

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine brückenartige Tragkonstruktion aus feuerfesten keramischen Steinen.

[0002] Im Industrieofenbau, beispielsweise bei Kalkschächtofen, werden Gewölbe und Tragbögen unterschiedlicher Spannweite erstellt, um einen Ofenraum zu schaffen, wobei das Gewölbe oder der Tragbogen beispielsweise mit feuerfesten Steinen überbaut wird.

[0003] In der DE 101 21 699 C5 wird ein Tragbogenaufbau für einen Kalkschachtofen beschrieben. Der Tragbogen besteht aus zwei endseitigen Lagersteinen, die sich auf korrespondierenden Auflagern abstützen und einer Vielzahl dazwischen angeordneter Steine, die zur Ausbildung einer Gewölbstruktur jeweils eine Keilform haben und sich untereinander über korrespondierende Stufen auf ihren Außenflächen abstützen.

[0004] Eine andere Ausführungsform für eine solche Tragkonstruktion zeigt die DE 39 33 744 C2.

[0005] Insbesondere die zuletzt genannte Ausführungsform hat sich bewährt und wird beispielsweise in Kalkschächtofen des Typs GGR (Gleichstrom-Gegenstrom-Regenerativ) eingesetzt. Figur 1 zeigt eine schematische Darstellung dieses Ofens, teilweise aufgeschnitten, mit mehreren solchen Tragbögen T, wobei sich jeder Tragbogen endseitig auf korrespondierenden Pfeilern P abstützt.

[0006] Beim Aufheizen und Abheizen des Ofens kommt es zwangsläufig zu thermischen Dehnungen der Steine der Tragkonstruktion. Bei Gewölbekonstruktionen der genannten Art besteht das Problem, dass solche Dehnungen insbesondere in horizontaler Richtung nicht oder nur schlecht kompensiert werden können. Im schlechtesten Fall werden einzelne Steine radial nach außen (nach oben) gedrückt, der Steinverbund wird geschwächt und es können sogar Steine brechen oder herausfallen, so dass die Gewölbekonstruktion zusammenbricht.

[0007] Auch wenn der letztgenannte Fall nur ein Ausnahmefall ist, besteht der Wunsch, die Tragkonstruktion dahingehend zu optimieren, dass Dehnungen im Steinmaterial, insbesondere Dehnungen in horizontaler Richtung, besser kompensiert werden können.

[0008] Zur Lösung dieser Aufgabe verlässt die Erfindung die bekannten Gewölbekonstruktionen und schlägt in ihrer allgemeinsten Ausführungsform eine brückenartige Tragkonstruktion aus feuerfesten keramischen Steinen vor, die folgenden Aufbau im montierten Zustand besitzt, von ihren beiden freien äußeren Enden nach innen betrachtet:

- Zwei äußeren, endseitigen Lager-Steinen, die
- auf ihrer Innenseite jeweils mindestens eine weitestgehend horizontal verlaufende Stufe aufweisen,
- einen zwischen den beiden Lager-Steinen angeordneten Schlussstein, der
- auf beiden Außenseiten (das heißt in Richtung der Lager-Steine) jeweils mindestens eine weitestge-

- hend horizontal verlaufende Stufe aufweist, wobei
- mindestens je eine horizontal verlaufende Stufe jeder Außenseite des Schlusssteins auf einer korrespondierenden horizontal verlaufenden Stufe der Innenseite des korrespondierenden Lager-Steins aufliegt und
- die Lager-Steine und der Schlussstein im Übrigen so gestaltet und dimensioniert sind, dass sie
- gemeinsam eine integrale brückenartige Tragkonstruktion bilden und
- die Tragkonstruktion selbsttragend ist, wenn nur die äußeren Lager-Steine zumindest teilweise auf korrespondierenden Auflagern aufliegen.

[0009] Die Beschreibung der Geometrie der Steine und der Tragkonstruktion ist grundsätzlich so, dass der Einbauzustand betrachtet wird, so wie zum Stand der Technik in Figur 1 dargestellt. "Außen" bedeutet entsprechend jeweils in Richtung auf die Auflager (Pfeiler, Lager), "innen" bedeutet der Mitte der Tragkonstruktion zugewandt (in Längsrichtung zwischen zwei Auflagern betrachtet), "stirnseitig vorne" ist zum Ofenraum hin zu verstehen, "stirnseitig hinten" entsprechend gegenüber, also dem Ofenmantel zugewandt, "oben" und "Oberseite" ist in Vertikalrichtung oben gemeint und bei der Anwendung gemäß Figur 1 in Richtung auf die darüber liegende Brennzzone B und "unten" oder "Unterseite" analog in Richtung auf die Austragszone A des Ofens. Bei einer Verwendung der Tragkonstruktion in anderen Aggregaten gelten die vorstehend genannten Orientierungen analog.

[0010] Ein erstes wesentliches Merkmal der erfindungsgemäßen Tragkonstruktion besteht darin, dass jeder Stein mindestens eine weitestgehend horizontal verlaufende Stufe aufweist. "Weitestgehend horizontal" bedeutet, dass die Stufe im Idealfall in der Montageposition horizontal verläuft, aber auch leicht geneigt zur Horizontalen verlaufen kann, wobei der entsprechende Neigungswinkel in jedem Fall $< 10^\circ$, $< 5^\circ$ oder $< 2^\circ$ betragen sollte. Die Stufen verlaufen insbesondere von einer vorderen Stirnseite des jeweiligen Steins bei der genannten Ausführungsform der Tragkonstruktion zu einer hinteren Stirnseite durchlaufend.

[0011] Dadurch, dass der in der Tragkonstruktion innen (mittig) liegende Schlussstein auf den Stufen der außen liegenden Lagersteine aufliegt, ergibt sich eine selbsttragende Tragkonstruktion unter Verwendung von Steinen mit einfachen geometrischen Formen.

[0012] Die Tragkonstruktion ist für Spannweiten (zwischen endseitigen Lagern) bis 3.000 mm geeignet, wobei für Spannweiten über 500 mm und insbesondere über 1.000 mm eine Tragkonstruktion Vorteile hat, bei der zwischen dem Schlussstein und jedem Lager-Stein mindestens ein Zwischenstein platziert ist, wobei die Zwischensteine auf ihrer Innenseite und Außenseite wiederum jeweils mindestens eine weitestgehend horizontal verlaufende Stufe aufweisen.

[0013] Eine Tragkonstruktion mit zwei dieser Zwi-

schensteine ist wie folgt aufgebaut:

- zwischen dem Schlusstein und jedem Lagerstein ist jeweils ein Zwischenstein platziert, der
- auf seiner Innenseite und seiner Außenseite jeweils mindestens eine weitestgehend horizontal verlaufende Stufe aufweist, wobei
- mindestens je eine horizontal verlaufende Stufe jeder Außenseite des Schlussteins auf einer korrespondierenden horizontal verlaufenden Stufe einer Innenseite des korrespondierenden Zwischensteins aufliegt, und
- mindestens je eine horizontal verlaufende Stufe jeder Außenseite jedes Zwischensteins auf einer korrespondierenden horizontal verlaufenden Stufe einer Innenseite des korrespondierenden Lagersteins aufliegt, und
- die Lagersteine, die Zwischensteine und der Schlusstein im Übrigen so gestaltet und dimensioniert sind, dass sie
- gemeinsam eine integrale brückenartige Tragkonstruktion bilden und
- die Tragkonstruktion selbsttragend ist, wenn nur die äußeren Lagersteine zumindest teilweise auf korrespondierenden Auflagern aufliegen.

