



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
05.03.2003 Patentblatt 2003/10

(51) Int Cl.7: F27D 1/04, F27D 1/08

(21) Anmeldenummer: 01120506.9

(22) Anmeldetag: 28.08.2001

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU  
MC NL PT SE TR  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
AL LT LV MK RO SI

(72) Erfinder:  
• Bast, Ulrich, Dr.  
81667 München (DE)  
• Rettig, Uwe, Dr.  
80687 München (DE)  
• Taut, Christine, Dr.  
01277 Dresden (DE)

(71) Anmelder: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT  
80333 München (DE)

(54) **Hitzeschildstein sowie Verwendung eines Hitzeschildsteins in einer Brennkammer**

(57) Die Erfindung betrifft einen Hitzeschildstein (1), insbesondere zur Auskleidung einer Brennkammerwand, mit einer einem heißen Medium (M) aussetzbaren Heißeite (3), einer der Heißeite (3) gegenüberliegenden Wandseite (5) und einer an die Heißeite (3) und die Wandseite (5) angrenzenden Umfangsseite (7). An der Umfangsseite (7) ist ein auf eine Vorspannung ( $F_Z$ )

vorspannbares Zugelement (11, 11A) angebracht, wobei durch die Vorspannung ( $F_Z$ ) des Zugelements (11, 11A, 11B) ein Herauslösen eines bei einem Bruch gebildeten Bruchstücks (57A, 57B) des Hitzeschildsteins (1) sicher verhindert wird. Die Erfindung betrifft weiterhin die Verwendung eines Hitzeschildsteins (1) insbesondere zur Auskleidung einer Brennkammerwand einer Gasturbine.

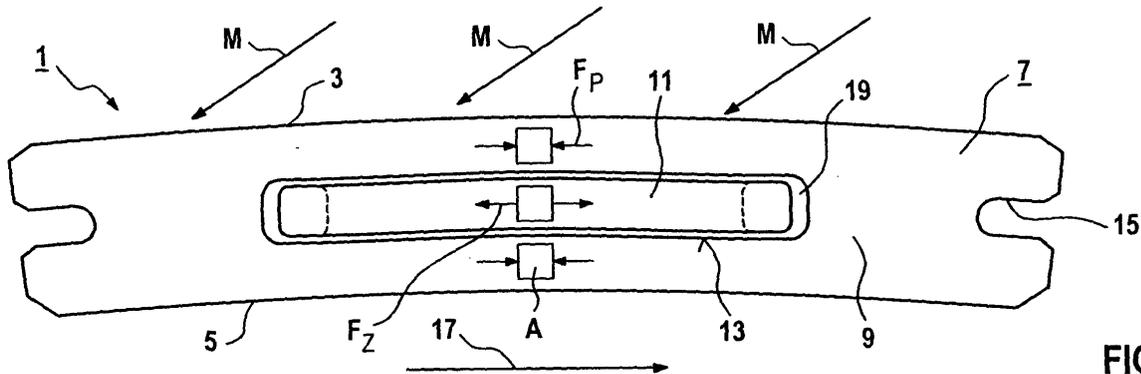


FIG 1

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft einen Hitzeschildstein, insbesondere zur Auskleidung einer Brennkammerwand, mit einer einem heißen Medium aussetzbaren Heißseite, einer der Heißseite gegenüberliegenden Wandseite und einer an die Heißseite und die Wandseite angrenzenden Umfangsseite. Die Erfindung betrifft weiterhin die Verwendung eines Hitzeschildsteins, insbesondere zur Auskleidung einer Brennkammerwand.

**[0002]** Ein thermisch und/oder thermomechanisch hochbelasteter Brennraum, wie beispielsweise ein Brennofen, ein Heißgaskanal oder eine Brennkammer einer Gasturbine, in dem ein heißes Medium erzeugt und/oder geführt wird, ist zum Schutz vor zu hoher thermischer Beanspruchung mit einer entsprechenden Auskleidung versehen. Die Auskleidung besteht üblicherweise aus hitzeresistentem Material und schtzt eine Wandung des Brennraums vor dem direkten Kontakt mit dem heißen Medium und der damit verbundenen starken thermischen Belastung.

