



(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2020 124 804.0**  
(22) Anmeldetag: **23.09.2020**  
(43) Offenlegungstag: **24.03.2022**  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **15.06.2022**

(51) Int Cl.: **G01G 23/01 (2006.01)**  
**G01G 21/26 (2006.01)**

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:  
**Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, dieses vertreten durch den Präsidenten der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt, 38116 Braunschweig, DE**

(74) Vertreter:  
**Gramm, Lins & Partner Patent- und Rechtsanwälte PartGmbH, 38122 Braunschweig, DE**

(72) Erfinder:  
**Lehrmann, Katharina, 38124 Braunschweig, DE;  
Härtig, Frank, Prof. Dr., 38116 Braunschweig, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

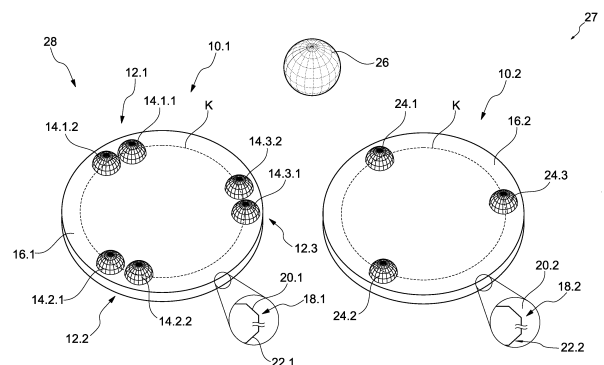
**PICARD: Mass determinations of a 1 kg silicon sphere for the Avogadro project. Metrologia, Volume 43, S. 46-52, 2006.**

**REN: Surface analytical model and sorption artifact designing method. ACTA IMEKO, Volume 5, Number 3, November 2016, S. 76-80. [online]**

**SCHWARTZ: Precision Determination of Adsorption Layers on Stainless Steel Mass Standards by Mass comparison and Ellipsometry, Part I: Adsorption Isotherms in Air. Metrologia, Volume 31, S. 117-128, 1994.**

(54) Bezeichnung: **Sorptionskörpersatz und Massenormalsatz**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft einen Sorptionskörpersatz (27) zum Korrigieren einer Massenänderung eines Massenormals (26) beim Übergang vom Vakuum in die Atmosphäre, mit (a) einem ersten Sorptionskörper (10.1), (i) der eine erste Sorptionskörper-Masse ( $m_{i=1}$ ), (ii) eine erste Sorptionskörper-Oberflächengröße ( $O_{i=1}$ ) und (iii) eine polierte erste Oberfläche hat und (iv) aus einem Sorptionskörpermaterial besteht, (b) zumindest einem zweiten Sorptionskörper (10.2), (i) der eine zweite Sorptionskörper-Masse ( $m_{i=2}$ ), (ii) eine zweite Sorptionskörper-Oberflächengröße ( $O_{i=2}$ ) und (iii) eine polierte zweite Oberfläche hat und (iv) aus dem Sorptionskörpermaterial besteht, (c) wobei eine Sorptionskörper-Gesamtoberflächengröße ( $O_{ges}$ ) zumindest das 1,5-fache einer Referenzoberflächengröße ( $O_0$ ) beträgt, wobei die Referenzoberflächengröße ( $O_0$ ) die Oberflächengröße ist, die eine Kugel aus dem Sorptionskörpermaterial und mit einer Referenzmasse ( $m_0$ ) in Form der Sorptionskörper-Gesamtmasse ( $m_{ges}$ ) hätte. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass (d) der erste Sorptionskörper (10.1) auf der Unterseite drei Lagerungskörperpaare (12.j), bestehend aus zwei Lagerungskörpern (14.j.1, 14.j.2), insbesondere Lagerungskalottenpaare, aufweist und (e) der zweite Sorptionskörper (10.2) auf der Unterseite drei Fixierkörper (24.j), insbesondere Fixierkalotten, aufweist.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft einen Sorptionskörperersatz zum Korrigieren einer Massenänderung eines Massennormal beim Übergang vom Vakuum in die Atmosphäre, mit (a) einem ersten Sorptionskörper, der (i) der eine erste Sorptionskörper-Masse, (ii) eine erste Sorptionskörper-Oberflächengröße und (iii) eine polierte erste Oberfläche hat und (iv) aus einem Sorptionskörpermaterial besteht, (b) zumindest einem zweiten Sorptionskörper, der (i) eine zweite Sorptionskörper-Masse, (ii) eine zweite Sorptionskörper-Oberflächengröße und (iii) eine polierte zweite Oberfläche hat und (iv) aus dem Sorptionskörpermaterial besteht, wobei (c) eine Sorptionskörper-Gesamtoberflächengröße zumindest das 1,5-fache einer Referenzoberflächengröße beträgt, wobei die Referenzoberflächengröße diejenige Oberflächengröße ist, die eine Kugel aus dem Sorptionskörpermaterial und mit einer Referenzmasse in Form der Sorptionskörper-Gesamtmasse hätte. Die Sorptionskörper-Gesamtoberflächengröße ist die Summe der Sorptionskörper-Oberflächengrößen. Die Sorptionskörper-Gesamtmasse ist die Summe der Sorptionskörper-Massen.