[0014] Bei mehr als zwei Zwischensteinen lässt sich die Tragkonstruktion dahingehend beschreiben, dass

- zwischen dem Zwischenstein und jedem Lagerstein jeweils mindestens ein weiterer Zwischenstein platziert ist, der
- auf seiner Innenseite und seiner Außenseite jeweils mindestens eine weitestgehend horizontal verlaufende Stufe aufweist, wobei
- mindestens je eine horizontal verlaufende Stufe jeder Außenseite des Zwischensteins auf einer korrespondierenden horizontal verlaufenden Stufe einer Innenseite des korrespondierenden weiteren Zwischensteins aufliegt, und
- mindestens je eine horizontal verlaufende Stufe jeder Außenseite jedes weiteren Zwischensteins auf einer korrespondierenden horizontal verlaufenden Stufe einer Innenseite des korrespondierenden, weiter außen liegenden weiteren Zwischensteins beziehungsweise des Lagersteins aufliegt, und
- die Lagersteine, die Zwischensteine, die weiteren Zwischensteine und der Schlusstein im Übrigen so gestaltet und dimensioniert sind, dass sie
- gemeinsam eine integrale brückenartige Tragkonstruktion bilden und
- die Tragkonstruktion selbsttragend ist, wenn nur die äußeren Lagersteine zumindest teilweise auf korrespondierenden Auflagern aufliegen.

[0015] Auch bei diesen Ausführungsformen mit mindestens zwei Zwischensteinen bleibt das oben genannte Grundprinzip der Tragkonstruktion erhalten, denn auch

hier liegen die weiter innen in der Tragkonstruktion liegenden Steine im Bereich der genannten Stufen auf korrespondierenden Stufen der außenseitig benachbarten Steine auf, so dass bei einer von oben auf die Tragkonstruktion einwirkenden Kraft diese nach unten beziehungsweise außen in die Lager-Steine weitergegeben wird.

[0016] Die horizontalen Kontaktflächen der Steine schaffen die Möglichkeit, Dehnungen der Steine in horizontaler Richtung zu kompensieren, indem es entlang der horizontalen Stufen zu einer Parallelverschiebung benachbarter Steine kommt. In diesem Zusammenhang ist es wichtig, dass die im Wesentlichen vertikal oder geneigt verlaufenden Flächenabschnitte der Innen- und Außenseiten benachbarter Steine in einem gewissen Abstand zueinander stehen, also Fugen dazwischen ausgebildet werden, um die horizontale Verschiebung einzelner Steine zu kompensieren.

[0017] Dabei kann sowohl zwischen den Innen- und Außenflächen benachbarter Steine als auch im Bereich der Stufen zwischen benachbarten Steinen ein Dichtungsmaterial, beispielsweise eine keramische Faserdichtung, ein elastischer Kleber oder ein verformbarer Mörtel angeordnet werden.

[0018] Die neue Konstruktion hat gegenüber dem erwähnten Stand der Technik den Vorteil, dass eine radiale Aufweitung eines aus mehreren Tragkonstruktionen gebildeten Tragrings vermieden wird.

[0019] Die Anordnung der Steine innerhalb der Tragkonstruktion kann so erfolgen, dass alle Steine eine gemeinsame, weitestgehend horizontal verlaufende Oberseite bilden. Dies ist deshalb wichtig, weil auf der Tragkonstruktion häufig ein Mauerwerk aufgesetzt wird. Bei horizontal verlaufender Oberseite der Tragkonstruktion ist dies besonders einfach und ohne Füllmassen oder Sonderformate von Steinen möglich.

[0020] Analog können die Steine innerhalb der Tragkonstruktion auch eine gemeinsame, weitestgehend horizontal verlaufende Unterseite bilden.

[0021] Auch hier gilt, dass der Begriff "weitestgehend horizontal" nicht im streng geometrischen Sinne zu verstehen ist, sondern auch äquivalente Abwandlungen oder Ausführungsformen erlaubt. So können beispielsweise die entsprechenden Flächenabschnitte der Steine auch geriffelt oder anders profiliert beziehungsweise leicht gewölbt ausgebildet sein.

[0022] Die Geometrie der einzelnen Steine kann so gewählt werden, dass mindestens je eine Stufe jedes Steins mit mindestens je einer Stufe eines anderen Steins in einer Ebene liegt. Es können auch alle Stufen innerhalb der Tragkonstruktion miteinander fluchten, also auf einer gemeinsamen Ebene angeordnet sein.

[0023] Bei mehreren Stufen entlang der Innen- und/oder Außenseite eines Steines sind diese beispielsweise treppenartig angeordnet. Eine optimierte Kraftableitung ergibt sich bei dieser Ausführungsform und bei einer Tragkonstruktion mit Zwischensteinen dann, wenn die weiter außen liegenden Stufen innerhalb des Stein-

verbunds der Tragkonstruktion vertikal nach unten versetzt verlaufen. In der Seitenansicht der Tragkonstruktion ergibt sich dann ein Bild, bei dem die innen liegenden Stufen höher als die außen liegenden Stufen verlaufen. Diese Ausführungsform wird auch in der anschließenden Figurenbeschreibung dargestellt und näher erläutert.

[0024] Innerhalb der Tragkonstruktion kann der Schlussstein, in einer Stirnansicht (Vorderansicht) angenähert eine T-Form aufweisen und sein unterer Abschnitt kann sich zur Unterseite des Tragbogens hin konisch verjüngen, wenngleich auch eine Ausführungsform mit konstantem Querschnitt möglich ist.

[0025] Der Schlussstein weist insoweit eine Besonderheit gegenüber den Zwischensteinen auf, weil er nur zwei Außenflächen mit jeweils mindestens einer Stufe aufweist.

[0026] Der Schlussstein kann zwar auch bei der erfindungsgemäßen Lösung analog zum Gegenstand der DE 39 33 744 vertikal geteilt sein; allerdings hätte diese Teilung keine relevante technische Funktion im Sinne der Erfindung und würde nur die Zahl der Bauteile erhöhen und die Montage verlängern.

[0027] Die beiden endseitigen Lager-Steine haben gegenüber den Zwischensteinen die Besonderheit, dass nur ihre Innenseite in Kontakt mit einem weiteren Stein der jeweiligen Tragkonstruktion steht, während die Außenseite jedes Lagersteins entweder frei liegt oder sich an einem Widerlager abstützt. Insoweit schlägt eine Ausführungsform der Erfindung vor, die Lagersteine, in einer Stirnansicht, angenähert mit einer L-Form beziehungsweise gespiegelten L-Form auszubilden. Dabei kann die Außenfläche jedes Lagersteins im Wesentlichen vertikal verlaufen, die Innenfläche kann außerhalb der Stufe(n) zur Vertikalen in einem Winkel >0 liegen.

[0028] Wie sich aus der prinzipiellen Darstellung in Figur 1 ergibt, schließen mehrere Tragkonstruktionen (dort: Tragbögen) bei der Anordnung in dem dargestellten Kalkschachtofen aneinander an, die insgesamt eine Art Tragring ausbilden.

[0029] Für diesen Anwendungszweck kann eine einzelne Tragkonstruktion so gestaltet sein, dass mindestens ein Stein eine Geometrie aufweist, bei der die Innenseite und die Außenseite des Steins nicht parallel zueinander verlaufen, so dass der Stein in der Aufsicht beispielsweise eine Trapezform aufweist. Dabei kann die schmalere Stirnseite vorne oder hinten liegen.

[0030] Die Tragkonstruktion kann auch so ausgeführt werden, dass mindestens ein Stein eine Geometrie aufweist, bei der die Innenseite und die Außenseite des Steins weitestgehend parallel zueinander verlaufen, so dass der Stein in der Aufsicht zumindest angenähert eine Rechteckform aufweist.

[0031] Innerhalb einer Tragkonstruktion sind beliebige Kombinationen von Steinen mit unterschiedlicher Form (jeweils in der Aufsicht) möglich, zum Beispiel: Steine mit Trapezform, die sich nach vorne verjüngt; Steine mit Trapezform, die sich nach hinten verjüngt; Steine mit Rechteckform. Auf diese Weise kann ein Lösen einzelner Stei-

ne nach vorne oder hinten vermieden werden. Die Zusammenstellung erfolgt stets so, dass die integrale, selbsttragende Struktur der Tragkonstruktion erhalten bleibt.

[0032] Es ist von Vorteil, wenn die Fugen (in der Aufsicht) zwischen benachbarten Steinen eine im Wesentlichen konstante Breite aufweisen, aber auch leicht keilförmige Fugegeometrien sind möglich.