**[0003]** Die US-Patentschrift 4,840,131 betrifft eine Befestigung von keramischen Auskleidungselementen an einer Wand eines Ofens. Hierbei ist ein Schienensystem, welches an der Wand befestigt ist und eine Mehrzahl von keramischen Schienenelementen aufweist, vorgesehen. Durch das Schienensystem können die Auskleidungselemente an der Wand gehalten werden. Zwischen einem Auskleidungselement und der Wand des Ofens können weitere keramische Schichten vorgesehen sein, u.a. eine Schicht aus losen, teilweise komprimierten Keramikfasern, wobei diese Schicht zumindest etwa die selbe Dicke wie die keramischen Auskleidungselemente oder eine größere Dicke aufweist. Die Auskleidungselemente weisen hierbei eine rechteckige Form mit planarer Oberfläche auf und bestehen aus einem wärmeisolierenden, feuerfesten keramischen Fasermaterial.

**[0004]** Die US-Patentschrift 4,835,831 behandelt ebenfalls das Aufbringen einer feuerfesten Auskleidung auf einer Wand eines Ofens, insbesondere auf einer vertikal angeordneten Wand. Auf die metallische Wand des Ofens wird eine aus Glas-, Keramikoder Mineralfasern bestehende Schicht aufgebracht. Diese Schicht wird mittels metallischen Klammern oder durch Kleber an der Wand befestigt. Auf dieser Schicht wird ein Drahtmaschennetz mit wabenförmigen Maschen aufgebracht. Das Maschennetz dient ebenfalls der Sicherung der Schicht aus Keramikfasern gegen ein Herabfallen. Auf die so befestigte Schicht wird mittels eines geeigneten Sprhverfahrens eine gleichmäßige geschlossene Oberfläche aus feuerfestem Material aufgebracht. Mit dem beschriebenen Verfahren wird weitgehend vermieden, dass während des Aufsprühens auftreffende feuerfeste Partikel zurückgeworfen werden, wie dies bei einem direkten Aufsprühen der feuerfesten Partikel auf die metallische Wand der Fall wäre.

**[0005]** Eine keramische Auskleidung der Wandungen

von thermisch hoch beanspruchten Brennramen, beispielsweise von Gasturbinenbrennkammern, ist in der EP 0 724 116 A2 beschrieben. Die Auskleidung besteht aus Wandelementen aus hochtemperaturbeständiger Strukturkeramik, wie z.B. Siliziumkarbid (SiC) oder Siliziumnitrid (Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>). Die Wandelemente sind mechanisch mittels eines zentralen Befestigungsbolzens federelastisch an einer metallischen Tragstruktur (Wandung) der Brennkammer befestigt. Zwischen den Wandelement und der Wandung des Brennraumes ist eine dicke thermische Isolationsschicht vorgesehen, sodass das Wandelement von der Wandung der Brennkammer entsprechend beabstandet ist. Die im Verhältnis zum Wandelement etwa dreimal so dicke Isolationsschicht besteht aus einem keramischen Fasermaterial, das in Blöcken vorgefertigt ist. Die Abmessungen und die äußere Form der Wandelemente sind an die Geometrie des auszukleidenden Raums anpassbar.

