite wieder abgeführt wird. Die Hauptströmung erfolgt daher zwischen der Zellenwand und den Elektroden bzw. dem Zellenboden und den Unterkanten der Elektroden. Diese von außen aufgebrachte Strömung (auch erzwungene Konvektion genannt) hat nur geringen Einfluss auf die Strömungsverhältnisse zwischen den Elektroden. Die Strömung zwischen den Elektroden ist von der natürlichen Konvektion, die sich aufgrund des Dichteunterschiedes des Elektrolyten vor den Kathoden (leichterer Elektrolyt aufgrund der Verarmung an Kupferionen) beziehungsweise vor den Anoden (schwererer Elektrolyt aufgrund der Anreicherung der Kupferionen) ergibt, bestimmt.

Neben Elektrolysezellen mit Querströmungsprinzip sind daher auch Zellen vorgeschlagen worden, in denen der Elektrolyt hauptsächlich parallel zu den Oberflächen der Elektroden strömt.

Es wurden sogenannte Kanalzellen entwickelt, in denen eine Parallelströmung mit relativ hoher Geschwindigkeit angewandt wird, wobei zur Gewährleistung einer gleichmäßigen Strömungsverteilung über den gesamten Kanalquerschnitt im Elektrolytzulaufteil vor den Elektrodengruppen siebförmige Durchflusseinbauten erforderlich sind.

Ebenfalls bekannt sind Parallelstromzellen mit doppelwandigen Zwischenwänden, wobei die eine Wand mit dem oberen Badrand abschließt, jedoch nicht bis zum Badboden reicht, während die andere Wand am Badboden beginnt, jedoch nicht bis zum oberen Rand reicht.

In einem anderen bekannten Elektrolysebad (DD 87 665) sind doppel- oder auch mehrfachwandige Zwischenwände mit über die gesamte Breite verteilten Öffnungen angeordnet, die sich auf der einen Seite in Höhe der Kathodenunterkante und/oder etwas aufwärts und auf der anderen Seite in Höhe des Elektrolytniveaus und/oder etwas abwärts befinden.

Ferner sind Behälter zu elektrolytischen Metallgewinnung bekannt, in denen zur Erzielung einer Parallelströmung der Elektrolytzu- und -ablauf in bzw. aus dem Elektrodenraum durch parallel zu den Längswänden angeordnete Lochplatten erfolgt.

Bei einer anderen Zellenkonstruktion ist nur an einer Längswand eine parallele Trennwand mit Öffnungen für den Elektrolytdurchtritt in den Elektrodenraum angeordnet. Die Durchtrittsöffnungen verteilen sich über die gesamte Elektrodenhöhe und sind auf die Elektrodenzwischenräume ausgerichtet.

Zur Erzielung einer Parallelströmung sind weiters Leiteinbauten an den Längswänden der Zelle vorgeschlagen worden, durch die der Elektrolyt serpentinartig um die Elektroden gelenkt wird.

Eine relativ einfache Maßnahme zur Erzielung einer Parallelströmung in herkömmlichen Elektrolysezellen besteht in der Anordnung von röhrenförmigen Elektrolytzu- und -ablaufvorrichtungen, durch die der Elektrolyt in den beiden freien Räumen zwischen den Badlängswänden und den Elektrodenseitenkanten in entgegengesetzten Richtungen gelenkt wird. Aufgrund der größeren Kathodenbreite kommt es vor den Kathodenseitenkanten zu einem Stau des Elektrolyten, wodurch dieser zum Teil in den betreffenden Elektrodenzwischenraum strömt.

Bekannt ist auch ein Elektrolysebad, in welchem die Parallelströmung durch einen Zulauf des Elektrolyten vom Badboden her erreicht wird. Hierbei befinden sich die Elektrolytzulauföffnungen unter den Anoden und sind senkrecht nach oben gerichtet.

In der DD 109 031 ist eine Elektrolysezelle mit längsseitigem Elektrolytzulauf beschrieben, bei der an einer oder beiden Längsseiten ein über die gesamte Badlänge reichender, sich bis kurz unter die Kathodenunterkante erstreckender, unten und an den Seiten geschlossener, oberhalb des Elektrolytniveaus offener Elektrolytzulaufkasten angebracht ist, der an der den Elektroden zugewandten Seite horizontal und parallel zu den Elektroden ausgerichtete Durchtrittsöffnungen aufweist, die sich im Bereich der Kathodenunterkanten über einen

bestimmten Bereich der Kathodenzwischenräume erstrecken. Gemäß einer Ausführungsform ist die Querschnittsfläche aller Durchtrittsöffnungen kleiner als die offene horizontale Querschnittsfläche an der Oberseite des Elektrolytzulaufkastens, um einen geringen Überdruck zu erzielen.

Die oben genannten Parallelstromzellen haben jedoch zahlreiche Nachteile, weshalb sie sich gegenüber den Querstromzellen bislang nicht durchsetzen konnten.

So erfordert die Kanalzelle zur Erzielung der hohen Strömungsgeschwindigkeiten eine große Pumpenkapazität. Zur Abtrennung des mitgerissenen Anodenschlamm ist eine laufende Elektrolytfiltration erforderlich.

Ebenso sind wegen der Gefahr der Aufwirbelung von Anodenschlamm Elektrolytzulauföffnungen im Badboden nicht geeignet.