[0033] Schließlich kann die Tragkonstruktion auch so ausgeführt werden, dass die Steine mindestens eine gekrümmte Stirnseite aufweisen, also die Steine so ausgebildet und angeordnet sind, dass mindestens eine Stirnseite der Tragkonstruktion gekrümmt verläuft. Im Extremfall wird dabei ein Tragring aus einer Vielzahl von Tragkonstruktionen gebildet, wobei die innere Zylinderfläche des Rings parallel zur zylindrischen Außenfläche des Rings verläuft. Ebenso sind Geometrien mit planaren Steinflächen vorne und/oder hinten möglich, die einen polygonalen Verlauf der Vorderseite und/oder Hinterseite der gesamten Tragkonstruktion ergeben.

[0034] Nachfolgend werden weitere mögliche Ausführungsformen der Tragkonstruktion beziehungsweise der die Tragkonstruktion bildenden Steine sowie Vorteile gegenüber dem Stand der Technik erläutert, die einzeln oder in Kombination realisierbar sind.

- Die Steine stützen sich nicht entlang ihrer im Wesentlichen vertikal verlaufenden Innen- oder Außenflächen auf den Nachbarsteinen ab, sondern ganz überwiegend bis ausschließlich auf den genannten horizontalen Stufen.
- Dadurch ist eine horizontale Verschiebbarkeit/Dehnungsmöglichkeit für jedes Bauteil gegeben.
- Die Tragkonstruktion wird vorzugsweise spiegelsymmetrisch in Bezug auf eine Ebene mittig zwischen den Endsteinen (Lagersteinen) ausgeführt. Bei einem einteiligen Schlussstein ergeben sich dann beispielsweise 3, 5, 7, 9 oder 11 Steine für eine Tragkonstruktion.
- Die vertikale Last eines über der Tragkonstruktion liegenden Mauerwerks wird ganz überwiegend bis ausschließlich durch die horizontalen Auflagerflächen zwischen den Steinen auf die Endsteine und von dort auf die Auflager abgetragen. Die Festigkeit der Steine bestimmt die maximal erlaubte Druckbelastung, die sich bei gegebener Last wiederum aus der Anzahl und Größe der einzelnen horizontalen Auflagerflächen (Stufen) ergibt.
- Die Breite der Stufen richtet sich nach der Größe der Steine, dem Abstand zwischen den Auflagern und der Größe der aufzunehmenden Kräfte, um die Tragkonstruktion freitragend stabil zu halten. Sie beträgt beispielsweise 15 bis 200 mm, insbesondere 20 bis 100 mm, mit Untergrenzen auch bei 30, 40, 50 mm.
- Weitere typische Maße für einzelne Steine innerhalb der Tragkonstruktion sind: Höhe: 200 bis 1000 mm, Breite: 200 bis 1400 mm, Länge: 200 bis 700 mm, wobei Länge die Länge zwischen der vorderen und

hinteren Stirnfläche im Einbauzustand beschreibt.

- Die Außen- und Innenflächen der Steine können exakt vertikal verlaufen oder mit einem Winkel zur Vertikalen, wobei der Winkel in jedem Fall $< 45^\circ$ sein sollte, mit Untergrenzen beispielsweise bei 3° , 5° , 8° , 10° und Obergrenzen beispielsweise bei 15° , 20° , 25° oder 30° .
- Wie bereits ausgeführt können die Steine auch mit mehreren horizontal verlaufenden Stufen ausgebildet sein. Selbstverständlich müssen dann auch die korrespondierenden benachbarten Steine auf ihren korrespondierenden Außen- oder Innenflächen eine korrespondierende Zahl von Stufen aufweisen, damit es wieder zu einem Formschluss innerhalb der Tragkonstruktion kommt.
- Die vertikal oder schräg verlaufenden Außen-/Innenflächen müssen lediglich Biegemomente der abgetragenen Last aufnehmen. Die Größe der Biegemomente ist durch die Größe der auf der Tragkonstruktion liegenden Last und die Geometrie der Steine gegeben.
- Die Fugenstärke zwischen Innen-/Außenflächen benachbarter Steine ist nicht von primärer Bedeutung. Ein Mindestmaß von 5 mm, 10 mm oder 15 mm ist günstig. Wie oben ausgeführt können die Fugen aber auch unterschiedliche Breite aufweisen.
- Die Fugen können mit Materialien gefüllt sein, die eine geringere Festigkeit als das Material der einzelnen Steine aufweisen. Günstig sind Materialien, die sich unter Druckeinwirkung, beispielsweise verursacht durch die erwähnte Dehnung der Steine, kontinuierlich, also proportional zur Krafteinwirkung, verformen und/oder ein elastisches Verformungsverhalten aufweisen. Geeignet hierfür sind beispielsweise hochtemperaturbeständige Fasermaterialien in Form von Matten, Platten, Filzen oder Gewirken, aber auch Kleber oder Mörtel mit solchen Verformungseigenschaften auch bei höheren Temperaturen.
- Die Steine lassen sich aus unterschiedlichen feuerfesten Materialien herstellen. Beispielsweise eignen sich Werkstoffe auf Basis von Sintermagnesia (MgO). Dabei kann der MgO-Gehalt über 83 M-% betragen und der Rest besteht beispielsweise aus Al_2O_3 , Fe_2O_3 , SiO_2 , CaO und/oder P_2O_5 . Daraus hergestellte, beispielsweise gegossene Steine können eine Rohdichte von $2,8 \text{ g/cm}^3$ (EN 993-1), eine Kaltdruckfestigkeit von 30 N/mm^2 oder mehr (EN 993-5), eine Heißbiegefestigkeit bei 1.400° C von $3,0 \text{ N/mm}^2$ oder mehr (EN 993-7) und/oder eine offene Porosität von beispielsweise 8 bis 20 Vol.-% (EN 993-1) aufweisen.

[0035] Weitere Merkmale der Erfindung ergeben sich aus den Merkmalen der Unteransprüche sowie den sonstigen Anmeldungsunterlagen. Die Erfindung wird nachstehend anhand eines Ausführungsbeispiels näher dargestellt. Dabei zeigen, jeweils in stark schematisierter

Darstellung,

Figur 2: eine Ansicht einer Tragkonstruktion schräg von unten und von vorne

Figur 3: eine Ansicht auf die Unterseite der Tragkonstruktion nach Figur 2

Figur 4: eine Aufsicht auf einen aus mehreren Tragkonstruktionen gebildeten Tragring

Figur 5: eine Seitenansicht und eine Aufsicht auf einen Schlussstein

Figur 6: eine Seitenansicht und eine Aufsicht auf einen Lagerstein

Figur 7: eine Seitenansicht und eine Aufsicht auf einen Zwischenstein.

[0036] Die Tragkonstruktion gemäß Figur 2 besteht aus zwei äußeren Lagersteinen (Endsteinen) 10, 12, zwei daran innenseitig anschließenden Zwischensteinen 14, 16 und einem zentralen Schlussstein 18. In der Stirnansicht (von vorne und hinten) haben die Endsteine eine L-Form (beziehungsweise gespiegelte L-Form), die Zwischensteine eine abstrahierte S-Form und der Schlussstein eine T-Form.

[0037] Zwischen benachbarten Steinen sind Fugen F zu erkennen, die mit einem keramischen, hochtemperaturbeständigen Fasermaterial ausgefüllt sind.

[0038] Die äußeren Lager-Steine haben innenseitig eine horizontal verlaufende Stufe 10s, 12s, während die nach oben und nach unten anschließenden Abschnitte der Innenseiten 10i, 12i der Lager-Steine 10, 12 unter einem Winkel von etwa 10° zur Vertikalen verlaufen, und zwar so, dass die Lagersteine 10, 12 von oben nach unten breiter werden.

[0039] Auf den Stufen 10s, 12s liegen die Zwischensteine 14, 16 mit ihren korrespondierenden Stufen 14as, 16as auf, oder genauer gesagt: die Zwischensteine 14, 16 liegen auf einer Fasermatte auf, die auf den Stufen 10s, 12s aufliegt.

[0040] Die Zwischensteine 14, 16 weisen auch innenseitig eine Stufe 14is, 16is auf. Die Stufen 14is, 16is dienen der Aufnahme korrespondierender Stufen 18s1, 18s2 im Bereich von Außenflächen 18a1, 18a2 des Schlusssteins 18.