**[0006]** Eine andere Art der Auskleidung eines thermisch hoch belasteten Brennraums ist in der EP 0 419 487 B1 angegeben. Die Auskleidung besteht aus Hitzeschildelementen, die mechanisch an einer metallischen Wandung des Brennraums gehalten sind. Die Hitzeschildelemente berühren die metallische Wandung direkt. Um eine zu starke Erwärmung der Wandung zu vermeiden, z.B. infolge eines direkten Wärmeübergangs vom Hitzeschildelement oder durch Einbringen von heißem Medium in die durch die voneinander angrenzenden Hitzeschildelementen gebildeten Spalte, wird der von der Wandung des Brennraums und dem Hitzeschildelement gebildete Raum mit Kühlluft, der sogenannten Sperrluft beaufschlagt. Die Sperrluft verhindert das Vordringen von heißem Medium bis zur Wandung und kühlt gleichzeitig die Wandung und das Hitzeschildelement.

**[0007]** Die WO 99/47874 betrifft ein Wandsegment für einen Brennraum sowie einen Brennraum einer Gasturbine. Hierbei wird ein Wandsegment für einen Brennraum, welcher mit einem heißen Fluid, z.B. einem Heißgas, beaufschlagbar ist, mit einer metallischen Tragstruktur und einem auf der metallischen Tragstruktur befestigten Hitzeschutzelement angegeben. Zwischen die metallische Tragstruktur und das Hitzeschutzelement wird eine verformbare Trennlage eingefügt, die mögliche Relativbewegungen des Hitzeschutzelements und der Tragstruktur aufnehmen und weitgehend ausgleichen soll. Solche Relativbewegungen können beispielsweise in der Brennkammer einer Gasturbine, insbesondere einer Ringbrennkammer, durch unterschiedliches Wrmedehnverhalten der verwendeten Materialien oder durch Pulsationen im Brennraum, wie sie bei einer unregelmäßigen Verbrennung zur Erzeugung des heißen Arbeitsmittels oder durch Resonanzeffekte entstehen können, hervorgerufen werden. Zugleich bewirkt die Trennschicht, dass das relativ unelastische Hitzeschutzelement insgesamt flächiger auf der Trennschicht und der metallischen Tragstruktur aufliegt, da das Hitzeschutzelement teilweise in die Trennschicht

eindringt. Die Trennschicht kann so fertigungsbedingt Unebenheiten an der Tragstruktur und/oder dem Hitzeschutzelement, die lokal zu einem ungünstigen Kräfteintrag führen können, ausgleichen.

**[0008]** Die Erfindung geht von der Beobachtung aus, dass, insbesondere keramische, Hitzeschildsteine aufgrund ihrer notwendigen Flexibilität hinsichtlich thermischen Ausdehnungen häufig nur unzureichend gegenüber mechanischen Belastungen, wie beispielsweise Stöße oder Vibrationen, gesichert sind.

**[0009]** Der Erfindung liegt dementsprechend die Aufgabe zugrunde, einen Hitzeschildstein anzugeben, welcher sowohl hinsichtlich unbeschränkter thermischer Ausdehnung als auch hinsichtlich der Stabilität gegenüber mechanischen, insbesondere stoßartigen, Belastungen eine hohe Betriebssicherheit gewährleistet. Eine weitere Aufgabe der Erfindung besteht in der Angabe einer Verwendung des Hitzeschildsteins, insbesondere zur Auskleidung einer Brennkammerwand.

**[0010]** Die auf einen Hitzeschildstein gerichtete Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch einen Hitzeschildstein, insbesondere zur Auskleidung einer Brennkammerwand, mit einer einem heißen Medium aussetzbaren Heißeite, einer der Heißeite gegenüberliegenden Wandseite und einer an die Heißeite und die Wandseite angrenzenden Umfangsseite, wobei an der Umfangsseite ein auf eine Vorspannung vorspannbares Zugelement angebracht ist, wobei durch die Vorspannung des Zugelements ein Herauslösen eines bei einem Bruch gebildeten Bruchstücks verhindert wird.

