

**PCT**WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales BüroINTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation ⁵ : C25D 17/00	A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 92/11401 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 9. Juli 1992 (09.07.92)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE91/01013 (22) Internationales Anmeldedatum: 22. Dezember 1991 (22.12.91) (30) Prioritätsdaten: P 40 41 598.8 22. Dezember 1990 (22.12.90) DE (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): SCHE- RING AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Mül- lerstr. 170/178, Postfach 650311, D-1000 Berlin 65 (DE). (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US) : HÜBEL, Egon [DE/DE]; Altdorfer Str. 35, D-8501 Feucht (DE). (81) Bestimmungsstaaten: AT (europäisches Patent), BE (euro- päisches Patent), CA, CH (europäisches Patent), DE (euro- päisches Patent), DK (europäisches Patent), ES (euro- päisches Patent), FR (europäisches Patent), GB (europäi- sches Patent), GR (europäisches Patent), IT (europäi- sches Patent), JP, KR, LU (europäisches Patent), MC (europäisches Patent), NL (europäisches Patent), SE (euro- päisches Patent), US.		Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht.</i>
(54) Title: ARRANGEMENT FOR AN INSTALLATION USED FOR THE ELECTROLYTIC TREATMENT OF WORK- PIECES (54) Bezeichnung: ANORDNUNG BEI EINER ZUR ELEKTROLYTISCHEN BEHANDLUNG VON WERKSTÜCKEN DIENENDEN ANLAGE (57) Abstract <p>The invention relates to an arrangement for an installation used for the electrolytic treatment of workpieces comprising two anode bars (2) with series-mounted anodes (A) and one cathode bar (3) with series-mounted workpieces (W). In order to ensure in a simple manner and without major power losses that the individual workpieces are each subjected to the same cell voltage, thereby producing the desired material deposit of approximately the same thickness of each workpiece, different cross sectional ratios of the anode bars (2) to the cathode bar (3) and/or changes in the electrical resistance of these bars per unit of length and/or resistors (R) between the individual anode bars (2) and the respective associated anode (A) are used in order to supply defined current levels to the anode bars (2) and give a defined current output from the cathode bar (3).</p> (57) Zusammenfassung <p>Die Erfindung geht aus von einer Anordnung bei einer zur elektrolytischen Behandlung von Werkstücken dienenden Anlage mit zwei Anodenschienen (2) mit daran hintereinander angeordneten Anoden (A) und mit einer Kathodenschiene (3) mit daran hintereinander angeordneten Werkstücken (W). Um mit einfachen Mitteln und ohne wesentliche Energieverluste dafür zu sorgen, daß auf den einzelnen Werkstücken jeweils die gleiche Zellenspannung wirksam wird und dadurch der angestrebte Materialniederschlag von etwa gleicher Dicke auf jedem Werkstück erreicht wird, sind unterschiedliche Querschnittsverhältnisse der Anodenschienen (2) zur Kathodenschiene (3) und/oder Änderungen des ohmschen Widerstandes pro Längeneinheit dieser Schienen und/oder Widerstände (R) zwischen der jeweiligen Anodenschiene (2) und der jeweilig angeschlossenen Anode (A) vorgesehen, wobei definierte Stromeinspeisungen in die Anodenschienen (2) und ein definierter Stromaustritt aus der Kathodenschiene (3) vorgesehen sind.</p>		

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Code, die zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AT	Österreich	ES	Spanien	ML	Mali
AU	Australien	FI	Finnland	MN	Mongolei
BB	Barbados	FR	Frankreich	MR	Mauritanien
BE	Belgien	GA	Gabon	MW	Malawi
BF	Burkina Faso	GB	Vereinigtes Königreich	NL	Niederlande
BG	Bulgarien	GN	Guinea	NO	Norwegen
BJ	Benin	GR	Griechenland	PL	Polen
BR	Brasilien	HU	Ungarn	RO	Rumänien
CA	Kanada	IT	Italien	SD	Sudan
CF	Zentrale Afrikanische Republik	JP	Japan	SE	Schweden
CG	Kongo	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SN	Senegal
CH	Schweiz	KR	Republik Korea	SU ⁺	Soviet Union
CI	Côte d'Ivoire	LI	Liechtenstein	TD	Tschad
CM	Kamerun	LK	Sri Lanka	TC	Togo
CS	Tschechoslowakei	LU	Luxemburg	US	Vereinigte Staaten von Amerika
DE	Deutschland	MC	Monaco		
DK	Dänemark	MG	Madagaskar		

⁺ Die Bestimmung der "SU" hat Wirkung in der Russischen Föderation. Es ist noch nicht bekannt, ob solche Bestimmungen in anderen Staaten der ehemaligen Sowjetunion Wirkung haben.

Anordnung bei einer zur elektrolytischen Behandlung von
Werkstücken dienenden Anlage

Die Erfindung geht aus von einer Anordnung gemäß dem Oberbegriff des Anspruches 1. Hierbei ist hauptsächlich an das Gebiet des Galvanisierens gedacht, aber auch an andere Anlagen zur elektrolytischen Behandlungen von Werkstücken, z.B. an eine Elektrophorese. Dabei bilden die zu behandelnden Teile bzw. Werkstücke üblicherweise die Kathode und sind mit der Kathodenschiene leitend verbunden. Die Kathodenschiene bildet üblicherweise den sogenannten Warenträger. Die Anoden sind an den beiden Anodenschienen angeschlossen, die sich ebenso wie die Werkstücke im Bad befinden. Die Werkstücke sind über Warenträger in das Bad absenkbar, sowie aus diesem herausnehmbar. Die Anodenschienen und die Kathodenschiene befinden sich außerhalb der Badflüssigkeit, während die mit den Anodenschienen verbundenen Anoden und die mit der Kathodenschiene verbundenen Werkstücke innerhalb der Badflüssigkeit gelegen sind. Die Anodenschienen und die Kathodenschiene haben eine Doppelfunktion, indem sie zum einen eine genügende mechanische Stabilität zum Tragen der Anoden, bzw. der Werkstücke aufweisen müssen. Außerdem sollen sie hinreichend große Querschnitte

-2-

1 mit hoher Leitfähigkeit für die Zu- und Ableitung der in
der Regel sehr hohen elektrolytischen Behandlungsströme be-
sitzen. Wenn auch der Werkstoff Kupfer eine sehr große
elektrische Leitfähigkeit hat, so ist er doch in der Regel
5 aufgrund seiner Korrosionsanfälligkeit und auch seiner
geringen mechanischen Festigkeit nicht für die Herstellung
solcher Schienen geeignet. Daher wird hierfür in der Praxis
aus Gründen der Kontaktsicherheit und der mechanischen
Festigkeit Edelstahl bevorzugt. Dabei nimmt man den Nach-
10 teil einer wesentlich geringeren Leitfähigkeit gegenüber
der von Kupfer in Kauf.

In einem Bad befindet sich eine Reihe von sogenannten
parallelgeschalteten Zellen mit den elektrolytisch zu
15 behandelnden Werkstücken. Dabei wird eine gleichmäßige
Stärke der elektrolytischen Beschichtung auf allen Werk-
stücken, d.h. in allen Zellen angestrebt. Dies ist nur dann
erreichbar, wenn der elektrolytische Strom in allen Zellen
in etwa der gleiche ist, was wiederum eine entsprechende
20 Egalisierung der Galvanisierspannungen (Zellenspannungen)
für alle Werkstücke erfordert. Da nun in den Anodenschienen
und auch in der Kathodenschiene Spannungsabfälle auftreten,
hat dies im Verlauf der Schienen eine Veränderung der
galvanotechnisch wirksamen Zellenspannung für jedes Werk-
25 stückes zur Folge, mit der Konsequenz, daß die elektroly-
tisch aufgetragene Schicht in ihrer Stärke bei den einzel-
nen Werkstücken unterschiedlich groß ist. Dieser Effekt
wird bei neueren Anlagen noch dadurch verstärkt, daß man
zur Einsparung von Energie in elektrolytischen Bädern die
30 Zellenspannung U_z sehr klein halten will, z.B. in der
Größenordnung von 1 V. Damit machen sich durch den Span-
nungsabfall in den Schienen bedingte, im Millivoltbereich
liegende Differenzen in den Zellenspannungen negativ be-
merkbar.

35 Entweder hat man den vorgenannten Nachteil bisher in Kauf
genommen oder man hat versucht, dem auf verschiedene Weise

1 abzuhelfen. So hat man die Querschnitte der Anodenschienen
und der Kathodenschiene vergrößert, um unerwünschte Span-
nungsabfälle ΔU zu reduzieren. Oder man hat anstelle des
an sich mechanisch vorteilhaften Materials Edelstahl die
5 Schienen aus Kupfer gefertigt. Dem wurden durch die dann
höheren Gewichte der Schienen und die entstehenden Kosten
wirtschaftlich sehr enge Grenzen gesetzt. Bei der Verwen-
dung von Kupfer kam noch dessen Korrosionsanfälligkeit
10 hinzu. In der Praxis wurden hiermit also keine oder nur
nicht ins Gewicht fallende Verbesserungen erreicht. Weiter
hat man versucht, die Ströme von beiden Enden der Schienen
her zuzuleiten bzw. abzuführen. dies setzt gleichbleibende
Übergangswiderstände der Kontaktierung an beiden Enden
15 voraus, was aber in der Praxis nicht erreicht werden
konnte. Außerdem wird hiermit der durch den jeweiligen
benötigten Strom entlang der Schiene erzeugte Spannungsab-
fall auch nicht eliminiert, sondern auf die Hälfte verrin-
gert, d.h. spannungsabfallbedingte Fehler werden nur in
20 einem begrenzten Umfang beseitigt. Eine diese Fehler we-
sentlich oder sogar ganz beseitigende Angleichung der
Einzelspannungen aller Zellen und damit eine Egalisierung
aller Zellenströme war nicht erreichbar.