[0041] Die Außenseiten 14a, 16a sowie die Innenseiten 14i, 16i der Zwischensteine 14, 16 sowie die Außenseiten 18a1, 18a2 des Schlusssteins 18 verlaufen außerhalb der Stufen im Wesentlichen parallel zu den Innenflächen 10i, 12i der Lagersteine 10, 12.

[0042] Mit der beschriebenen Konfektionierung der Steine 10, 12, 14, 16, 18 ergibt sich insgesamt eine integrale (durchgehende, kompakte) brückenartige Tragkonstruktion, wobei die Tragkonstruktion selbsttragend ist, obwohl nur die äußeren Lager-Steine 10, 12 und die

se nur teilweise auf korrespondierenden Auflagern (Pfeiler P) aufliegen.

[0043] Die Oberseite O und die Unterseite U der Tragkonstruktion ist im dargestellten Ausführungsbeispiel weitestgehend planar und verläuft jeweils horizontal. Dies gilt analog für die entsprechenden Abschnitte der Oberseite O beziehungsweise der Unterseite U jedes einzelnen Steins 10, 12, 14, 16, 18.

[0044] Auf der Oberseite O ist ein Mauerwerk M aufgebaut.

[0045] Da sich der Schlussstein 18 mit seinen Stufen 18s1, 18s2 auf den Stufen 14is, 16is der Zwischensteine 14, 16 abstützt und die Zwischensteine 14, 16 sich mit ihren außenseitigen Stufen 14as, 16as auf den Stufen 10s, 12s der Lagersteine 10, 12 abstützen, wird die vertikale Last des Mauerwerks M über diese horizontalen Stützflächen auf die außenseitigen (endseitigen) Auflager (Pfeiler P) abgetragen.

[0046] Wie Figur 2 zeigt verlaufen die inneren Stufen 14is, 16is der Zwischensteine 14, 16 auf unterschiedlicher Höhe (nämlich oberhalb) zu den außenseitigen Stufen 14as, 16as, wodurch die Kraftableitung begünstigt wird.

[0047] Figur 3 zeigt, dass alle Steine 10, 12, 14, 16, 18 in einer Ansicht von unten (ebenso in einer Ansicht von oben) eine im Wesentlichen rechteckige Grundfläche aufweisen.

[0048] In Figur 4 ist ein aus mehreren, nämlich 11 Tragkonstruktionen gemäß Figur 2 gebildeter Tragring zu erkennen. Unterhalb der Lager-Steine 10, 12 verlaufen die (nicht dargestellten) Auflager (Pfeiler).

[0049] Die Figuren 5 bis 7 zeigen Details der verschiedenen Steine einer Tragkonstruktion. Dabei werden nachstehend nur Merkmale genannt, die nicht schon im Zusammenhang mit den vorangegangenen Figuren beschrieben wurden.

[0050] Der Schlussstein gemäß Figur 5 weist Stufen 18s1, 18s2 mit einer Breite (b) von jeweils ca. 100 mm auf. Der bereits erwähnte Neigungswinkel α der Außenflächen 18a1, 18a2 beträgt etwa 10° . Während die vordere Stirnfläche 18vs und die hintere Stirnfläche 18hs jeweils leicht gekrümmt sind, sind die Oberseite 18o und die Unterseite 18u im Wesentlichen plan und verlaufen innerhalb der Tragkonstruktion im Wesentlichen horizontal.

[0051] Ein Lager-Stein ist in Figur 6 dargestellt und wie folgt aufgebaut:

Die vordere (10vs) und hintere Stirnfläche 10hs des Lagersteins 10 sind ähnlich gekrümmt wie beim Schlussstein 18 gemäß Figur 5. Der Lagerstein 10 ist hinten jedoch breiter als vorne, entsprechend dem Krümmungsradius des gesamten Tragbogens. Die Innenseite 10i verläuft oberhalb und unterhalb einer horizontal orientierten Stufe 10s schräg mit einem Winkel von ca. 10° zur Vertikalen (ähnlich wie die Außenfläche 18a1 beim Schlussstein 18).

[0052] Die Stufe 10s könnte auch leicht profiliert, beispielsweise leicht bombiert ausgeführt sein. Eine entsprechende Krümmung hätte zur Folge, dass die Stufe zwischen vorderer und hinterer Stirnfläche des Steins eine Hügel- oder Bergform hätte, wobei benachbarte Steine entsprechend in ihrer Geometrie angepasst werden. Mit anderen Worten: Die Stufe hätte dann beispielsweise einen gewissen Radius, wäre aber in Richtung auf den benachbarten Stein weiterhin weitestgehend horizontal, um die gewünschte Horizontal-Verschiebung nicht zu beeinträchtigen. Anstelle einer Krümmung können auch entsprechende, korrespondierende Nut-/Feder-Geometrien im Bereich der Stufen benachbarter Steine ausgebildet werden, wiederum ohne Beeinträchtigung der grundsätzlich horizontalen Verschiebbarkeit zwischen benachbarten Steinen..

[0053] Der Zwischenstein gemäß Figur 7 ist ebenfalls durch planare Ober- und Unterseiten 14o, 14u und gekrümmte vordere und hintere Stirnseiten 14vs, 14hs charakterisiert. Die Breite jeder Stufe 14as beträgt wiederum ca. 100 mm. Wie beim Ausführungsbeispiel nach Figur 2 verlaufen die Stufen 14as, 14is hier vertikal versetzt zueinander.

[0054] Die Innen- und Außenflächen 14a, 14i entsprechen bezüglich ihrer Neigung den Außenflächen 18a1, 18a2 des Schlusssteins (Schlussstücks) 18 gemäß Figur 5.

[0055] Die Erfindung umfasst Tragkonstruktionen, die spiegelbildlich zu einer Spiegelebene gestaltet sind, die senkrecht zur Längserstreckung der Tragkonstruktion (zwischen den Endsteinen) verläuft.

[0056] Die Erfindung umfasst aber ebenso "asymmetrische" Ausführungsformen. Eine solche Asymmetrie ergibt sich beispielsweise, wenn

- die beiden Endsteine eine unterschiedliche Größe, insbesondere eine unterschiedliche Breite aufweisen,
- Zwischensteine diesseits und jenseits eines Schlusssteins eine unterschiedliche Geometrie, insbesondere eine unterschiedliche Breite aufweisen,
- die Tragkonstruktion eine unterschiedliche Zahl von Zwischensteinen auf gegenüberliegenden Seiten des Schlusssteins aufweist,
- Der Schlussstein (unabhängig davon ob ein- oder mehrteilig) asymmetrisch zu einer Spiegelebene ist, die mittig zwischen beiden Außenflächen und im wesentlichen parallel zu diesen verläuft.

[0057] Solche asymmetrischen Zusammenstellungen von Steinen können durch beliebige Stein-Kombinationen erreicht werden und sind unter anderem für Reparaturzwecke vorteilhaft.

[0058] Am grundsätzlichen Aufbau des Tragbogens ändert sich dadurch nichts. Insbesondere die Bedeutung und Funktion der horizontalen Stufen bleibt unverändert. Auf die vorstehenden Erläuterung wird analog Bezug genommen.

Patentansprüche

1. Brückenartige Tragkonstruktion aus feuerfesten keramischen Steinen (10, 12, 18), mit folgendem Aufbau im montierten Zustand, von ihren beiden freien äußeren Enden nach innen betrachtet:

1.1.1 zwei äußeren, endseitigen Lager-Steinen (10, 12), die

1.1.2 auf ihrer Innenseite (10i, 12i) jeweils mindestens eine weitestgehend horizontal verlaufende Stufe (10s, 12s) aufweisen,

1.2.1 einem zwischen den beiden Lager-Steinen (10, 12) angeordneten Schlussstein (18), der

1.2.2 auf beiden Außenseiten (18a1, 18a2) jeweils mindestens eine weitestgehend horizontal verlaufende Stufe (18s1, 18s2) aufweist, wobei 1.3 mindestens je eine horizontal verlaufende Stufe (18s1, 18s2) jeder Außenseite (18a1, 18a2) des Schlusssteins (18) auf einer korrespondierenden horizontal verlaufenden Stufe (10s, 12s) einer Innenseite (10i, 12i) des korrespondierenden Lager-Steins (10, 12) aufliegt, und

1.4 die Lager-Steine (10, 12) und der Schlussstein (18) im Übrigen so gestaltet und dimensioniert sind, dass sie

1.4.1 gemeinsam eine integrale brückenartige Tragkonstruktion bilden und

1.4.2 die Tragkonstruktion selbsttragend ist, wenn nur die äußeren Lager-Steine (10, 12) zumindest teilweise auf korrespondierenden Auflagern (P) aufliegen.

