



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT  
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑪ CH 668 148 A5

⑤① Int. Cl.<sup>4</sup>: H 01 M 10/12

**Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein**

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ **PATENTSCHRIFT** A5

⑳ Gesuchsnummer: 3281/86

㉔ Anmeldungsdatum: 15.08.1986

㉔ Patent erteilt: 30.11.1988

④⑤ Patentschrift  
veröffentlicht: 30.11.1988

㉔ Inhaber:  
Accumulatoren-Fabrik Oerlikon, Zürich

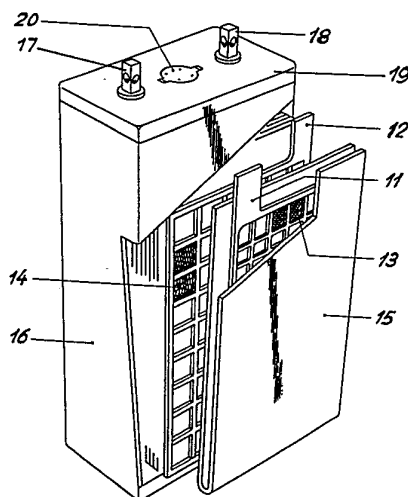
㉔ Erfinder:  
Giess, Herbert, Zürich

㉔ Vertreter:  
Scheidegger, Zwicky, Werner & Co., Zürich

⑤④ **Wartungsfreier Blei-Säure-Akkumulator.**

⑤⑦ Bei diesem Akkumulator sind die positiven Elektroden (11) von den negativen Elektroden (12) durch ein Separatormaterial (15) getrennt, das eine dreidimensionale Faserstruktur aufweist und eine Porosität von mehr als 80 % bei einer durchschnittlichen mittleren Porenweite von höchstens 40 µm hat. Dieses Separatormaterial (15) liegt unmittelbar an die benachbarten Elektrodenflächen an und ist mit flüssigem Elektrolyt in Form verdünnter Schwefelsäure getränkt. Durch Oberflächenkräfte ist der Elektrolyt im Separatormaterial (15) festgehalten, so dass eine Schichtung des Elektrolyten infolge von Dichtegradienten verhütet ist. Der beim Überladen des Akkumulators an den positiven Elektroden auftretende Sauerstoff diffundiert in der Gasphase durch die Poren des Separatormaterials (15) hindurch zu den negativen Elektroden, wo eine Rekombination von Sauerstoff mit Bleischwamm und Wasserstoffionen stattfindet und sich Wasser bildet. Hierdurch wird die durch Elektrolyse bewirkte Zersetzung von Wasser zu einem überwiegenden Teil wettgemacht. Deshalb ist der tatsächliche Wasserverlust aus dem Elektrolyten derart gering, dass ein Nachfüllen von Wasser während

der mindestens 1000 Lade-/Entlade-Zyklen umfassenden Lebensdauer des Akkumulators entbehrlich ist.



## PATENTANSPRÜCHE

1. Wartungsfreier Blei-Säure-Akkumulator mit je mindestens einer positiven und negativen Elektrode, einem zwischen benachbarten Elektroden angeordneten, porösen Separatormaterial, einem Schwefelsäure enthaltenden Elektrolyten und einem die genannten Bestandteile einschliessenden Behälter aus säurebeständigem Isolationsmaterial, dadurch gekennzeichnet, dass der Behälter hermetisch geschlossen ist bis auf eine Öffnung mit einer Ventileinrichtung, die ein unter dem Einfluss von Elastizität selbsttätig schliessendes Schliessorgan aufweist und einen Durchtritt von gasförmigen Medien von innen nach aussen beim Auftreten eines gegebenen Innendruckes gestattet, nicht aber in umgekehrter Richtung, dass das Separatormaterial eine dreidimensionale Faserstruktur mit einer Porosität von mehr als 80% bei einer durchschnittlichen mittleren Porenweite von höchstens 40 µm aufweist und durch den Elektrolyten benetzbar ist, und das als Elektrolyt mit Wasser verdünnte Schwefelsäure in einer solchen Menge vorhanden ist, dass das Separatormaterial mit dem flüssigen Elektrolyten benetzbar ist, aber das Flüssigkeitsniveau unterhalb der oberen Kante der Elektrolyten liegt, wenn diese sich in vertikalen Stellungen befinden.