**[0002]** Gemäß einem zweiten Aspekt betrifft die Erfindung einen Massennormalersatz.

**[0003]** Massennormale werden verwendet, um die gesetzlich definierte Masse weiterzugeben. Das Massennormal ist eine Verkörperung, dessen Masse rückgeführt mit einer relativen Messunsicherheit von beispielsweise höchstens  $10^{-4}$ , insbesondere höchstens  $10^{-5}$  genau bekannt ist. Der Massenvergleich mit einem Primärnormal findet in der Regel im Vakuum statt. Auf diese Weise ist sichergestellt, dass der Einfluss von adsorbierten Stoffen möglichst klein ist.

**[0004]** Wird das Massennormal zum Kalibrieren von Messgeräten verwendet, ist es aufwändig, diese im Vakuum durchzuführen. Das Massennormal wird daher in der Regel in der Atmosphäre verwendet. Das aber führt dazu, dass sich dessen Gewicht und dessen Masse im Vergleich zum Vakuum ändern. Das Gewicht ändert sich unter anderem durch den Auftrieb in der Luft. Die Masse des Massennormal ändert sich beispielsweise durch Adsorption von Wasser oder Kohlenwasserstoffen auf der Oberfläche.

**[0005]** Um zu ermitteln, wie stark der Einfluss von Adsorption ist, um das Messergebnis korrigieren zu können, wird ein Sorptionskörperersatz an Sorptionskörpern verwendet. Diese Sorptionskörper haben zusammen eine Referenzmasse, die der Masse des Massennormal entspricht, aber eine deutlich größere Oberfläche. Die Effekte, die zu einer Veränderung der Masse des Massennormal führen, treten daher

am Sorptionskörper verstärkt auf. Auf diese Weise kann eine Änderung der Masse des Massennormal beim Übergang vom Vakuum in die Atmosphäre ermittelt werden.

**[0006]** Aus dem Artikel „Surface analytical model and sorption artifact designing method“ von Xiaoping Ren et al, Acta IMEKO, Vol. 5, Nr. 3, S. 76-80 ist ein gattungsgemäßer Sorptionskörperersatz bekannt. Es wird ein Algorithmus angegeben, um die Differenz zwischen der Oberfläche eines Zylinders einerseits und der Summe der Oberflächen von Sorptionskörpern, die gemeinsam die gleiche Masse haben wie der Zylinder, andererseits unter Randbedingungen zu maximieren. Das Problem, die Sorptionskörper sicher aneinander zu lagern und dennoch dadurch bedingte Fehler zu minimieren, wird nicht beschrieben.

**[0007]** In dem Aufsatz von R. Schwartz „Precision Determination of Adsorption Layers on Stainless Steel Mass Standards by Mass Comparison and Ellipsometry“, Metrologia, 1994, Vol. 31, Seiten 117-128, werden Messungen der Eigenschaften von Adsorptionsschichten auf Edelstahl-Sorptionskörpern beschrieben. Selbst Monate nach dem Reinigen der Sorptionskörper kann eine Drift der Eigenschaften der Adsorptionsschichten beobachtet werden. Diese Drift hängt logarithmisch von der Zeit ab. Vorschläge, wie die Sorptionskörper verbessert werden können, finden sich nicht.

**[0008]** In dem Artikel von A. Picard „Mass determinations of a 1 kg silicon sphere for the Avogadro project“, Metrologia 43, 2006, Seiten 46-52 wird die Herstellung einer Kugel zur Neudefinition des Kilogramms beschrieben. Zudem werden die Fehlerinflüsse durch die Adsorption von Wasserdampf und anderen Substanzen beschrieben. Vorschläge, wie die Sorptionskörper verbessert werden können, werden nicht gegeben.

**[0009]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Kalibrierung außerhalb von Vakuum zu verbessern.

**[0010]** Gemäß einem zweiten Aspekt löst die Erfindung das Problem durch einen gattungsgemäßen Massennormalersatz, bei dem (a) der erste Sorptionskörper auf der Unterseite drei Lagerungskörperpaare, bestehend aus zwei Lagerungskörpern, insbesondere Lagerungskalottenpaare, aufweist und (b) der zweite Sorptionskörper auf der Unterseite drei Fixierkörper, insbesondere Fixierkalotten, aufweist.