Auch in Parallelstromzellen mit einfachen Zwischenwänden können trotz geringerer Strömungsgeschwindigkeiten noch erhebliche Stromverzweigungen auftreten. Die Anordnung des Elektrolytab- bzw. -zulaufes am Badboden birgt zudem ebenfalls die Gefahr einer Aufwirbelung von Anodenschlamm und damit der Verschlechterung der Kathodenqualität. Eine solche Gefahr besteht auch bei der Anordnung doppelwandiger Zwischenwände, von denen eine jeweils nicht bis zum Badboden reicht. Außerdem ergeben sich ungünstige Bedingungen für die Vermischung von Bad- und Frischelektrolyt. Ein weiterer Nachteil ist die Belastung solcher doppelwandigen Zwischenwände. So müssen diese Wände zur Aufnahme der Anodenlasten besonders stabil ausgeführt sein, was jedoch mit erheblichen Werkstoffproblemen verbunden ist.

In den Parallelstrombädern mit doppel- oder mehrfachwandigen Zwischenwänden werden durch die Anordnung von reihenförmigen Öffnungen in Höhe der Kathodenunterkante und etwas darüber sowie in Höhe des Elektrolytniveaus und etwas darunter zwar verbesserte Strömungsverhältnisse erzielt, es bestehen jedoch die selben Werkstoffprobleme wie oben. In den doppel- oder mehrfachwandigen Zwischenwänden sind außerdem Bereiche mit nur geringer Elektrolytbewegung vorhanden, in denen es zu Inkrustierungen kommen kann.

Von den bekannten Parallelstromzellen mit separatem Elektrolytzu- und -ablauf ist der mit Lochplatten ausgerüstete Behälter nicht einsetzbar, da die angestrebte Parallelströmung sich aufgrund der Dichteunterschiede zwischen dem Badelektrolyten und dem wärmeren

Zulaufelektrolyten nicht realisieren lässt und die Voraussetzungen für eine ausreichende Sedimentation von Anodenschlamm nicht gegeben sind.

In dem vorgeschlagenen Elektrolysebad mit nur noch einer perforierten Trennwand auf der Elektrolytzulaufseite sind die Strömungsverhältnisse aus den gleichen Gründen nicht befriedigend. Durch die relativ stark ausgeführte selbständige Trennwand vergrößert sich die Badbreite erheblich, was mit einem größeren Platzbedarf verbunden ist.

Der Einsatz von Leiteinbauten als Strömungsrichter sowie die Anordnung entsprechend geformter Trennwände ist mit einem sehr großen materiellen und fertigungstechnischen Aufwand verbunden. Außerdem verlangt das Behängen dieser Bäder mit den Elektroden große Sorgfalt, da die gewünschte Elektrolytzirkulation nur bei genauer Einhaltung der geforderten geometrischen Bedingungen gewährleistet ist.

Die vorliegende Erfindung bezweckt die Vermeidung der oben genannten Nachteile und Probleme des Standes der Technik und stellt sich die Aufgabe, ein Verfahren zum Betreiben von (herkömmlichen) Kupfer-Elektrolysezellen sowie eine Kupfer-Elektrolysezelle bereitzustellen, mit denen höhere Stromdichten und damit höhere Stromausbeuten als im Stand der Technik möglich sind, die Kathodenqualität z.B. durch Aufwirbelung des Anodenschlammes, Störung der Anodenschlammabscheidung oder eine schlechte Inhibitorverteilung, aber nicht beeinträchtigt wird. Ebenso sollen umfangreiche Änderungen an und aufwändige Einbauten in der Zelle vermieden werden.

Diese Aufgabe wird in einem ersten Aspekt bei einem Verfahren der eingangs genannten Art dadurch gelöst, dass der Elektrolyt über den Elektrolytzulauf horizontal und parallel zu den Elektroden in jedem Elektrodenzwischenraum jeweils in Höhe des unteren Drittels der Elektroden mit einer Geschwindigkeit von 0,3 bis 1,0 m/s eingeströmt wird, wobei die Kathodenplatten gegenüber der Einströmrichtung ortsfest angeordnet werden.

Hierdurch wird eine Optimierung der Strömungsführung in der Elektrolysezelle bezogen auf eine maximale Relativbewegung von Elektrolyt zur Elektrode erzielt, was vorteilhafterweise in einer Verkleinerung der hydrodynamischen Grenzschicht, einer Vergleichmäßigung der Konzentration und Temperatur des Elektrolyten, einer besseren Verteilung der Inhibitoren und vor allem einer Erhöhung der Grenzstromdichte resultiert.

Zwischen Anode und Kathode kommt es durch die natürliche Konvektion in Kathodennähe zu einer Aufwärtsbewegung und in Anodennähe zu einer Abwärtsbewegung des Elektrolyts.

Zwischen den Elektroden besteht eine Geschwindigkeitsverteilung wie in Fig. 1 gezeigt. Die höhere Elektrolytgeschwindigkeit in unmittelbarer Nähe der Kathodenoberfläche führt zu einer verbesserten bzw. vermehrten Abscheidung von Kupfer an der Kathode, während die verminderte Geschwindigkeit an der Anodenoberfläche gleichzeitig das Absinken des Anodenschlammes begünstigt.

In einer bevorzugten Ausführungsform wird der Elektrolyt mit einer Geschwindigkeit von 0,3 bis 0,6 m/s in die Zelle eingeströmt.

Eine weitere Verbesserung des Verfahrens ist möglich, wenn der Elektrolyt nicht wie üblich und in den Beispielen angewandt an der Stirnseite der Zelle sondern längsseitig ablaufen gelassen wird.

Das erfindungsgemäße Verfahren weist insbesondere den zusätzlichen Vorteil auf, dass es auch bei bereits bestehenden Elektrolysezellen ohne großen Aufwand mit wenigen Änderungen an den bestehenden Einrichtungen durchgeführt werden kann.