25 Aus DE-OS 37 32 476.4 ist zwar ein Verfahren zur Anglei-
chung der Teilströme in einem elektrolytischen Bad bekannt,
wobei zur Verbesserung der Schichtdickenverteilung passive
Vorwiderstände in die technologisch bedingten Teilstrom-
kreise (Zellen) des elektrolytischen Gesamtstromkreises
30 eingebracht wurden, so daß in der so gebildeten Serien-
schaltung die Größe der Teilströme von den Vorwiderständen
bestimmt wurden. In DE-OS 37 32 476.4 werden keine näheren
Angaben über Zahl und Anordnung der Anoden- und Kathoden-
schienen gemacht. Insbesondere wird auch keine technische
35 Lehre dahingehend vermittelt, wo die jeweiligen Ströme in
die Schienen eingespeist werden und wo sie aus den Schienen
heraustreten. Der technische Offenbarungsinhalt dieser

- 1 Literaturstelle beschränkt sich also auf den Einsatz der
vorgenannten Vorwiderstände, wobei diese Vorwiderstände
gegenüber dem technologisch bedingten instabilen elektro-
lytischen Teilwiderstand wesentlich größer sein sollen.
- 5 Damit will man nach dem Kirchhoff'schen Gesetz erreichen,
daß bei genügend großen Vorwiderständen die einzelnen
Teilströme, d.h. die Zellenströme jeweils gleich groß
werden. Der Einsatz so großer Widerstände bedingt bei
entsprechend großen Elektrolyt-Teilströmen entsprechende
10 Energieverluste und hohe Spannungsabfälle. Beides steht im
Gegensatz zu den eingangs erläuterten Forderungen der
Energieeinsparung und des Arbeitens mit Spannungen im
Bereich von 1 V. Die Widerstände sind infolge der hohen
Ströme in ihren Dimensionen sehr groß und damit konstruktiv
15 nur sehr schwer einsetzbar. Außerdem sind die Kosten aus
demselben Grunde nicht unerheblich. Die sich mit der glei-
chen Problemstellung befassende DE-OS 29 51 708 ist appa-
rativ viel zu aufwendig.
- 20 Die Aufgaben bzw. Problemstellung der Erfindung besteht
darin, auch bei Einsatz von elektrisch schlechter als
Kupfer leitenden Anoden- und Kathodenschienen, z.B. aus dem
genannten Edelstahl, mit einfachen Mitteln und ohne wesent-
liche Energieverluste dafür zu sorgen, daß auf den einzel-
25 nen Werkstücken der Zellen eines solchen Bades jeweils die
gleiche Zellenspannung wirksam wird. Dies ist eine der
Voraussetzungen für den angestrebten Materialniederschlag
etwa gleicher Dicke auf jedem Werkstück.
- 30 Zur Lösung dieser Aufgaben- und Problemstellung ist zu-
nächst, ausgehend vom Oberbegriff des Anspruches 1, die
Kombination der Merkmale a) und b₁) des Kennzeichens des
Anspruches 1 vorgesehen. Die Merkmale des Abschnittes a)
bewirken, daß der Stromdurchtritt durch die Anodenschienen
in der Einspeiserichtung von Anode zu Anode geringer wird,
35 da bei jeder Anode ein Teil dieses Stromes ins Bad abgelei-
tet wird. An der Kathodenschiene dagegen nimmt der Strom in

1 der gleichen Richtung bis zu seinem Austritt an der anderen
Seite des Bades von Werkstück zu Werkstück zu, da bei jedem
Werkstück (Kathode) ihm ein entsprechender Teilstrom zu-
fließt. Betrachtet man diese Anordnung von der einen Seite
5 des Bades, an der sich die Einspeisungen in die Anoden-
schienen befinden bis zur anderen Seite des Bades, an der
der Stromaustritt aus der Kathodenschiene vorgesehen ist,
so hat dies, einen konstanten Querschnitt jeder der vorge-
nannten Schienen angenommen, in dieser Richtung an den
10 Anodenschienen eine Verringerung des Spannungsabfalles pro
Schienenlänge und an der Kathodenschiene eine Zunahme des
Spannungsabfalles zur Folge. Beides kompensiert sich zumin-
dest teilweise. Hinzu kommen die Auswirkungen des Merkmales
 b_1). Mit diesem Verhältnis des Querschnittes der Kathoden-
15 schiene (Q_K) zum Querschnitt der Anodenschienen (Q_A) wird
dem Umstand Rechnung getragen, daß die Kathodenschiene die
Elektrolytströme beider Anodenschienen aufnehmen und wei-
terleiten muß. Die Anodenschienen und die Kathodenschiene
können somit aus einem gegenüber Kupfer korrosionsbeständi-
20 gen und schlecht leitenden Werkstoff, z.B. Edelstahl,
bestehen.

Eine alternative Lösung der o.g. Aufgaben- und Problemstel-
lung ergibt sich durch den Gegenstand des nebengeordneten
25 Anspruches 2. Dabei sind Oberbegriff und Merkmal a) mit den
entsprechenden Abschnitten des Anspruches 1 identisch. Der
Abschnitt b_2) enthält eine Querschnittserhöhung, bzw. Quer-
schnittverringerung der Schienen, welche in etwa den sich
ändernden Größen der Ströme in den Schienen entspricht und
30 somit durch die nach dem ohmschen Gesetz in den einzelnen
Teilabschnitten der Schienen bedingten Spannungsabfälle
etwa zur gleichen Zellenspannung an jeder Zelle des Bades
führt.

35 Eine weitere, nebengeordnete und alternative Lösung der
vorgenannten Aufgaben- und Problemstellung ist Gegenstand
des Anspruches 3. Auch hierin sind Oberbegriff und Merkmal

1 a) mit denen von Anspruch 1 und Anspruch 2 identisch.
Unterschiedlich ist das Merkmal b_3). Hierdurch erreicht man
ebenfalls die Egalisierung der Elektrolytteilströme der
einzelnen Zellen und damit das Ziel der Aufgabe, wobei aber
5 die zur Literaturstelle DE-OS P 37 32 476.4 erläuterten
Nachteile vermieden sind. Hinzu kommt, daß DE-OS P
3732476.4 weder die Merkmalsanordnung des Oberbegriffes
noch die des Abschnittes a) der Ansprüche 1, 2 und 3 bein-
hält. Beim Merkmal b_3) kann man aber keineswegs die
10 Widerstände beliebig hoch wählen, wie es in DE-OS P 37 32
476.4 angegeben ist. Vielmehr muß nach dem ohmschen Gesetz
die Größe dieser Widerstände mit den übrigen elektrischen
Daten, insbesondere den Spannungsabfällen, der Gesamtanord-
nung abgestimmt werden, daß die gewünschte Egalisierung der
15 Teilströme eintritt.

Von Vorteil können die mit den einander nebengeordneten
Ansprüchen 1, 2 und 3 in den Abschnitten b_1), b_2) und b_3)
angegebenen Merkmale miteinander kombiniert werden, wobei
20 die Merkmale des Oberbegriffes und des Abschnittes a)
mitbenutzt werden. Dies ist Gegenstand der Ansprüche 4 bis
7 und hat ein entsprechendes Zusammenwirken der Merkmale
der Abschnitte b_1), b_2) und b_3) zur Folge.

25 Weitere Ausgestaltungen, Vorteile und Merkmale der Erfin-
dung sind den weiteren Unteransprüchen, sowie der nachfol-
genden Beschreibung und der zugehörigen, im wesentlichen
schematischen Zeichnungen zu entnehmen. Dabei sind in den
Zeichnungen nur diejenigen Merkmale dargestellt, die zum
30 Verständnis der Erfindung erforderlich sind:

Fig. 1: Eine Anordnung nach dem Stand der Technik,

Fig. 2 und 3: Anordnungen nach der Erfindung,

35

Fig. 4: eine prinzipielle Darstellung der Spannungs-
abfälle und Spannungen bei einem Stromver-

1 lauf wie er in Fig. 2 und 3 dargestellt ist,
wobei aber die Auswirkungen der Merkmale
b₁), b₂) und b₃) der Ansprüche nicht mit
berücksichtigt sind,

5

Fig. 5: eine prinzipielle Darstellung der Erfindung
mit eingetragenen Zahlen der Ströme und
Spannungsabfälle bei einer Ausführungsform
gemäß Fig. 2 der Erfindung,

10

Fig. 6: ein Diagramm zur Erläuterung der Ausfüh-
rungsform gemäß Fig. 2 und 5,

15

Fig. 7: eine schematische Darstellung der Ströme und
Spannungsabfälle bei einer Anordnung nach
Fig. 3,

20

Fig. 8: ein weiteres Diagramm des Schienenwider-
standes in Abhängigkeit von dem Schienen-
verlauf,

25

Fig. 8a bis 8d: verschiedene Ausführungen der im
Prinzip zum Diagramm nach Fig. 6 gehörenden
Widerstände,

30

Fig. 9: eine weitere Ausführungsform der Erfindung.

35

Fig. 1 zeigt eine Anordnung nach dem Stand der Technik mit
einem die Gleichspannung liefernden Gleichrichter 1, zwei
Anodenschienen 2 und einer Kathodenschiene 3. Wie eingangs
erwähnt befinden sich die Anodenschienen und die Kathoden-
schiene außerhalb der Badflüssigkeit, während die mit den
Anodenschienen verbundenen Anoden und die mit der Kathoden-
schiene verbundenen Werkstücke innerhalb der Badflüssigkeit
gelegen sind. Um die Darstellung zu vereinfachen sind aber

1 Anoden A_1-A_n und Werkstücke W_1-W_m nur prinzipiell in Fig. 1
und Fig. 4 angedeutet. Im Übrigen sind in den Zeichnungen
die Anoden und die Werkstücke symbolisch durch die alleini-
5 ge Darstellung der Anodenschienen und der Kathodenschiene
mit erfaßt bzw. ersetzt. Die Stromflußrichtungen in den
Schienen und auch im Bad 4 sind schematisch angedeutet. Es
ist ersichtlich, daß in Fig. 1 die Stromeinspeisungen 5 in
die Anodenschienen und der Stromaustritt 6 aus der Katho-
10 denschiene sich auf der jeweils gleichen Seite des Bades
befinden. Aus den eingangs erläuterten, mathematisch nach-
weisbaren Gründen bewirken die entlang der Schienen 2, 3
entstehenden Spannungsabfälle ungleiche Spannungen an den
einzelnen Zellen, welche die nur schematisch angedeuteten
15 Werkstücke W enthalten. Entsprechend den unterschiedlichen
Zellenspannungen entstehen unterschiedliche Zellenströme
(Teilströme) und damit Unterschiede in den Schichtstärken
auf den Waren (Werkstücken) W. Ähnliche Nachteile ergaben
sich bei einer nicht mehr gesondert dargestellten Ausfüh-
20 rung nach dem Stand der Technik, bei der von der Gleich-
richter- Spannungsquelle 1 her jeweils beidseitig in die
Anodenschienen und Kathodenschiene eingespeist wurde.