2. Tragkonstruktion nach Anspruch 1, bei dem

2.1 zwischen dem Schlussstein (18) und jedem Lager-Stein (10, 12) jeweils ein Zwischenstein (14, 16) platziert ist, der 2.2 auf seiner Innenseite (14i, 16i) und seiner Außenseite (14a, 16a) jeweils mindestens eine weitestgehend horizontal verlaufende Stufe (14is, 14as, 16is, 16as) aufweist, wobei 2.3 mindestens je eine horizontal verlaufende Stufe (18s1, 18s2) jeder Außenseite (18a1, 18a2) des Schlusssteins (18) auf einer korrespondierenden horizontal verlaufenden Stufe (14is, 16is) einer Innenseite (14i, 16i) des korrespondierenden Zwischensteins (14, 16) aufliegt, und

2.4 mindestens je eine horizontal verlaufende Stufe (14as, 16as) jeder Außenseite (14a, 16a) jedes Zwischensteins (14, 16) auf einer korrespondierenden horizontal verlaufenden Stufe (10s, 12s) einer Innenseite (10i, 12i) des korrespondierenden Lager-Steins (10, 12) aufliegt, und

2.5 die Lager-Steine (10, 12), die Zwischenstei-

ne (14, 16) und der Schlussstein (18) im Übrigen so gestaltet und dimensioniert sind, dass sie 2.6 gemeinsam eine integrale brückenartige Tragkonstruktion bilden

und

2.7 die Tragkonstruktion selbsttragend ist, wenn nur die äußeren Lager-Steine (10, 12) zumindest teilweise auf korrespondierenden Auflagern (P) aufliegen.

3. Tragkonstruktion nach Anspruch 2, bei der

3.1 zwischen jedem Zwischenstein (14, 16) und jedem Lager-Stein (10, 12) jeweils mindestens ein weiterer Zwischenstein platziert ist, der

3.2 auf seiner Innenseite und seiner Außenseite jeweils mindestens eine weitestgehend horizontal verlaufende Stufe aufweist, wobei 3.3 mindestens je eine horizontal verlaufende Stufe (14as, 16as) jeder Außenseite (14a, 16a) jedes Zwischensteins (14, 16) auf einer korrespondierenden horizontal verlaufenden Stufe einer Innenseite des korrespondierenden weiteren Zwischensteins aufliegt, und 3.4 mindestens je eine horizontal verlaufende Stufe jeder Außenseite jedes weiteren Zwischensteins auf einer korrespondierenden horizontal verlaufenden Stufe einer Innenseite des korrespondierenden, weiter außen liegenden weiteren Zwischensteins beziehungsweise des Lager-Steins (10, 12) aufliegt, und

3.5 die Lager-Steine (10, 12), die Zwischensteine (14, 16), die weiteren Zwischensteine und der Schlussstein (18) im Übrigen so gestaltet und dimensioniert sind, dass sie 3.6 gemeinsam eine integrale brückenartige Tragkonstruktion bilden

und 3.7 die Tragkonstruktion selbsttragend ist, wenn nur die äußeren Lager-Steine (10, 12) zumindest teilweise auf korrespondierenden Auflagern (P) aufliegen.

4. Tragkonstruktion nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei der alle Steine (10, 12, 14, 16, 18) eine gemeinsame, weitestgehend horizontal verlaufender Oberseite (O) bilden.

5. Tragkonstruktion nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei der alle Steine (10, 12, 14, 16, 18) eine gemeinsame, weitestgehend horizontal verlaufender Unterseite (U) bilden.

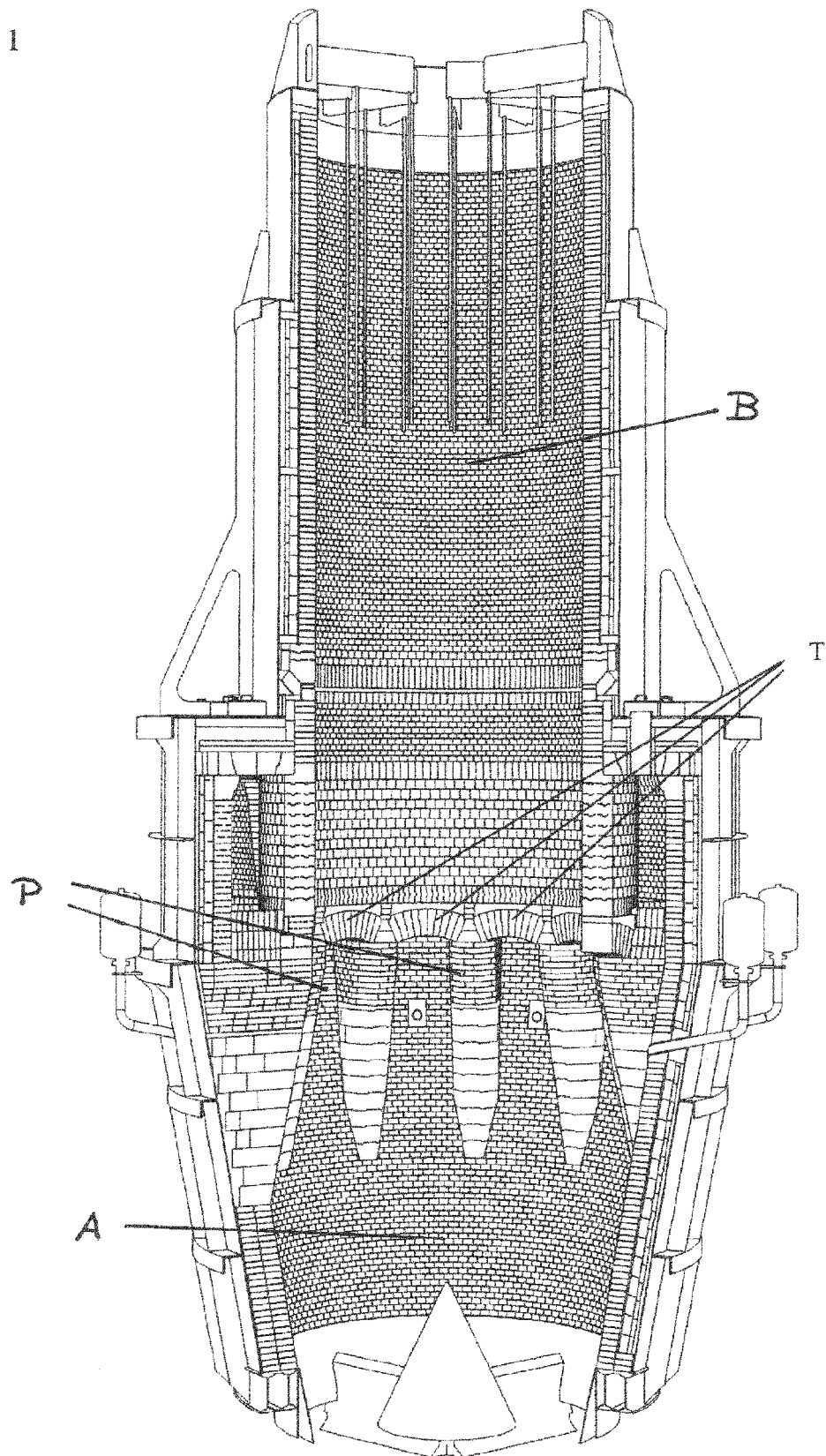
6. Tragkonstruktion nach Anspruch 2 oder 3, bei der mindestens je eine Stufe (10s, 12s, 14as, 14is, 16as, 16is, 18s1, 18s2) jedes Steins (10, 12, 14, 16, 18) mit mindestens je einer Stufe (10s, 12s, 14as, 14is, 16as, 16is, 18s1, 18s2) eines anderen Steins (10,

12, 14, 16, 18) fluchtet.

partiell eine Dichtung, ein Kleber oder ein Mörtel angeordnet ist.