Gemäß einem anderen Aspekt der Erfindung wird eine Kupfer-Elektrolysezelle, umfassend eine Vielzahl von senkrecht und parallel zueinander angeordneten Anoden- und Kathodenplatten, einen längsseitigen Elektrolytzulauf und einen Elektrolytablauf, bereitgestellt, welche dadurch gekennzeichnet ist, dass der Elektrolytzulauf einen, sich an einer Längswand der Zelle bis in den Bereich der Elektrodenunterkante erstreckenden, geschlossenen Zulaufkasten umfasst, welcher an den Stirnseiten der Zelle einhängbar und mit einer Elektrolytquelle verbindbar ist und mit Mitteln zur ortsfesten Anordnung jeder Kathodenplatte sowie in den sich über das untere Drittel der Elektrodenhöhe erstreckenden und jeweils dem Elektrodenzwischenraum entsprechenden Bereichen mit mindestens einer Öffnung, insbesondere Düse, zur gerichteten Zuführung von Elektrolyt versehen ist.

Vorzugsweise sind die Mittel zur ortsfesten Anordnung der Kathodenplatten als Mittel zur senkrechten Führung ausgebildet.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform sind die Mittel zur senkrechten Führung als Kreisscheiben oder Räder ausgebildet, wobei die Kathodenplatten jeweils zwischen zwei benachbart angeordneten und beabstandeten Scheiben bzw. Rädern zentriert werden.

Gemäß einer möglichen Ausbildung der Elektrolysezelle ist der Elektrolytablauf stirnseitig angeordnet. Er kann jedoch auch vorteilhafterweise längsseitig angeordnet sein.

Der in der erfindungsgemäßen Zelle eingesetzte Elektrolytzulaufkasten ist auch in bereits bestehenden herkömmlichen Elektrolysezellen vorteilhaft verwendbar.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Beispielen sowie der Zeichnung näher erläutert.

Fig. 2 zeigt eine schematische Darstellung einer Kupfer-Elektrolysezelle gemäß der vorliegenden Erfindung, bei welcher aus Gründen der besseren Erkennbarkeit der erfindungsgemäße Elektrolytzulaufkasten im Verhältnis zur Elektrolysezelle selbst zeichnerisch hervorgehoben wurde. Der geschlossene Zulaufkasten 1 erstreckt sich entlang einer Seitenwand 3 des Bades 2 und ist an den Stirnwänden 4 des Bades 2 befestigbar in die Zelle eingehängt, wobei die Einhängvorrichtungen 5 gleichzeitig der Zu- und Abfuhr des Elektrolyten in den eigentlichen Zulaufkasten dienen. Am Ende einer Einhängvorrichtung 5 ist der Zulaufkasten 1 mit einer Elektrolytquelle, z.B. über eine Flanschverbindung 6, verbindbar.

Der Zulaufkasten 1 ist derart tief in der Zelle angeordnet, dass er sich bis in den Bereich der Elektrodenunterkante erstreckt. Im unteren Bereich des Zulaufkastens 1 sind, den Elektroden zugewandt, Öffnungen, insbesondere Düsen 7, angeordnet, wobei sich mindestens eine Öffnung in jedem dem Elektrodenzwischenraum entsprechenden und sich über das untere Drittel der Elektrodenhöhe erstreckenden Bereich befindet (Fig. 3). Durch diese Öffnungen wird der Elektrolyt mit einer Geschwindigkeit von 0,3 bis 1,0 m/s in die Zelle in den unteren Bereich des Elektrodenzwischenraums eingeströmt, um zu der weiter oben genannten vorteilhaften Strömungsführung zu gelangen. Da dieser Effekt jedoch nur bei einer definierten und auch tatsächlich eingehaltenen Anordnung der Elektroden gegenüber der Einstromungsrichtung erzielt wird, was beim gewöhnlichen Einhängen der Elektroden in das Bad kaum zu bewerkstelligen ist, ist es wesentlich, die Kathodenplatten gegenüber der Einstromrichtung ortsfest anzuordnen. Zu diesem Zweck sind in der Elektrolysezelle, genauer am Zulaufkasten 1, Mittel zur ortsfesten Anordnung jeder Kathodenplatte vorgesehen.

Bei der in Fig. 3 dargestellten Ausführungsform wird die ortsfeste Anordnung durch Mittel zur senkrechten Führung der Kathodenplatten erzielt, die als Kreisscheiben oder Räder 8 ausgebildet sind, wobei die Kathodenplatten 9 jeweils zwischen zwei benachbart angeordneten und beabstandeten Scheiben bzw. Rädern zentriert werden (Fig. 4). Dem Fachmann sind jedoch zahlreiche andere Ausführungsformen bekannt oder aufgrund seines Fachwissens leicht auffindbar.

Beispiele:

Für die nachfolgenden Beispiele wurde eine herkömmliche industrielle Kupfer-Elektrolysezelle mit einem erfindungsgemäßen Elektrolytzulauf, umfassend einen wie oben beschriebenen Zulaufkasten, ausgestattet.

Beispiel 1:

In einer industriellen Elektrolysezelle wurden mit einer Einströmgeschwindigkeit von 0,75 m/s und einer Stromdichte von 407 A/m² Kupferbleche erzeugt. Die kathodische Stromausbeute betrug während der ganzen Anodenreise mehr als 97 %.

Beispiel 2:

In einer industriellen Elektrolysezelle wurden mit einer Einströmgeschwindigkeit von 1,0 m/s und einer Stromdichte von 498 A/m² Kupferbleche erzeugt. Die kathodische Stromausbeute betrug während der ganzen Anodenreise mehr als 93 %.