Die Erfindung ist zunächst, wiederum schematisch, anhand
der Figuren 2 und 3 dargestellt. Hierzu gibt Fig. 4 eine
25 prinzipielle Darstellung der Spannungsverhältnisse.

Gemäß Fig. 2 und 3 wird von der Gleichstromquelle 1 her der
Strom in Enden der Anodenschienen 2 von einer jeweils
rechts gelegenen Seite 4' des Bades 4 her eingespeist
30 (Ziff. 8). Er fließt dann gem. Ziff. 9 von den Anodenschie-
nen 2 durch das Bad zur Kathodenschiene 3 und tritt aus
dieser an einer Seite 4" des Bades aus (siehe Ziff. 10),
die zur Einspeisung 8 der Anodenströme entgegengesetzt
liegt. Mit anderen Worten: Die Stromeintrittsenden der
35 Anodenschienen und das Stromaustrittsende der Kathoden-
schiene liegen einander entgegengesetzt.

1 Im Ausführungsbeispiel der Fig. 2 ist schraffiert der
jeweilige Querschnitt der Schienen 2 und 3 angedeutet.
Hieraus ergibt sich, daß der Querschnitt Q_K der Kathoden-
5 schiene 3 größer ist als der jeweilige Querschnitt Q_A jeder
der Anodenschienen 2. Das Verhältnis $Q_K:Q_A$ sollte nicht
kleiner als 1,7:1 sein, kann jedoch, sobald es wirtschaft-
lich vertretbar ist, beliebig größer als 1,7:1 sein. Als
besonders vorteilhaft hat sich ein Querschnittsverhältnis
10 von 2:1 ergeben. Hierzu zeigt in einem Beispiel das Dia-
gramm gemäß Fig. 6, daß die nachstehend noch näher erläu-
terte relative Gleichmäßigkeit bei dem Querschnittsverhält-
nis von $Q_K:Q_A = 2:1$ am günstigsten ist und darunter einen
bald sehr schlechten Wert annimmt, darüber aber noch akzep-
table Werte beibehält, wie die dargestellte Kurve im weite-
15 ren Verlauf der Abszisse zeigt.

Im Beispiel der Fig. 3 ist die Schaltungsanordnung die
gleiche wie im Beispiel der Fig. 2. Der Unterschied besteht
20 darin, daß der Querschnitt der Anodenschienen 2 von den
Einspeisungsstellen 8 her im weiteren Verlauf der Strom-
flußrichtung 12 abnimmt, d.h. der spezifische elektrische
Widerstand des Querschnittes der Anodenschienen sich in
Richtung 12 hin vergrößert. An der Kathodenschiene 3 ist
25 die Anordnung so getroffen, daß in der Stromflußrichtung 13
sich die Querschnitte dieser Schiene vergrößern, d.h. der
spezifische elektrische Widerstand der Querschnitte in
Richtung 13 hin abnimmt. Dieser Gedanke der Erfindung ist
nicht auf die in Fig. 3 dargestellte stufenförmige Änderung
der Querschnitte der Schienen 2, 3 beschränkt, wie es
30 weiter unten aus den Figuren 8 bis 8d und deren Erläuterung
näher hervorgehen wird.

Fig. 4 zeigt schematisch die Anodenschienen 2 und die
Kathodenschiene 3 mit den Stromeinspeisungen 8, dem Strom-
35 austritt 10 und den Anoden A_1 bis A_n , sowie den Werkstücken
 W_1 bis W_m . Dabei sind die Buchstaben "n" und "m" bewußt
abweichend gewählt, da die Zahl der Anoden nicht mit der

1 Zahl der Werkstücke übereinstimmen muß. Die entsprechenden
 Spannungsabfälle an den Anoden sind mit ΔU_{1V} bis ΔU_{nV}
 bzw. ΔU_{1R} bis ΔU_{nR} bezeichnet. Die Spannungsabfälle an
 5 der Kathodenschiene von Werkstück zu Werkstück haben die
 Bezifferung ΔU_1 bis ΔU_m . Die Spannungen im Bad an jeder
 Zelle haben die Benennung U_{z1V} bis U_{zmV} bzw. U_{z1R} bis U_{zmR} .
 Diese Anordnung entspricht der Schaltung bzw. Stromeinspei-
 10 sung und -ausspeisung nach dem Oberbegriff und dem Merkmal
 a) der Ansprüche, wobei aber die Ausgestaltungen gemäß den
 Merkmalen $b_1)$, $b_2)$ und $b_3)$ noch nicht berücksichtigt sind.
 Eine theoretische Berechnung der Anordnung nach Fig. 4
 zeigt nun, daß sich dabei zwar schon eine teilweise Kompen-
 15 sation von spannungsabfallbedingten Fehlern ergibt, aber
 eine zufriedenstellende Kompensation noch nicht vorliegt.
 Da hier nur die Unterschiede der für das Galvanisieren
 notwendigen Zellenspannungen zu betrachten sind, entfallen
 alle Spannungsabfälle ΔU_m vor der ersten Ware an der
 Kathodenschiene (Punkt A) und ΔU_{1V} bzw. ΔU_{1R} nach der
 20 ersten Anode an der Anodenschiene (Punkt B). Die wirksame
 Badspannung $U_{\text{Bad } V}$ für die Vorderseite V und die Rückseite
 R der Ware liegt somit jeweils zwischen der Stelle A und
 den Stellen B an. Jeder der in Fig. 4 gezeichneten jeweils
 vier Strompfade von A nach B hat unterschiedliche Span-
 25 nungsabfälle auf den Schienen. Die Summe der Spannungsab-
 fälle jedes Strompfades plus die zugehörige Zellenspannung
 U_z ist für die zu betrachtende Strecke A bis B gleich. Sie
 ist definitionsgemäß $U_{\text{Bad } V}$ für die Vorderseite der Ware
 und $U_{\text{Bad } R}$ für die Rückseite. Mathematisch drückt sich dies
 wie folgt aus:

30

$$U_{zmV} = U_{\text{Bad } V} - \Delta U_{2V} - \Delta U_{3V} - \Delta U_{nV};$$

$$U_{z3V} = U_{\text{Bad } V} - \Delta U_{2V} - \Delta U_{3V} - \Delta U_3;$$

$$U_{z1V} = U_{\text{Bad } V} - \Delta U_1 - \Delta U_2 - \Delta U_3;$$

$$\Delta U_{nV} < \Delta U_3 \quad \text{und}$$

35

$$\Delta U_{3V} \approx \Delta U_2 \quad (\text{symmetrischer Spezialfall}) \text{ und}$$

$$\Delta U_{2V} > \Delta U_1$$

11

1 hieraus folgt: $U_{zmV} \neq U_{z3V} \neq U_{z1V}$;

Mit einem Zahlenbeispiel an Hand der in Fig. 5 eingetragenen Spannungen soll dies belegt werden. Mit $U_{Bad} = 1,4$ Volt
5 ergeben sich folgende Gleichungen:

$$\begin{aligned} U_{Bad} &= 1,4 \text{ V} = U_{z1V} + 285 \text{ mV}; \\ 1,4 \text{ V} &= 95 \text{ mV} + U_{z2V} + 266 \text{ mV}; \\ 1,4 \text{ V} &= 171 \text{ mV} + U_{z3V} + 228 \text{ mV}; \\ 10 \quad 1,4 \text{ V} &= 228 \text{ mV} + U_{z4V} + 171 \text{ mV}; \\ 1,4 \text{ V} &= 266 \text{ mV} + U_{z5V} + 95 \text{ mV}; \\ 1,4 \text{ V} &= 285 \text{ mV} + U_{z6V}; \end{aligned}$$

damit:

$$\begin{aligned} 15 \quad U_{z1V} &= 1,4 \text{ V} - 0,285 \text{ V} = 1,115 \text{ V} = U_{z \text{ max.}} \\ U_{z2V} &= 1,4 \text{ V} - 0,361 \text{ V} = 1,039 \text{ V} \\ U_{z3V} &= 1,4 \text{ V} - 0,399 \text{ V} = 1,001 \text{ V} = U_{z \text{ min.}} \\ U_{z4V} &= 1,4 \text{ V} - 0,399 \text{ V} = 1,001 \text{ V} \\ 20 \quad U_{z5V} &= 1,4 \text{ V} - 0,361 \text{ V} = 1,039 \text{ V} \\ U_{z6V} &= 1,4 \text{ V} - 0,285 \text{ V} = 1,115 \text{ V} \end{aligned}$$

das heißt

$$\begin{aligned} 25 \quad U_{z1V} &\neq U_{z2V} \neq U_{z3V} \\ U_{z4V} &\neq U_{z5V} \neq U_{z6V}; \\ U_{z1V} &= U_{z6V} \\ U_{z2V} &= U_{z5V} \\ 30 \quad U_{z3V} &= U_{z4V} \end{aligned}$$

Gleiches gilt für die Zellenspannungen der Rückseite der
Waren:

Fig. 5 zeigt nun bei einem Querschnittsverhältnis der
35 Kathodenschiene zu den Anodenschienen gemäß Fig. 2 und
Merkmal b_1) der Ansprüche schematisch (ohne die einzelnen
Stromzuführungen) die Anodenschienen 2 und die Kathoden-

1 schiene 3 mit den Stromeinspeisungen 8 der Anodenströme I_A
auf der rechten Badseite und den Stromaustritt 10 der
Kathodenschienenstromes I_K auf der linken Badseite. Hierbei
ist ein Verhältnis von $Q_K:Q_A$ von 2:1 angenommen. Die jewei-
5 ligen Ströme und Spannungsabfälle sind in ihren Zahlen
anhand eines mit in erster Näherung zulässigen Vereinfach-
ungen durchgerechneten Beispieles eingetragen. Dabei sind
14 die Beträge der Spannungsabfälle an einer Anodenschiene
und 15 die Beträge der Spannungsabfälle an der Kathoden-
10 schiene.