**[0011]** Gemäß einem zweiten Aspekt löst die Erfindung das Problem durch einen Massennormalersatz aus (a) einem erfindungsgemäßen Sorptionskörperersatz und (b) einem Massennormal, dessen Masse um

höchstens 10%, insbesondere höchstens 1 %, von der Sorptionskörper-Gesamtmasse abweicht und das aus dem Sorptionskörpermaterial besteht. Vorzugsweise umfasst der Massenormalsatz zudem einen Kalibrierschein.

**[0012]** Günstig an der vorliegenden Erfindung ist, dass die erreichbare Messunsicherheit verbesserbar ist. Wenn die Sorptionskörper aus dem gleichen Material bestehen wie das Massenormal, haben sie die gleichen Eigenschaften hinsichtlich von Sorption und Auftrieb wie das Massenormal. Die Änderungen der Masse des Massenormals beim Übergang vom Vakuum in die Atmosphäre können so mit geringer Messunsicherheit bestimmt werden.

**[0013]** Systematische Umwelteinflüsse bei der Massenkalibrierung mittels des Massenormals können so verringert werden.

**[0014]** Vorteilhaft ist zudem, dass die Sorptionskörper auf die gleiche Weise gereinigt werden können wie das Massenormal, sofern beide aus dem gleichen Material bestehen, was eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung ist. Das führt zu einer Reduktion der Messunsicherheit, da davon ausgegangen werden kann, dass das Sorptionsverhalten der Sorptionskörper und des Massenormals hochgradig ähnlich sind.

**[0015]** Im Rahmen der vorliegenden Beschreibung wird unter einem Massenormal insbesondere ein Satz aus einer Masseverkörperung der Masse mit einem Kalibrierschein verstanden. Die Verkörperung und der Kalibrierschein sind einander eindeutig zuordbar. Der Kalibrierschein enthält eine Angabe über die Masse der Masseverkörperung, die rückgeführt gemessen wurde.

**[0016]** Der Sorptionskörpersatz enthält vorzugsweise einen Kalibrierschein, der die Sorptionskörper-Massen und/oder die Sorptionskörper-Oberflächenengrößen der Sorptionskörper angibt. Alternativ oder zusätzlich enthält der Sorptionskörpersatz vorzugsweise einen Kalibrierschein, der die Sorptionskörper-Gesamtmasse angibt.

**[0017]** Vorzugsweise enthält der Kalibrierschein einen Verweis auf das zugeordnete Massenormal und/oder die Massenormal-Masse eines Massenormals, für das der Sorptionskörpersatz zu verwenden ist.

**[0018]** Vorzugsweise beträgt die Sorptionskörper-Gesamtmasse 1 Kilogramm  $\pm$  500 mg oder ein ganzzahliges Vielfaches davon.

**[0019]** Günstig ist es, wenn die Sorptionskörper-Gesamtoberflächenengröße zumindest das 1,5-fache, insbesondere zumindest das 1,95-fache der Referenzoberflächenengröße hat. Die Messunsicherheit kann dann besonders deutlich verringert werden.

renzoberflächenengröße hat. Die Messunsicherheit kann dann besonders deutlich verringert werden.

**[0020]** Vorzugsweise beträgt die Sorptionskörper-Gesamtoberflächenengröße höchstens das 20-fache, insbesondere das 10-fache, bevorzugt höchstens das Achtfache, der Referenzoberflächenengröße. In diesem Fall können die Sorptionskörper in der Regel sehr stabil gefertigt werden.

**[0021]** Günstig ist es, wenn die erste Sorptionskörper-Masse um höchstens 1% von der zweiten Sorptionskörper-Masse abweicht. Besonders günstig ist es, wenn alle Sorptionskörper-Masse von den jeweilig anderen Sorptionskörper-Massen um höchstens 1% abweichen.

**[0022]** Die Massenormal-Masse beträgt vorzugsweise 1 Kilogramm  $\pm$  150 Milligramm. Derartige Massenormale können mit einer besonders geringen Messunsicherheit relativ zum Primärnormal kalibriert werden können.

**[0023]** Vorzugsweise bestehen die Sorptionskörper aus monokristallinem Silizium. Die Massenormale bestehen häufig ebenfalls aus monokristallinem Silizium, sodass sich eine besonders geringe Messunsicherheit ergibt.

**[0024]** Alternativ bestehen die Sorptionskörper vorzugsweise aus Stahl oder einer Platin-Iridium-Legierung, da auch Massenormale oft aus diesen Materialien gefertigt werden.

**[0025]** Vorzugsweise besitzt der erste Sorptionskörper auf seiner Unterseite drei Lagerungskörperpaare aus jeweils einem ersten Lagerungskörper und einem zweiten Lagerungskörper. Die Lagerungskörper sind vorzugsweise Lagerungskalotten, das heißt, dass sie kugelformig berandet sind.