Beispiel 3:

In einer industriellen Elektrolysezelle wurde mit einer Einströmgeschwindigkeit von 0,5 m/s und einer Stromdichte von 498 A/m² Kupferbleche erzeugt. Die kathodische Stromausbeute betrug während der ganzen Anodenreise mehr als 98 %.

Beispiel 4:

In einer industriellen Elektrolysezelle wurden mit einer Einströmgeschwindigkeit von 0,67 m/s und einer Stromdichte von 543 A/m² Kupferbleche erzeugt. Die kathodische Stromausbeute betrug während der ganzen Anodenreise mehr als 95 %.

In Tabelle 1 sind die Betriebsbedingungen und Ergebnisse weiterer Versuche angeführt.

Tabelle 1

Versuch Nr.	i	Q	v	η 1 Reise	η 2 Reise
	in A/m ²	in l/min	in m/s	in %	in %
1	407	75	0,75	93,92	95,01
2	407	75	0,5	97,24	98,15

3	407	75	0,5	99,46	98,35
4	407	75	0,5	97,49	96,27
4a	407	75	0,5	92,1	93,77
5	498	150	1	98,99	93,47
6	498	75	0,5	99,55	99,28
7	498	100	0,67	99,53	99,13
8	543	100	0,67	98,18	97,59

Patentansprüche:

1. Verfahren zum Betreiben von Kupfer-Elektrolysezellen, welche eine Vielzahl von senkrecht und parallel zueinander angeordneten Anoden- und Kathodenplatten, einen längsseitigen Elektrolytzulauf und einen Elektrolytablauf umfassen, dadurch gekennzeichnet, dass der Elektrolyt über den Elektrolytzulauf horizontal und parallel zu den Elektroden in jedem Elektrodenzwischenraum jeweils in Höhe des unteren Drittels der Elektroden mit einer Geschwindigkeit von 0,3 bis 1,0 m/s eingeströmt wird, wobei die Kathodenplatten gegenüber der Einstömrichtung ortsfest angeordnet werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Elektrolyt mit einer Geschwindigkeit von 0,3 bis 0,6 m/s in die Zelle eingeströmt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Elektrolyt längsseitig ablaufen gelassen wird.
4. Kupfer-Elektrolysezelle, umfassend eine Vielzahl von senkrecht und parallel zueinander angeordneten Anoden- und Kathodenplatten, einen längsseitigen Elektrolytzulauf und einen Elektrolytablauf, dadurch gekennzeichnet, dass der Elektrolytzulauf einen, sich an einer Längswand der Zelle bis in den Bereich der Elektrodenunterkante erstreckenden, geschlossenen Zulaufkasten umfasst, welcher an den Stirnseiten der Zelle einhängbar und mit einer Elektrolytquelle verbindbar ist und mit Mitteln zur ortsfesten Anordnung jeder Kathodenplatte sowie in den sich über das untere Drittel der Elektrodenhöhe erstreckenden und jeweils dem Elektrodenzwischenraum entsprechenden Bereichen mit mindestens einer Öffnung, insbesondere Düse, zur gerichteten Zuführung von Elektrolyt versehen ist.
5. Kupfer-Elektrolysezelle nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel zur ortsfesten Anordnung der Kathodenplatten als Mittel zur senkrechten Führung ausgebildet sind.
6. Kupfer-Elektrolysezelle nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel zur senkrechten Führung als Kreisscheiben oder Räder ausgebildet sind, wobei die Kathodenplatten jeweils zwischen zwei benachbart angeordneten und beabstandeten Scheiben bzw. Rädern zentriert werden.
7. Kupfer-Elektrolysezelle nach einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Elektrolytablauf stirnseitig angeordnet ist.

8. Kupfer-Elektrolysezelle einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Elektrolytablauf längsseitig angeordnet ist.
9. Elektrolytzulaufkasten für eine Kupfer-Elektrolysezelle, welcher Zulaufkasten geschlossen ist und sich an einer Längswand der Zelle bis in den Bereich der Elektrodenunterkante erstreckt, dadurch gekennzeichnet, dass er an den Stirnseiten der Zelle einhängbar und mit einer Elektrolytquelle verbindbar ist und mit Mitteln zur ortsfesten Anordnung jeder Kathodenplatte sowie in den sich über das untere Drittel der Elektrodenhöhe erstreckenden und jeweils dem Elektrodenzwischenraum entsprechenden Bereichen mit mindestens einer Öffnung, insbesondere Düse, zur gerichteten Zuführung von Elektrolyt versehen ist.