Zur Beurteilung der Wirksamkeit der verschiedenen Schienen-
anordnungen wird die Vergleichsgröße γ eingeführt. Der
Wert γ errechnet sich aus der maximalen Differenz der
15 Zellenspannungen bezogen auf die minimale Zellenspannung.

$$\gamma = \frac{U_{z \max} - U_{z \min}}{U_{z \min}} \cdot 100\%;$$

20 γ ist die relative Ungleichmäßigkeit. Bei einseitiger
Einspeisung nach dem Stand der Technik (Fig. 1) ergibt sich
z.B. mit den bevorzugt aus Edelstahl bestehenden Schienen
von jeweils gleichem Querschnitt, d.h. der Querschnitt Q_K
der Kathodenschiene ist gleich dem Querschnitt Q_A jeder der
25 Anodenschienen, ein Wert für $\gamma = 85\%$.

Bei gleichen Parametern aber mit dem Merkmal b1, wobei das
Querschnittsverhältnis $Q_K : Q_A$ der Schienen gleich 2:1 ist,
und mit gegenläufiger Einspeisung nach Fig. 2 reduziert
30 sich γ wie nachfolgend berechnet auf 11,4%.

$$\gamma = \frac{U_{z \max} - U_{z \min}}{U_{z \min}} \cdot 100\% = \frac{1,115V - 1,001V}{1,001V} \cdot 100\% = 11,4\% \quad \text{=====}$$

35 Mit dieser Ausführungsform der Erfindung ist man also be-
reits dem Idealwert von $\gamma = 0$ wesentlich näher gekommen,
als es beim Stand der Technik möglich war.

1

Fig. 6 zeigt im vorstehenden Zusammenhang ein Diagramm für das letztgenannte Beispiel, wobei die Ordinate die Ungleichmäßigkeit γ gemäß der o.g. Formel darstellt. Auf der Abszisse ist das Querschnittsverhältnis $Q_K:Q_A$ aufgetragen. Die Kurve zeigt, daß sich bei einem Querschnittsverhältnis $Q_K:Q_A$ von 2:1 zwar noch nicht der Idealwert von $\gamma = 0$ einstellt, daß aber auch oberhalb dieses Wertes des Kurvenverlauf 16 akzeptable Werte von γ vorliegen, während der andere Kurvenast bei Werten von etwa 1,7:1 und tiefer einen ungünstigen Verlauf einnimmt.

5

10

15

Fig. 7 zeigt eine Darstellung ähnlich wie in Fig. 5 der Spannungsabfälle und Ströme eines Zahlenbeispiels bei einer erfindungsgemäßen Ausgestaltung der Anordnung nach den Fig. 2 und 3. D.h. es ist sowohl das Querschnittsverhältnis $Q_K:Q_A = 2:1$ gewählt (Fig. 2), als auch eine Veränderung der Widerstandswerte der Schienen in ihrer Längsrichtung gemäß Fig. 3.

20

Mit $U_{Bad} = 1,4V$ ergeben sich folgende Gleichungen:

25

$$\begin{aligned}
 U_{Bad} &= 1,4V = U_{z1V} + 400mV \\
 1,4V &= 95mV + U_{z2V} + 304mV \\
 1,4V &= 171mV + U_{z3V} + 228mV \\
 1,4V &= 228mV + U_{z4V} + 171mV \\
 1,4V &= 304mV + U_{z5V} + 95mV \\
 1,4V &= 400mV + U_{z6V} \quad ;
 \end{aligned}$$

30

damit:

35

$$\begin{aligned}
 U_{z1V} &= 1,4V - 0,400V = 1,000V = U_z \text{ min} \\
 U_{z2V} &= 1,4V - 0,399V = 1,001V = U_z \text{ max} \\
 U_{z3V} &= 1,4V - 0,399V = 1,001V \\
 U_{z4V} &= 1,4V - 0,399V = 1,001V \\
 U_{z5V} &= 1,4V - 0,399V = 1,001V \\
 U_{z6V} &= 1,4V - 0,400V = 1,000V
 \end{aligned}$$

1

das heißt:

$$U_{z1V} \approx U_{z2V} = U_{z3V} = U_{z4V} = U_{z5V} \approx U_{z6V};$$

5

Gleiches gilt für die Zellenspannungen der Rückseite der Waren.

Die relative Ungleichmäßigkeit beträgt

10

$$\gamma = \frac{U_{z\max} - U_{z\min}}{U_{z\min}} \cdot 100\% = \frac{1,001V - 1,000V}{1,000V} \cdot 100\% \approx 0\% \quad \text{====}$$

15

Fig. 7 zeigt also, daß die Kombination der Querschnittsverhältnisse der Schienen gemäß Fig. 2 mit der Widerstandsänderung im Schienenverlauf gemäß Fig. 3 und dies in Verbindung mit den dargestellten Stromrichtungen bzw. Strom-einspeisungen und Stromaustritten gemäß Ziffer a der Ansprüche eine optimale Angleichung der Zellenspannungen ergibt.

20

Ferner zeigen die vorstehenden Darlegungen, daß bereits bei

25

Verwendung der Merkmale des Anspruches 1 oder der des Anspruches 2 sich jeweils auch gegenüber dem Stand der Technik wesentlich bessere Werte ergeben, da in beiden Fällen die Spannungsabfälle ΔU an den Anodenschienen und der Kathodenschiene gegenüber dem Stand der Technik definiert verändert werden mit dem Ergebnis einer Annäherung der Beträge aller Zellenspannungen U_{z1V} bis U_{zmV} , sowie U_{z1R} bis U_{zmR} . Wenn auch der Idealfall einer solchen Annäherung beim Wert der relativen Ungleichmäßigkeit $\gamma = 0\%$ liegt, so erfaßt, wie dargelegt, die Erfindung auch Anordnungen mit davon abweichenden Werten, wie es z.B. anhand der Fig. 2 und 5 beispielhaft dargelegt wurde. Im übrigen erfolgt auch eine wesentliche Verbesserung des Wertes γ , wenn man das Beispiel der Figuren 3 und 7 für sich nimmt

35

1 (Anspruch 2). Dies geschieht dadurch, daß die Widerstands-
änderung an den Anodenschienen eine Anhebung der Spannungs-
abfälle an den einspeisungsfernen, in den Zeichnungen
jeweils links gelegenen Schienenenden bewirkt, dagegen an
5 der Kathodenschiene eine Anhebung der Spannungsabfälle am
austrittsfernen Schienenende zur Folge hat, das in den
Zeichnungen jeweils rechts gelegen ist. Dies ergibt sich
aus der Erhöhung der Schienenwiderstände in den angegebenen
Bereichen. Fig. 8 zeigt hierzu ein prinzipielles Diagramm
10 der Änderung des Schienenwiderstandes R im Verlauf der
Schienenlänge L , wobei die Richtung der Abszisse sich aus
den vorstehenden Darlegungen zu den Fig. 3 und 7 und insbe-
sondere aus der schematischen Widerstandsdarstellung in
Fig. 3 ergibt.

15 Wie bereits erwähnt können die Anodenschienen 2 und die
Kathodenschiene 3 aus einem Edelstahl, z.B. einem V2A-Stahl
bestehen. Es empfiehlt sich in diesem Fall, daß das die
jeweilige Kontaktgabe mit der Anodenschiene durchführende
20 Teil der Anlage eine Kontaktfläche aus dem gleichen Edel-
stahl besitzt, bzw. insgesamt aus dem gleichen Edelstahl
hergestellt ist.

Die Fig. 8a bis 8d beinhalten in der Praxis mögliche und
25 vorteilhafte Ausführungsformen der Ausgestaltung der Schie-
nen 2, 3 zur Erzielung der erläuterten unterschiedlichen
Widerstandswerte über die Schienenlänge. So zeigt Fig. 8a,
daß die Schiene im Bereich hohen Widerstandes mit einer
größeren Anzahl Bohrungen oder sonstige Ausnehmungen 16
30 versehen ist, als in Abschnitten geringeren Widerstandes.
Fig. 8b zeigt eine sich in ihrer Längsrichtung im Quer-
schnitt kontinuierlich ändernde Schiene, während Fig. 8c
und 8d Schienenausführungen zeigen, deren spezifischer
Widerstandswert sich in Schienenlängsrichtung abgestuft
35 (17) verringert. Dabei ist Fig. 8c eine in sich einstückige
Schiene und Fig. 8d zeigt eine aus entsprechenden Lamellen
18, 19 zusammengesetzte Schiene. Insbesondere die Ausfüh-

1 rung nach Fig. 8a zeichnen sich durch eine hohe mechani-
sche Stabilität aus. Die Sandwich-Bauweise nach der Fig. 8d
kann vorteilhafterweise so ausgestaltet werden, daß die
längste, in der Zeichnung untere Schicht oder Lamelle 18
5 aus einem mechanisch sehr festen Edelstahl besteht, während
die darüber befindlichen, kürzeren Schichten oder Lamellen
19 aus Kupfer sind, d.h. aus einem Material sehr hoher
Leitfähigkeit. Es ist ferner ersichtlich, daß durch Ände-
rungen der Gestaltung der vorgenannten Schienenbeispiele
10 gemäß Fig. 8a bis 8d man die jeweils gewünschte Wider-
standskurve (Widerstandsverlauf über Schienenlänge) gemäß
Fig. 8 erreichen kann.

Fig. 9 zeigt in einer Detaildarstellung nur eine der Schie-
nen 2, bzw. 3 mit Zuleitungen 20 zu den Werkstücken 7 bzw.
15 den Anoden A_1 bis A_n . Im Verlauf dieser Zuleitungen sind
ohmsche Widerstände R_1 , R_2 , R_3 usw. vorgesehen, deren
Widerstandswerte relativ klein sind, so daß sich an ihnen
bei den auftretenden Strömen Spannungsabfälle ergeben, die
20 lediglich im Millivoltbereich liegen. Diese Widerstände
werden so gewählt, daß unter Berücksichtigung der Span-
nungsabfälle in den Anodenschienen, der Kathodenschiene und
an den Anoden und Werkstücken selber die jeweiligen Zellen-
spannungen einander gleich werden, oder zumindest Werte
25 erreichen, die sich sehr aneinander annähern. Man kann also
durch gezielte Änderungen dieser Widerstände R_1 usw. einer-
seits die gewünschten Änderung der Zellenspannungen im
Sinne deren Angleichung erreichen, wobei aber aufgrund der
sehr geringen Widerstandswerte keine ins Gewicht fallende
30 Verlustleistungen in Kauf genommen werden müssen.