**[0026]** Vorzugsweise besitzt der zweite Sorptionskörper auf der Unterseite drei Fixierkörper, bei denen es sich vorzugsweise um Fixierkalotten handelt. Die Fixierkörper sind so angeordnet, dass jeweils ein Fixierkörper so zwischen zwei Lagerungskörpern eines Lagerungskörperpaares bringbar ist, dass sich eine 3-Punkt-Lagerung des ersten Sorptionskörpers und des zweiten Sorptionskörpers aneinander ergibt. Diese Lagerung hat sich als besonders stabil herausgestellt.

**[0027]** Besonders günstig ist es, wenn die Lagerungskörper und die Fixierkörper entlang eines gemeinsamen Kreises, insbesondere auf dem gemeinsamen Kreis, angeordnet sind. Es hat sich herausgestellt, dass sich so eine besonders hohe Stabilität gegen Kippen ergibt.

**[0028]** Vorteilhaft an Lagerungskalotten ist, dass die Lagerungskalotten und die Fixierkalotten einander nur in jeweils einem Punktkontakt berühren. Die Fläche, die durch diesen Punktkontakt abgedeckt wird und in der die Adsorption eine andere sein kann als an Stellen, in denen die Sorptionskörper keinen Kontakt miteinander haben, ist klein. Das senkt die Messunsicherheit.

**[0029]** Günstig ist es, wenn die erste Sorptionskörper-Oberflächengröße und/oder die zweite Sorptionskörper-Oberflächengröße um höchstens 10% von einem ganzzahligen Vielfachen der Referenzoberflächengröße abweichen. Ganzzahlige Vielfache der Referenzoberflächengröße führen dazu, dass die Adsorptionsprozesse mit besonders hoher Genauigkeit bestimmt werden können. Das wiederum führt zu einer geringen Messunsicherheit bei der Kalibrierung oder Verwendung des Sorptionskörpersatzes bzw. des Massennormalgesetzes.

**[0030]** Günstig ist es, wenn die erste Sorptionskörper-Oberflächengröße um höchstens 10%, insbesondere höchstens 5%, vom Doppelten der Referenzoberflächengröße abweicht. Günstig ist es zudem, wenn die zweite Sorptionskörper-Oberflächengröße um höchstens 10%, insbesondere höchstens 5%, vom Doppelten oder Vierfachen der Referenzoberflächengröße abweicht. Es hat sich herausgestellt, dass mit derartigen Sorptionskörpern eine besonders geringe Messunsicherheit erreichbar ist. Hat der Sorptionskörpersatz weitere Sorptionskörper, so weichen deren Sorptionskörper-Oberflächengrößen vorzugsweise um höchstens 10%, insbesondere höchstens 5%, vom Doppelten oder Vierfachen der Referenzoberflächengröße ab.

**[0031]** Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform sind die Lagerungskörper an einem ersten Grundkörper des ersten Sorptionskörpers angebondet. Unter dem Merkmal, dass der Grundkörper und die Sorptionskörper miteinander durch Bonden verbunden sind, d. h. angebondet sind, wird insbesondere verstanden, dass zwischen dem Grundkörper und dem Sorptionskörper eine dünne Schicht aus einem Bondmaterial existiert, beispielsweise aus einem Metall. Als besonders geeignet hat sich Molybdän herausgestellt. Das Bondmaterial führt zu einer stoffschlüssigen Verbindung zwischen dem Sorptionskörper und den Lagerungskörpern. Die durch das Bonden entstehende Oberfläche ist so gering, dass die daraus resultierende Messunsicherheit in guter Näherung in der Regel vernachlässigt werden kann.

**[0032]** Vorzugsweise sind die Fixierkörper an dem zweiten Grundkörper des zweiten Sorptionskörpers ebenfalls angebondet.

**[0033]** Um einen Masseverlust des Sorptionskörpers bzw. einen Volumenverlust des Sorptionskör-

pers durch abrasiven Verschleiß zu minimieren, ist gemäß einer bevorzugten Ausführungsform vorgesehen, dass der erste Sorptionskörper und/oder der zweite Sorptionskörper eine gefaste Kante haben. Ein Fasenwinkel beträgt vorzugsweise  $45^\circ \pm 5^\circ$ .

**[0034]** Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Massennormalgesetzes besteht das Massennormal aus monokristallinem Silizium. Alternativ besteht das Massennormal vorzugsweise aus Stahl oder einer Platin-Iridium-Legierung. Günstig ist es, wenn die Sorptionskörper und das Massennormal aus dem gleichen Material gefertigt sind.

**[0035]** Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform besitzt der Sorptionskörpersatz zumindest einen dritten Sorptionskörper. In diesem Fall hat der zweite Sorptionskörper auf der Oberseite drei Fixierkörper, insbesondere Fixierkalotten und der dritte Sorptionskörper hat auf seiner Unterseite drei Lagerungskörperpaare aus je zwei Lagerungskörpern, die wie oben beschrieben zusammenwirken.