2. Akkumulator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Menge des Elektrolyten derart bemessen ist, dass die in ihm enthaltene Wassermenge weniger als ein Viertel der bei 1000 Lade-/Entlade-Zyklen mit je bis zu 20% Überladung durch Elektrolyse zersetzten Wassermenge beträgt, aber grösser ist als der Wasserverlust bei 1000 Lade-/Entlade-Zyklen und bei einem Anstieg der Dichte des Elektrolyten bis zu 1,32 g/cm<sup>3</sup>, welche Lade-/Entlade-Zyklen mit Ladestromstärken von mehr als 0,1 Nennkapazität (0,1 K<sub>5</sub> in A) bis Ladespannungen von mindestens 2,35 V und mit Entladetiefen von mehr als 50% der Nennkapazität des Akkumulators erfolgen.

3. Akkumulator nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Separatormaterial ein anorganischer Faserfz mit einer Porosität von mehr als 90% ist, bei einer durchschnittlichen mittleren Porenweite von höchstens 25µm.

4. Akkumulator nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Separatormaterial zwischen zwei benachbarten Elektroden jeweils eine Stärke von 1 bis 3 mm aufweist, in Richtung senkrecht zu den einander zugewandten Oberflächen der Elektroden gemessen.

5. Akkumulator nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die positiven und die negativen Elektroden Gitterplatten sind, deren Gitter entweder aus einer antimonfreien Bleilegierung oder einer bis zu 5 Gew.-% Antimon enthaltenden Bleilegierung bestehen.

6. Akkumulator nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die positiven Elektroden Platten sind, die aus parallel nebeneinander angeordneten Röhrchen mit rundem, quadratischen, rechteckigem oder elliptischem Querschnitt gebildet sind, welche Röhrchen je einen coaxial angeordneten Stromabnehmer enthalten, dass die negativen Elektroden Gitterplatten sind, und dass die Stromabnehmer und die Gitter der Gitterplatten aus einer bis zu 5 Gew.-% Antimon enthaltenden Bleilegierung oder einer antimonfreien Bleilegierung bestehen.

7. Akkumulator nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Bleilegierung der positiven Elektroden Antimon enthält und die Bleilegierung der negativen Elektroden antimonfrei ist.

## BESCHREIBUNG

Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ein wartungsfreier Blei-Säure-Akkumulator mit je mindestens einer positiven und negativen Elektrode, einem zwischen benachbarten Elek-

troden angeordneten, porösen Separatormaterial, einem Schwefelsäure enthaltenden Elektrolyten und einem die genannten Bestandteile einschliessenden Behälter aus säurebeständigem Isolationsmaterial.

5 Übliche Blei-Säure-Akkumulatoren mit einem flüssigen Elektrolyten aus verdünnter Schwefelsäure bedürfen einer periodischen Wartung, die eine Nachfüllung von destilliertem Wasser zum Elektrolyten umfasst. Das periodische Nachfüllen von Wasser ist deshalb erforderlich, weil beim Laden, insbesondere beim Überladen des Akkumulators, im Elektrolyten enthaltenes Wasser durch Elektrolyse zersetzt wird. Dabei entsteht Sauerstoff an der positiven Elektrode und Wasserstoff an der negativen Elektrode. Diese gasförmigen Bestandteile entweichen in Form von Blasen in die Atmosphäre. Die Blasenbildung im Elektrolyten bringt zwar den Vorteil, dass sie einer Säureschichtung infolge von Dichtegradienten entgegenwirkt, aber den Nachteil, dass periodisch Wasser nachgefüllt werden muss.