7. Tragkonstruktion nach Anspruch 2 oder 3, bei der mindestens je eine Stufe (10s, 12s, 14as, 14is, 16as, 16is) jedes weiter außen liegenden Steins (10, 12, 14, 16) vertikal unterhalb mindestens je einer Stufe (14as, 14is, 16as, 16is, 18s1, 18s2) eines innen benachbart liegenden Steins (14, 16, 18) verläuft. 5
8. Tragkonstruktion nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei der korrespondierende Innen- und Außenflächen benachbarter Steine (10, 14; 14, 18; 18, 16; 16, 12) außerhalb ihrer Stufen unter einem Winkel größer Null Grad zur Vertikalen (V) verlaufen. 10
15
9. Tragkonstruktion nach Anspruch 1; bei der der Schlussstein (18), in einer Stirnansicht, angenähert eine T-Form aufweist und sein unterer Abschnitt sich zur Unterseite der Tragkonstruktion hin konisch verjüngt. 20
10. Tragkonstruktion nach Anspruch 1, bei der die Lager-Steine (10, 12), in einer Stirnansicht, angenähert eine L-Form beziehungsweise gespiegelte L-Form aufweisen. 25
11. Tragkonstruktion nach Anspruch 1, bei der die Lager-Steine (10, 12) eine weitestgehend vertikal verlaufende Außenfläche aufweisen. 30
12. Tragkonstruktion nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei der mindestens ein Stein (10, 12, 14, 16, 18) eine Geometrie aufweist, bei der die Innenseite und die Außenseite des Steins (10, 12, 14, 16, 18) divergierend zueinander verlaufen, so dass der Stein (10, 12, 14, 16, 18) in der Aufsicht zumindest angenähert eine Trapezform aufweist. 35
40
13. Tragkonstruktion nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei der mindestens ein Stein (10, 12, 14, 16, 18) eine Geometrie aufweist, bei der die Innenseite und die Außenseite des Steins (10, 12, 14, 16, 18) weitestgehend parallel zueinander verlaufen, so dass der Stein (10, 12, 14, 16, 18) in der Aufsicht zumindest angenähert eine Rechteckform aufweist. 45
14. Tragkonstruktion nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei der die Steine (10, 12, 14, 16, 18) so ausgebildet und angeordnet sind, dass mindestens eine Stirnseite der Tragbogenkonstruktion gekrümmt verläuft. 50
55
15. Tragkonstruktion nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei der zwischen gegeneinanderliegenden Flächenabschnitten benachbarter Steine zumindest