**[0036]** Alternativ hat der zweite Sorptionskörper auf der Oberseite drei Lagerungskörperpaare aus je zwei Lagerungskörpern, und der dritte Sorptionskörper hat auf seiner Unterseite drei Fixierkörper, insbesondere Fixierkalotten, die wie oben beschrieben zusammenwirken.

**[0037]** Vorzugsweise weicht die dritte Sorptionskörper-Oberflächengröße um höchstens 10% von der ersten Sorptionskörper-Oberflächengröße ab. Der dritte Sorptionskörper hat vorzugsweise die oben für den ersten Sorptionskörper und/oder zweiten Sorptionskörper beschriebenen Merkmale.

**[0038]** Vorzugsweise besitzt der Sorptionskörpersatz zwei, drei, vier oder mehr baugleiche Sorptionskörper. Baugleiche Sorptionskörper unterscheiden sich in ihren Sorptionskörper-Massen Sorptionskörper-Oberflächengröße vorzugsweise um höchstens 1%. Günstig ist es, wenn die Anzahl an Sorptionskörpern höchstens 10 beträgt.

Vorzugsweise gilt  $m_i = m_0 / N \pm 10\%$

**[0039]** Im Folgenden wird die Erfindung anhand der beigefügten Zeichnungen näher erläutert. Dabei zeigt:

**Fig. 1** links einen ersten Sorptionskörper eines erfindungsgemäßen Sorptionskörpersatzes in einer Ansicht von oben, und rechts eine Ansicht von unten auf einen zweiten Sorptionskörper des erfindungsgemäßen Sorptionskörpersatzes und

**Fig. 2** eine schematische Ansicht zur Erläuterung der Anordnung von Fixierkörpern und Lagerungskörpern der Sorptionskörper.

**[0040]** **Fig. 1** zeigt einen ersten Sorptionskörper 10.1 aus monokristallinem Silizium. Eine erste Sorptionskörper-Masse  $m_1$  beträgt  $m_1 = 0,5$  Kilogramm  $\pm$  1 Gramm. Der erste Sorptionskörper 10.1 besitzt eine Oberflächengröße  $O_1$  von  $O_1 = O_0$ , wobei  $O_0$  eine Referenzoberflächengröße ist. Die Referenzoberflächengröße wird weiter unten näher erläutert.

**[0041]** Der erste Sorptionskörper 10.1 besitzt drei Lagerungskörperpaare 12.j ( $j = 1, 2, 3$ ) jedes Lagerungskörperpaar umfasst einen ersten Lagerungskörper 14.j.1 und einen zweiten Lagerungskörper 14.j.2. Alle Lagerungskörper 14.j.a ( $a = 1, 2$ ) erstrecken sich entlang eines Kreises K. Die Lagerungskörper 14.j.a sind aus dem gleichen Material aufgebaut, wie ein Grundkörper 16.1 des Sorptionskörpers 10.1, nämlich aus monokristallinem Silizium.

**[0042]** Im Ausschnitt unten rechts ist gezeigt, dass der Sorptionskörper 10.1 eine gefaste Kante 18.1 besitzt. Im vorliegenden Fall besitzt der Sorptionskörper 10.1 eine erste Fase 20.1 und eine zweite Fase 22.1.

**[0043]** **Fig. 1** zeigt zudem einen zweiten Sorptionskörper 10.2, dessen Grundkörper 16.2 wie der erste Grundkörper 16.1 aufgebaut ist. Der zweite Sorptionskörper 10.2 besitzt drei Fixierkörper 24.j ( $j = 1, 2, 3$ ). Der Fixierkörper 24.j greift zwischen die beiden Lagerungskörper 14.j.1, 14.j.2 des Lagerungskörperpaars 12.j. Es ergibt sich so eine Sechs-Punkt-Lagerung des zweiten Sorptionskörpers 10.2 am ersten Sorptionskörper 10.1. Der zweite Sorptionskörper 10.2 besitzt ebenfalls eine gefaste Kante 18.2 mit einer ersten Fase 20.2 und einer zweiten Fase 22.2.

**[0044]** Die Sorptionskörper 10.i ( $i = 1, \dots, N$ ) bilden einen Sorptionskörpersatz 27. Der Sorptionskörpersatz 27 kann gemäß einer bevorzugten Ausführungsform einen, zwei oder mehr weitere Sorptionskörper 10.i aufweisen, paarweise mittels jeweiliger Lagerungskörperpaare und Fixierkörper wie oben beschrieben aneinander lagerbar sind.

**[0045]** Jeder Sorptionskörper 10.i hat eine Sorptionskörper-Oberflächengröße  $O_i$ . Die Summe aller Sorptionskörper-Oberflächengröße  $O_i$  ist die Referenzoberflächengröße  $O_0$ . Die Summe aller Sorptionskörper-Massen  $m_i$  wird Referenzmasse  $m_0$  genannt. Beispielsweise gilt  $m_0 = 1\text{kg}$ .