Wie bereits erwähnt kann eine Anordnung nach Fig. 9, die
dem Merkmal b_3) des Anspruches 3 entspricht auch mit den
35 Merkmalen b_1) (Fig. 2 und 5) und/oder b_2) (Fig. 3 und 7)
kombiniert werden, wobei aber die Prinzipanordnung gemäß
Fig. 4 (Oberbegriff und Merkmal a der Ansprüche) beibehal-
ten ist.

- 1 Sofern die gewünschte Annäherung bzw. Egalisierung der
Werte der Zellenspannungen erreicht wird, liegt es im
Bereich der Erfindung, die zum Stand der Technik erläuterten,
spannungsabfallbedingten Fehler auch innerhalb der
5 vorgenannten Grenzen zu überkompensieren.

10

15

20

25

30

35

-18-

Patentansprüche:

1. Anordnung bei einer zur elektrolytischen Behandlung von Werkstücken dienenden Anlage, deren Bad zwei Anodenschienen aufweist, die je mit einer Reihe in ihrer Längsrichtung hintereinander angeordneten Anoden elektrisch verbunden sind, wobei ferner eine Kathodenschiene vorgesehen ist, die mit in ihrer Längsrichtung hintereinander angeordneten, elektrolytisch zu behandelnden Werkstücken elektrisch verbunden ist, und wobei ferner Maßnahmen mit dem Ziel der Vergleichmäßigung der Schichtdickenverteilung auf den Werkstücken der einzelnen Zellen eines solchen Bades vorgesehen sind, gekennzeichnet durch die Kombination der folgenden Merkmale:
- a) einen Anschluß der Anodenschienen (2) und der Kathodenschiene (3) an die Gleichstromquelle (1) derart, daß die Einspeisungen (8) der Ströme (I_A) in die beiden Anodenschienen (2) an derselben Seite (4') des Bades (4) erfolgt, damit diese Ströme in den Anodenschienen zueinander gleichgerichtet sind und jeweils ins Bad austreten (9), daß die Stromeinspeisung in die Kathodenschiene (3) aus dem Bad geschieht und der Stromaustritt (10) aus der Kathodenschiene

-19-

1 an der Seite (4") des Bades erfolgt, die zu der
erstgenannten Seite (4') der Anodenstromeinspei-
sungen (8) entgegengesetzt liegt,

5 und

b1) daß die Querschnitte (Q_A) jeder der Anodenschie-
nen (2) einander gleich sind und daß der Quer-
schnitt (Q_K) der Kathodenschiene (3) sich zum
10 Querschnitt (Q_A) jeder der Anodenschienen zumin-
dest wie 1,7:1,0 oder größer verhält.

2. Anordnung bei einer zur elektrolytischen Behandlung von
Werkstücken dienenden Anlage, deren Bad zwei Anoden-
15 schienen aufweist, die je mit einer Reihe in ihrer
Längsrichtung hintereinander angeordneten Anoden elek-
trisch verbunden sind, wobei ferner eine Kathodenschiene
vorgesehen ist, die mit in ihrer Längsrichtung hinter-
einander angeordneten, elektrolytisch zu behandelnden
20 Werkstücken elektrisch verbunden ist, und wobei ferner
Maßnahmen mit dem Ziel der Vergleichmäßigung der
Schichtdickenverteilung auf den Werkstücken der einzel-
nen Zellen eines solchen Bades vorgesehen sind, gekenn-
zeichnet durch die Kombination der folgenden Merkmale:

25 a) einen Anschluß der Anodenschienen (2) und der
Kathodenschiene (3) an die Gleichstromquelle (1)
derart, daß die Einspeisungen (8) der Ströme (I_A)
in die beiden Anodenschienen (2) an derselben
30 Seite (4') des Bades (4) erfolgt, damit diese
Ströme in den Anodenschienen zueinander gleichge-
richtet sind und jeweils ins Bad austreten (9),
daß die Stromeinspeisung in die Kathodenschiene
(3) aus dem Bad geschieht und der Stromaustritt
35 (10) aus der Kathodenschiene an der Seite (4")
des Bades erfolgt, die zu der erstgenannten Seite
(4') der Anodenstromeinspeisungen (8) entgegenge-

1 setzt liegt

und

5 b2) daß der ohmsche Widerstand pro Längeneinheit der
Anodenschienen (2) in Richtung (12) der Stromein-
speisung (8) zunimmt und der ohmsche Widerstand
pro Längeneinheit der Kathodenschiene (3) in
Richtung (13) des Stromaustrittes (10) abnimmt.

10

3. Anordnung bei einer zur elektrolytischen Behandlung von
Werkstücken dienenden Anlage, deren Bad zwei Anoden-
schienen aufweist, die je mit einer Reihe in ihrer
Längsrichtung hintereinander angeordneten Anoden elek-
15 trisch verbunden sind, wobei ferner eine Kathodenschiene
vorgesehen ist, die mit in ihrer Längsrichtung hinter-
einander angeordneten, elektrolytisch zu behandelnden
Werkstücken elektrisch verbunden ist, und wobei ferner
Maßnahmen mit dem Ziel der Vergleichmäßigung der
20 Schichtdickenverteilung auf den Werkstücken der einzel-
nen Zellen eines solchen Bades vorgesehen sind, gekenn-
zeichnet durch die Kombination der folgenden Merkmale:

25 a) einen Anschluß der Anodenschienen 2 und der
Kathodenschiene (3) an die Gleichstromquelle (1)
derart, daß die Einspeisungen (8) der Ströme (I_A)
in die beiden Anodenschienen (2) an derselben
Seite (4') des Bades (4) erfolgt, damit diese
Ströme in den Anodenschienen zueinander gleichge-
30 richtet sind und jeweils ins Bad austreten (9),
daß die Stromeinspeisung in die Kathodenschiene
(3) aus dem Bad geschieht und der Stromaustritt
(10) aus der Kathodenschiene an der Seite (4'')
des Bades erfolgt, die zu der erstgenannten Seite
35 (4') der Anodenstromeinspeisungen (8) entgege-
setzt liegt

1 und

5 b3) daß zwischen der jeweiligen Anodenschiene (2)
und den an sie elektrisch angeschlossenen Anoden
(A_1 - A_n) ohmsche Widerstände (R_1 - R_n) mit einem
solchen Widerstandswert eingebaut sind, daß unter
Angleichung der Werte der über die Anoden flie-
ßenden Ströme an jeder Zelle etwa die gleiche
Zellenspannung anliegt.

10

4. Anordnung nach Anspruch 1 und 2, gekennzeichnet durch
die Kombination der Merkmalsgruppen a, b_1) und b_2).

15

5. Anordnung nach den Ansprüchen 1 und 3, gekennzeichnet
durch die Kombination der Merkmalsgruppen a, b_1) und
 b_3).

6. Anordnung nach Anspruch 2 und 3, gekennzeichnet durch
die Kombination der Merkmalsgruppen a, b_2) und b_3).

20

7. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, gekennzeich-
net durch die Kombination der Merkmalsgruppen a, b_1),
 b_2) und b_3).

25

8. Anordnung nach einem der Ansprüche 1, 4, 5 und 7, da-
durch gekennzeichnet, daß das Verhältnis des Kathoden-
schienenquerschnittes (Q_K) zu dem Querschnitt (Q_A) jeder
der Anodenschienen 2:1 beträgt.

30

9. Anordnung nach einem der Ansprüche 2, 4, 6 bis 8, da-
durch gekennzeichnet, daß der Querschnitt der Anoden-
schienen (2) sich in der Richtung (12) der Stromeinspei-
sung (8) durch unterschiedlich große Ausnehmungen, wie
Bohrungen, verkleinert.

35

10. Anordnung nach einem der Ansprüche 2, 4, 6 bis 8, da-
durch gekennzeichnet, daß der Querschnitt der Kathoden-

1 schiene (3) sich in der Richtung (13) des Stromaustrittes (10) durch unterschiedlich große Ausnehmungen, wie Bohrungen, vergrößert.

5 11. Anordnung nach einem der Ansprüche 2, 4, 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Querschnitt der jeweiligen Schiene (2, 3) sich in der jeweils angegebenen Richtung in Stufen (17) verkleinert bzw. vergrößert.

10 12. Anordnung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß Zahl und Position der Stufen mit Zahl und Position der Anoden übereinstimmt.

15 13. Anordnung nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Abstufungen (17) durch einzelne Lagen oder Schichten (18, 19) erzielt werden, welche miteinander verbunden die Schiene bilden.

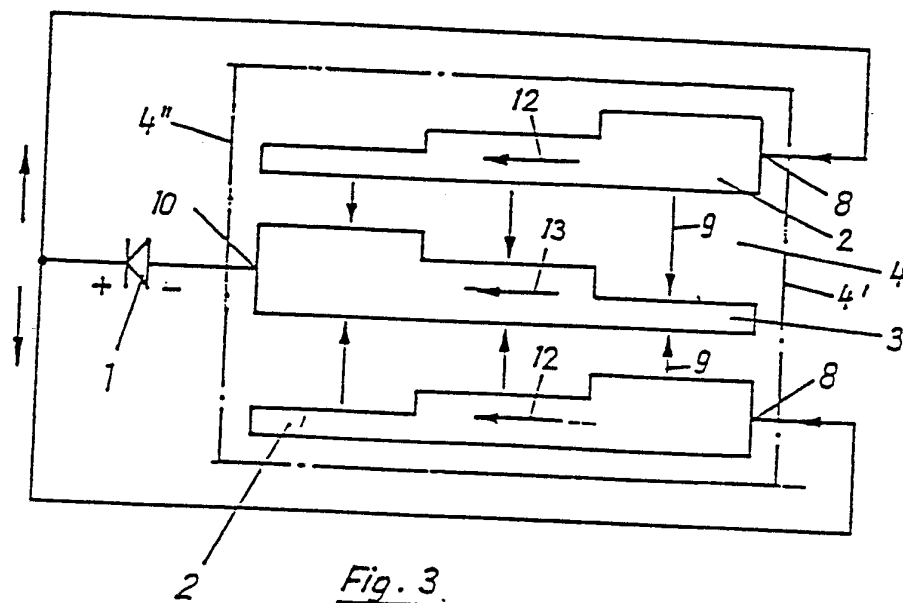
20 14. Anordnung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die längste Schicht (18) aus einem mechanisch festen Edelstahl besteht, während die übrigen, demgegenüber kürzeren Schichten oder Lagen (19) aus einem elektrisch hochleitenden Material, wie Kupfer, hergestellt sind.