FIG. 1



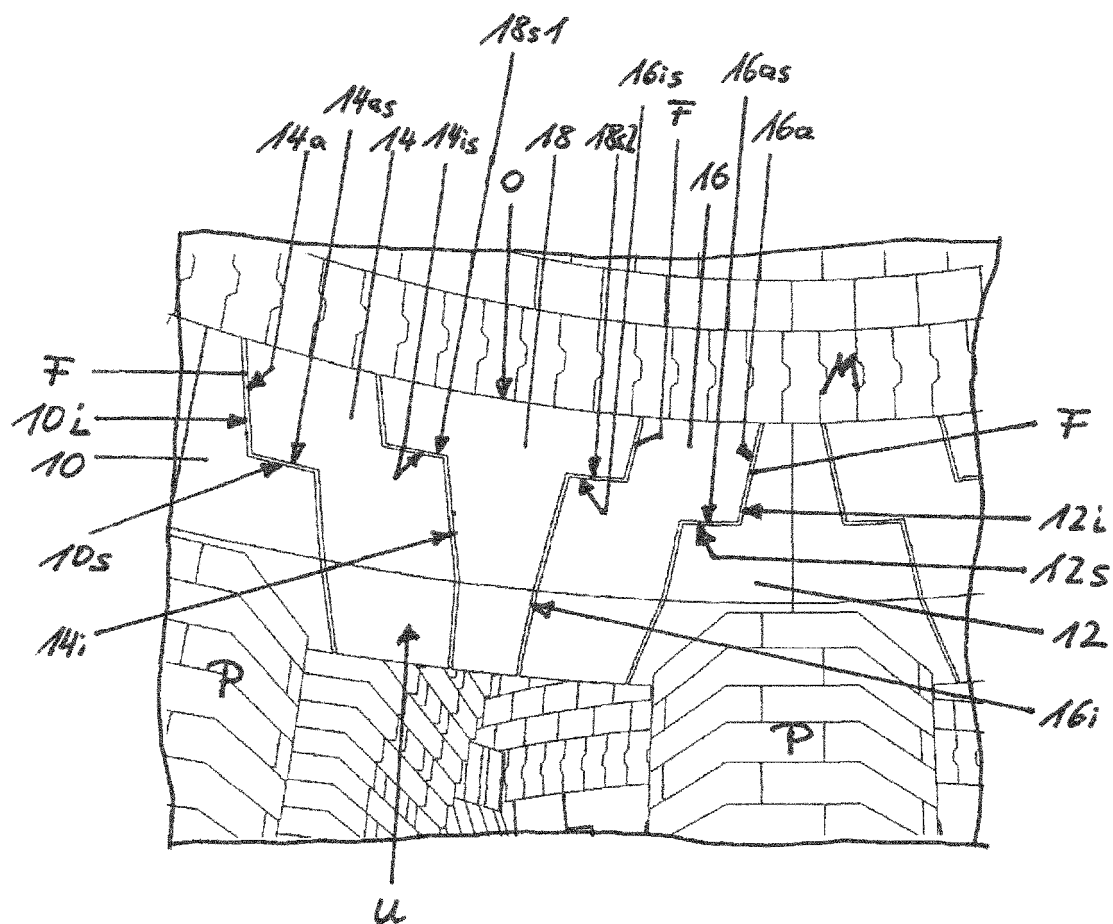


FIG. 2

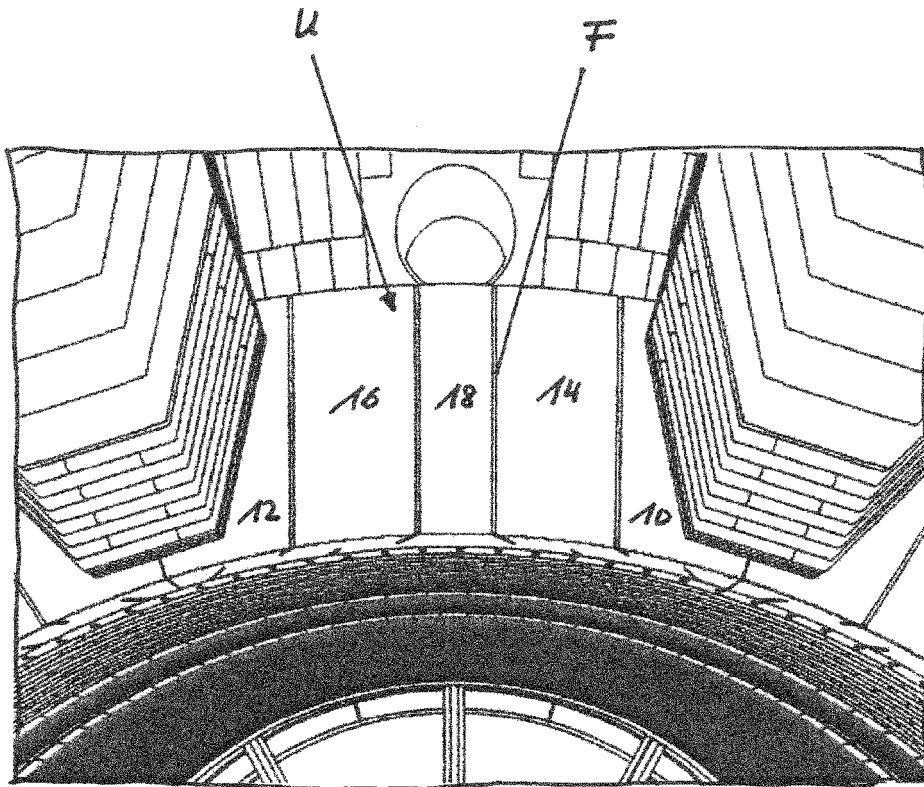


FIG. 3

FIG. 4

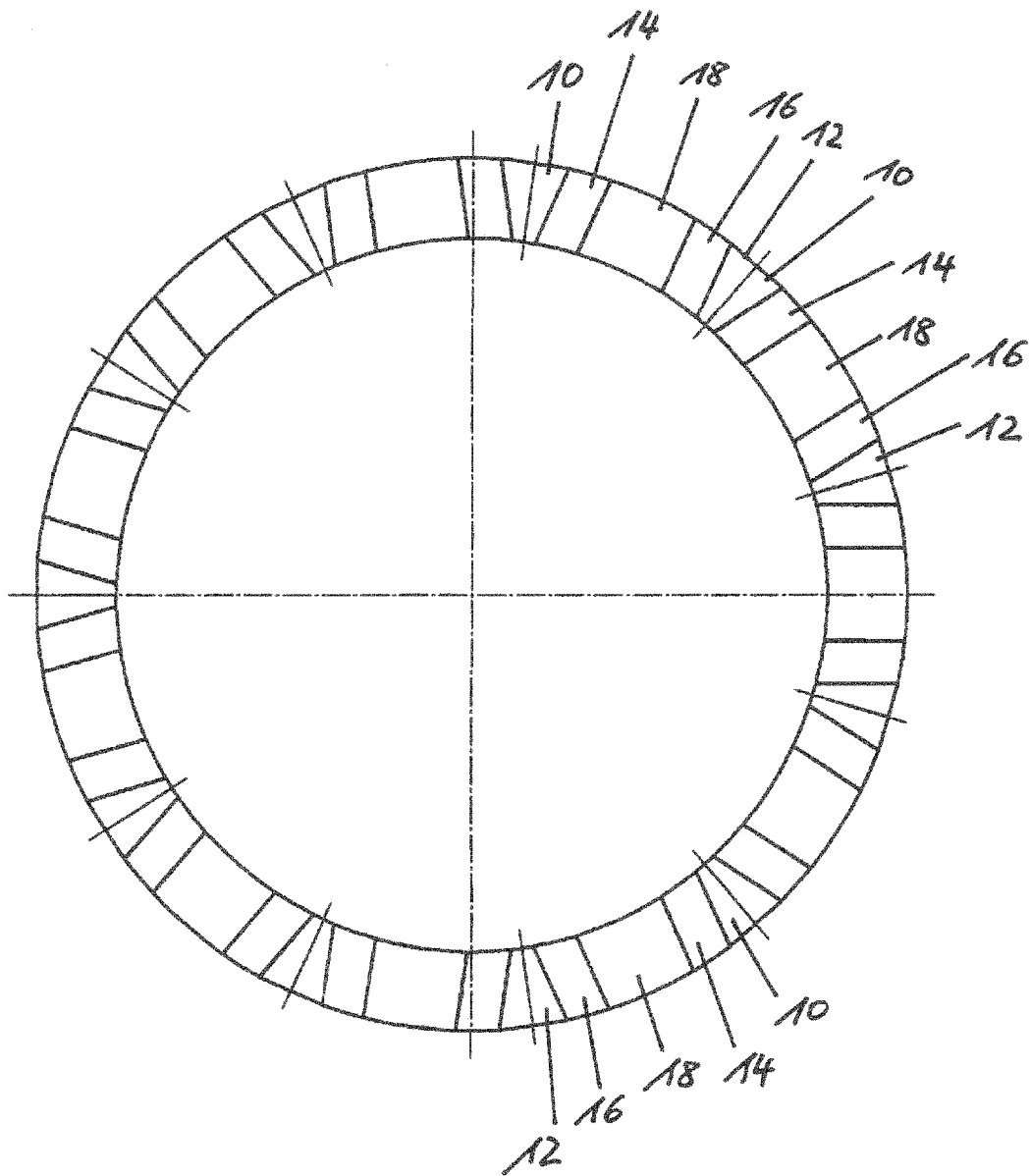


FIG. 5

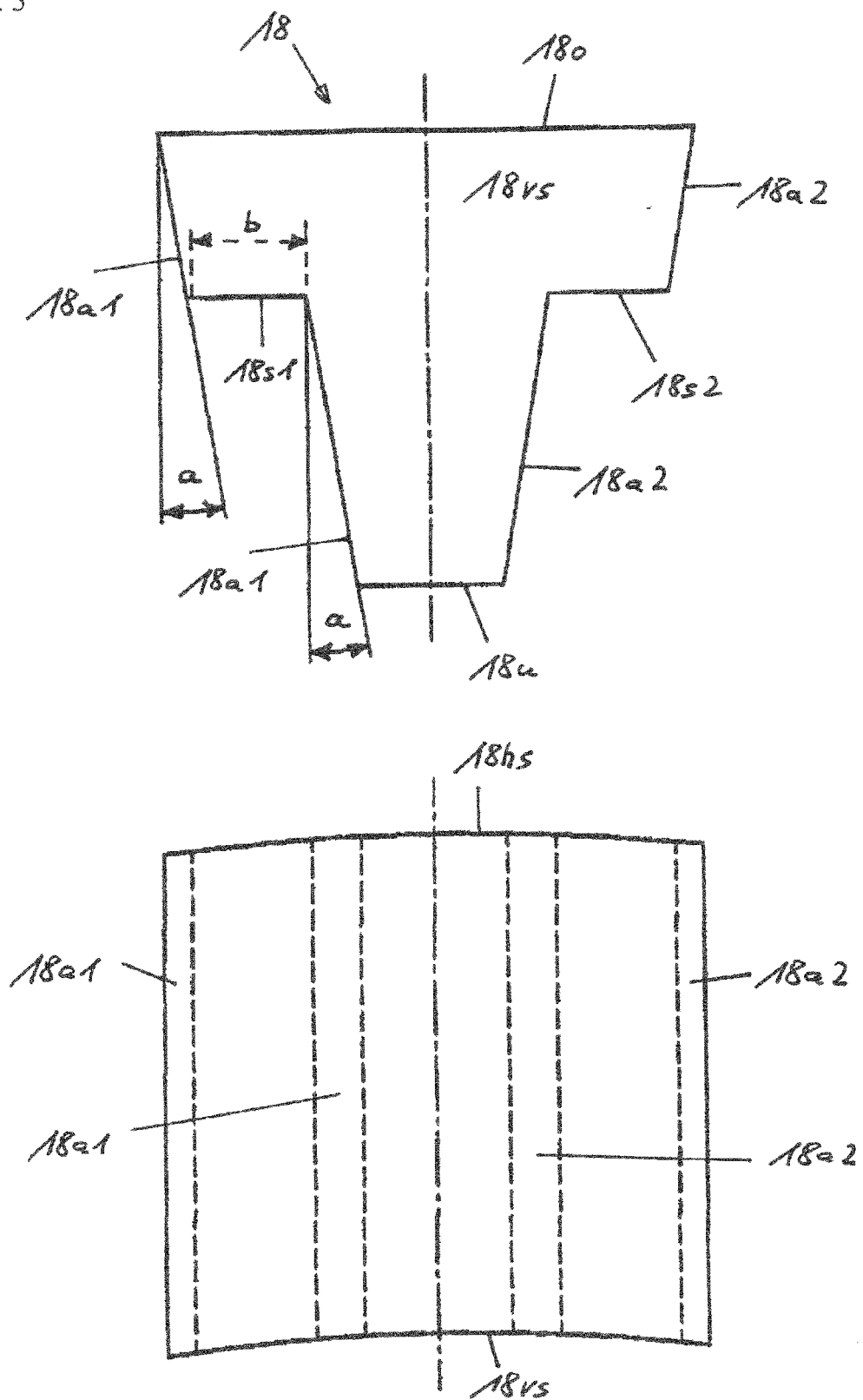


FIG. 6

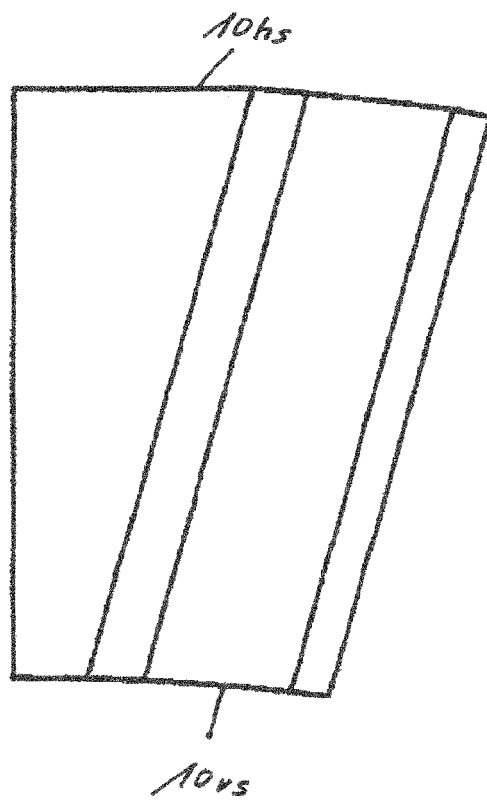
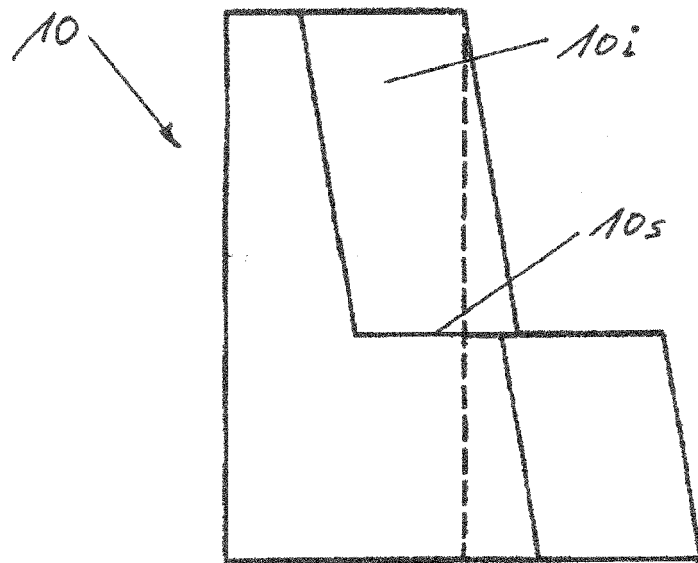
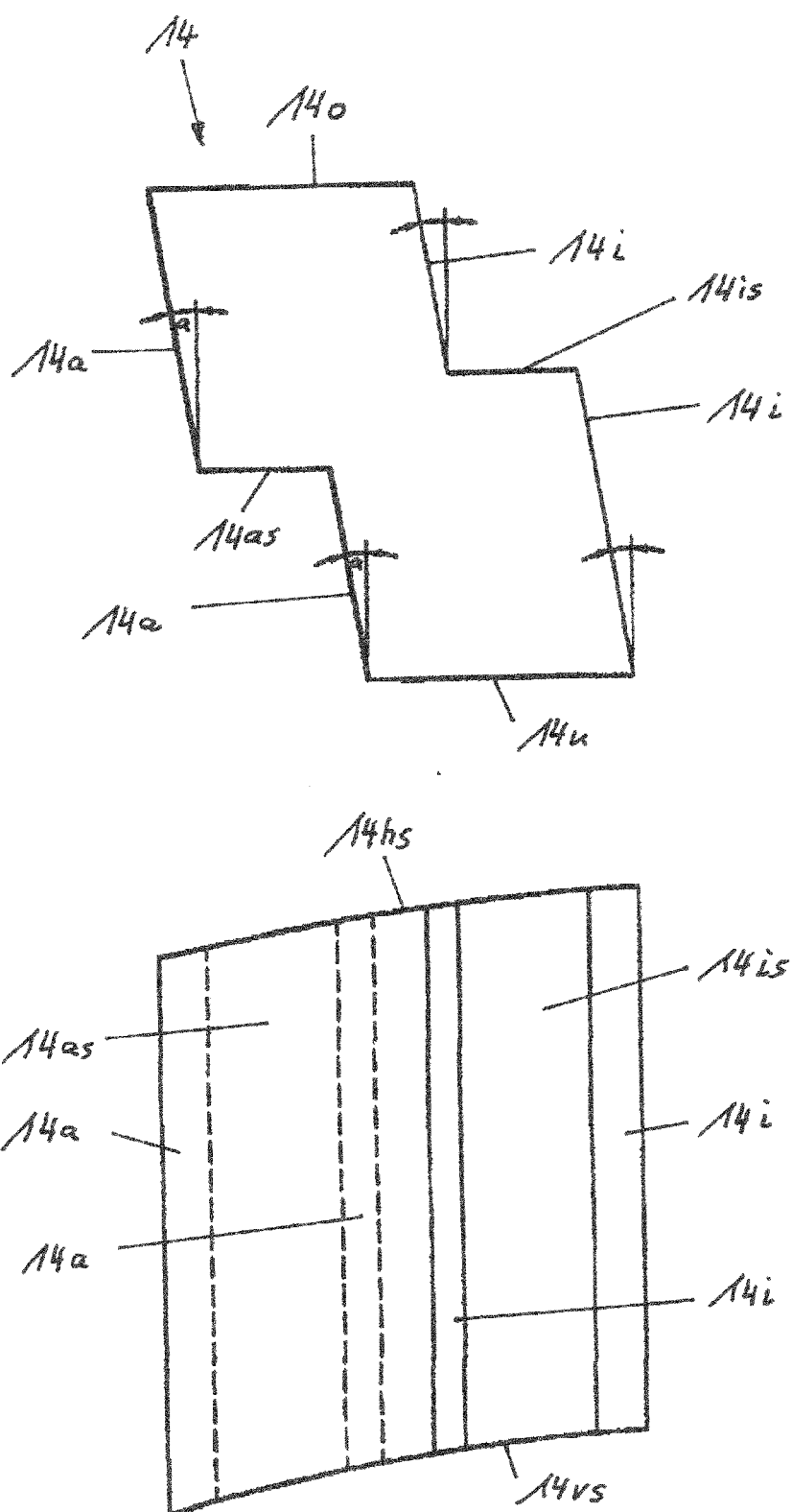


FIG. 7





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 11 19 1724

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	EP 0 163 866 A1 (KRUPP POLYSIUS AG [DE]) 11. Dezember 1985 (1985-12-11) * Abbildung 3 *	1,4-12	INV. F27B1/00 F27B1/14 F27D1/02 F27D1/04
X	DE 66 00 483 U (KELLER OFENBAU GMBH [DE]) 16. Januar 1969 (1969-01-16) * Abbildungen 1,2 * * Seite 4, Zeile 18 - Zeile 25 *	1,4-7,9,13	
X	US 6 017 487 A (FISH GEORGE L [US]) 25. Januar 2000 (2000-01-25) * Abbildungen 12,13 *	1-15	
X	FR 466 811 A (HARRY MACKENZIE RIDGE [GB]) 25. Mai 1914 (1914-05-25) * Abbildung 3 *	1-15	
X	WO 2009/053515 A1 (UNIV ALICANTE [ES]; FERRE DE MERLO LUIS [ES]) 30. April 2009 (2009-04-30) * Abbildungen 10-12 *	1-15	
X	US 2 067 414 A (REINTJES GEORGE P) 12. Januar 1937 (1937-01-12) * Abbildung 2 *	1-15	F27D F27B F23M
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
Recherchenort		Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
Den Haag		27. März 2012	Peis, Stefano
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 (03.82) (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 11 19 1724

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

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

27-03-2012

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0163866 A1	11-12-1985	BR 8502278 A	14-01-1986
		DE 3418195 A1	21-11-1985
		EP 0163866 A1	11-12-1985
		ES 8607458 A1	01-11-1986
		US 4628657 A	16-12-1986
		ZA 8503083 A	24-12-1985
DE 6600483 U	16-01-1969	KEINE	
US 6017487 A	25-01-2000	KEINE	
FR 466811 A	25-05-1914	KEINE	
WO 2009053515 A1	30-04-2009	ES 2349207 A1	29-12-2010
		WO 2009053515 A1	30-04-2009
US 2067414 A	12-01-1937	KEINE	

EPO FORM P0461

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

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 10121699 C5 [0003]
- DE 3933744 C2 [0004]
- DE 3933744 [0026]