

(19)



(11)

**EP 4 826 136 A1**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
**21.10.2026 Patentblatt 2026/43**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):  
**C25B 9/77 (2021.01)**

(21) Anmeldenummer: **25171180.0**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):  
**C25B 9/77**

(22) Anmeldetag: **17.04.2025**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB  
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC ME MK MT NL  
NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**BA**  
Benannte Validierungsstaaten:  
**GE KH LA MA MD TN**

- **Paul, Raphael**  
**01277 Dresden (DE)**
- **Schmidt-Dahl, Tobias**  
**01097 Dresden (DE)**
- **Zschachlitz, Jens**  
**01277 Dresden (DE)**

(71) Anmelder: **Sunfire SE**  
**01237 Dresden (DE)**

(74) Vertreter: **Epping - Hermann - Fischer**  
**Patentanwalts-gesellschaft mbH**  
**Schloßschmidstraße 5**  
**80639 München (DE)**

(72) Erfinder:  
• **Städel, Christian**  
**01189 Dresden (DE)**

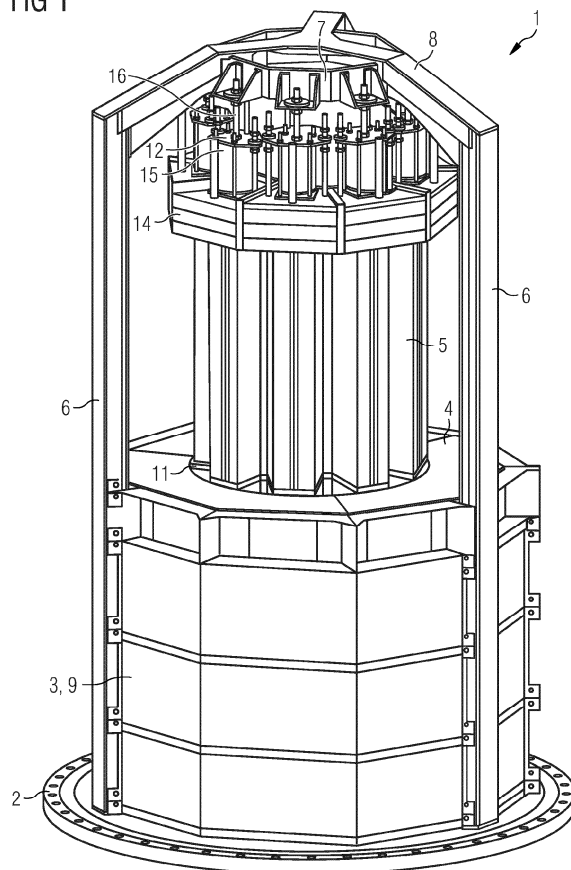
Bemerkungen:  
Geänderte Patentansprüche gemäß Regel 137(2)  
EPÜ.

(54) **ELEKTROLYSE-VORRICHTUNG MIT SPANNEINHEIT, ELEKTROLYSEMODUL UND VERFAHREN ZUM EINBAU DES ELEKTROLYSEMODULS IN DIE VORRICHTUNG**

(57) Die Erfindung betrifft eine Elektrolyse-Vorrichtung (1) für die Festoxid-Elektrolyse, umfassend mehrere

Elektrolyseeinheiten (5), 'die als Elektrolysemodule (10) eingebaut und entnommen werden können und eine Spanneinheit, die die mechanische Spannung auf die mehreren Elektrolyseeinheiten (5) appliziert, wobei die Spanneinheit einen Boden (2), einen Kranz (7) und mehrere Säulen (6) umfasst, wobei die Elektrolyseeinheiten (5) zwischen dem Boden (2) und dem Kranz (7) so befestigt sind, dass die Elektrolyseeinheiten (5) auf Druck und die Säulen (6) auf Zug belastet sind.

FIG 1



## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft eine Elektrolyse-Vorrichtung mit Spanneinheit, Elektrolysemodul und Verfahren zum Einbau des Elektrolysemoduls in die Spanneinheit der Vorrichtung.

**[0002]** Insbesondere ist die Aufgabe zu lösen, wie die einzelnen Elemente einer Vorrichtung für die Elektrolyse aneinander festgelegt werden.

**[0003]** Hierzu sind einerseits die einzelnen Elektrolysezellen des Elektrolysemoduls so zu fixieren, dass die einzelnen Elektrolysezellen, die einen Stapel bilden, sowohl stationär als auch bei Transport fest aneinander liegend verbleiben, d.h. sich nicht voneinander lösen.

**[0004]** Andererseits ist die gesamte Vorrichtung so zu fixieren, dass das Elektrolysemodul nach Einbau fest in der Vorrichtung fixiert ist, bei Bedarf, z.B. bei Wartung oder nach Ablauf der Lebensdauer aber auch möglichst einfach ausgetauscht werden kann.

**[0005]** Vorliegend soll die Aufgabe gelöst werden, eine Elektrolysevorrichtung bereitzustellen, die die beschriebenen Aufgaben löst.

**[0006]** Die vorliegende Erfindung betrifft eine Elektrolyse-Vorrichtung gemäß den Ansprüchen.

**[0007]** Insbesondere umfasst die Elektrolyse-Vorrichtung mehrere Elektrolyseeinheiten und eine Spanneinheit, die eine mechanische Spannung auf die mehreren Elektrolyseeinheiten appliziert.

**[0008]** Die Elektrolyseeinheiten umfassen jeweils einen Stapel an Festoxid-Elektrolysezellen, wobei die Stapel an Festoxid-Elektrolysezellen jeweils durch die von außen applizierte, nämlich durch die Spanneinheit applizierte, mechanische Spannung zusammenhalten.

**[0009]** Die Richtung, in der die Festoxid-Elektrolysezellen gestapelt sind, definiert eine Stapelrichtung. Die Stapelrichtung zeigt im Raum bevorzugt von unten nach oben bzw. umgekehrt.

**[0010]** Die Spanneinheit umfasst einen Boden, einen Kranz und mehrere Säulen, die parallel zu den Elektrolyseeinheiten in Stapelrichtung verlaufen und den Boden mit dem Kranz verbinden.

**[0011]** Der Boden ist in der Stapelrichtung auf einer Seite der Elektrolyseeinheiten angeordnet, bevorzugt unter den Elektrolyseeinheiten. Der Boden ist bevorzugt groß genug dimensioniert, dass alle der mehreren Elektrolyseeinheiten über dem Boden angeordnet sind. Die Elektrolyseeinheiten sind in Ausführungsformen entweder direkt auf dem Boden angeordnet oder es sind Zwischenstrukturen zwischen dem Boden und den Elektrolyseeinheiten vorgesehen.

**[0012]** Die Zwischenstrukturen sind bevorzugt in der Stapelrichtung gestapelt und werden zumindest durch die von der Spanneinheit applizierte mechanische Spannung zusammengehalten.

**[0013]** Der Boden ist in Ausführungsformen ein Metallboden, z.B. ein Blindflansch, der fest mit den Säulen verbunden ist. Der Boden ist in Ausführungsformen insbesondere der Boden eines Behälters, der die Elektro-

lyseeinheiten umgibt.

**[0014]** Der Kranz ist in der Stapelrichtung auf der anderen Seite der Elektrolyseeinheiten angeordnet als der Boden, bevorzugt oberhalb der Elektrolyseeinheiten. Der Kranz weist insbesondere eine Kranzform auf, also eine im Wesentlichen rotationssymmetrische oder rotationssymmetrische Form, z.B. eine Ringform oder die Form eines regelmäßigen Vielecks, z.B. Achtecks, Neunecks oder Zehnecks.

**[0015]** Der Kranz und die Säulen sind bevorzugt metallisch ausgeführt und umfassen oder bestehen aus Edelstahl.

**[0016]** Der Kranz ist z.B. ein Stahlprofil.

**[0017]** Der Kranz ist in Ausführungsformen entweder direkt auf den Elektrolyseeinheiten aufgebracht oder durch Verbindungselemente mit den Elektrolyseeinheiten verbunden.

**[0018]** Die mehreren Säulen, die den Boden mit dem Kranz verbinden, sind bevorzugt neben den Elektrolyseeinheiten, insbesondere außen um die Elektrolyseeinheiten herum angeordnet.

**[0019]** Die Elektrolyseeinheiten sind zwischen dem Boden und dem Kranz so befestigt, dass die Elektrolyseeinheiten auf Druck und die Säulen auf Zug belastet sind (im vorliegenden Text sind hierbei immer mechanische Kräfte gemeint, also mechanische Druck- und Zugkräfte).

**[0020]** In Ausführungsformen sind die Elektrolyseeinheiten kreisförmig angeordnet. Bevorzugt umgeben die Säulen die Elektrolyseeinheiten dann kreisförmig.

**[0021]** Bevorzugt sind die Säulen und die Elektrolyseeinheiten dann versetzt angeordnet, sodass die Elektrolyseeinheiten nicht oder nicht vollständig von den Säulen verdeckt sind.

**[0022]** Bevorzugt ist auch der Boden rund, bevorzugt kreisrund ausgeführt und der Behälter weist bevorzugt eine Zylinderform mit kreisrunder Grundfläche auf.

**[0023]** In Ausführungsformen weist der Kranz nach außen ragende Arme auf, die den Kranz nach außen mit den Säulen verbinden. In anderen Ausführungsformen sind die Arme Teile der Säulen. In beiden Varianten ist der Durchmesser des Kranzes geringer als der Durchmesser eines Kreises, entlang dem die Säulen um die Elektrolyseeinheiten angeordnet sind.

**[0024]** In Ausführungsformen sind die Abmessungen des Kranzes so gewählt, dass dieser, in einer Projektion in der Stapelrichtung, zwischen den Elektrolyseeinheiten angeordnet ist, sodass die Elektrolyseeinheiten in Stapelrichtung entnehmbar oder einsetzbar sind, ohne dass der Kranz dafür entfernt werden muss.

**[0025]** In weiteren Ausführungsformen überlappen der Kranz und die Elektrolyseeinheiten in der Projektion, jedoch möglichst wenig, sodass die Elektrolyseeinheiten beim Entnehmen oder Einsetzen in Stapelrichtung kaum senkrecht zur Stapelrichtung (also in der Projektionsfläche) vom Kranz weg verrückt werden müssen.

**[0026]** In Ausführungsformen weist der Kranz ent-

lang seines Außenumfangs Winkelelemente auf, bevorzugt so viele Winkelelemente wie die Elektrolyse-Vorrichtung Elektrolyseeinheiten aufweist.

**[0027]** In Ausführungsformen ist jede der Elektrolyseeinheiten in Stapelrichtung zwischen einem der Winkelelemente und dem Boden angeordnet.

**[0028]** Die Winkelelemente ragen also in der Projektionsfläche vom Kranz aus nach außen und klemmen die Elektrolyseeinheiten zwischen sich und dem Boden ein.