**[0046]** Für eine gedachte Kugel mit der Referenzmasse  $m_0$  gilt

$$m_0 = \frac{4}{3} \rho \pi r^3 = \frac{1}{3} \rho r \cdot 4\pi r^2 = \frac{1}{3} \rho r \cdot O_0.$$

**[0047]** Daraus folgt

$$\sqrt[3]{\frac{3}{4\rho\pi} m_0} = r \text{ und } m_0 = \frac{1}{3} \rho_{Si} \sqrt[3]{\frac{3}{4\rho\pi} m_{26} \cdot O_0}.$$

**[0048]** Damit ergibt sich  $O_0 = \frac{\frac{3}{\rho} m_0}{\sqrt[3]{\frac{3}{4\rho\pi} m_0}}$ .

**[0049]** Die Sorptionskörper 10.1, 10.2 und ein schematisch eingezeichnetes Massennormal 26 bilden einen Massennormalsatz 28. Es ist möglich, dass der Massennormalsatz 28 mehr als zwei Sorptionskörper aufweist, beispielsweise 3, 4, 5 oder mehr Sorptionskörper.

**[0050]** **Fig. 2** zeigt einen Schnitt zwischen den Sorptionskörpern 10.1, 10.2, wenn diese aufeinander gestapelt sind. Es ist zu erkennen, dass die Fixierkörper 24.j und die Lagerungskörperpaare 12.j jeweils formschlüssig ineinandergreifen, sodass sie eine Sechs-Punkt-Lagerung des zweiten Sorptionskörpers 10.2 am ersten Sorptionskörper 10.1 ergeben.

Bezugszeichenliste

10	Sorptionskörper
12	Lagerungskörperpaar
14	Lagerungskörper
16	Grundkörper
18	Kante
20	erste Fase
22	zweite Fase
24	Fixierkörper
26	Massennormal
27	Sorptionskörpersatz
28	Massennormalsatz
i	Laufindex der Sorptionskörper
j	Laufindex der Lagerungskörperpaare
$m_0$	Referenzmasse
$m_i$	Sorptionskörper-Masse des i-ten Sorptionskörpers
N	Anzahl an Sorptionskörper
$O_{ges}$	Sorptionskörper-Gesamtoberflächengrößen
$O_i$	Sorptionskörper-Oberflächengröße des i-ten Sorptionskörpers
$O_0$	Referenzoberflächengröße

K Kreis

**Patentansprüche**

1. Sorptionskörpersatz (27) zum Korrigieren einer Massenänderung eines Massennormal (26) beim Übergang vom Vakuum in die Atmosphäre, mit
- (a) einem ersten Sorptionskörper (10.1),
    - (i) der eine erste Sorptionskörper-Masse ( $m_{i=1}$ ),
    - (ii) eine erste Sorptionskörper-Oberflächengröße ( $O_{i=1}$ ) und
    - (iii) eine polierte erste Oberfläche hat und
    - (iv) aus einem Sorptionskörpermaterial besteht,
  - (b) zumindest einem zweiten Sorptionskörper (10.2),
    - (i) der eine zweite Sorptionskörper-Masse ( $m_{i=2}$ ),
    - (ii) eine zweite Sorptionskörper-Oberflächengröße ( $O_{i=2}$ ) und
    - (iii) eine polierte zweite Oberfläche hat und
    - (iv) aus dem Sorptionskörpermaterial besteht,
  - (c) wobei eine Sorptionskörper-Gesamtoberflächengröße ( $O_{ges}$ ) zumindest das 1,5-fache einer Referenzoberflächengröße ( $O_0$ ) beträgt, wobei die Referenzoberflächengröße ( $O_0$ ) die Oberflächengröße ist, die eine Kugel aus dem Sorptionskörpermaterial und mit einer Referenzmasse ( $m_0$ ) in Form der Sorptionskörper-Gesamtmasse ( $m_{ges}$ ) hätte, **dadurch gekennzeichnet**, dass
  - (d) der erste Sorptionskörper (10.1) auf der Unterseite drei Lagerungskörperpaare (12.j), bestehend aus zwei Lagerungskörpern (14.j.1, 14.j.2), insbesondere Lagerungskalottenpaare, aufweist und
  - (e) der zweite Sorptionskörper (10.2) auf der Unterseite drei Fixierkörper (24.j), insbesondere Fixierkalotten, aufweist.
2. Sorptionskörpersatz (27) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Lagerungskörper (14) und die Fixierkörper (24.j) entlang eines gemeinsamen Kreises (K) angeordnet sind.
3. Sorptionskörpersatz (27) nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste Sorptionskörper-Oberflächengröße ( $O_1$ ) und/oder die zweite Sorptionskörper-Oberflächengröße ( $O_2$ ) um höchstens 10% von einem ganzzahligen Vielfachen der Referenzoberflächengröße ( $O_0$ ) abweicht.
4. Sorptionskörpersatz (27) nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass
- (a) die erste Sorptionskörper-Oberflächengröße ( $O_1$ ) um höchstens 5% vom Doppelten der Referenzoberflächengröße ( $O_0$ ) abweicht und/oder
  - (b) die zweite Sorptionskörper-Oberflächengröße ( $O_2$ ) um höchstens 5% vom Vierfachen der Referenzoberflächengröße ( $O_0$ ) abweicht.
5. Sorptionskörpersatz (27) nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**,