Es sind bereits auch sogenannte wartungsfreie Blei-Säure-Akkumulatoren bekannt, bei denen der Elektrolyt in Form eines nicht mehr fließfähigen Gels vorliegt. Auch bei dieser Ausbildung des Akkumulators wird während dem Laden im Elektrolyten enthaltenes Wasser durch Elektrolyse zersetzt. Die Folge davon ist, dass das Gel teilweise austrocknet und Risse bekommt, durch welche hindurch ein Teil des an der positiven Elektrode auftretenden Sauerstoffes in der Gasphase zur negativen Elektrode diffundieren und dort mit dem vorhandenen Bleischwamm und Wasserstoffionen zu Wasser rekombinieren kann. Hierdurch wird der weitere Wasserverlust aus dem Elektrolyten gemildert. Mit steigender Anzahl der Lade-/Entlade-Zyklen trocknet das Gel immer mehr, wodurch schliesslich der innere elektrische Widerstand des Akkumulators in unerwünschtem Mass ansteigt und die Kapazität sinkt. Demzufolge ist die Lebensdauer eines derartigen wartungsfreien Blei-Säure-Akkumulators im Vergleich mit einer Ausführungsform mit flüssigem Elektrolyten beschränkt.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist die Schaffung eines wartungsfreien Blei-Säure-Akkumulators, der praktisch ebenso viele Lade-/Entlade-Zyklen erträgt wie ein herkömmlicher Akkumulator mit periodischer Wassernachfüllung.

Diese Aufgabe ist durch die Schaffung des im Patentanspruch 1 definierten Akkumulators gelöst.

Zweckmässige und vorteilhafte Weiterbildungen des erfindungsgemässen Akkumulators ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

Nachstehend ist die Erfindung rein beispielsweise näher erläutert unter Bezugnahme auf die beigefügte Zeichnung.

Fig. 1 zeigt schematisch und teilweise auseinandergenommen ein erstes Ausführungsbeispiel des erfindungsgemässen Blei-Säure-Akkumulators, bei welchem die positiven und die negativen Elektroden als Gitterplatten ausgebildet sind;

Fig. 2 ist eine analoge Darstellung eines zweiten Ausführungsbeispiels des Akkumulators, bei welchem die positiven Elektroden als Röhrchenplatten und die negativen Elektroden als Gitterplatten ausgebildet sind.

Die in Fig. 1 veranschaulichte Akkumulatorzelle weist mehrere positive Elektroden 11 und mehrere negative Elektroden 12 auf, die je als Gitterplatten aus einer antimonfreien Blei-Kalzium-Legierung ausgebildet sind. Die Öffnungen der positiven Gitterplatten 11 sind mit Bleidioxid-Masse 13 und die Öffnungen der negativen Gitterplatten mit Bleischwamm-Masse 14 gefüllt. Die positiven Gitterplatten 11 haben zweckmässig eine Dicke von etwa 4,3 mm, während die negativen Gitterplatten 12 eine Dicke von etwa 2,7 mm aufweisen. Alle Elektroden 11 und 12 haben z.B. eine Breite von etwa 160 mm und eine Höhe von etwa 185 mm.

Zum galvanischen Trennen der positiven und negativen Elektroden sind die positiven Gitterplatten 11 je mit einem porösen Separatormaterial 15 umhüllt, das eine dreidimensionale

Faserstruktur aufweist und vorzugsweise aus einem Glasfaserfilz besteht, dessen Stärke in Richtung senkrecht zur Elektrodenfläche 1 bis 3 mm, vorzugsweise etwa 2 mm, beträgt. Die Porosität des Separatormaterials 15 beträgt mehr als 80%, vorzugsweise mehr als 90%, bei einer durchschnittlichen mittleren Porenweite von höchstens 40 µm, vorzugsweise weniger als 25 µm. Das Separatormaterial 15 muss durch flüssigen Elektrolyten in Form von verdünnter Schwefelsäure benetzbar und imstande sein, durch Oberflächenkräfte eine verhältnismässig grosse Menge des Elektrolyten pro Flächen- oder Volumeneinheit des Separatormaterials aufzunehmen.