**[0011]** Mit der Erfindung wird ein völlig neuer Weg aufgezeigt, Hitzeschildsteine gegenüber hohen Beschleunigungen infolge von Stößen oder Vibrationen dauerhaft zu sichern. Die Erfindung geht dabei bereits von der Erkenntnis aus, dass Hitzeschildsteine, wie sie üblicherweise zur Auskleidung einer Brennkammerwand verwendet werden, durch stationäre und/oder transiente Schwingungen in der Brennkammerwand zu entsprechenden Schwingungen angeregt werden. Dabei können, insbesondere in einem Resonanzfall, erhebliche Beschleunigungen oberhalb einer Grenzbeschleunigung auftreten, wobei die Hitzeschildsteine von der Brennkammerwand abheben und in der Folge wieder aufschlagen. Ein solcher Aufschlag auf die massive oder auch teilweise gedämpfte Brennkammerwand führt zu sehr hohen Kräften auf die Hitzeschildsteine und kann zu erheblichen Beschädigungen, z.B. Bruch an diesen führen. Hinzu kommt die außerordentlich große thermische Belastung des Hitzeschildsteins aufgrund der Beaufschlagung des Hitzeschildsteins mit einem heißen Medium im Betrieb. Sowohl auf der Wandseite als auch auf der Heißeite des Hitzeschildsteins können somit Anrisse auftreten, wobei bei zunehmendem Risswachstum im weiteren Betrieb auch die Gefahr eines Herauslösen von Material aus dem Hitzeschildstein besteht. Dies führt zu einer erheblichen Reduzierung der Dauerhaltbarkeit eines Hitzeschildsteins, vor allem weil solche Anrisse zu einem Materialdurchriss

und somit zu einem Bruch und völligen Versagen des gesamten Hitzeschildsteins führen können. In der Folge besteht die akute Gefahr, dass Bruchstücke in den Brennraum gelangen und weitere Bauteile der Brennkammer oder, beispielsweise beim Einsatz in der Gasturbine, den empfindlichen Beschleunigungsbereich mit Turbinenschaufeln massiv schädigen können.

**[0012]** Mit dem vorgeschlagenen Hitzeschildstein mit einem an der Umfangsseite auf eine Vorspannung vorspannbares Zugelement, wird erstmals eine äußerst effiziente und langzeitstabile Sicherung für einen Hitzeschildstein angegeben. Hierbei ist das Zugelement vorteilhafterweise in Umfangsrichtung auf eine Vorspannung vorspannbar, wobei eine entsprechende Druckspannung im Inneren des Hitzeschildsteins erzeugt wird, die den Stein zusammenklammert. Somit wird der Hitzeschildstein durch das Zugelement unter Druckvorspannung gehalten, so dass auf den Hitzeschildstein wirkende Biege-Zugkräfte verringert und das Risswachstum damit verlangsamt wird. Durch diese Druckspannung, die zumindest teilweise in Richtung des Inneren des Hitzeschildsteins gerichtet ist, wird der Hitzeschildstein bereits bei einer vergleichsweise geringen Vorspannung des Zugelements gesichert. Hierdurch wird einem möglichen Materialanriss, beispielsweise infolge einer Stoßbelastung oder einer thermischen Belastung, wirkungsvoll entgegengetreten. Vorhandene Materialanrisse können sich bei entsprechender geometrischer Ausgestaltung und Anordnung des Zugelements nicht oder nur in eingeschränktem Maße entlang der Heißeite des Hitzeschildstein weiterbilden oder ausdehnen. Das Zugelement hält den Hitzeschildstein sozusagen zusammen und sichert ihn einerseits gegenüber Materialanrissen und andererseits vor allem gegenüber einem vollständigen Materialdurchriss. Neben dieser primären Sicherungsfunktion wird zusätzlich der Gefahr eines Herauslösen oder Herausfallens von kleineren oder größeren Bruchstücken im Falle eines möglichen Materialdurchrisses oder Bruchs wirkungsvoll entgegengetreten. Die durch die Vorspannung des Zugelements bewirkte Druckspannung verhindert ein Herauslösen eines bei einem Bruch gebildeten Bruchstücks.