**[0029]** Die Winkelelemente sind übliche Winkelbauteile mit zwei geraden Außenseiten, die im 90°-Winkel zueinander stehen. Eine der Außenseiten liegt dann bevorzugt jeweils am Kranz und eine der Außenseiten oberhalb der jeweiligen Elektrolyseeinheit an.

**[0030]** In Ausführungsformen ist zwischen den Elektrolyseeinheiten und der Spanneinheit jeweils eine thermische Isolierung vorgesehen, wobei zumindest thermisch isolierende Platten zwischen den Elektrolyseeinheiten und den Säulen angeordnet sind.

**[0031]** Die thermisch isolierenden Platten sind in Ausführungsformen annähernd zylinderringförmig um die Elektrolyseeinheiten angeordnet, sodass die Säulen thermisch von den Elektrolyseeinheiten getrennt sind.

**[0032]** Das Material der Säulen wird dann vorteilhafterweise weniger beansprucht und ist langlebiger.

**[0033]** Die thermisch isolierenden Platten weisen in Ausführungsformen mehrere thermisch isolierende Schichten auf oder mehrere thermisch isolierende Platten sind übereinander geschichtet, um die thermische Isolation zu verbessern.

**[0034]** In Ausführungsformen ist zwischen den Elektrolyseeinheiten und dem Boden ein Zwischenboden geeignet zur Fluid-Zu- und Ableitung zu und von den Elektrolyseeinheiten angeordnet. Der Zwischenboden ist bevorzugt direkt unter den Elektrolyseeinheiten angeordnet und zwischen den Elektrolyseeinheiten und dem Boden mechanisch verspannt.

**[0035]** In Ausführungsformen ist zwischen den Elektrolyseeinheiten und dem Boden ein Unterbau angeordnet. Der Unterbau ist bevorzugt direkt unter dem Zwischenboden angeordnet und zwischen den Elektrolyseeinheiten und dem Boden mechanisch verspannt.

**[0036]** Der Unterbau trägt den Zwischenboden und die Elektrolyseeinheiten und bietet Platz für periphere Elemente, wie z.B. Rohrleitungen, Wärmeübertrager, Elektronik etc.

**[0037]** Der Zwischenboden und der Unterbau weisen bevorzugt kleinere Durchmesser als der Boden auf.

**[0038]** Der Zwischenboden und/oder der Unterbau verbindet/verbinden die Elektrolyseeinheiten und den Boden bevorzugt kraftschlüssig.

**[0039]** In Ausführungsformen ist an jeder Elektrolyseeinheit in Stapelrichtung oberhalb und unterhalb jeweils eine Spannplatte angeordnet, wobei die beiden Spannplatten jeweils durch zwei Spannstäbe verbunden sind.

**[0040]** Die Spannstäbe sind Stäbe, die fest mit den

Spannplatten verbunden sind und bevorzugt auf Zug belastet sind, während die Elektrolyseeinheiten auf Druck belastet sind.

**[0041]** Die Spannplatten sind Platten, die mit den Elektrolyseeinheiten gestapelt sind und durch die Spannstäbe verbunden und festgelegt sind.

**[0042]** Die Spannstäbe sind bevorzugt an verschiedenen Seiten der Elektrolyseeinheiten angeordnet, möglichst symmetrisch, um eine gleichmäßige Belastung der Elektrolyseeinheiten zu erzielen.

**[0043]** In Ausführungsformen wird so eine zusätzliche mechanische Spannung auf die jeweiligen Elektrolyseeinheiten appliziert, die die Elektrolyseeinheiten zusammenhält. In anderen Ausführungsformen stehen die Spannstäbe nicht unter Belastung (Zug), sondern dienen als Rückfall-Option für den Fall, dass die Elektrolyseeinheiten aus der Elektrolyse-Vorrichtung ausgebaut werden. Nach dem Ausbau der Elektrolyseeinheiten aus der Elektrolyse-Vorrichtung stehen die Spannstäbe unter Belastung und halten die Elektrolyseeinheiten so zusammen, insbesondere setzen sie diese unter eine mechanische Druckbelastung.

**[0044]** Die metallischen Spannstäbe können im eingebauten Zustand der Elektrolyse-Einheiten weiterhin als elektrische Leiter des für die Elektrolyse benötigten elektrischen Stromes zu oder entlang der Elektrolysezellen dienen.

**[0045]** In Ausführungsformen ist in Stapelrichtung zwischen dem Kranz und jeder der Elektrolyseeinheiten jeweils eine mechanische Feder als Verbindungselement angeordnet, die die erforderliche mechanische Spannung zum Zusammenhalten der Elektrolyseeinheiten aufbringt (über die wirkende Federkraft).

**[0046]** Insbesondere ist die Feder bevorzugt zwischen den jeweiligen Winkelelementen und den Elektrolyseeinheiten angeordnet.

**[0047]** Bei der Feder handelt es sich bevorzugt um eine Spiralfeder, die bevorzugt aus einem Federstahl besteht oder dieses aufweist. In anderen Ausführungsformen sind jedoch auch andere Federbauarten und Materialien vorgesehen.

**[0048]** In Ausführungsformen ist die Feder zwischen den Spannplatten angeordnet und erzeugt so zwischen diesen eine erforderliche mechanische Spannung zum Zusammenhalten der Elektrolyseeinheiten, bevorzugt auch über die Spannstäbe, wenn die Elektrolyseeinheit aus der Elektrolyse-Vorrichtung ausgebaut ist.

**[0049]** Eine obere der Spannplatten ist dann also oberhalb der Feder (und auch oberhalb der Elektrolyseeinheit) zwischen der Feder und dem Kranz oder dem Winkelement angeordnet. Bevorzugt liegt die obere Spannplatte dann direkt oben auf der Feder auf.

**[0050]** Und eine untere der Spannplatten ist dann also unterhalb der Elektrolyseeinheit und somit auch unterhalb der Feder, bevorzugt zwischen der Elektrolyseeinheit und dem Zwischenboden angeordnet.

**[0051]** Zwischen dem Zwischenboden und der unteren Spannplatte sind in Ausführungsformen weitere

Verbindungselemente und/oder thermisch isolierende Platten in der Stapelrichtung gestapelt.

**[0052]** In Ausführungsformen sind in der Stapelrichtung zwischen den Federn und den jeweiligen Elektrolyseeinheiten jedes Stapels jeweils eine oder mehrere thermisch isolierende Platten eingespannt.

**[0053]** Somit wird eine Beanspruchung der Feder durch hohe Betriebstemperaturen der Elektrolyseeinheit abgeschwächt oder vermieden.

**[0054]** In Ausführungsformen sind auch die Spannplatten als thermisch isolierende Platten ausgeführt.

**[0055]** Sowohl die Spannplatten als auch die thermisch isolierenden Platten weisen bevorzugt eine ausreichende Festigkeit und Härte auf, um die wirkenden Kräfte zu verteilen und weiterzuleiten.

**[0056]** Die Spannplatten und die thermisch isolierenden Platten können gleiche Eigenschaften aufweisen und aus dem gleichen Material bestehen.

**[0057]** In Ausführungsformen liegen die Federn in Stapelrichtung an beiden Enden jeweils an einer Platte an, wobei die Platten dazu geeignet sind, die Federkraft der Federn gleichmäßig über einen Stapelquerschnitt senkrecht zur Stapelrichtung zu verteilen.

**[0058]** Die Platten sind bevorzugt die zuvor eingeführten Spannplatten, nämlich bevorzugt die obere Spannplatte oben an der Feder, und thermisch isolierenden Platten, nämlich unten an der Feder zwischen der Elektrolyseeinheit und der Feder.

**[0059]** In Ausführungsformen ist als Verbindungselement zwischen dem Kranz und den Federn jeweils ein Montagestift vorgesehen.

**[0060]** Der jeweilige Montagestift ist bevorzugt jeweils fest mit einer der Platten, die an der jeweiligen Feder anliegen, verbunden und ist kraftschlüssig mit dem Kranz verbunden.

**[0061]** Der Montagestift ist z.B. einstückig mit der oberen Spannplatte oder einer anderen Platte, die oben auf der Feder aufliegt, ausgebildet. Der Montagestift ist also stoffschlüssig mit der Platte verbunden, z.B. verschweißt.

**[0062]** Der Montagestift ist alternativ z.B. durch eine Schraub- oder Klemmverbindung fest und unbeweglich mit der jeweiligen Platte verbunden.

**[0063]** In weiteren Ausführungsformen ist der Montagestift einstückig mit dem Winkelement ausgebildet.

**[0064]** Mit dem Kranz ist der Montagestift bevorzugt über das Winkelement verbunden. Insbesondere ist der Montagestift mit dem Kranz und insbesondere mit dem Winkelement verschraubt.

**[0065]** Die Verschraubung umfasst in Ausführungsformen weitere Verbindungselemente wie Muttern mit Gegengewinde und Unterlegscheiben.

**[0066]** Bevorzugt weist der Montagestift ein Gewinde auf.

**[0067]** Bevorzugt weist das Winkelement ein Durchgangsloch auf, durch das das Winkelement gesteckt wird.

**[0068]** Bevorzugt sind zwei Unterlegscheiben und

zwei Muttern mit Gegengewinde vorgesehen, mittels denen der Montagestift beidseitig des Durchgangslochs am Winkelement befestigbar ist.

**[0069]** Die Unterlegscheiben sind dann jeweils zwischen den Muttern und dem Durchgangsloch angeordnet.

**[0070]** Durch das Einstellen der Höhe der Position der Verschraubung entlang des Gewindes des Montagestiftes ist es möglich, Toleranzen in den Abmessungen der gestapelten Komponenten entlang der Stapelrichtung auszugleichen.

**[0071]** Der Montagestift dient zur Kraftübertragung vom Kranz auf die Elektrolyseeinheiten und umgekehrt.

**[0072]** Der Montagestift ist in alternativen Ausführungen auch anders mit der Feder und dem Kranz verbunden.

**[0073]** In einer Ausführungsform weist der Kranz entlang des Außenumfangs die Winkelemente auf, die bevorzugt mit dem Kranz verschraubt sind. Die Winkelemente sind weiterhin wie zuvor beschrieben mit den Montagestiften, die von oberen Platten auf den Elektrolyseeinheiten abstehen, verschraubt.

**[0074]** Die oberen Platten mit den Montagestiften sind fest oder kraftschlüssig auf den Federn, insbesondere Spiralfedern, appliziert, wobei die Federn unten auf thermisch isolierenden Platten aufliegen.

**[0075]** Die Federn sind in allen Ausführungen entweder fest mit den Platten verbunden, z.B. verschweißt oder auf entsprechenden Ausbuchtungen oder Vorsprüngen auf den Platten aufgesteckt oder liegen nur auf der Oberfläche der Platten an und sind zwischen den Platten eingeklemmt.

**[0076]** In Ausführungsformen sind um die Federn herum schützende Federhülsen, z.B. aus Metall, vorgesehen.

**[0077]** Unterhalb der Platten sind die Elektrolyseeinheiten umfassend Stapel an Festoxid-Elektrolysezellen angeordnet.