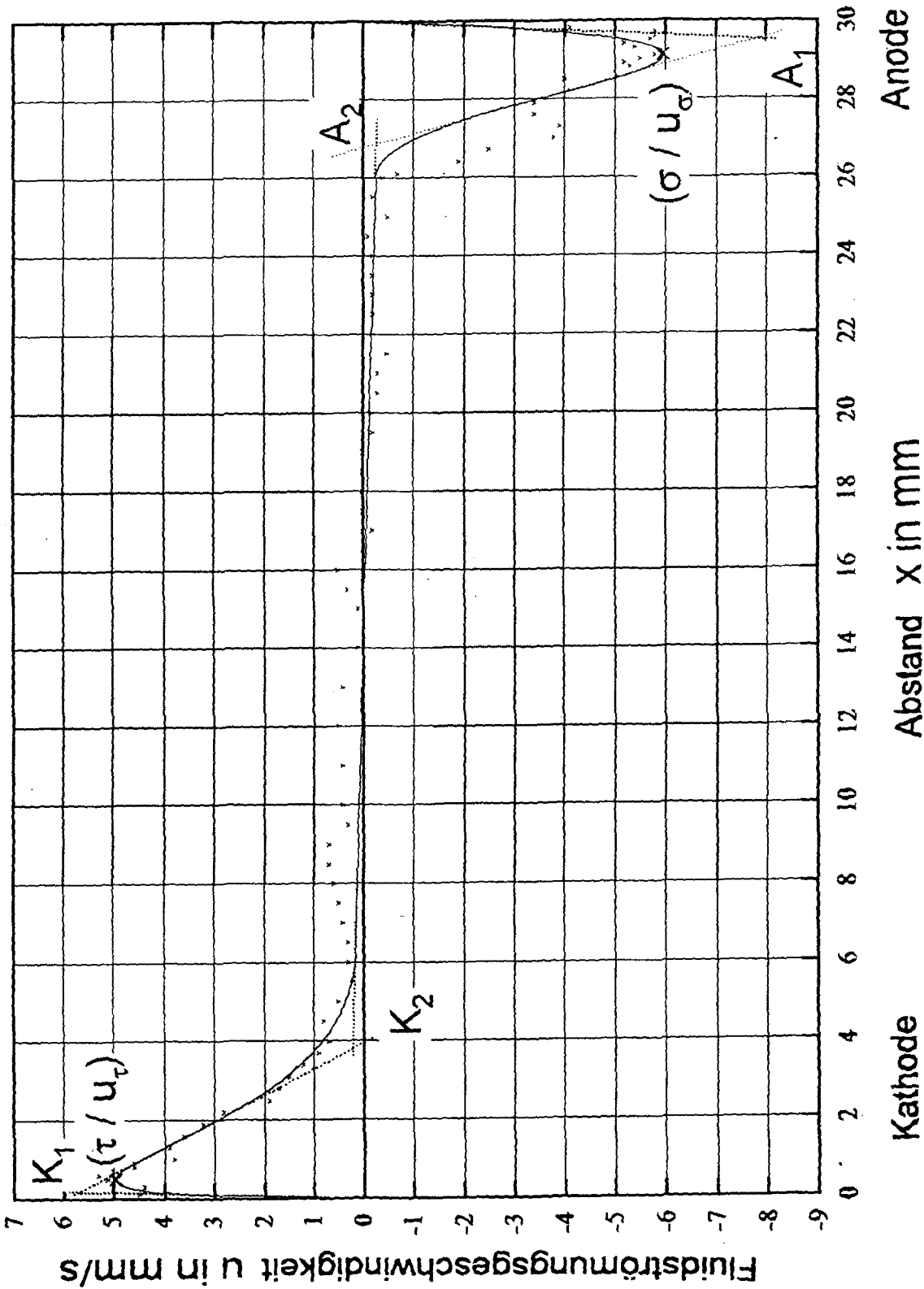


Fig. 1a

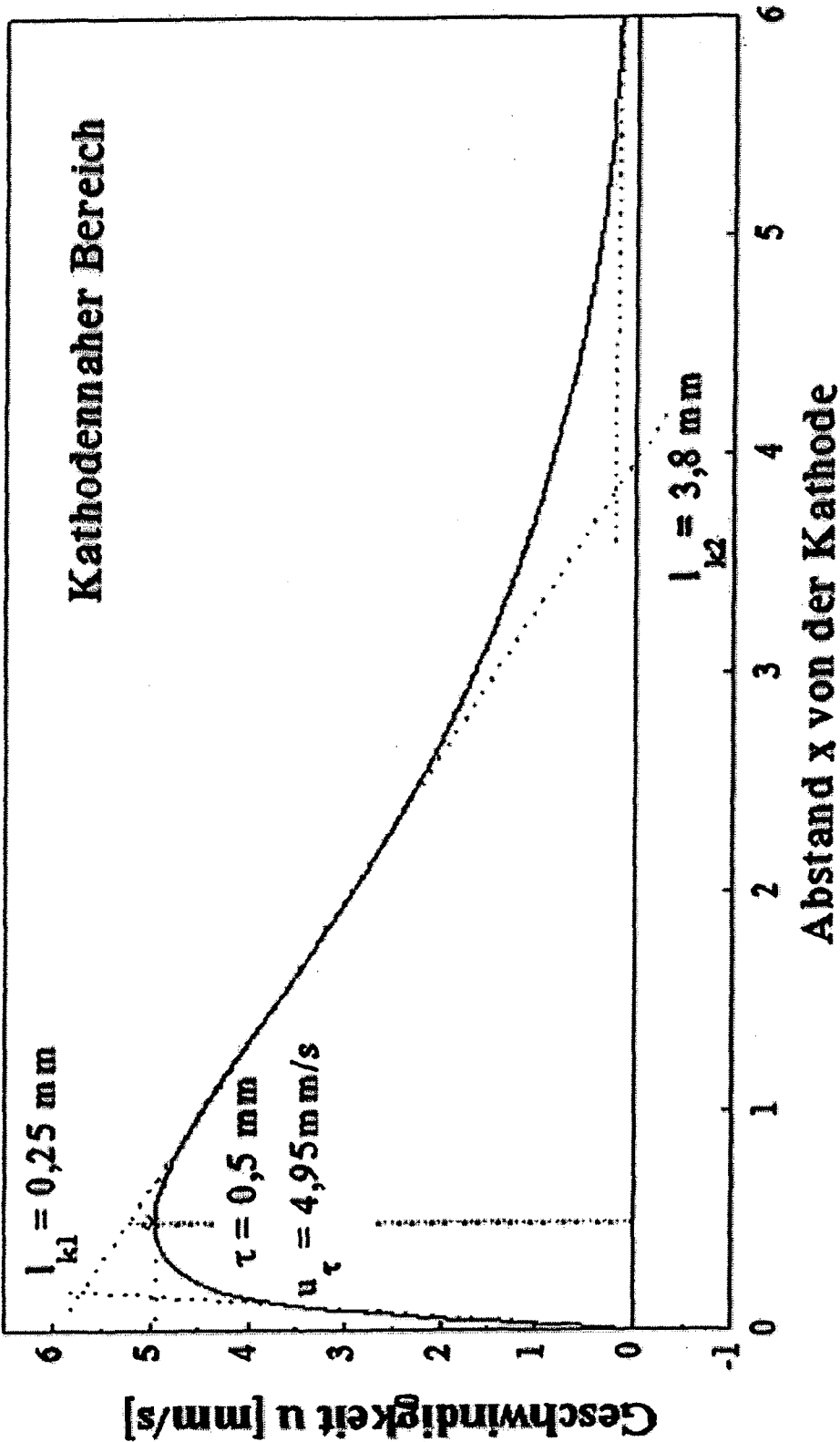