dass

- (a) die Lagerungskörper (14) an einem ersten Grundkörper (16.1) des ersten Sorptionskörpers (10.1) abgebondet sind und/oder
- (b) die Fixierkörper (24.j) an einem zweiten Grundkörper (16.2) des zweiten Sorptionskörpers (10.2) abgebondet sind.

6. Sorptionskörpersatz (27) nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der erste Sorptionskörper (10.1) und/oder der zumindest ein zweiter Sorptionskörper (10.2)
- (a) eine gefaste Kante (18) haben und/oder
  - (b) aus monokristallinem Silizium, Stahl oder einer Platin-Iridium-Legierung bestehen.

7. Massennormal (28) mit
- (a) einem Sorptionskörpersatz (27) nach einem der vorstehenden Ansprüche,
  - (b) einem Massennormal (26),
    - (i) dessen Masse um höchstens 10%, insbesondere höchstens 1 %, von der Referenzmasse ( $m_0$ ) abweicht und
    - (ii) das aus dem Sorptionskörpermaterial besteht, und
  - (c) einem Kalibrierschein.

8. Massennormal (28) nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass
- (a) das Massennormal (26) eine Massennormal-Masse von 1 Kilogramm  $\pm$  100 mg hat und/oder
  - (b) die erste Sorptionskörper-Masse ( $m_1$ ) 1 Kilogramm  $\pm$  100 mg beträgt und/oder
  - (c) die zweite Sorptionskörper-Masse ( $m_2$ ) 1 Kilogramm  $\pm$  100 mg beträgt.

9. Massennormal (28) nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Massennormal (26) aus monokristallinem Silizium, Stahl oder einer Platin-Iridium-Legierung besteht.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