25

30

35

1/8



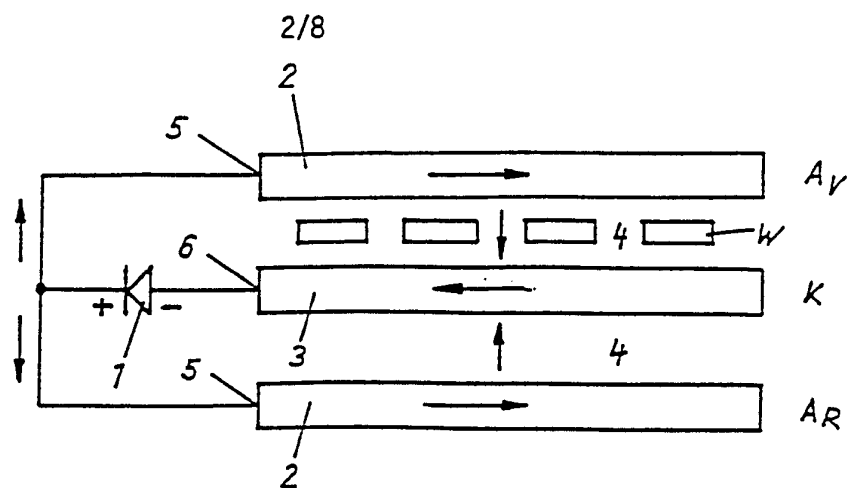


Fig. 1

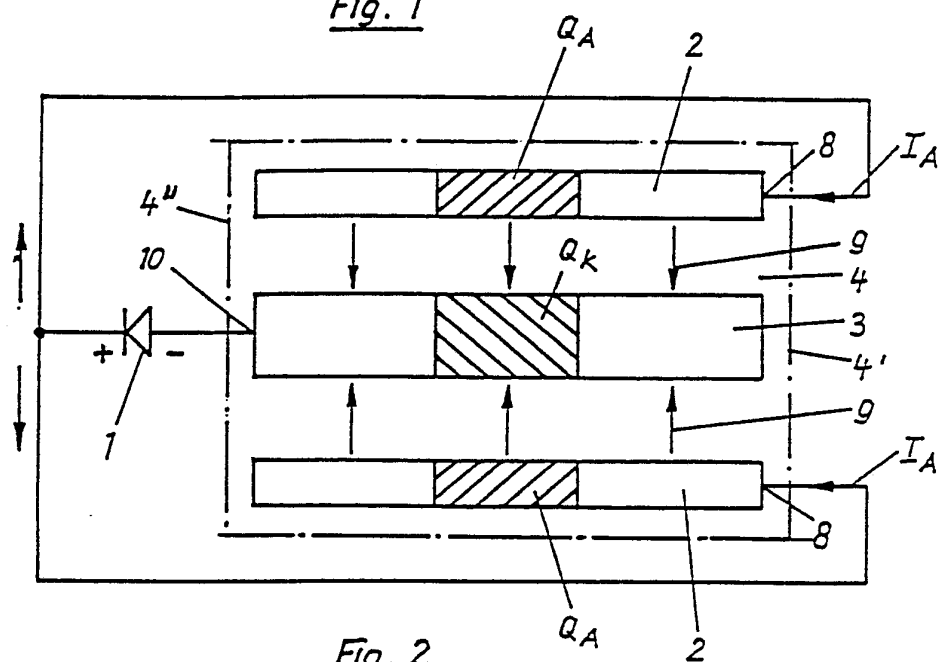


Fig. 2

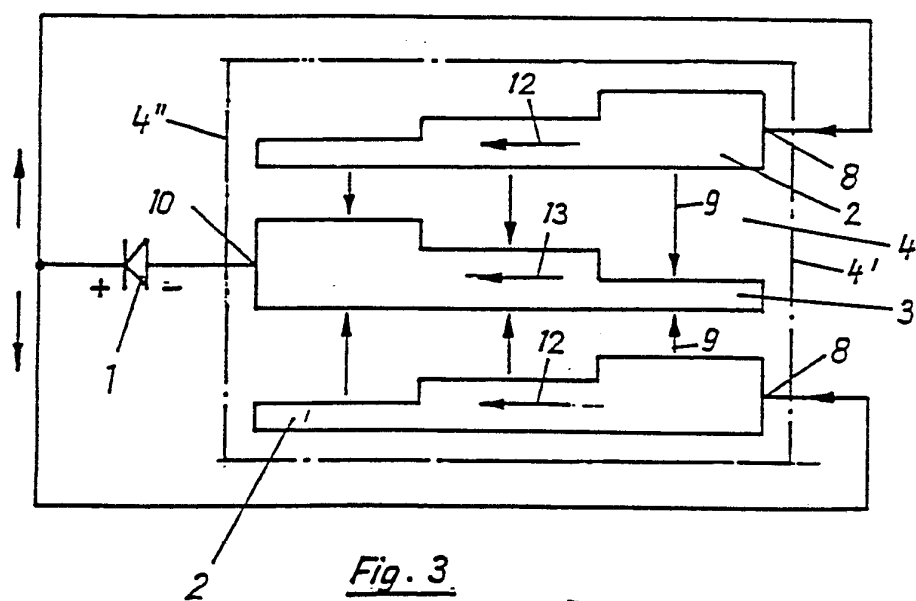


Fig. 3