**[0013]** Von besonderem Vorteil ist eine Erhöhung der passiven Sicherheit des Hitzeschildsteins gegenüber den herkömmlichen Ausgestaltungen. Einem Materialanriss oder -durchriss wird durch das vorgespannte Zugelement entgegengetreten, wobei im Durchrissfall ein Herauslösen eines Bruchstücks des Hitzeschildstein unterbunden wird.

**[0014]** Durch die Ausgestaltung des Hitzeschildsteins mit dem Zugelement ergibt sich weiterhin der Vorteil einer problemlosen Vorfertigbarkeit und einfachen Montierbarkeit des Hitzeschildsteins, beispielsweise zur Montage in einer Brennkammer. Das Zugelement wird einfach an der Umfangsseite angebracht und in Umfangsrichtung je nach Anforderung vorgespannt, wobei eine vorgegebene Zugspannung dem Zugelement auf-

geprägt wird. Bei der Montage kann das Zugelement aber auch noch nicht vorgespannt sein (Vorspannung gleich Null); die Vorspannung entsteht während des Betriebes bei hoher Temperatur und zwar durch die unterschiedlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten von Zugelement und Stein. Diese hohe Flexibilität einerseits sowie die erreichbare Dauerhaltbarkeit des Hitzeschildsteins andererseits sind auch im Hinblick auf wirtschaftliche Gesichtspunkte von besonderem Vorteil. Insbesondere Revisions- oder Wartungsintervalle für den Hitzeschildstein, beispielsweise bei einer Anwendung in einer Brennkammer einer Gasturbine, werden verlängert. Im Falle eines Bruchs des Hitzeschildsteins muss nicht unmittelbar der Betrieb zur Revision der Anlage eingestellt werden, weil aufgrund der erhöhten passiven Sicherheit ein Weiterbetrieb bis zum turnusgemäßen Revisionsintervall und sogar darüber hinaus möglich ist. Der Hitzeschildstein zeichnet sich mithin durch besondere Notlaufeigenschaften aus.

**[0015]** In einer besonders bevorzugten Ausgestaltung ist bei einer Normaltemperatur das Zugelement spannungsfrei und bei einer Anwendungstemperatur oberhalb der Normaltemperatur steht das Zugelement unter der Vorspannung. Das Zugelement ist dabei vorteilhafter Weise so dimensionierbar, dass eine gezielt vorgesehene Fehlanpassung der thermischen Ausdehnungskoeffizienten zwischen Hitzeschildstein und Zugelement dazu genutzt wird, im Betrieb, d.h. bei einer Anwendungstemperatur von bis zu 1200 °C des auf die Heißeite des Hitzeschildsteins auftreffenden heißen Mediums, eine hinreichend große, durch die Vorspannung des Zugelements vermittelte Druckspannung auf den Hitzeschildstein aufzubringen. Diese Vorspannung wird zugleich aber günstiger Weise so gering eingestellt, dass sie nicht zu Kriechverformung und Relaxation des Zugelements führt oder gar in die Größe der maximal zulässigen Vorspannung des Zugelements kommt. Die Normaltemperatur bei der das Zugelement spannungsfrei ist, ist dabei vorteilhafter Weise Raumtemperatur, also ca. 20 °C, was ein besonders einfaches Anbringen des Zugelements an die Umfangsseite des Hitzeschildstein bei einer Montage ermöglicht.

**[0016]** Vorzugsweise ist die Vorspannung in Umfangsrichtung gerichtet, d.h. die Vorspannung weist zumindest eine Komponente in der Umfangsrichtung des Hitzeschildsteins auf. Die Umfangsrichtung ist dabei im Wesentlichen senkrecht zur Oberflächennormalen der Heißeite oder der Wandseite. Hierdurch werden eventuelle Bruchstücke des Hitzeschildsteins durch eine entsprechende Druckspannung in Umfangsrichtung zusammengedrückt. Ein Herauslösen der Bruchstücke in Richtung der Oberflächennormalen der Heißeite wird infolge eines Verkeilungseffekts der Bruchstücke unterbunden.