Fig. 1b

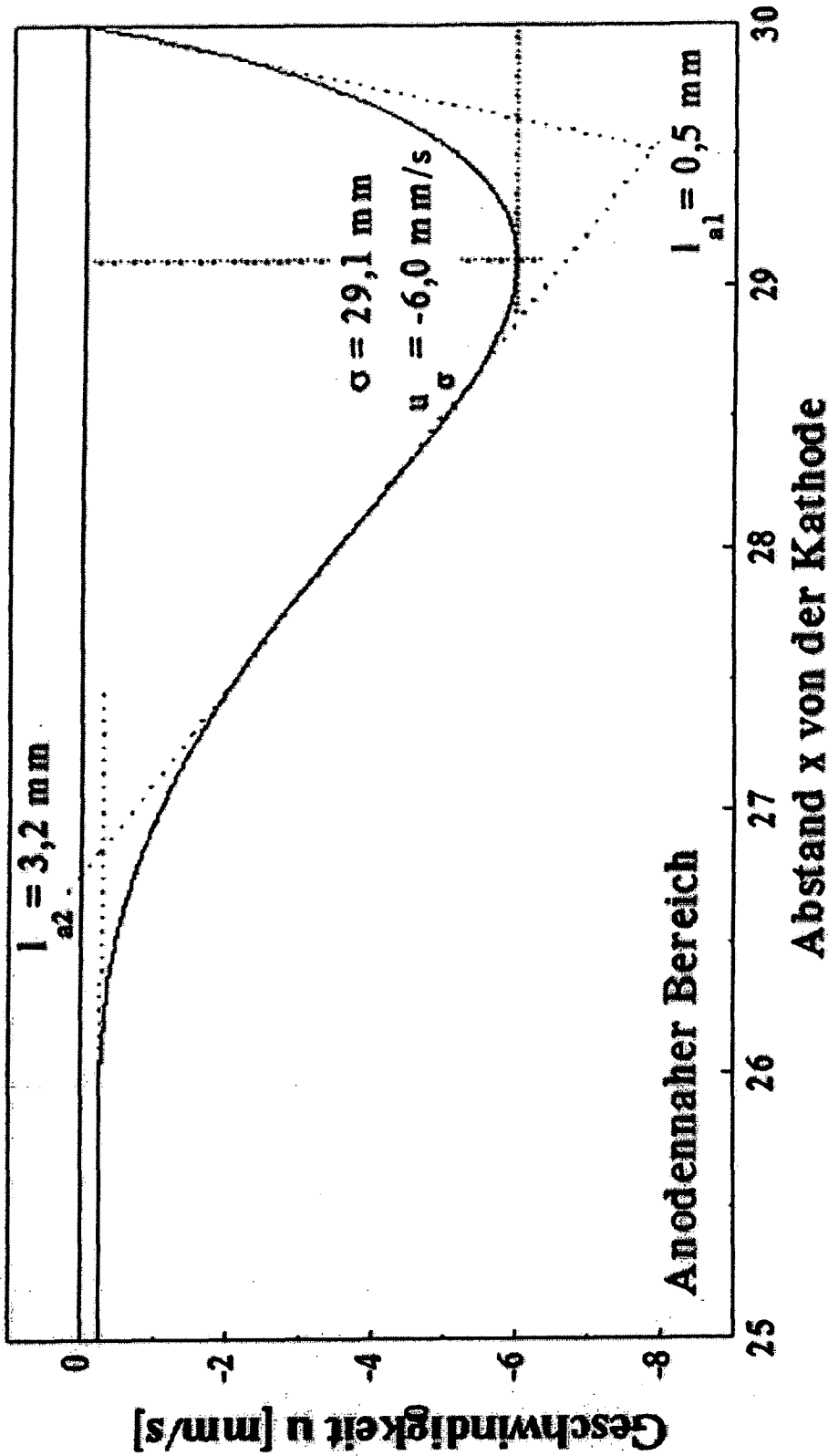


Fig. 1c