**[0078]** Darunter ist eine untere Platte angeordnet.

**[0079]** Alle Platten zwischen der oberen und der unteren Platte weisen bevorzugt Durchgangslöcher auf, durch welche die Spannstäbe geführt sind. Die Platten sind somit in ihrer Position im Stapel festgelegt.

**[0080]** Die obere und die untere Platte sind bevorzugt Spannplatten, die mit den mindestens zwei Spannstäben verbunden sind.

**[0081]** Die untere Spannplatte liegt bevorzugt auf dem Zwischenboden auf. Zwischen dem Zwischenboden und dem Boden ist bevorzugt der Unterbau vorgesehen.

**[0082]** Alle Komponenten sind in der Stapelrichtung bevorzugt zumindest kraftschlüssig verbunden und unter Druck belastet und so quasi gegeneinander verpresst.

**[0083]** Von oben drückt der Kranz und von unten der Boden auf die beschriebenen Stapel. Der Kranz und der Boden sind über mehrere unter Zug stehende Säulen fest verbunden, z.B. sind die Säulen mit dem Boden

und dem Kranz verschraubt.

**[0084]** Die Säulen sind an ihren unteren Enden bevorzugt in einem Kreis auf dem Boden angeordnet und an ihren oberen Enden über Arme, die schräg oder parallel zu dem Boden ausgerichtet sind, mit dem Kranz verbunden, dessen Durchmesser bevorzugt kleiner als der Durchmesser des Bodens ist, um ein einfaches Einbauen und Entfernen der auf dem Boden, insbesondere dem Zwischenboden, angeordneten Elektrolyseeinheiten zu ermöglichen.

**[0085]** Die Erfindung betrifft weiterhin auch ein Elektrolysemodul gemäß den Ansprüchen.

**[0086]** Das Elektrolysemodul umfasst insbesondere einen Stapel an Festoxid-Elektrolysezellen, zwei Spannstäbe, in Stapelrichtung oberhalb und unterhalb des Stapels jeweils eine Spannplatte, wobei die beiden Spannplatten durch die sowie zwei Spannstäbe verbunden sind, sodass eine mechanische Spannung auf den Stapel an Festoxid-Elektrolysezellen appliziert ist, die den Stapel zusammenhält.

**[0087]** Das Elektrolysemodul enthält bevorzugt weitere Komponenten wie oben ausgeführt, die zwischen den Spannplatten angeordnet sind.

**[0088]** Zu den weiteren Komponenten zählt insbesondere eine mechanische Feder, die in Stapelrichtung zwischen den Spannplatten angeordnet ist und zwischen diesen die erforderliche mechanische Spannung zum Zusammenhalten des Stapels erzeugt.

**[0089]** Zu den weiteren Komponenten zählt bevorzugt auch ein Montagestift, der in Stapelrichtung außen an einer der beiden Spannplatten angeordnet ist und ein Gewinde zum äußeren Befestigen der Elektrolyseeinheit aufweist.

**[0090]** Das Elektrolysemodul ist bevorzugt in sich verspannt und hält so fest zusammen.

**[0091]** Das Elektrolysemodul oder mehrere Elektrolysemodule sind bevorzugt in die Elektrolyse-Vorrichtung einbaubar oder flexibel entnehmbar.

**[0092]** Alle oben in Bezug auf die Elektrolyse-Vorrichtung beschriebenen Ausführungsformen treffen in Ausführungsformen optional auch auf das Elektrolysemodul zu.

**[0093]** Die Erfindung betrifft auch ein Verfahren zur Montage eines Elektrolysemoduls in einer Elektrolyse-Vorrichtung wie zuvor beschrieben. Die Erfindung wird in den Ansprüchen definiert.

**[0094]** Das Verfahren umfasst bevorzugt insbesondere die Schritte:

- Vorrübergehendes Lösen und Entfernen eines der Winkelelemente von dem Kranz der Elektrolyse-Vorrichtung.
- Einführen des Elektrolysemoduls in die Elektrolyse-Vorrichtung, wobei das Einführen in der Richtung der Stapelrichtung über die Stelle hinweg, an der zuvor das Winkelement entfernt wurde, stattfindet.

**[0095]** Das Elektrolyse-Modul wird also bevorzugt von oben aus in die Elektrolyse-Vorrichtung eingesetzt. Hierzu wird z.B. ein Kran benutzt.

- 5 - Optionales Verschieben des Elektrolysemoduls geradlinig in Richtung Kranz bis zur Montageposition. Das Elektrolysemodul kann in der Montageposition dann auch teilweise unter dem Kranz stehen.
- 10 - Optional findet das Einführen an anderer Stelle statt und das Elektrolyse-Modul wird anschließend in die Montageposition geschoben, wobei das Elektrolyse-Modul bevorzugt nicht vollständig abgesenkt ist, also nicht über den Boden oder den Zwischenboden gleift.
- 15 - Vollständiges Absenken und Anordnen des Elektrolysemoduls auf dem Boden der Elektrolyse-Vorrichtung, bevorzugt nicht direkt auf dem Boden, sondern z.B. auf einem über dem Boden angeordneten Zwischenboden. Zwischen der Elektrolyse-Vorrichtung und dem Boden können noch weitere Komponenten in der Stapelrichtung angeordnet sein.
- 20 - Befestigen und Einspannen des Elektrolysemoduls zwischen dem Boden und dem Kranz durch Wiederbefestigen des Winkelements am Kranz und Befestigen des Winkelements am Montagestift des Elektrolysemoduls, wobei das Winkelement hierzu mit dem Gewinde des Montagestifts mittels einer Schraubverbindung verbunden wird.
- 25
- 30

**[0096]** Somit ist das Elektrolysemodul in der Spanneinheit der Elektrolyse-Vorrichtung festgelegt und eingespannt.

**[0097]** Insbesondere wird das Winkelement hierzu über den Montagestift gestülpt, wobei der Montagestift durch ein Durchgangsloch im Winkelement geführt wird. Anschließend wird das Winkelement bevorzugt sowohl mit dem Kranz wie auch mit dem Montagestift verschraubt. Die Verschraubung mit dem Montagestift findet bevorzugt wie zuvor beschrieben über Muttern statt, die unter und über dem Durchgangsloch mit dem Gewinde des Montagestifts verschraubt werden. Zwischen den Muttern und dem Durchgangsloch sind bevorzugt Unterlegscheiben um den Montagestift angeordnet.

**[0098]** Im Folgenden werden Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand von Figuren erläutert.

**[0099]** Die Erfindung ist nicht auf die in den Figuren gezeigten Ausführungsbeispiele beschränkt.

**[0100]** Die Figuren zeigen:

Figur 1: zeigt exemplarisch ein erstes Ausführungsbeispiel der gesamten Elektrolyse-Vorrichtung, wobei Behälterwände aus Anschauungsgründen ausgeblendet sind.

Figur 2: zeigt einen oberen Abschnitt des ersten Ausführungsbeispiels im Detail.

Figur 3: zeigt einen Schnitt durch einen oberen Abschnitt eines Ausführungsbeispiels eines Elektrolysemoduls im Detail.

Figur 4: zeigt ein Ausführungsbeispiel eines einzelnen Elektrolysemoduls.

Figur 5 zeigt in der Draufsicht ein in der Elektrolyse-Vorrichtung verbautes beispielhaftes Elektrolyse-Modul und den Kranz der Vorrichtung.

Figur 6 zeigt in der Draufsicht ein weiteres in der Elektrolyse-Vorrichtung verbautes beispielhaftes Elektrolyse-Modul, den Kranz der Vorrichtung und eine Säule der Vorrichtung.

**[0101]** In Figur 1 ist exemplarisch ein Ausführungsbeispiel einer Elektrolyse-Vorrichtung 1 gemäß der Erfindung dargestellt.

**[0102]** Die Elektrolyse-Vorrichtung 1 umfasst verschiedene Elemente.

**[0103]** Die Elektrolyse-Vorrichtung 1 umfasst insbesondere einen Behälter, von dem hier nur der Boden 2 dargestellt ist.

**[0104]** Der restliche Behälter ist aus Anschauungsgründen in der Figur 1 weggelassen.

**[0105]** Das Behältnis und der Boden 2 umfassen oder bestehen aus bevorzugt einem metallischen Material, bevorzugt Edelstahl.

**[0106]** Der Boden 2 ist insbesondere als Blindflansch ausgeführt, der das Behältnis nach unten abschließt.

**[0107]** Auf den Boden 2 sind im Ausführungsbeispiel in dieser Reihenfolge ein Stapel aus Unterbau 3, ein Zwischenboden 4 und Elektrolyseeinheiten 5 gestapelt und parallel zum Stapel eine Spanneinheit angeordnet.

**[0108]** Die Spanneinheit umfasst insbesondere mehrere, im Beispiel drei, Säulen 6, die direkt auf den Boden 2 angeordnet und befestigt sind.

**[0109]** Die Säulen 6 sind über geeignete Befestigungsvorrichtungen, beispielsweise per Verschraubung, bevorzugt möglichst weit außen am Boden 2 festgelegt. Die Befestigungsvorrichtungen umfassen insbesondere Verbindungselemente, Winkel, Leisten, Profile, Schrauben, Muttern, Unterlegscheiben, Bolzen, Nieten, etc.

**[0110]** Die gesamte Elektrolyse-Vorrichtung 1 ist bevorzugt rotationssymmetrisch ausgeführt, z.B. regelmäßig vieleckig oder kreisförmig. Das Behältnis ist z.B. annähernd zylinderförmig mit dem Boden 2 als kreisrunder Grundfläche ausgebildet.

**[0111]** Die gestapelten Elemente sind bevorzugt ebenso rotationssymmetrisch ausgestaltet. Die Elektrolyseeinheiten 5 und die Säulen 6 sind bevorzugt regelmäßig entlang eines Kreisumfanges angeordnet.

**[0112]** So werden wirkende Kräfte gleichmäßig ver-

teilt und der gesamte Aufbau vorteilhaft konstruktiv vereinfacht.

**[0113]** Die Spanneinheit ist bevorzugt ebenso rotationssymmetrisch aufgebaut. Die Säulen, z.B. die im Beispiel gezeigten drei Säulen 6 sind z.B. entlang eines Kreisumfanges um jeweils 120° versetzt auf dem Boden 2 angeordnet.

**[0114]** Weiterhin ist ein kranzförmiger oder runder Kranz 7 vorgesehen, der an den oberen vom Boden wegzeigenden Enden der Säulen 6 mittig zwischen den Säulen 6 angeordnet ist und Teil der Spanneinheit ist.

**[0115]** Die oberen Enden der Säulen 6 und der Kranz 7 sind über Arme 8 miteinander verbunden. Die Arme 8 können zum Beispiel Teil des Kranzes 7 oder der Säulen 6 sein oder eigenständige Bauteile, die sowohl mit den Säulen 6 als auch dem Kranz 7 z.B. durch Verschraubungen verbunden sind.

**[0116]** Der Kranz 7 ist bevorzugt leicht oberhalb der Säulen 6 angeordnet und die Arme 8 sind entsprechend schräg ausgebildet/angeordnet.