Die beschriebenen Elektroden 11 und 12, z.B. sieben positive und acht negative Elektroden, und das beschriebene Separatormaterial 15 sind in einen Behälter 16 aus säurefestem Isoliermaterial eingebracht, und zwar derart, dass die positiven und negativen Elektroden miteinander abwechseln und jeweils durch eine Schicht des Separatormaterials 15 galvanisch getrennt sind. Die Abmessungen der inneren Bodenfläche des Behälters 16 stimmen mit der Breite der Elektroden 11 und 12 bzw. mit der Summe der Dickenabmessungen der Elektroden und des Separatormaterials 15 überein, so dass das Separatormaterial jeweils an die benachbarten Elektrodenflächen anliegt. Auf nicht dargestellte, an sich bekannte Weise werden alle positiven Elektroden 11 mit einem ersten Anschlusskontaktstück 17 und alle negativen Elektroden 12 mit einem zweiten Anschlussstück 18 elektrisch verbunden.

In den Behälter 16 wird verdünnte Schwefelsäure der Dichte 1,270 g/cm<sup>3</sup> eingefüllt bis das Flüssigkeitsniveau etwa 1 cm unter den Oberkanten der Elektroden 11 und 12 steht, wenn diese eine vertikale Lage einnehmen. Die Füllmenge beträgt etwa 2000 ml. Die gesamte Menge des Separatormaterials 15 ist dann mit dem Elektrolyten getränkt.

Zuletzt wird der Behälter 16 durch einen Deckel 19 aus säurefestem Isoliermaterial dicht verschlossen, wobei die Anschlusskontaktstücke 17 und 18 gasdicht durch zugeordnete Öffnungen des Deckels 19 hindurchgeführt werden. In eine zusätzliche Öffnung des Deckels 19 ist eine Ventileinrichtung 20 ebenfalls gasdicht eingefügt. In bekannter und nicht dargestellter Weise ist die Ventileinrichtung 20 derart ausgebildet, dass sie den Durchtritt von gasförmigem Medium aus dem Innenraum des Behälters 16 nach aussen beim Auftreten eines gegebenen Innendruckes von z.B. höher als 0,5 bar (=  $0,5 \cdot 10^{-1}$  Pa) gestattet, nicht aber in umgekehrter Richtung. Zu diesem Zweck weist die Ventilvorrichtung 20 ein (nicht dargestelltes) Schliessorgan auf, das sich unter dem Einfluss seiner eigenen Elastizität oder der Elastizität mindestens einer Feder oder dgl. selbsttätig schliesst und nur unter dem Einfluss des erwähnten höheren Innendruckes geöffnet wird.

Zur Prüfung der beschriebenen Akkumulatorzelle wurde sie zahlreichen Lade-/Entlade-Zyklen unterworfen, welche die Verwendung als Antriebsstromquelle simulieren. Die Akkumulatorzelle hat eine Nennkapazität  $K_5$  von 100 Ah, d.h. definitionsgemäss, dass sie während 5 Stunden einen Strom der Stärke  $I_5 = 20$  A zu liefern vermag. Bei jedem der für die Prüfung durchgeführten Lade-/Entlade-Zyklen wurde die Akkumulatorzelle während 3 Stunden mit einem Strom der Stärke  $1,25 \times I_5$  entladen, so dass 75 Ah entnommen wurden, und nachher während 9 Stunden mit einem Strom von maximal  $1,2 \times I_5$  geladen, wobei die Zellenspannung auf 2,50 V anstieg und die Ladestromstärke auf etwa 2% von  $I_5$  abnahm. Bei diesem Ladevorgang wurde die Akkumulatorzelle um ca. 11% der zuvor entnommenen Kapazität überladen, d.h. es wurden mehr Ah zurückgeladen als vorher entnommen.