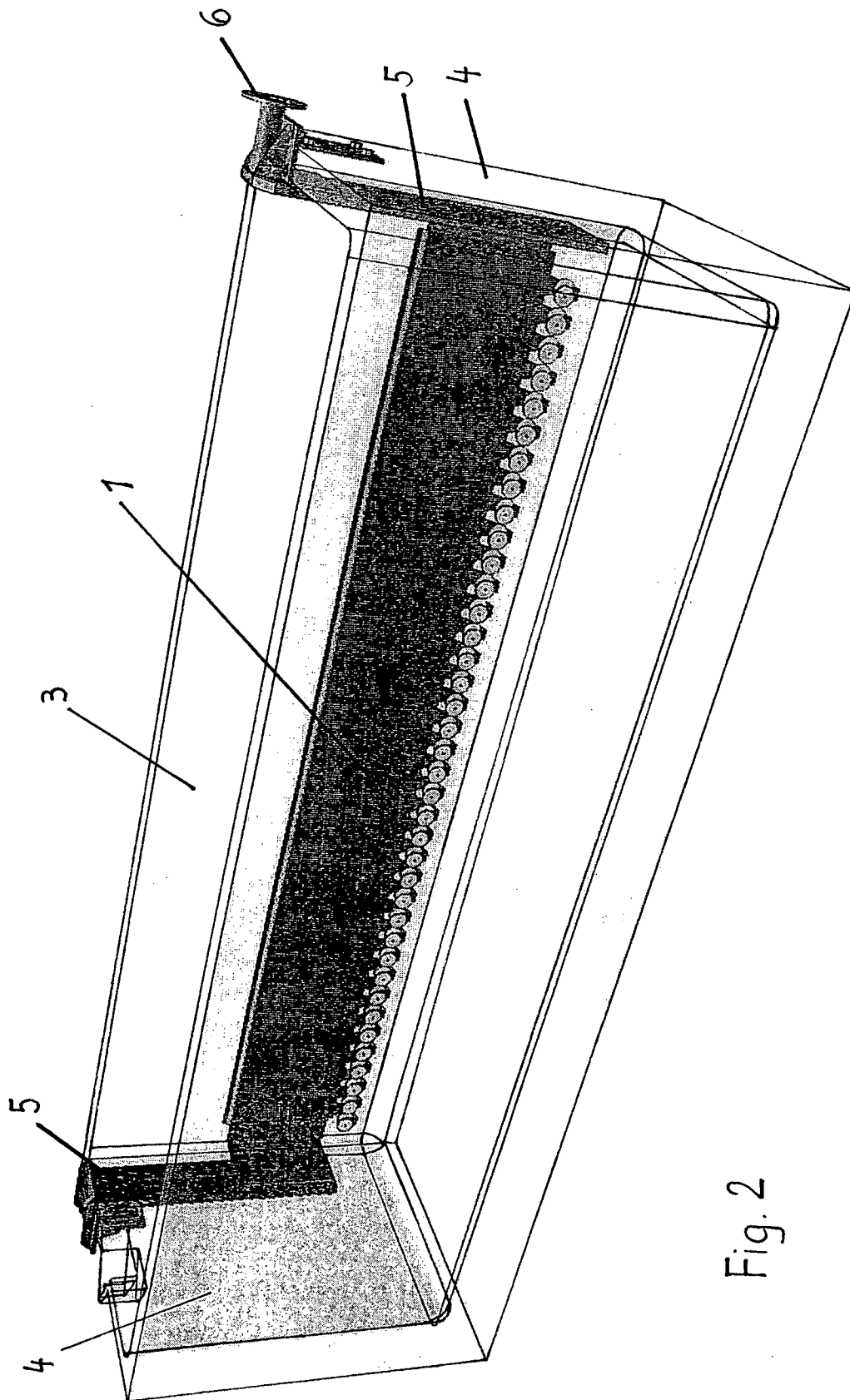


Fig. 2

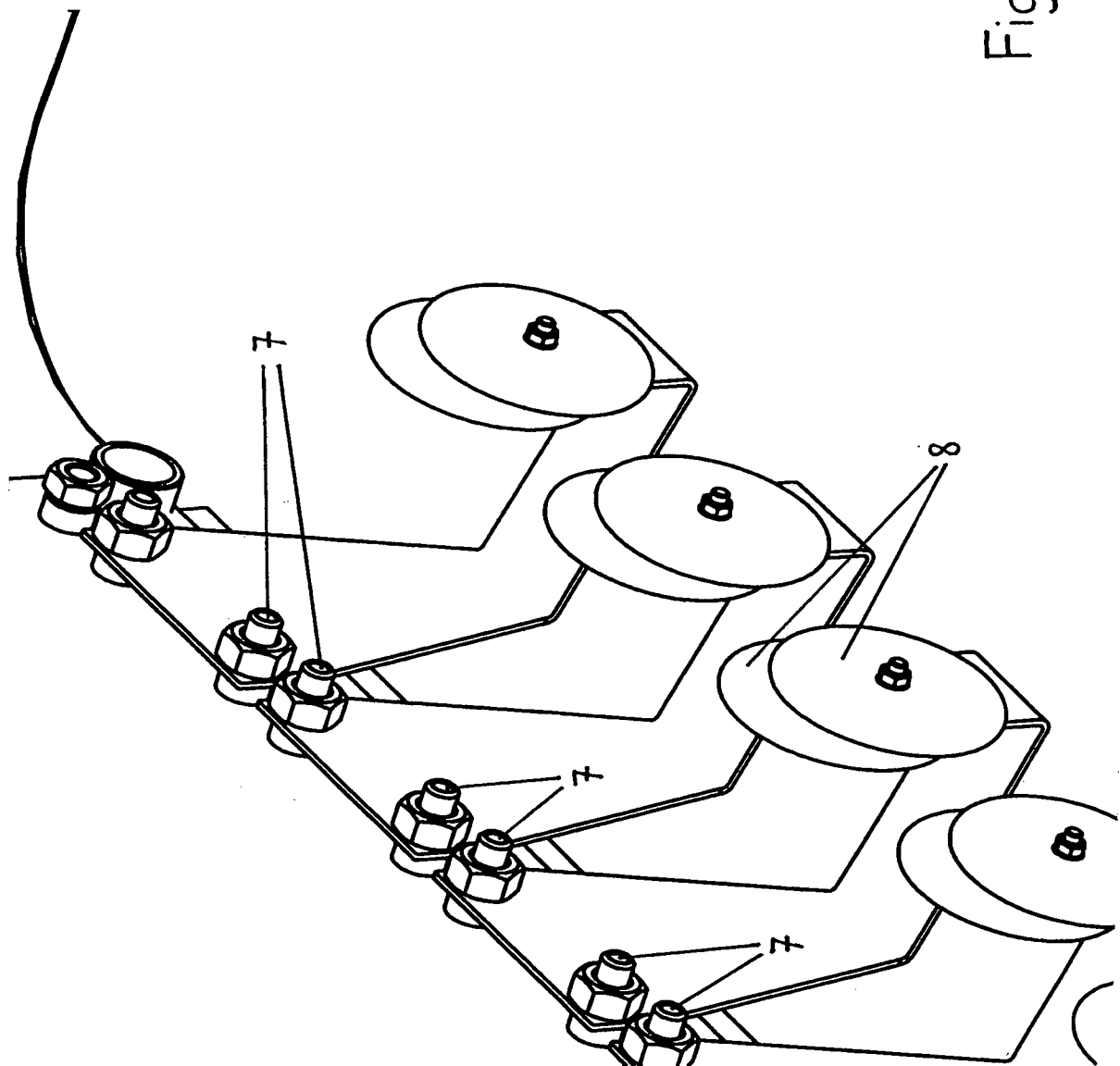