**[0117]** Die Säulen 6, die Arme 8 und der Kranz 7 umfassen jeweils metallische Materialien, bevorzugt Edelstahl, bevorzugt austenitische Stähle.

**[0118]** Bevorzugt sind Säulen 6, die Arme 8 und/oder der Kranz 7 als Stahlprofile ausgeführt.

**[0119]** Der Boden 2 definiert das untere Ende der Spanneinheit und der gesamten Elektrolyse-Vorrichtung 1 und der Kranz 7 das entgegengesetzte obere Ende der Spanneinheit. Zwischen dem Boden 2 und dem Kranz 7 sind die zuvor aufgezählten Elemente eingespannt, indem die Säulen 6, die den Boden 2 mit dem Kranz 7 verbinden unter Zugbelastung stehen.

**[0120]** Die Spanneinheit bringt bevorzugt eine Verspannkraft von mindestens 500 N auf.

**[0121]** Zwischen dem Boden 2 und dem Kranz 7 sind insbesondere die Elektrolyseeinheiten auf dem Zwischenboden 4 positioniert.

**[0122]** Der Zwischenboden 4 wird vom Unterbau 3 getragen.

**[0123]** Der Unterbau 3 ist hier, wie auch die Elektrolyseeinheiten 5 bevorzugt von thermischen Isolationsplatten 9 umgeben, die die Elektrolyse-Vorrichtung 1 nach außen thermisch isolieren.

**[0124]** Die um die Elektrolyseeinheiten 5 angeordneten Isolationsplatten 9 sind hier lediglich zu besseren Anschauung nicht gezeigt.

**[0125]** Die Isolationsplatten 9 sind insbesondere zwischen der Spanneinheit, nämlich den Säulen 6, und den Elektrolyseeinheiten 5 angeordnet, um die unter hohen Spannungen stehenden Säulen 6 nicht zusätzlich thermisch zu beanspruchen.

**[0126]** Die Außenwand des Behältnis würde sich dann außen um die Spanneinheit herum erstrecken.

**[0127]** Auf dem Unterbau 3 ist der Zwischenboden 4 angeordnet, auf dem die Elektrolyseeinheiten 5 angeordnet sind.

**[0128]** Der Zwischenboden 4 dient der Verteilung von

Fluiden in bzw. aus den Elektrolyseeinheiten 5.

**[0129]** Die Elektrolyseeinheiten 5 sind zum Beispiel rotationssymmetrisch, bevorzugt in einem Kreis, auf dem Zwischenboden 4, bevorzugt auf dafür vorgesehenen Stellplätzen, positioniert.

**[0130]** Die Elektrolyseeinheiten 5 umfassen jeweils einen Stapel an Festoxid-Elektrolysezellen, die durch die Verspannung zusammengehalten werden.

**[0131]** Unterhalb und oberhalb der jeweiligen Elektrolyseeinheit 5 ist im Stapel bevorzugt eine Spannplatte vorgesehen, nämlich eine untere Platte 11 und eine obere Platte 12, die jeweils über Spannstäbe 13, bevorzugt jeweils zwei Stäbe pro Elektrolyseeinheit 5, zusammengehalten sind. Die Platten 11 und 12 dienen der Verspannung der dazwischen gestapelten Elemente.

**[0132]** Die Spannstäbe 13 dienen insbesondere der Verspannung der Elektrolyseeinheit 5 im ausgebauten Zustand aus der Elektrolyse-Vorrichtung, können aber auch im eingebauten Zustand zusätzlich unter Spannung stehen.

**[0133]** Zwischen der Elektrolyseeinheit 5 und der oberen Platte 12 sind bevorzugt weiterhin thermisch isolierende Platten 14 oben auf der Elektrolyseeinheit 5 im Stapel angeordnet.

**[0134]** Die thermisch isolierenden Platten 14 schützen insbesondere eine Feder 15, die zwischen den thermisch isolierenden Platten 14 und der oberen Platte 12 angeordnet ist, vor den hohen Betriebstemperaturen der Elektrolyseeinheit 5.

**[0135]** Die Feder 15 ist bevorzugt gespannt und hält so die erforderliche Spannung zum Festlegen des gesamten Stapels und insbesondere der Zellen in der Elektrolyseeinheit 5 aufrecht.

**[0136]** Da die Feder 15 zwischen den unteren und oberen Platten 11, 12 angeordnet ist, die von den Spannstäben zusammengehalten sind, hält die Feder 15 die Spannung in der Elektrolyseeinheit 5 auch im aus der Vorrichtung 1 ausgebauten Zustand aufrecht.

**[0137]** Die Feder 15 ist bevorzugt von einer Schutzhülle umgeben.

**[0138]** Die Verspannung aus den Spannplatten 11, 12 und den Spannstäben 13 umfasst oder besteht bevorzugt aus einem Edelmateriale.

**[0139]** Die Spannstäbe 13 sind bevorzugt durch dafür vorgesehene Durchgangslöcher der Festoxid-Elektrolysezellen, der unteren und oberen Platten 11, 12 und der thermisch isolierenden Platten 14 geführt und fixieren diese so in ihrer Position im Stapel. Die Zellen/Platten können also nicht mehr senkrecht zur Stapelrichtung verschoben werden. Im Stapel sind die Platten oder Zellen dann durch die appliziert mechanische Spannung festgelegt.

**[0140]** Der gesamte Aufbau zwischen der unteren der oberen Spannplatte 11, 12, der durch die Spannstäbe 13 festgelegt ist, wird als Elektrolysemodul 20 bezeichnet.

**[0141]** Auf der oberen Platte 12 ist weiterhin ein Mon-

tagestift 16 aufgebracht, der zum Beispiel fest mit der oberen Platte 12 verschraubt ist oder stoffschlüssig verbunden, zum Beispiel verschweißt, ist.

**[0142]** Der Montagestift 16 weist ein Außengewinde auf.

**[0143]** Der Montagestift 16 dient zur Befestigung des Elektrolysemoduls 20 oben am Kranz 7.

**[0144]** Dafür weist der Kranz 7 pro Elektrolysemodul 20 ein Winklelement 17 auf, das sowohl am Kranz 7 festgeschraubt ist wie auch mit dem Montagestift 16 des jeweiligen Elektrolysemoduls 20 zum Beispiel durch Verschraubung verbunden ist. Die Verschraubung finde bevorzugt wie oben beschrieben mittels Muttern und Unterlegscheiben statt.

**[0145]** Die Spanneinheit, insbesondere die Säulen 6, sind auf Zug belastet, sodass die Elektrolyse-Vorrichtung 1, also der gesamte Stapel vom Boden 2 bis zum Kranz 7 inklusive der Elektrolyseeinheiten 5 auf Druck belastet ist und so fest zusammengehalten wird.

**[0146]** Die Positionen der einzelnen Elemente im Stapel können beispielsweise auch mittels dafür vorgesehenen Steck- und/oder Rastverbindungen zwischen jeweils benachbarten Elementen gesichert sein.

**[0147]** Zum Beispiel könne passende Kerben/Ausbuchtungen in benachbarten Elementen des Stapels ausgeprägt sein, die formschlüssig ineinander passen.

**[0148]** In Figur 2 ist das obere Ende der Elektrolysemodule 20 und die Verbindung zum Kranz 7 nochmals genauer im Detail gezeigt.

**[0149]** Insbesondere sind ganz unten im Bild die thermisch isolierenden Platten 14 nebeneinander angeordneter Elektrolysemodule 20 gezeigt, wobei die Elektrolysemodule jeweils wiederum durch thermisch isolierende Zwischenplatten 21 getrennt sein können.

**[0150]** Oben auf dem thermisch isolierenden Platten 14 ist jeweils eine Montageplatte 18 für die Feder 15 angeordnet. Die Montageplatte 18 ist so mit der oberen Platte 13 verbunden, dass der Abstand zwischen den Platten 13 und 18 durch Stauchen oder Streckung der Feder 15 veränderbar ist. Die Platten 12 und 17 sind also so aneinander befestigt, dass sie nicht senkrecht zur Stapelrichtung verschiebbar sind.

**[0151]** Die Feder 15 ist von einer schützenden Hülle umgeben. Bei der Feder 15 handelt sich insbesondere bei Spiralfeder.

**[0152]** Die obere Platte 12 ist weiterhin mit den Spannstäben 13 verschraubt, die nach unten durch die gesamte

**[0153]** Elektrolyseeinheit 5 gefädelt sind und unten mit der unteren Platte 11 verschraubt sind.

**[0154]** Oben auf der oberen Platte ist weiterhin wie zuvor beschrieben der Montagestift 16 vorgesehen, der über zwei Muttern 19 mit dem zugehörigen Winklelement 17 verschraubt ist, wobei die Muttern unterhalb und oberhalb eines Durchgangslochs des Winklelements 17 mit dem Außengewinde des Montagestifts 16 verschraubt sind und wobei zwischen den Muttern und dem Durchgangsloch des Winklelements jeweils

noch Unterlegscheiben vorgesehen sind.

**[0155]** Die Feder wird in Figur 3 nochmals im Detail gezeigt.

**[0156]** Hier ist ein Schnitt durch die thermisch isolierenden Platten 14, die darauf aufgebrachte Montageplatte 18, die Feder 15 mit Gehäuse, die obere Platte 12 und den Montagestift 16, der bevorzugt ebenfalls mittels Muttern 19 mit der oberen Platte 12 verschraubt ist, entlang der Spannstäbe 13 dargestellt. Die Feder 15 wird z.B. durch einen dafür vorgesehene Zapfen 18A auf der Montageplatte 18 in Position gehalten.

**[0157]** In Figur 4 ist das gesamte Elektrolysemodul 20 im ausgebauten Zustand zu sehen.

**[0158]** Mehrere solcher Elektrolysemodule 20 sind in der Elektrolyse-Vorrichtung 1 verbaut.

**[0159]** Gut zu sehen sind hier insbesondere nochmals die Spannstäbe 13, die das Elektrolysemodul 20 in diesem Zustand unter Spannung halten, und der oben abschließende Montagestift 16 auf der oberen Platte 12, der ein Außengewinde zum Verschrauben mit dem Winkelement 17 des Kranzes 7 aufweist. Unten weist das Elektrolysemodul 20 die untere Platte 11 auf, mit der es auf einen dafür vorgesehenen und entsprechend geformten Stellplatz des Zwischenbodens 4 (siehe Figur 1) gestellt und festgelegt werden kann.

**[0160]** Die Figuren 5 und 6 zeigen detaillierte Ansichten-Ausschnitte der Vorrichtung 1 von oben, die den Einbauzustand eines Elektrolysemoduls 20 in der Elektrolyse-Vorrichtung 1 näher erläutern.

**[0161]** In Figur 5 ist insbesondere eine Elektrolysemodul 20 und angedeutet die beiden benachbarten Elektrolysemodule gezeigt, die hier im Kreis stehen.

**[0162]** In den hier gezeigten Beispielen sind insgesamt jeweils neun Elektrolysemodule in einer neuneckigen, rotationssymmetrischen Anordnung verbaut. Es kann jedoch auch eine andere Anzahl und eine andere vieleckige Anordnung gewählt werden.