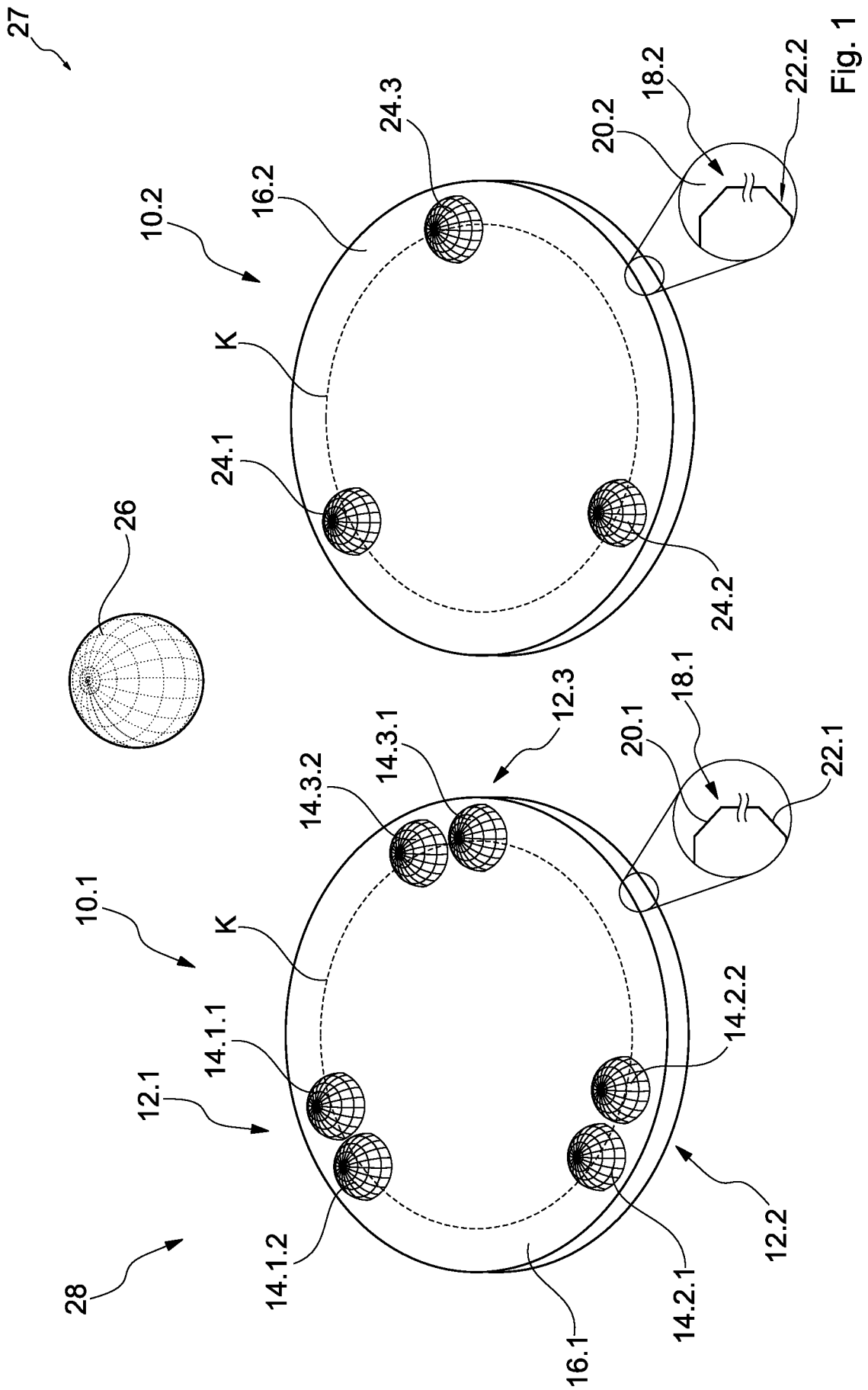


Fig. 1

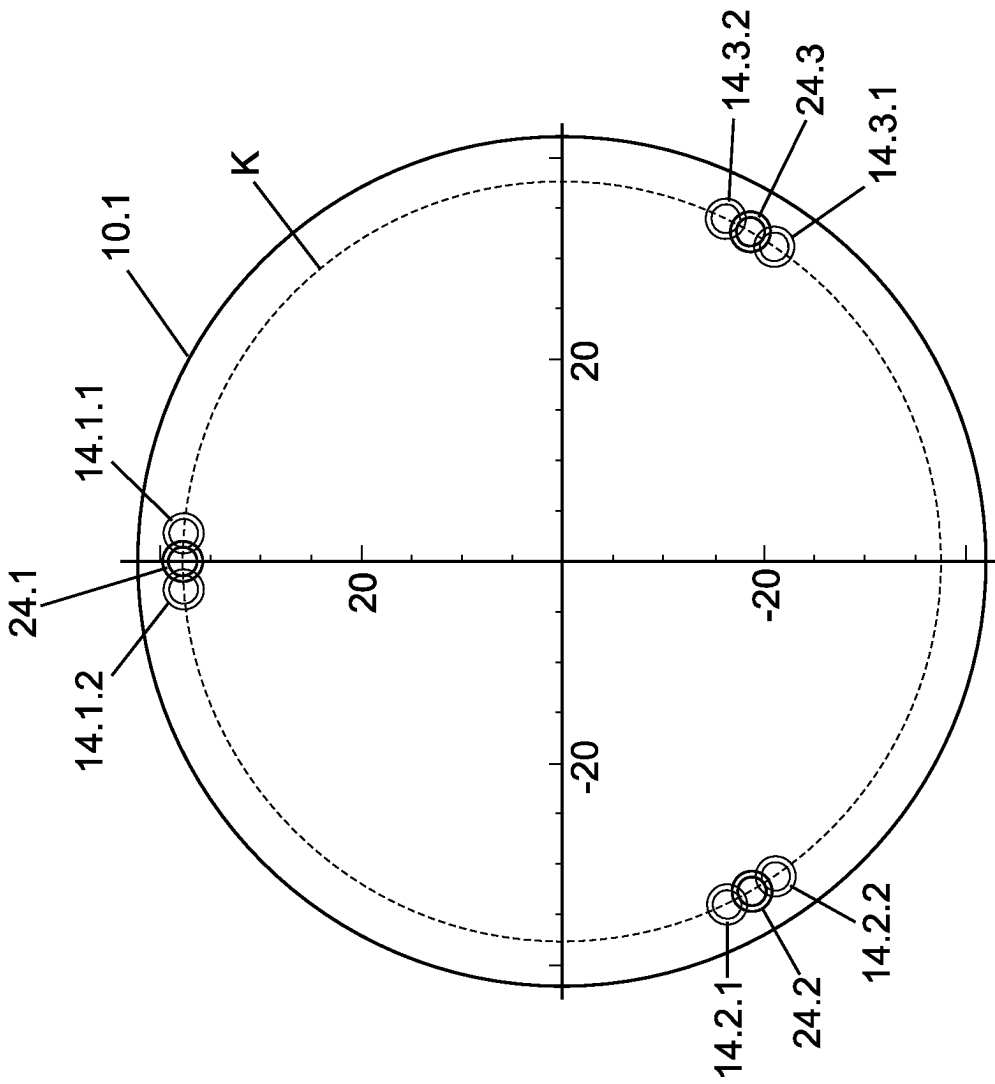


Fig. 2