Fig. 3

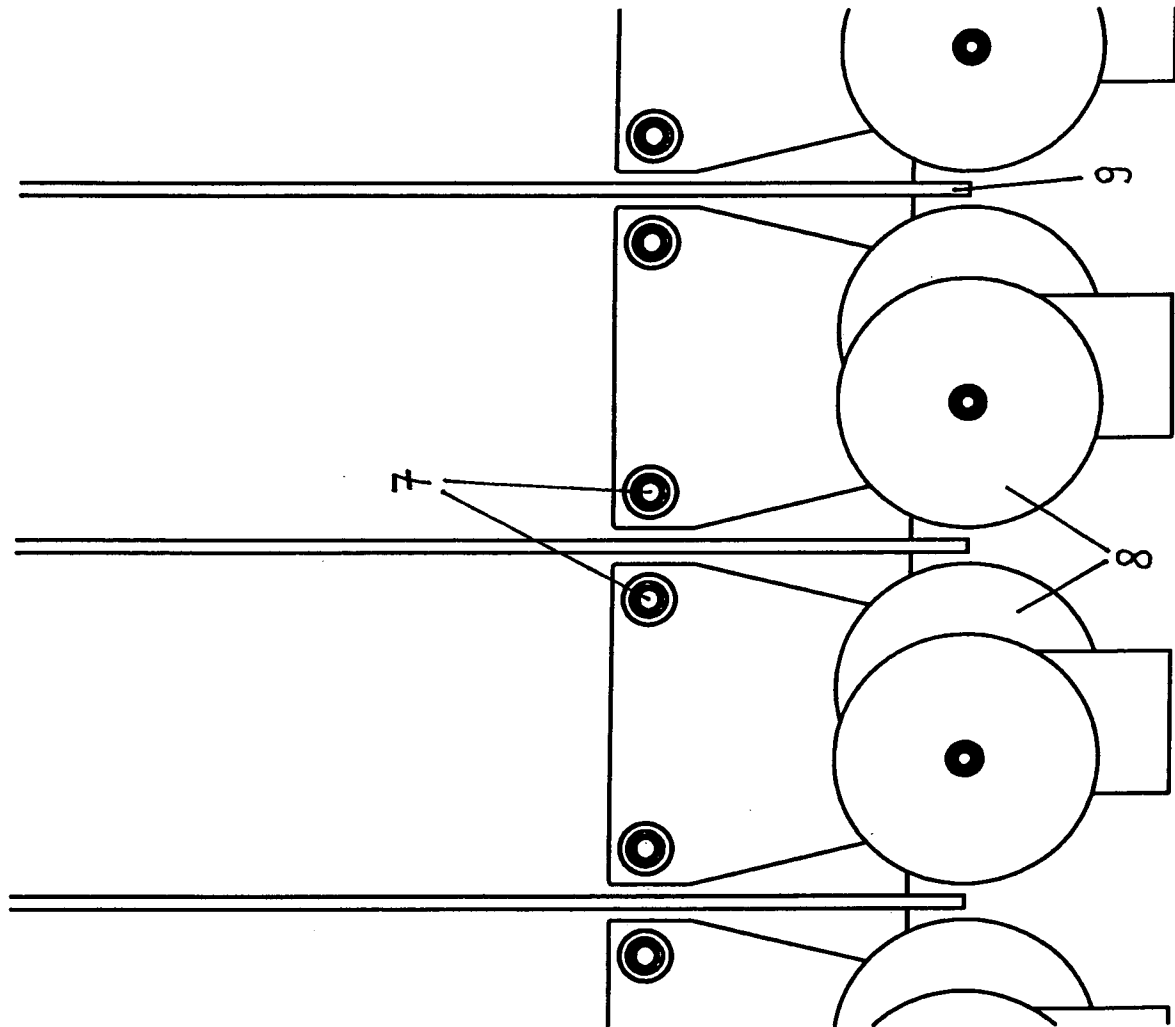


Fig. 4