**[0163]** Zu sehen ist das Winkelement 17, das mit dem Montagestift 16 über die Mutter 19 verschraubt ist.

**[0164]** Darunter ist die obere Platte 12 des Elektrolysemoduls 20, die mit den Spannstäben 13 verschraubt ist, zu sehen. Darunter ist hier eine der thermisch isolierenden Platten 14 zu sehen und ganz unten ist der Zwischenboden 4 zu sehen, auf dem das Elektrolysemodul 20 angeordnet ist.

**[0165]** Es ist weiterhin zu sehen, dass der Kranz 7 mit dem das Winkelement 17 verschraubt ist, von oben gesehen, also in einer Projektionsfläche in der Stapelrichtung des Elektrolysemoduls 20, nicht oder nur wenig mit dem Elektrolysemodul überlappt.

**[0166]** Daher kann das Elektrolysemodul zum Ausbauen, nachdem das Winkelement 17 entfernt ist, entweder gerade nach oben aus der Elektrolyse-Vorrichtung 1 herausgehoben werden oder leicht angehoben werden, dann leicht vom Kranz 7 weg gerückt werden und anschließend nach oben aus der Vorrichtung 1 herausgehoben werden, zum Beispiel mittels eines

Kranes.

**[0167]** So ist ein einfacher Ausbau und umgekehrt ein Einbau des Elektrolysemoduls 20 in die Vorrichtung möglich.

**[0168]** Etwas komplexer gestaltet sich das Herausnehmen und Einführen der Elektrolysemodule an Positionen, an denen das Elektrolysemodul 20 nach oben teilweise von einem der Arme 8 verdeckt ist, wie in Figur 6 gezeigt.

**[0169]** Auch hier gilt, dass die Elektrolysemodule 20 bevorzugt so angeordnet sind, dass die Arme 8 die Elektrolysemodule 20 nach oben hin möglichst wenig verdecken, so dass ein Elektrolysemodul 20 nur leicht verschoben werden muss, um es gerade nach oben aus der Elektrolyse-Vorrichtung 1 herauszuheben.

#### Bezugszeichenliste

#### [0170]

- |     |                                       |
|-----|---------------------------------------|
| 1   | Elektrolyse-Vorrichtung               |
| 2   | Boden                                 |
| 3   | Unterbau                              |
| 4   | Zwischenboden                         |
| 5   | Elektrolyseeinheiten                  |
| 6   | Säulen                                |
| 7   | Kranz                                 |
| 8   | Arme                                  |
| 9   | thermische Isolationsplatte           |
| 11  | untere Platte                         |
| 12  | obere Platte                          |
| 13  | Spannstäbe                            |
| 14  | thermisch isolierende Platte          |
| 15  | Feder                                 |
| 16  | Montagestift                          |
| 17  | Winkelement                           |
| 18  | Montageplatte                         |
| 18A | Zapfen auf Montageplatte              |
| 19  | Muttern                               |
| 20  | Elektrolysemodul                      |
| 21  | thermisch isolierende Zwischenplatten |

#### 45 Patentansprüche

1. Elektrolyse-Vorrichtung (1) für die Festoxid-Elektrolyse, umfassend

mehrere Elektrolyseeinheiten (5), die jeweils einen Stapel an Festoxid-Elektrolysezellen umfassen, wobei die Stapel an Festoxid-Elektrolysezellen jeweils durch eine von außen applizierte mechanische Spannung zusammengehalten, und eine Spanneinheit, die die mechanische Spannung auf die mehreren Elektrolyseeinheiten (5) appliziert, wobei die Spanneinheit umfasst:

- einen Boden (2), der in Stapelrichtung auf einer Seite der Elektrolyseeinheiten (5) angeordnet ist,  
einen Kranz (7), der in Stapelrichtung auf der anderen Seite der Elektrolyseeinheiten (5) angeordnet ist,  
mehrere Säulen (6), die parallel zu den Elektrolyseeinheiten (5) in Stapelrichtung verlaufen und den Boden (2) mit dem Kranz (7) verbinden,  
wobei die Elektrolyseeinheiten (5) zwischen dem Boden (2) und dem Kranz (7) so befestigt sind, dass die Elektrolyseeinheiten (5) auf Druck und die Säulen (6) auf Zug belastet sind.
2. Elektrolyse-Vorrichtung (1) nach Anspruch 1, wobei die Elektrolyseeinheiten (5) kreisförmig angeordnet sind und die Säulen (6) die Elektrolyseeinheiten (5) umgeben.
  3. Elektrolyse-Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 oder 2, wobei der Kranz (7) nach außen ragende Arme (8) aufweist, die den Kranz (7) nach außen mit den Säulen (6) verbinden.
  4. Elektrolyse-Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Abmessungen des Kranzes (7) so gewählt sind, dass dieser, in einer Projektion in Stapelrichtung, zwischen den Elektrolyseeinheiten (5) angeordnet ist, sodass die Elektrolyseeinheiten (5) in Stapelrichtung entnehmbar oder einsetzbar sind, ohne dass der Kranz (7) dafür entfernt werden muss.
  5. Elektrolyse-Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei der Kranz (7) entlang seines Außenumfangs so viele Winkelemente (17) aufweist, wie die Elektrolyse-Vorrichtung (1) Elektrolyseeinheiten (5) aufweist, wobei jede der Elektrolyseeinheiten (5) in Stapelrichtung zwischen einem der Winkelemente (17) und dem Boden (2) angeordnet ist.
  6. Elektrolyse-Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei zwischen den Elektrolyseeinheiten (5) und der Spanneinheit eine thermische Isolierung vorgesehen ist, wobei zumindest thermisch isolierende Platten (9) zwischen den Elektrolyseeinheiten (5) und den Säulen (6) angeordnet sind.
  7. Elektrolyse-Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei zwischen den Elektrolyseeinheiten (5) und dem Boden (2) ein Zwischenboden (4) geeignet zur Fluid-Zu- und Ableitung zu und von den Elektrolyseeinheiten (5) und ein Unterbau (3) angeordnet sind, die die Elektrolyseeinheiten (5) und den Boden (2) kraftschlüssig verbinden.
  8. Elektrolyse-Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei an jeder Elektrolyseeinheit (5) in Stapelrichtung oberhalb und unterhalb jeweils eine Spannplatte (11, 12) angeordnet ist, wobei die beiden Spannplatten (11, 12) jeweils durch zwei Spannstäbe (13) verbunden sind, sodass eine zusätzliche mechanische Spannung auf die jeweiligen Elektrolyseeinheiten (5) appliziert ist, die die Elektrolyseeinheiten (5) zusammenhält.
  9. Elektrolyse-Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei in Stapelrichtung zwischen dem Kranz (7) und jeder der Elektrolyseeinheiten (5) jeweils eine mechanische Feder (15) als Verbindungselement angeordnet ist, die die erforderliche mechanische Spannung zum Zusammenhalten der Elektrolyseeinheiten (5) aufbringt.
  10. Elektrolyse-Vorrichtung (1) nach den Ansprüchen 8 und 9, wobei die mechanische Feder (15) zwischen den Spannplatten (11,12) angeordnet ist und so zwischen diesen eine erforderliche mechanische Spannung zum Zusammenhalten der Elektrolyseeinheiten (5) erzeugt.
  11. Elektrolyse-Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 9 oder 10, wobei in Stapelrichtung zwischen der Feder (15) und den jeweiligen Elektrolyseeinheit (5) jeweils eine oder mehrere thermisch isolierende Platten (14) eingespannt sind.
  12. Elektrolyse-Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 9 bis 11, wobei die Feder (15) in Stapelrichtung an beiden Enden jeweils an einer Platte (12,18) anliegt, wobei die Platten (12,18) dazu geeignet sind, die Federkraft der Feder (15) gleichmäßig über einen Stapelquerschnitt senkrecht zur Stapelrichtung zu verteilen.
  13. Elektrolyse-Vorrichtung (1) nach Anspruch 12, wobei als Verbindungselement zwischen dem Kranz (7) und den Federn (15) jeweils ein Montagestift (16) vorgesehen ist, wobei der jeweilige Montagestift (16) jeweils fest mit einer der jeweiligen Platten (12), die an der jeweiligen Feder (15) anliegen, verbunden ist und kraftschlüssig mit dem Kranz (7) verbunden ist.
  14. Elektrolysemodul, umfassend:  
einen Stapel an Festoxid-Elektrolysezellen, zwei Spannstäbe (13),  
in Stapelrichtung oberhalb und unterhalb des Stapels jeweils eine Spannplatte (11,12), wobei die beiden Spannplatten (11,12) durch die

zwei Spannstäbe (13) verbunden sind, sodass eine mechanische Spannung auf den Stapel an Festoxid-Elektrolysezellen appliziert ist, die den Stapel zusammenhält,  
 eine mechanische Feder (15), die in Stapelrichtung zwischen den Spannplatten (11,12) angeordnet ist und zwischen diesen die erforderliche mechanische Spannung zum Zusammenhalten des Stapels erzeugt, und  
 einen Montagestift (16), der in Stapelrichtung außen an einer der beiden Spannplatten (11,12) angeordnet ist und ein Gewinde zum äußeren Befestigen der Elektrolyseeinheit (5) aufweist.

**15. Verfahren zur Montage eines Elektrolysemoduls (20) nach Anspruch 14 in einer Elektrolyse-Vorrichtung (1) gemäß Anspruch 5, umfassend die Schritte:**

- Vorrübergehendes Lösen und Entfernen eines der Winkелеlemente (17) von dem Kranz (7) der Elektrolyse-Vorrichtung (1),
- Einführen des Elektrolysemoduls (20) in die Elektrolyse-Vorrichtung (1), wobei das Einführen in der Richtung der Stapelrichtung über die Stelle hinweg, an der zuvor das Winkелеlement (17) entfernt wurde, stattfindet,
- Optionales Verschieben des Elektrolysemoduls (20) geradlinig in Richtung Kranz (7),
- Absenken und Anordnen des Elektrolysemoduls (20) auf dem Boden (2) der Elektrolyse-Vorrichtung (1),
- Befestigen und Einspannen des Elektrolysemoduls (20) zwischen dem Boden (2) und dem Kranz (7) durch Wiederbefestigen des Winkелеlements (17) am Kranz (7) und Befestigen des Winkелеlements (17) am Montagestift (16) des Elektrolysemoduls (20), wobei das Winkелеlement hierzu mit dem Gewinde des Montagestifts (16) mittels einer Schraubverbindung verbunden wird.