Diese Überladung hat zur Folge, dass durch Elektrolyse theoretisch 0,336 g Wasser pro Ah zersetzt, d.h. in Sauerstoff an den positiven Elektroden und in Wasserstoff an den negativen Elektroden zerlegt wird. Bei der beschriebenen Akkumulatorzelle betrug der tatsächliche Wasserverlust aber nur 5 bis

20% der theoretisch zersetzten Wassermenge, und zwar aus folgendem Grund:

Der an den positiven Elektroden auftretende Sauerstoff bildet kleine Gasblasen, die durch die dreidimensionale Faserstruktur des Separatormaterials 15 daran gehindert werden, im flüssigen Elektrolyten aufzusteigen und durch die Ventilvorrichtung 20 zu entweichen. Hingegen können sich die Sauerstoffblasen durch die Poren des Separatormaterials hindurch bis zu den negativen Elektroden 12 ausbreiten, so dass Sauerstoff in der Gasphase rasch zu den negativen Elektroden gelangt und dort mit der Bleischwamm-Masse 14 reagiert. Dabei wird durch verschiedene chemische und elektrochemische Vorgänge ein überwiegender Teil des Sauerstoffs an den negativen Elektroden mit Wasserstoffionen zu Wasser rekombiniert. Die Bildung von Wasserstoffgas an den negativen Elektroden wird hierdurch weitgehend verhindert. Infolge dieser Rekombination liegt der tatsächliche Wasserverlust aus dem flüssigen Elektrolyten weit unter dem theoretischen Wert von 0,336 g pro Ah Überladung.

Während bei einer zum Stand der Technik gehörenden offenen Akkumulatorzelle die Bildung von im flüssigen Elektrolyten aufsteigenden Gasblasen nützlich und sogar nötig ist, um durch Mischwirkung eine Dichteschichtung des Elektrolyten zu vermeiden, ist bei der hier beschriebenen Akkumulatorzelle die Bildung von Gasblasen zu diesem Zweck nicht erforderlich. Die dreidimensionale Faserstruktur des Separatormaterials 15 verhindert nämlich durch Oberflächenkräfte von selbst eine durch Dichtegradienten getriebene Schichtung des Elektrolyten. Die vorstehend beschriebene Rekombination von Sauerstoff und Wasserstoffionen hat demgemäss keine nachteilige Dichteschichtung des Elektrolyten zur Folge.

Weil — wie beschrieben — beim Überladen der Akkumulatorzelle der tatsächliche Wasserverlust aus dem Elektrolyten nur zwischen 5 und 20% der theoretisch durch Elektrolyse zersetzten Wassermenge beträgt, ist es ohne weiteres möglich, im Separatormaterial 15 mit der dreidimensionalen Faserstruktur und in den Elektroden eine solche Menge des Elektrolyten zu speichern, dass die in ihm enthaltene Wassermenge grösser ist als der tatsächliche Wasserverlust bei 1000 Lade-/Entlade-Zyklen. Ein Nachfüllen von Wasser ist deshalb entbehrlich, so dass die Akkumulatorzelle wartungsfrei ist. Es ist klar, dass der tatsächliche geringe Wasserverlust je Lade-/Entlade-Zyklus einen allmählichen Anstieg der Dichte des Elektrolyten zur Folge hat. Dieser Dichteanstieg bleibt jedoch selbst nach 1000 Zyklen noch innerhalb akzeptabler Grenzen, wie folgendes Beispiel zeigt:

Die mit Bezugnahme auf Fig. 1 beschriebene Akkumulatorzelle mit einer Nennkapazität  $K_5$  von 100 Ah wurde 1000 Lade-/Entlade-Zyklen mit je 80% Entladetiefe und 10% Überladung unterworfen. Dabei trat ein Wasserverlust von 269 g auf, was etwa 10% der theoretischen Menge des durch Elektrolyse zersetzten Wassers ist. Der festgestellte Wasserverlust stand als Wasseranteil in der etwa 2000 ml betragenden Menge des Elektrolyten zur Verfügung. Die Dichte des Elektrolyten nahm dabei von anfänglich 1,270 g/cm<sup>3</sup> allmählich bis auf 1,320 g/cm<sup>3</sup> nach dem tausendsten Lade-/Entlade-Zyklus zu. Ein Nachfüllen von Wasser war somit nicht nötig.