**[0017]** In einer bevorzugten Ausgestaltung weist die Umfangsseite eine Umfangsnut auf, in die das Zugelement eingreift. Die Umfangsnut ist derart ausgestaltet, dass sie das Zugelement weitgehend in den Hitze-

schildstein integriert.

**[0018]** Im Allgemeinen sind Hitzeschildsteine in Umfangsrichtung durch zwei sogenannte Steinhalterpaare gesichert, so dass bei Bruch in Umfangsrichtung jedes Bruchstück nur noch durch ein jeweiliges Steinhalterpaar gehalten wird. Die Steinhalterpaare sind dabei an der Umfangsseite des Hitzeschildsteins auf einander gegenüberliegenden Seiten angeordnet und legen eine erste Achse des Hitzeschildsteins fest. Entlang einer zweiten Achse, die senkrecht zu der ersten Achse gerichtet ist und im Allgemeinen mit der Strömungsrichtung des heißen Mediums entlang der Heißeite des Hitzeschildstein übereinstimmt, weist der Hitzeschildstein auf der Umfangsseite die das Zugelement aufnehmende Umfangsnut auf. Die entlang der zweiten Achse einander gegenüberliegenden Seiten der Umfangsseite werden auch als Stirnseiten des Hitzeschildstein bezeichnet. Jede Stirnseite kann eine jeweilige Umfangsnut aufweisen, in die ein jeweiliges Zugelement eingreift, welches im Betrieb unter Vorspannung steht. Für einen besonders vorteilhaften und sicheren Eingriff des Zugelements in die Umfangsnut kann diese zusätzlich mit Bohrungen, beispielsweise Sacklochbohrungen, an jedem Ende der Umfangsnut versehen sein. Hierdurch kann das Zugelement verdeckt und damit sozusagen voll integriert in den Hitzeschildstein eingesetzt bzw. eingelegt werden und ist vorteilhafter Weise dadurch eventuell einströmendem Heißgas nicht unmittelbar ausgesetzt. Zur Vermeidung von mechanischen oder thermomechanischen Spannungsüberhöhungen ist die Umfangsnut und ggf. die zusätzlichen Bohrungen abgerundet ausgestaltet.

**[0019]** Vorzugsweise weist die Umfangsseite eine Umfangsseitenfläche auf, wobei das Zugelement derart in die Umfangsnut eingreift, dass das Zugelement gegen die Umfangsseitenfläche zurückversetzt ist oder mit dieser bündig abschließt. Das Zugelement kann hierbei konstruktiv auf unterschiedliche Arten ausgeführt sein und dabei so gestaltet werden, dass eine günstige Kombination aus spannungsarmem Design und kostengünstiger Herstellung erreicht wird. Der Querschnitt des Zugelements kann sowohl rechteckig als auch rund oder oval ausgestaltet sein. Vorteilhafter Weise werden hier weder an dem Zugelement noch an der Umfangsnut oder ggf. den zusätzlichen Bohrungen im Hitzeschildstein scharfe Ecken oder Kanten erzeugt.

**[0020]** In besonders einfacher und bevorzugter geometrischer Ausgestaltung umfasst das Zugelement einen Steg, an dessen axialen Enden jeweils ein im Wesentlichen senkrecht zum Steg sich erstreckender fingerförmiger Anker vorgesehen ist. Steg und Anker weisen hierbei im Wesentlichen die gleiche Form und gleichen Querschnitt auf. Nach dem Anbringen des Zugelements an die Umfangsseite des Hitzeschildsteins ragen die fingerförmigen Anker in jeweilige Bohrungen im Hitzeschildstein hinein, wobei der Steg in die Umfangsnut eingreift. Vorteilhafter Weise schließt hierbei der Steg bündig mit der Umfangsseitenfläche ab, wobei ein

gewisses Spiel zwischen Zugelement und der Umfangsnut vorzusehen ist, so dass eine im Allgemeinen im Betrieb auftretende thermische Verwölbung des Hitzeschildsteins in Richtung der Oberflächennormale der Heißseite toleriert wird.