**Geänderte Patentansprüche gemäß Regel 137(2) EPÜ.**

**1. Elektrolyse-Vorrichtung (1) für die Festoxid-Elektrolyse, umfassend**

mehrere Elektrolyseeinheiten (5), die jeweils einen Stapel an Festoxid-Elektrolysezellen umfassen, wobei die Stapel an Festoxid-Elektrolysezellen jeweils durch eine von außen applizierte mechanische Spannung zusammenhalten, und  
 eine Spanneinheit, die die mechanische Spannung auf die mehreren Elektrolyseeinheiten (5) appliziert, wobei die Spanneinheit umfasst:

einen Boden (2), der in Stapelrichtung auf einer Seite der Elektrolyseeinheiten (5) angeordnet ist,  
 einen Kranz (7), der in Stapelrichtung auf der anderen Seite der Elektrolyseeinheiten (5) angeordnet ist,  
 mehrere Säulen (6), die parallel zu den Elektrolyseeinheiten (5) in Stapelrichtung verlaufen und den Boden (2) mit dem Kranz (7) verbinden,  
 wobei die Elektrolyseeinheiten (5) zwischen dem Boden (2) und dem Kranz (7) so befestigt sind, dass die Elektrolyseeinheiten (5) auf Druck und die Säulen (6) auf Zug belastet sind.

**2. Elektrolyse-Vorrichtung (1) nach Anspruch 1, wobei die Elektrolyseeinheiten (5) kreisförmig angeordnet sind und die Säulen (6) die Elektrolyseeinheiten (5) umgeben.**

**3. Elektrolyse-Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 oder 2, wobei der Kranz (7) nach außen ragende Arme (8) aufweist, die den Kranz (7) nach außen mit den Säulen (6) verbinden.**

**4. Elektrolyse-Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Abmessungen des Kranzes (7) so gewählt sind, dass dieser, in einer Projektion in Stapelrichtung, zwischen den Elektrolyseeinheiten (5) angeordnet ist, sodass die Elektrolyseeinheiten (5) in Stapelrichtung entnehmbar oder einsetzbar sind, ohne dass der Kranz (7) dafür entfernt werden muss.**

**5. Elektrolyse-Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei der Kranz (7) entlang seines Außenumfangs so viele Winkелеlemente (17) aufweist, wie die Elektrolyse-Vorrichtung (1) Elektrolyseeinheiten (5) aufweist, wobei jede der Elektrolyseeinheiten (5) in Stapelrichtung zwischen einem der Winkелеlemente (17) und dem Boden (2) angeordnet ist.**

**6. Elektrolyse-Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei zwischen den Elektrolyseeinheiten (5) und der Spanneinheit eine thermische Isolierung vorgesehen ist, wobei zumindest thermisch isolierende Platten (9) zwischen den Elektrolyseeinheiten (5) und den Säulen (6) angeordnet sind.**

**7. Elektrolyse-Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei zwischen den Elektrolyseeinheiten (5) und dem Boden (2) ein Zwischenboden (4) geeignet zur Fluid-Zu- und Ableitung zu und von den Elektrolyseeinheiten (5) und ein Unterbau (3) angeordnet sind, die die Elektrolyseein-**

heiten (5) und den Boden (2) kraftschlüssig verbinden.

8. Elektrolyse-Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei an jeder Elektrolyseeinheit (5) in Stapelrichtung oberhalb und unterhalb jeweils eine Spannplatte (11, 12) angeordnet ist, wobei die beiden Spannplatten (11, 12) jeweils durch zwei Spannstäbe (13) verbunden sind, sodass eine zusätzliche mechanische Spannung auf die jeweiligen Elektrolyseeinheiten (5) appliziert ist, die die Elektrolyseeinheiten (5) zusammenhält. 5 10
9. Elektrolyse-Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei in Stapelrichtung zwischen dem Kranz (7) und jeder der Elektrolyseeinheiten (5) jeweils eine mechanische Feder (15) als Verbindungselement angeordnet ist, die die erforderliche mechanische Spannung zum Zusammenhalten der Elektrolyseeinheiten (5) aufbringt. 15 20
10. Elektrolyse-Vorrichtung (1) nach den Ansprüchen 8 und 9, wobei die mechanische Feder (15) zwischen den Spannplatten (11,12) angeordnet ist und so zwischen diesen eine erforderliche mechanische Spannung zum Zusammenhalten der Elektrolyseeinheiten (5) erzeugt. 25
11. Elektrolyse-Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 9 oder 10, wobei in Stapelrichtung zwischen der Feder (15) und den jeweiligen Elektrolyseeinheit (5) jeweils eine oder mehrere thermisch isolierende Platten (14) eingespannt sind. 30
12. Elektrolyse-Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 9 bis 11, wobei die Feder (15) in Stapelrichtung an beiden Enden jeweils an einer Platte (12,18) anliegt, wobei die Platten (12,18) dazu geeignet sind, die Federkraft der Feder (15) gleichmäßig über einen Stapelquerschnitt senkrecht zur Stapelrichtung zu verteilen. 35 40
13. Elektrolyse-Vorrichtung (1) nach Anspruch 12, wobei als Verbindungselement zwischen dem Kranz (7) und den Federn (15) jeweils ein Montagestift (16) vorgesehen ist, wobei der jeweilige Montagestift (16) jeweils fest mit einer der jeweiligen Platten (12), die an der jeweiligen Feder (15) anliegen, verbunden ist und kraftschlüssig mit dem Kranz (7) verbunden ist. 45 50
14. Elektrolysemodul (20), umfassend:
  - einen Stapel an Festoxid-Elektrolysezellen, 55
  - zwei Spannstäbe (13),
  - in Stapelrichtung oberhalb und unterhalb des Stapels jeweils eine Spannplatte (11,12), wobei die beiden Spannplatten (11,12) durch die

zwei Spannstäbe (13) verbunden sind, sodass eine mechanische Spannung auf den Stapel an Festoxid-Elektrolysezellen appliziert ist, die den Stapel zusammenhält,

eine mechanische Feder (15), die in Stapelrichtung zwischen den Spannplatten (11,12) angeordnet ist und zwischen diesen die erforderliche mechanische Spannung zum Zusammenhalten des Stapels erzeugt, wobei die Feder (15) in Stapelrichtung an beiden Enden jeweils an einer Platte (12,18) anliegt, wobei die Platten (12,18) dazu geeignet sind, die Federkraft der Feder (15) gleichmäßig über einen Stapelquerschnitt senkrecht zur Stapelrichtung zu verteilen, und

einen Montagestift (16), der in Stapelrichtung außen an einer der beiden Spannplatten (12) angeordnet ist und ein Gewinde zum äußeren Befestigen des Elektrolysemoduls (20) an einem Kranz aufweist, wobei der Montagestift (16) fest mit einer der Platten (12), die an der Feder (15) anliegen, verbunden ist.

15. Verfahren zur Montage eines Elektrolysemoduls (20) nach Anspruch 14 in einer Elektrolyse-Vorrichtung (1) gemäß Anspruch 5, umfassend die Schritte:

- Vorrübergehendes Lösen und Entfernen eines der Winkелеlemente (17) von dem Kranz (7) der Elektrolyse-Vorrichtung (1),
- Einführen des Elektrolysemoduls (20) in die Elektrolyse-Vorrichtung (1), wobei das Einführen in der Richtung der Stapelrichtung über die Stelle hinweg, an der zuvor das Winkелеlement (17) entfernt wurde, stattfindet,
- Optionales Verschieben des Elektrolysemoduls (20) geradlinig in Richtung Kranz (7),
- Absenken und Anordnen des Elektrolysemoduls (20) auf dem Boden (2) der Elektrolyse-Vorrichtung (1),
- Befestigen und Einspannen des Elektrolysemoduls (20) zwischen dem Boden (2) und dem Kranz (7) durch Wiederbefestigen des Winkелеlements (17) am Kranz (7) und Befestigen des Winkелеlements (17) am Montagestift (16) des Elektrolysemoduls (20), wobei das Winkелеlement hierzu mit dem Gewinde des Montagestifts (16) mittels einer Schraubverbindung verbunden wird.