Der tatsächlich auftretende geringe Wasserverlust hat hauptsächlich die Freisetzung von gasförmigem Wasserstoff zur Folge, der sich im freien Raum des Behälters 16 oberhalb der Elektroden 11 und 12 ansammelt und dort einen gewissen Druckanstieg bewirkt. Erst wenn der Druck einen vorbestimmten Grenzwert, z.B. 0,5 bar ( $0,5 \cdot 10^{-1}$  Pa), übersteigt, lässt die Ventileinrichtungen 20 im Deckel 19 gasförmige Medien nach aussen in die Atmosphäre entweichen, bis der Innendruck im Behälter 16 wieder unterhalb den erwähnten Grenzwert sinkt.

Es versteht sich von selbst, dass die beschriebenen vorteilhaften Wirkungen auch bei einem Blei-Säure-Akkumulator eintreten, der aus mehreren Zellen der beschriebenen Ausbildung

besteht, wobei diese Zellen elektrisch parallel oder in Serie geschaltet sein können.

Das in Fig. 2 veranschaulichte weitere Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäss ausgebildeten Akkumulatorzelle unterscheidet sich von dem Beispiel nach Fig. 1 wie folgt:

Jede der positiven Elektroden 11' ist als sogenannte Röhrenplatte ausgebildet, die z.B. je neunzehn parallel nebeneinander angeordnete Röhren 25 mit einem Aussendurchmesser von etwa 9 mm und einer Länge von etwa 480 mm aufweist. Die Röhren 25 bestehen in bekannter Weise aus porösem Kunststoff oder anorganischem Fasermaterial. Koaxial in jedem Röhren 25 befindet sich ein stabförmiger Stromabnehmer 26, der z.B. aus einer Bleilegierung mit einem Gehalt von bis zu 5 Gew.-% Antimon besteht. Im Zwischenraum zwischen dem Stromabnehmer 25 und der Innenwand jedes Röhrens 25 ist eine Bleidioxid-Füllung 27 angeordnet. Die oberen Enden der Stromabnehmer 26 jeder positiven Elektrode 11' sind mittels eines Quersteiges 28 elektrisch miteinander verbunden.

Jede der negativen Elektroden 12' ist als Gitterplatte aus einer antimonfreien Blei-Kalzium-Legierung ausgebildet, und die Öffnungen der Gitterplatte sind mit Bleischwamm-Masse 29 gefüllt. Diese Gitterplatten haben z.B. je eine Dicke von etwa 4,6 mm, eine Breite von etwa 175 mm und eine Höhe von etwa 490 mm. Jede negative Elektrode 12' ist mit porösem Separatormaterial 15' umhüllt, das die gleichen Material- und Struktureigenschaften wie das mit Bezug auf Fig. 1 beschriebene Separatormaterial 15 aufweist.

Es sind insgesamt drei positive Elektroden 11' und vier negative Elektroden 12' vorhanden, die in abwechselnder Reihenfolge im Behälter 16' angeordnet sind, wobei das Separatormaterial 15' die benachbarten Elektroden voneinander galvanisch trennt. Wie beim ersten Ausführungsbeispiel ist der Behälter 16' derart bemessen, dass das Separatormaterial 15' zwangsweise jeweils an die benachbarten Elektrodenflächen anschmiegt ist. Auf nicht dargestellte Weise sind alle positiven Elektroden 11' mit einem Anschlusskontaktstück 17 und alle

negativen Elektroden 12' mit einem zweiten Anschlusskontaktstück 18 elektrisch leitend verbunden. Das dreidimensional strukturierte, poröse Separatormaterial 15' wird wie beim ersten Ausführungsbeispiel mit verdünnter Schwefelsäure getränkt, bis der Flüssigkeitsspiegel etwa 1 cm unterhalb der Oberkanten der Elektroden liegt. Die beschriebene Zelle fasst etwa 5570 ml Elektrolytflüssigkeit. Wie beim ersten Ausführungsbeispiel wird der Behälter 16' mit einem Deckel 19' dicht verschlossen, der mit einer Ventileinrichtung 20 der bereits beschriebenen Art versehen ist.