ERSATZBLATT

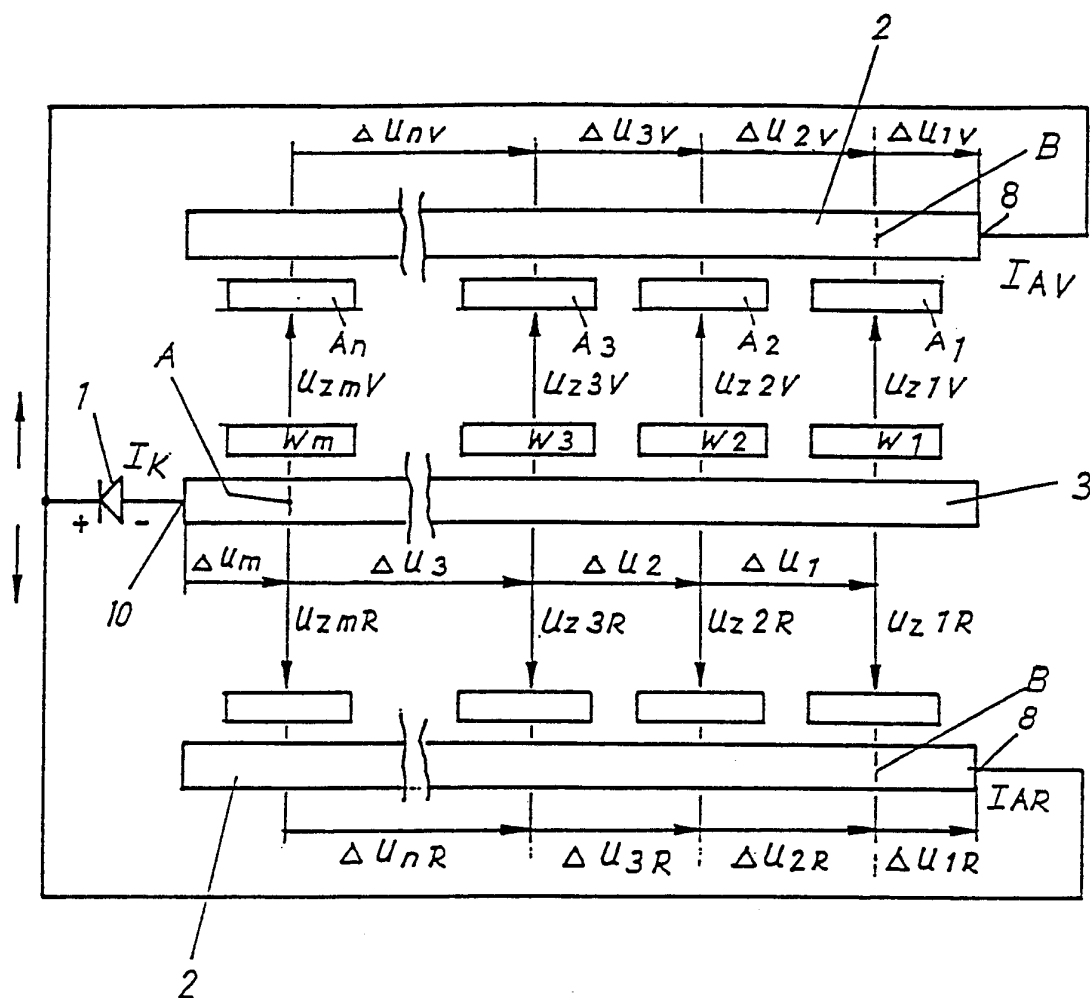


Fig. 4

ERSATZBLATT

4/8

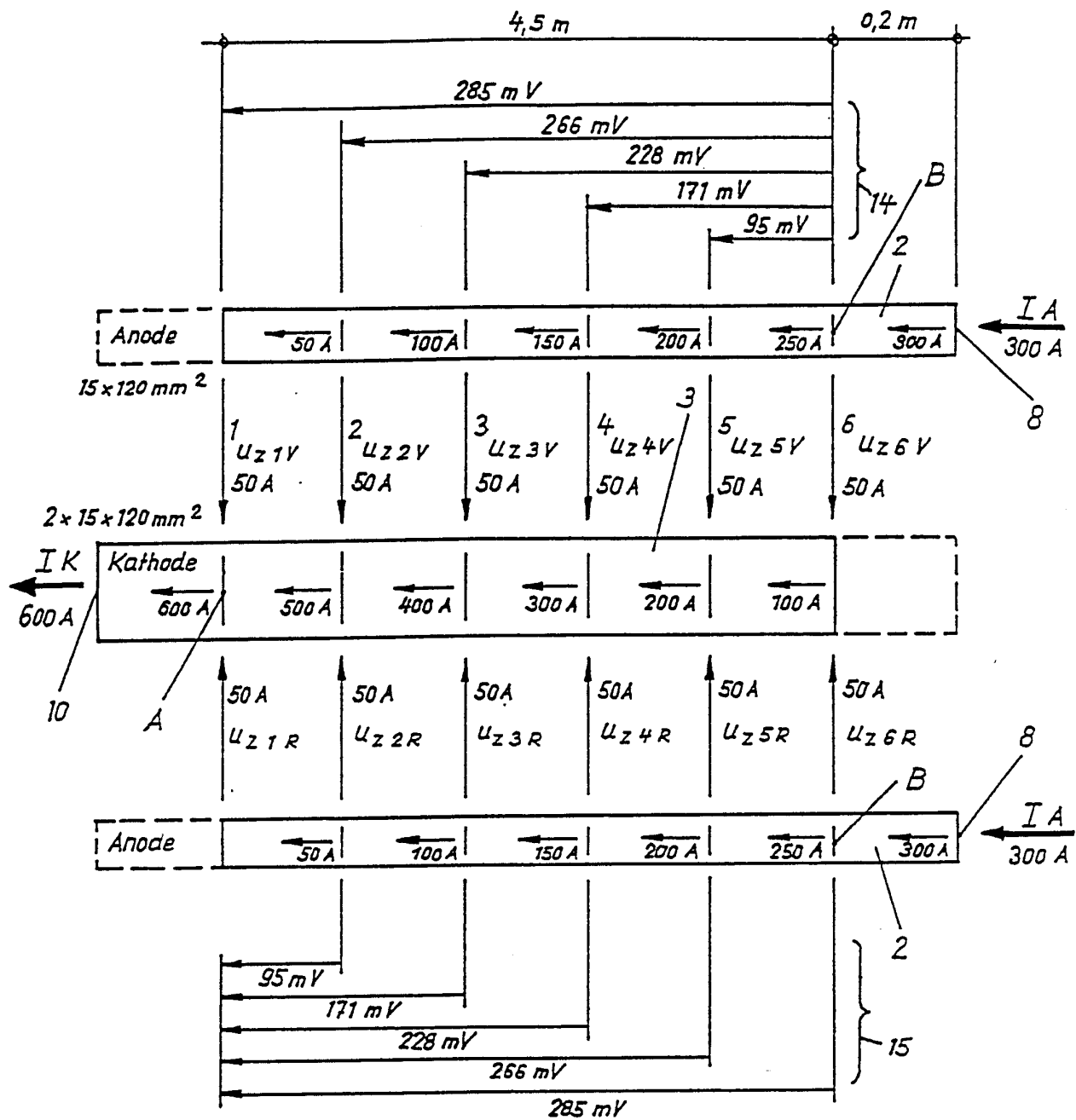
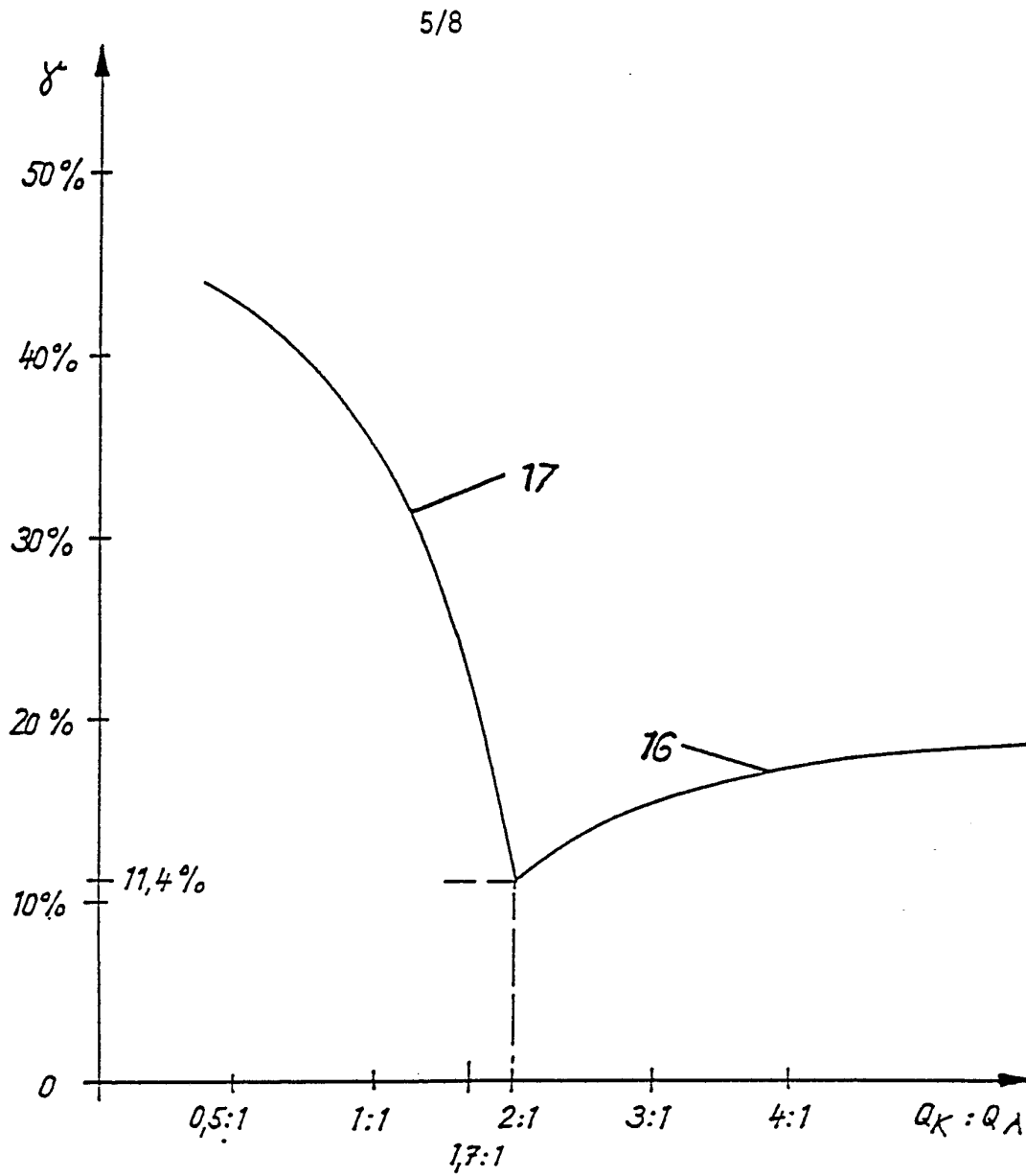