FIG 1

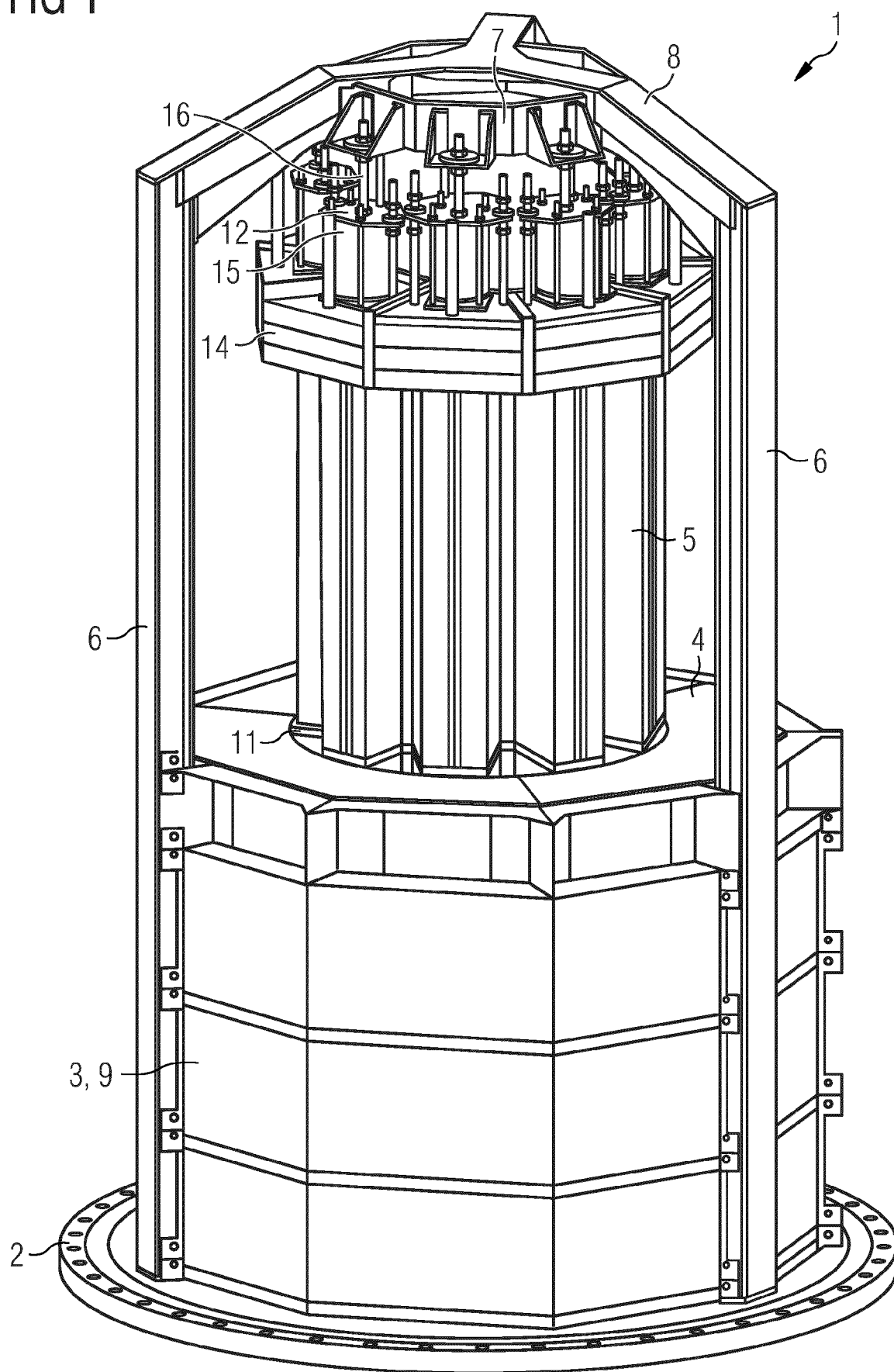


FIG 2

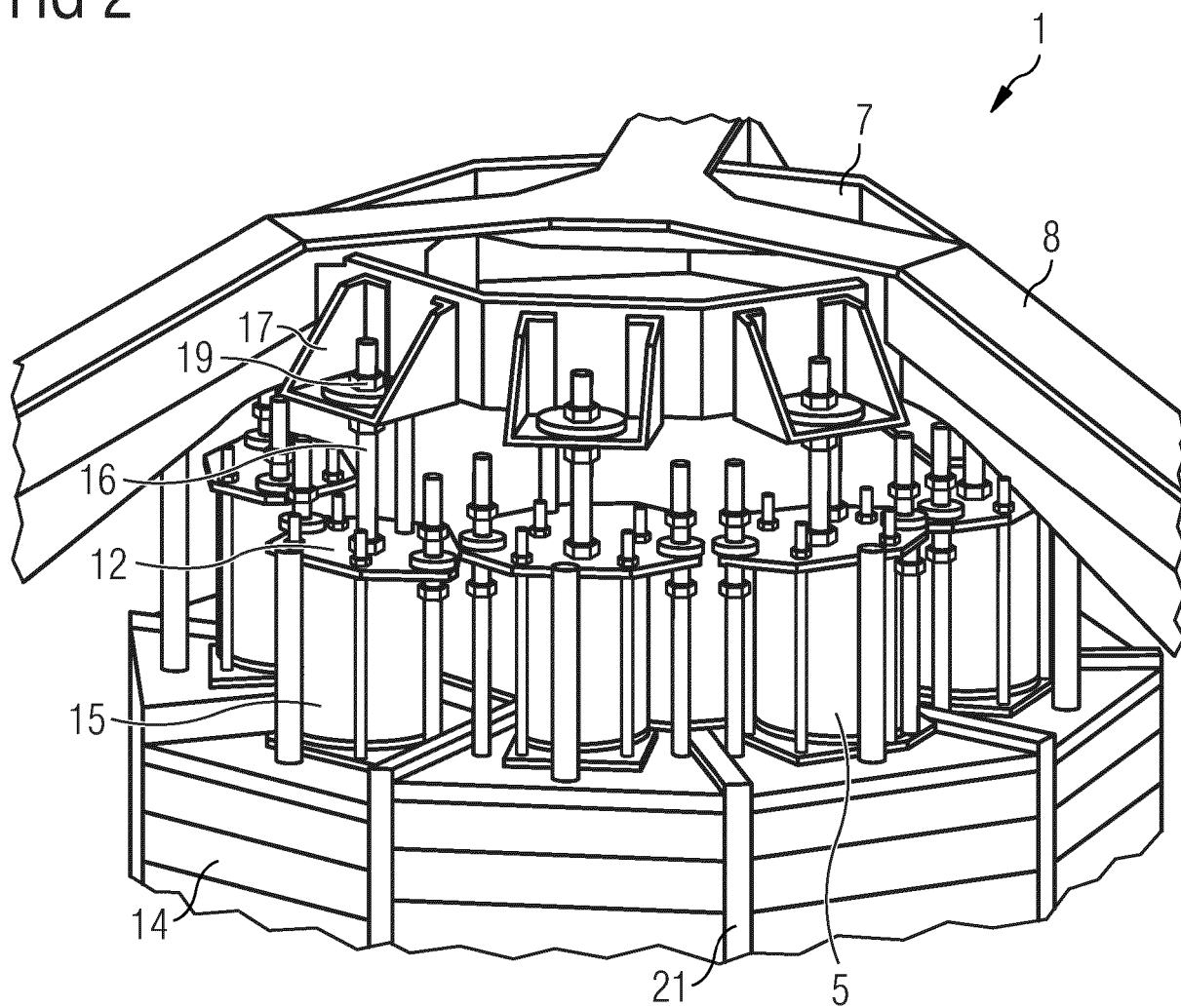


FIG 3

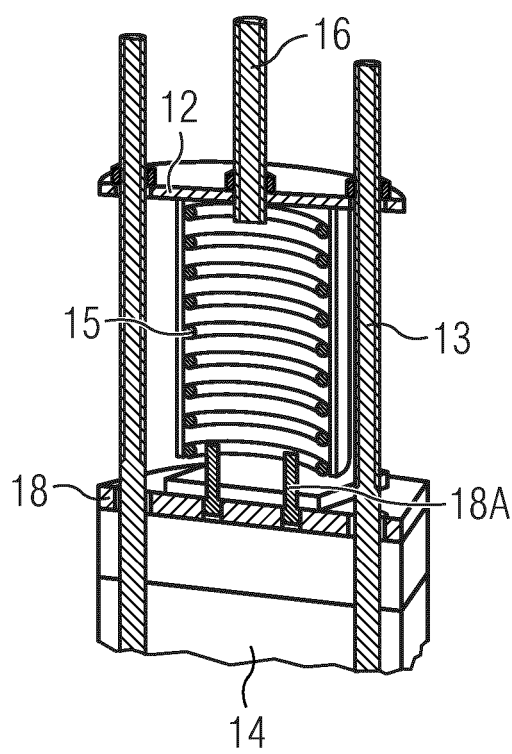


FIG 4

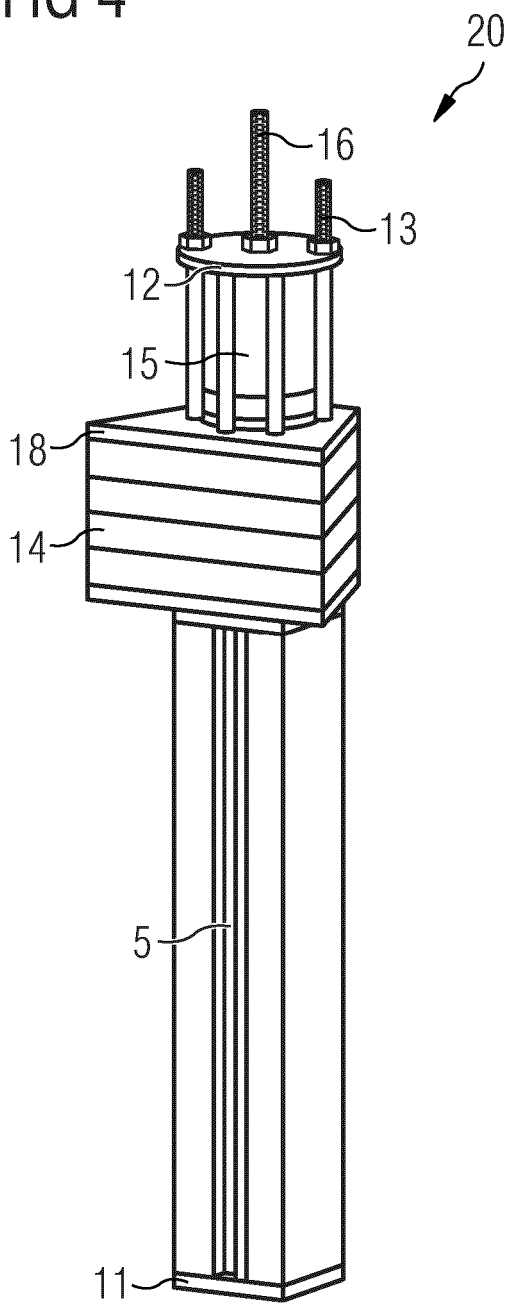


FIG 5

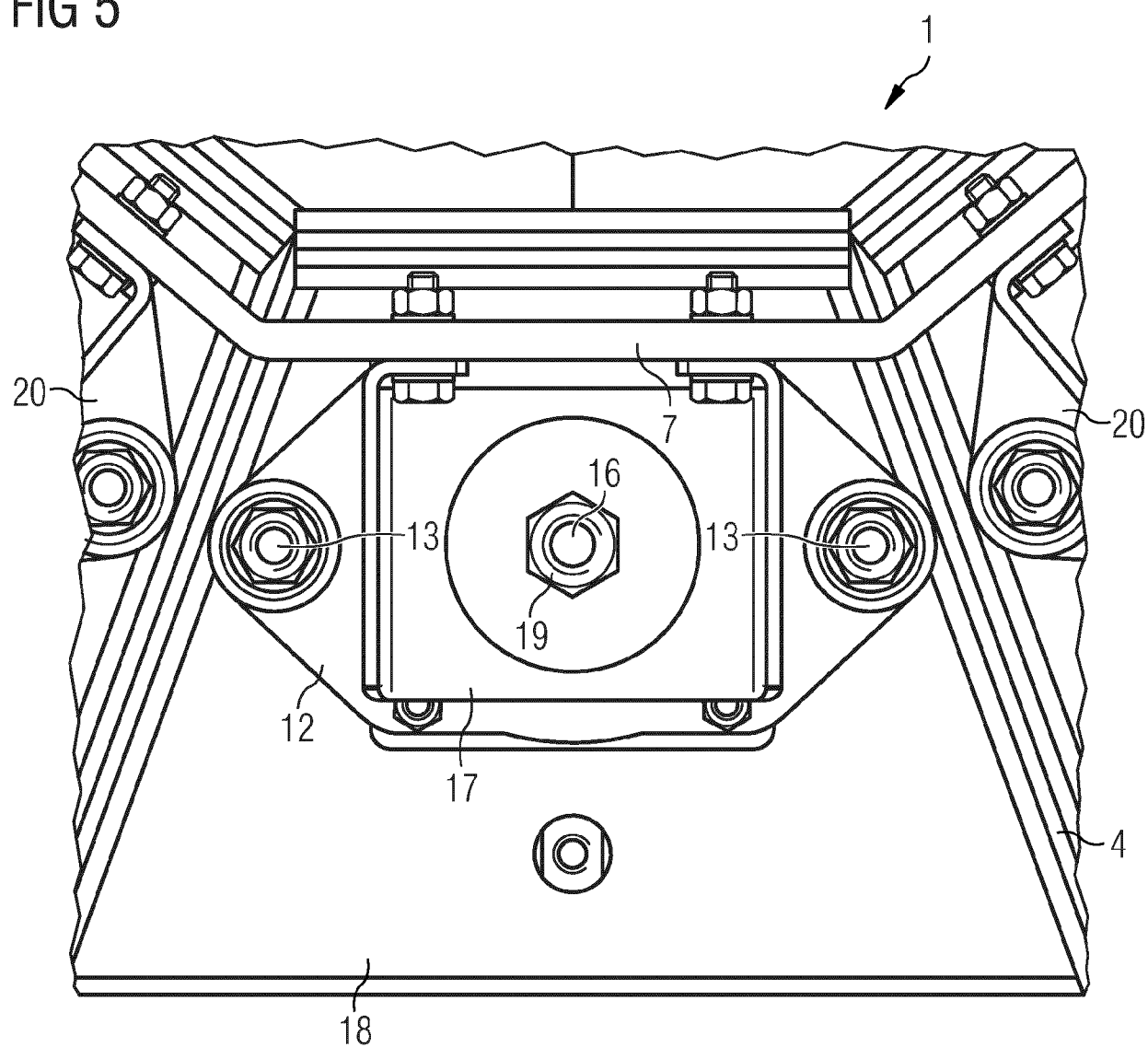
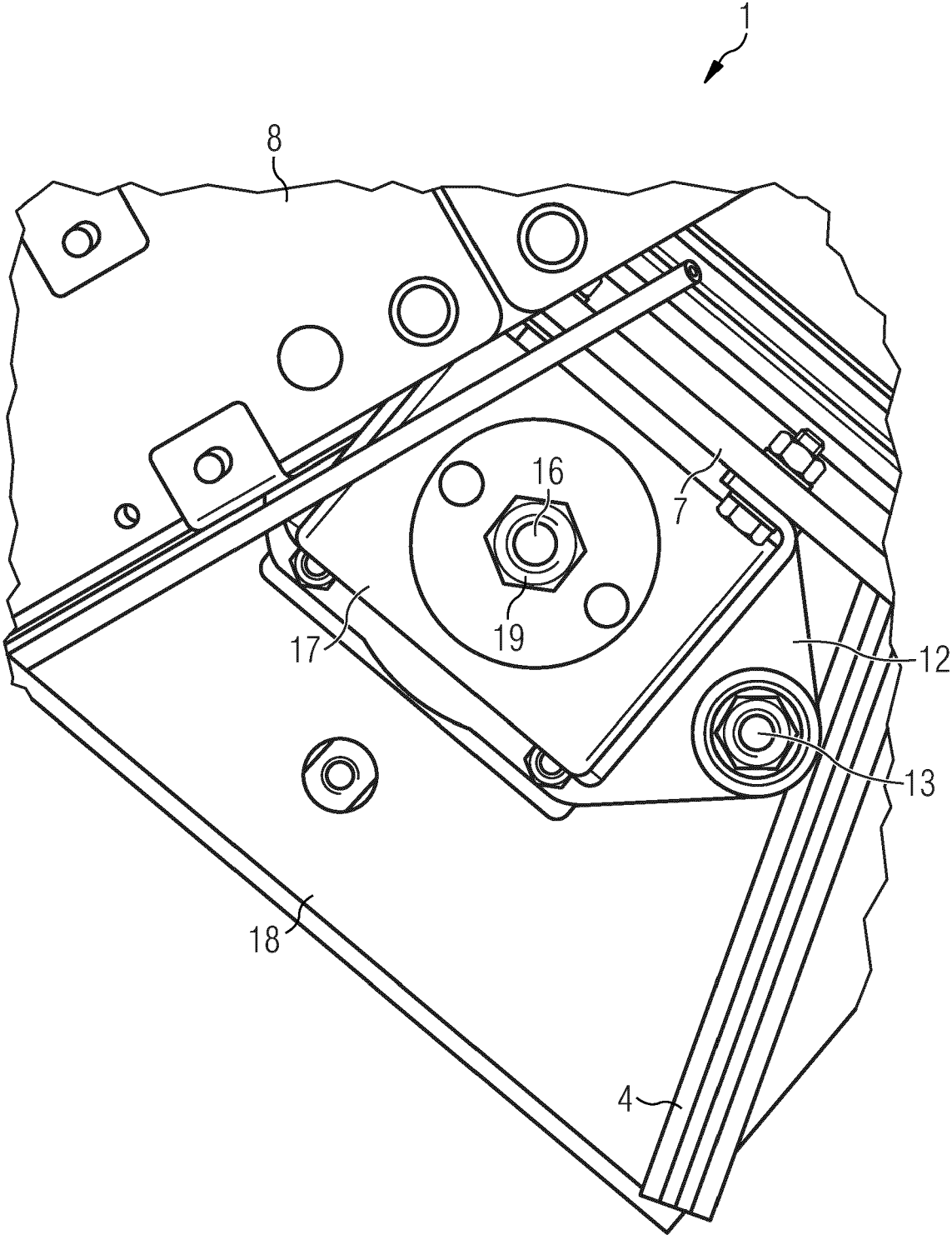


FIG 6





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 25 17 1180

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

| EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                     |                             |                                             |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------------|
| Kategorie                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile | Betrifft Anspruch           | KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)          |
| X                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | US 2023/349052 A1 (PLANQUE MICHEL [FR] ET AL) 2. November 2023 (2023-11-02)         | 14                          | INV.<br>C25B9/77                            |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | * das ganze Dokument *                                                              | 1-13,15                     |                                             |
| -----                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                     |                             |                                             |
| X                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | CN 219 218 173 U (BEIJING DOERCOAT TECH CO LTD) 20. Juni 2023 (2023-06-20)          | 14                          |                                             |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | * das ganze Dokument *                                                              | 1-13,15                     |                                             |
| -----                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                     |                             |                                             |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | US 2025/006970 A1 (DI IORIO STÉPHANE [FR] ET AL) 2. Januar 2025 (2025-01-02)        | 1-15                        | RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)<br><br>C25B |
| -----                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                     |                             |                                             |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | WO 2024/088907 A2 (TOPSOE AS [DK]) 2. Mai 2024 (2024-05-02)                         | 1-15                        |                                             |
| -----                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                     |                             |                                             |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | US 2025/070212 A1 (DI IORIO STÉPHANE [FR] ET AL) 27. Februar 2025 (2025-02-27)      | 1-15                        |                                             |
| -----                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                     |                             |                                             |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | AU 2021 254 598 A1 (INST FOR ADVANCED ENGINEERING [KR]) 14. Juli 2022 (2022-07-14)  | 1-15                        | RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)<br><br>C25B |
| -----                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                     |                             |                                             |
| -----                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                     |                             |                                             |
| -----                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                     |                             |                                             |
| -----                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                     |                             |                                             |
| -----                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                     |                             |                                             |
| Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                     |                             |                                             |
| Recherchenort                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                     | Abschlußdatum der Recherche | Prüfer                                      |
| München                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                     | 6. Oktober 2025             | Juhart, Matjaz                              |
| KATEGORIE DER GENANTTEN DOKUMENTE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                     |                             |                                             |
| X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet<br>Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie<br>A : technologischer Hintergrund<br>O : nichtschriftliche Offenbarung<br>P : Zwischenliteratur                                                                                             |                                                                                     |                             |                                             |
| T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze<br>E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist<br>D : in der Anmeldung angeführtes Dokument<br>L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument<br>.....<br>& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument |                                                                                     |                             |                                             |

3  
EPO FORM 1503 03.82 (P24C03)

# ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.

EP 25 17 1180

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patendokumente 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.

06-10-2025

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patendokument |    | Datum der<br>Veröffentlichung |       | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie |  | Datum der<br>Veröffentlichung |
|---------------------------------------------------|----|-------------------------------|-------|-----------------------------------|--|-------------------------------|
| US 2023349052                                     | A1 | 02-11-2023                    | CA    | 3150869 A1                        |  | 25-03-2021                    |