Die Akkumulatorzelle gemäss Fig. 2 weist eine Nennkapazität  $K_5$  von 270 Ah auf. Sie hat eine Lebensdauer von mehr als 1000 Lade-/Entlade-Zyklen unter den im ersten Beispiel erwähnten Zyklusbedingungen, wobei der tatsächliche Wasserverlust aus dem Elektrolyten bei 0,7 bis 0,8 g pro Zyklus liegt. Die im Innern der Zelle ablaufenden Prozesse sind grundsätzlich gleich wie beim ersten Ausführungsbeispiel. Bei dem erwähnten relativ geringen Wasserverlust ist ein Nachfüllen von Wasser zum Elektrolyten während der ganzen Lebensdauer nicht erforderlich. Die Akkumulatorzelle ist daher wartungsfrei und besonders für die Verwendung als Stromquelle für Antriebszwecke geeignet.

Bei Ausführungsvarianten des mit Bezug auf Fig. 1 beschriebenen Beispiels können die positiven Elektroden 11 und die negativen Elektroden 12 als Gitterplatten aus einer bis zu 5 Gew.-% Antimon enthaltenden Bleilegierung ausgebildet sein. Ebenso können die negativen Elektroden 12' des zweiten Ausführungsbeispiels gemäss Fig. 2 Gitterplatten aus einer bis zu 5 Gew.-% Antimon enthaltenden Bleilegierung aufweisen. Die Röhren 25 der positiven Elektroden 11' des zweiten Ausführungsbeispiels können anstatt runden Querschnitt eine quadratische, rechteckige oder elliptische Querschnittsform haben. Ferner ist es möglich, in Abänderung des beschriebenen Beispiels gemäss Fig. 2 die Stromabnehmer 26 in den Röhren 25 aus einer antimonfreien Bleilegierung zu bilden.

Fig. 1

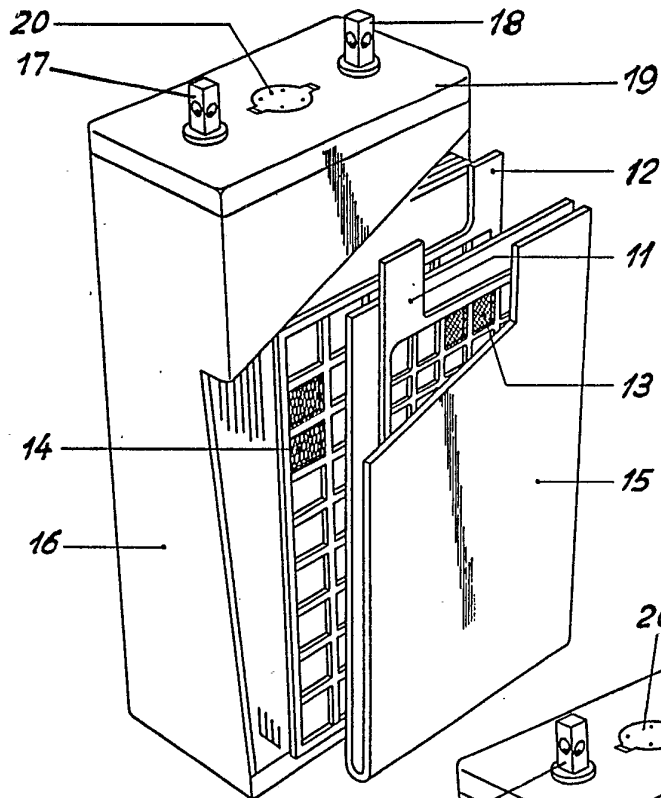


Fig. 2