Fig. 5

Fig. 6

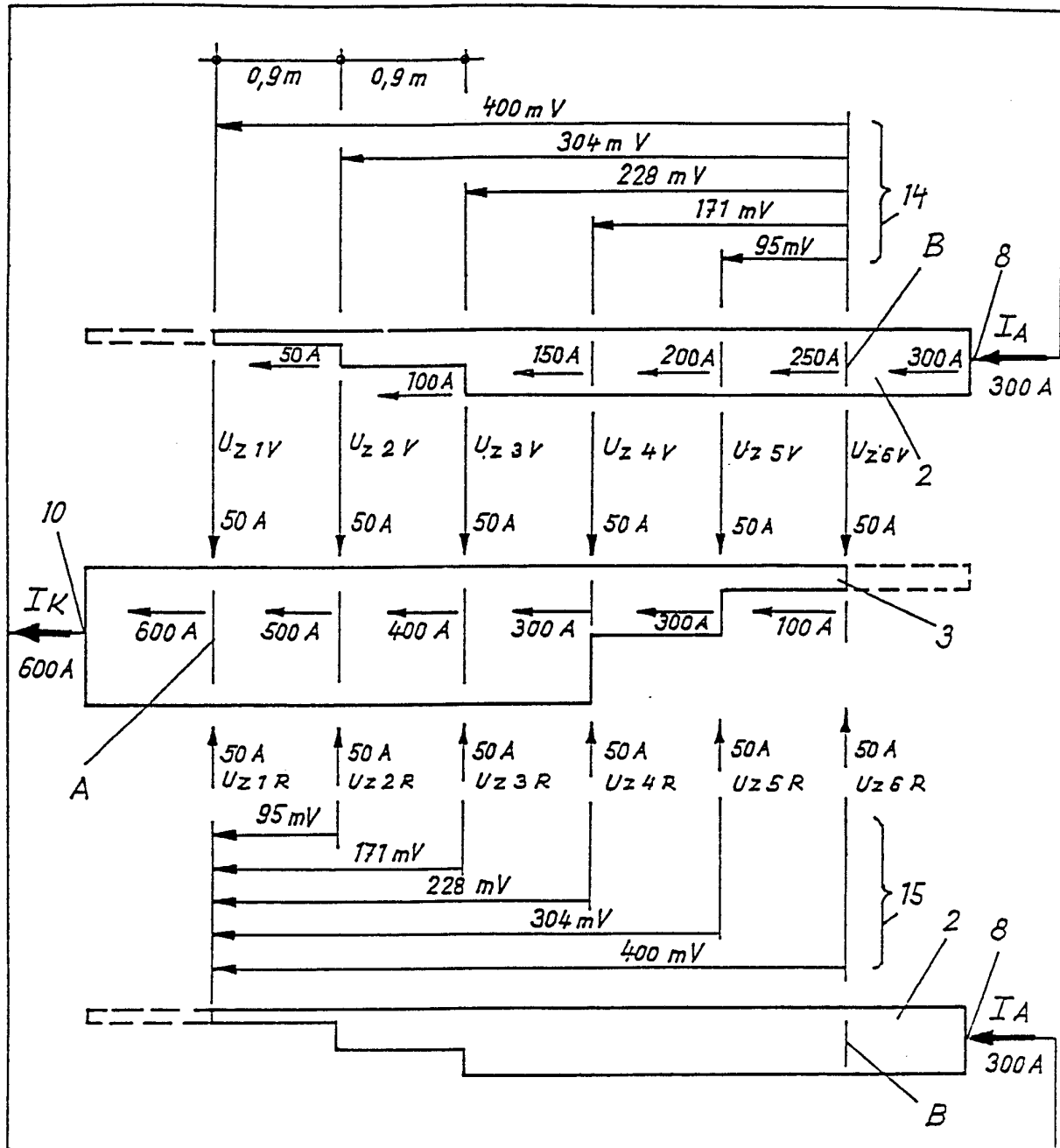
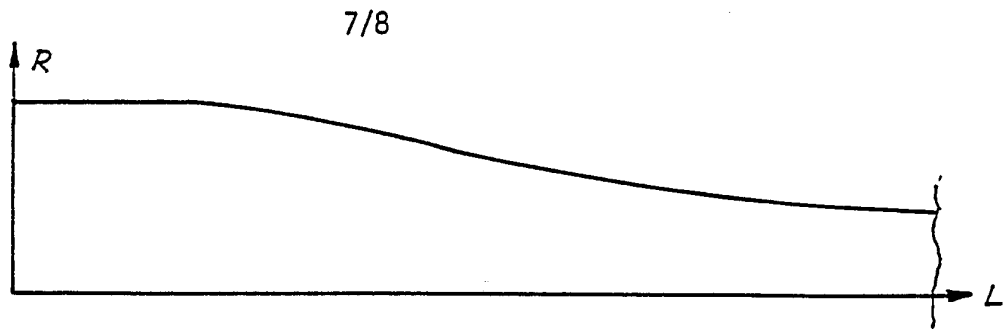
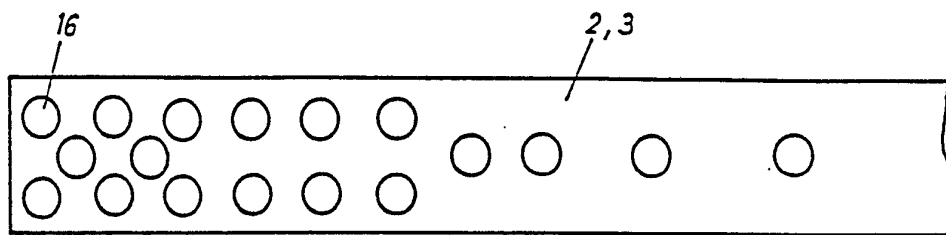
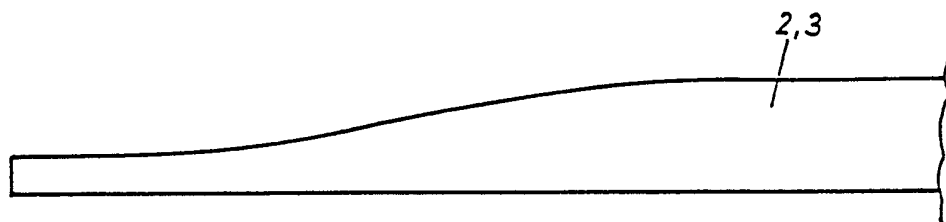
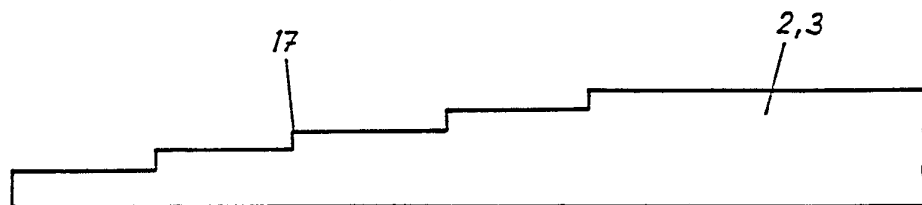
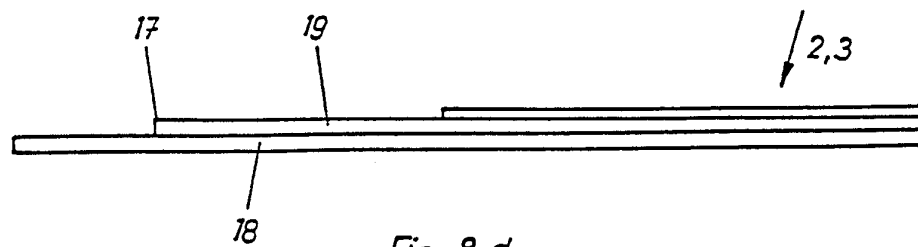
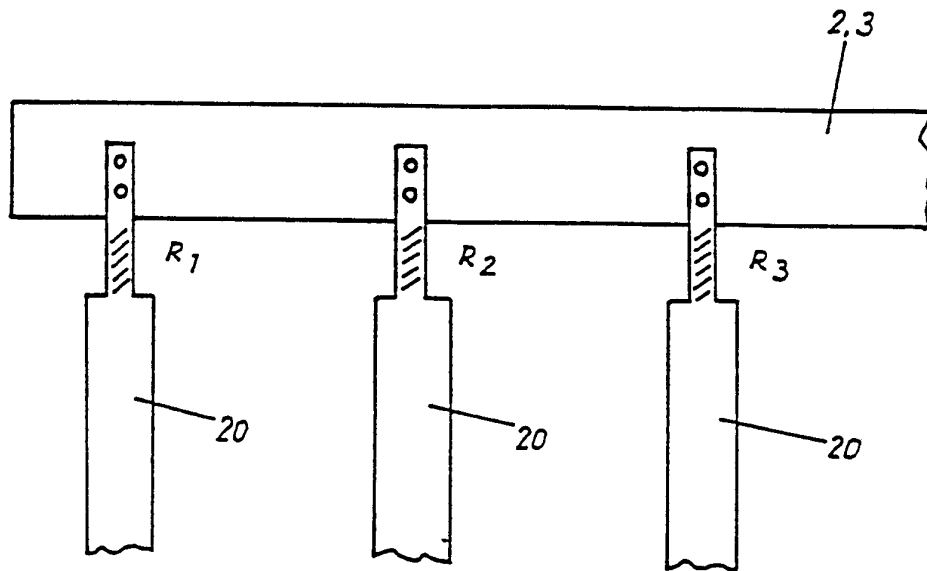


Fig. 7

Fig. 8Fig. 8 aFig. 8 bFig. 8 cFig. 8 d

8/8

Fig. 9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No PCT/DE91/01013

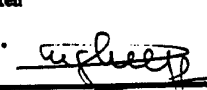
I. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER (if several classification symbols apply, indicate all) *		
According to International Patent Classification (IPC) or to both National Classification and IPC		
Int. Cl. ⁵ : C25D 17/00		
II. FIELDS SEARCHED		
Minimum Documentation Searched ⁷		
Classification System	Classification Symbols	
Int. Cl. ⁵	C25D; C25C	
Documentation Searched other than Minimum Documentation to the Extent that such Documents are Included in the Fields Searched ⁸		
III. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT ⁹		
Category *	Citation of Document, ¹¹ with indication, where appropriate, of the relevant passages ¹²	Relevant to Claim No. ¹³
A	EP, A, 0 308 636 (SCHERING AG) 29 March 1989 cited in the application ---	
A	US, A, 1 884 493 (ZIMNIEWICZ) 25 October 1932 -----	
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>* Special categories of cited documents: ¹⁰</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step</p> <p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.</p> <p>"&" document member of the same patent family</p> </div> </div>		
IV. CERTIFICATION		
Date of the Actual Completion of the International Search	Date of Mailing of this International Search Report	
27 March 1992 (27.03.92)	13 April 1992 (13.04.92)	
International Searching Authority	Signature of Authorized Officer	
European Patent Office		

**ANNEX TO THE INTERNATIONAL SEARCH REPORT
ON INTERNATIONAL PATENT APPLICATION NO. DE 9101013
SA 54735**

This annex lists the patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned international search report.
The members are as contained in the European Patent Office EDP file on
The European Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information. 27/03/92

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP-A-0308636	29-03-89	DE-A- 3732476	13-04-89
		JP-A- 1119699	11-05-89
		US-A- 5024732	18-06-91

US-A-1884493		None	

I. KLASSIFIKATION DES ANMELDUNGSGEGENSTANDS (bei mehreren Klassifikationssymbolen sind alle anzugeben) ⁶		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC.		
Int.Kl. 5 C25D17/00		
II. RECHERCHIERTE SACHGEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff ⁷		
Klassifikationssystem	Klassifikationssymbole	
Int.Kl. 5	C25D ; C25C	
Recherchierte nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Sachgebiete fallen ⁸		
III. EINSCHLAGIGE VERÖFFENTLICHUNGEN ⁹		
Art. ⁹	Kennzeichnung der Veröffentlichung ¹¹ , soweit erforderlich unter Angabe der maßgeblichen Teile ¹²	Betr. Anspruch Nr. ¹³
A	EP,A,0 308 636 (SCHERING AG) 29. März 1989 in der Anmeldung erwähnt ----	
A	US,A,1 884 493 (ZIMNIEWICZ) 25. Oktober 1932 ----	
<p>¹⁰ Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen ¹⁰ :</p> <p>"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist</p> <p>"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist</p> <p>"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)</p> <p>"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht</p> <p>"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist</p> <p>"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist</p> <p>"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden</p> <p>"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist</p> <p>"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist</p>		
IV. BESCHEINIGUNG		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts	
27. MAERZ 1992	13. 04. 92	
Internationale Recherchenbehörde	Unterschrift des bevollmächtigten Bediensteten	
EUROPAISCHES PATENTAMT	NGUYEN THE NGHIEP N. 	

**ANHANG ZUM INTERNATIONALEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE INTERNATIONALE PATENTANMELDUNG NR.**

DE 9101013
SA 54735

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten internationalen Recherchenbericht angeführten Patentsdokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

27/03/92

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP-A-0308636	29-03-89	DE-A- 3732476	13-04-89
		JP-A- 1119699	11-05-89
		US-A- 5024732	18-06-91

US-A-1884493		Keine	

EPO FORM P0473

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82