|                                                   |    |                               | DK    | 4013981 T3                        |  | 09-10-2023                    |
|                                                   |    |                               | EP    | 4013981 A1                        |  | 22-06-2022                    |
|                                                   |    |                               | FR    | 3100932 A1                        |  | 19-03-2021                    |
|                                                   |    |                               | JP    | 2022548921 A                      |  | 22-11-2022                    |
|                                                   |    |                               | US    | 2023349052 A1                     |  | 02-11-2023                    |
|                                                   |    |                               | WO    | 2021053288 A1                     |  | 25-03-2021                    |
| -----                                             |    |                               |       |                                   |  |                               |
| CN 219218173                                      | U  | 20-06-2023                    | KEINE |                                   |  |                               |
| -----                                             |    |                               |       |                                   |  |                               |
| US 2025006970                                     | A1 | 02-01-2025                    | CA    | 3235793 A1                        |  | 01-06-2023                    |
|                                                   |    |                               | EP    | 4437161 A1                        |  | 02-10-2024                    |
|                                                   |    |                               | FR    | 3129533 A1                        |  | 26-05-2023                    |
|                                                   |    |                               | JP    | 7704981 B2                        |  | 08-07-2025                    |
|                                                   |    |                               | JP    | 2024543126 A                      |  | 19-11-2024                    |
|                                                   |    |                               | US    | 2025006970 A1                     |  | 02-01-2025                    |
|                                                   |    |                               | WO    | 2023094756 A1                     |  | 01-06-2023                    |
| -----                                             |    |                               |       |                                   |  |                               |
| WO 2024088907                                     | A2 | 02-05-2024                    | AU    | 2023369983 A1                     |  | 29-05-2025                    |
|                                                   |    |                               | AU    | 2023369984 A1                     |  | 29-05-2025                    |
|                                                   |    |                               | CL    | 2025001202 A1                     |  | 18-08-2025                    |
|                                                   |    |                               | CL    | 2025001210 A1                     |  | 08-08-2025                    |
|                                                   |    |                               | CN    | 120112680 A                       |  | 06-06-2025                    |
|                                                   |    |                               | CN    | 120202324 A                       |  | 24-06-2025                    |
|                                                   |    |                               | EP    | 4609017 A2                        |  | 03-09-2025                    |
|                                                   |    |                               | EP    | 4609018 A2                        |  | 03-09-2025                    |
|                                                   |    |                               | KR    | 20250097816 A                     |  | 30-06-2025                    |
|                                                   |    |                               | KR    | 20250097822 A                     |  | 30-06-2025                    |
|                                                   |    |                               | TW    | 202432893 A                       |  | 16-08-2024                    |
|                                                   |    |                               | WO    | 2024088906 A2                     |  | 02-05-2024                    |
|                                                   |    |                               | WO    | 2024088907 A2                     |  | 02-05-2024                    |
| -----                                             |    |                               |       |                                   |  |                               |
| US 2025070212                                     | A1 | 27-02-2025                    | EP    | 4466392 A1                        |  | 27-11-2024                    |
|                                                   |    |                               | FR    | 3131925 A1                        |  | 21-07-2023                    |
|                                                   |    |                               | JP    | 2025502889 A                      |  | 28-01-2025                    |
|                                                   |    |                               | US    | 2025070212 A1                     |  | 27-02-2025                    |
|                                                   |    |                               | WO    | 2023135393 A1                     |  | 20-07-2023                    |
| -----                                             |    |                               |       |                                   |  |                               |
| AU 2021254598                                     | A1 | 14-07-2022                    | AU    | 2021254598 A1                     |  | 14-07-2022                    |
|                                                   |    |                               | KR    | 20220096062 A                     |  | 07-07-2022                    |
| -----                                             |    |                               |       |                                   |  |                               |

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