**[0021]** Vorzugsweise besteht das Zugelement aus einem keramischen Material, insbesondere aus einer  $\text{Si}_3\text{N}_4$ -Basiskeramik. Diese speziell für Hochtemperaturanwendungen unter Gasturbinenatmosphre entwickelte, hochwarmfeste, kriech- und korrosionsbeständige Basiskeramik erscheint aufgrund der zu erwartenden hohen Betriebstemperaturen von typischerweise etwa 1000 °C, zeitweise aber auch bis zu 1200 °C für die Anwendung als Zugelement besonders geeignet. Das Zugelement kann dabei aus einer Vollkeramik gefertigt werden, die an den fingerförmigen Ankern, mit denen das Zugelement in das Innere des Hitzeschildsteins eingreift, zusätzlich mit elastischem Faserkeramischem Material umhüllt sein kann. Dadurch ist eine besonders feste und dauerhaltbare Verankerung des Zugelements in dem Hitzeschildstein erreichbar.

**[0022]** Vorzugsweise ist das Zugelement mittels einer Klebstoffe befestigt. Das Zugelement ist dabei zumindest teilweise mit dem Hitzeschildstein verklebt, wobei die Klebeverbindung zwischen dem Zugelement und Hitzeschildstein vorzugsweise im Bereich der fingerförmigen Anker vorzusehen ist. Durch die Verklebung wird eine zusätzliche Sicherung des Zugelements gegenüber einem möglichen Herauslösen erreicht und die Dauerhaltbarkeit entsprechend erhöht. Beim Verkleben des Zugelements mit dem Hitzeschildstein kann sowohl ein konventioneller Klebstoff als auch ein hochtemperaturfester Kleber zum Einsatz kommen. Auch können Kleber auf Silikatbasis zum Einsatz kommen, die hervorragende Klebereigenschaften und eine große Temperaturbeständigkeit aufweisen. Als besonders vorteilhaft erweist sich bei der Klebeverbindung die Verwendung eines keramischen Werkstoffs für das Zugelement.

**[0023]** In einer besonders bevorzugten Ausgestaltung weist das Zugelement einen Kanal auf, in den der Klebstoff zur Verankerung des Zugelements einbringbar ist.

**[0024]** Hierzu kann das Zugelement beispielsweise aus einem sogenannten keramischen Rhrenmaterial gefertigt sein, wodurch ein Kanal oder eine entsprechende Vielzahl von Kanlen für das Zugelement realisierbar ist.

**[0025]** Bei einer Ausgestaltung des Zugelements mit einem Steg von dem an einem jeweiligen axialen Ende senkrecht zum Steg ein fingerförmiger Anker abzweigt, sind die fingerförmigen Anker vorzugsweise über die gesamte axiale Erstreckung des fingerförmigen Ankers und den gesamten Umfang des Ankers mit Öffnungen versehen. Daneben ist eine Einfüllöffnung vorgesehen über die der Klebstoff in den Kanal einbringbar ist. Nach Einsetzen des Zugelements in den Hitzeschildstein wird der Klebstoff durch die Einfüllöffnung in den Kanal oder

die Vielzahl von Kanlen gespritzt und tritt aus den Öffnungen der fingerförmigen Anker heraus. Nach Abbindeung des Klebstoffs kann hierdurch eine großflächige und feste Bindung zwischen dem Hitzeschildstein und dem Zugelement im Bereich der fingerförmigen Anker erzielt werden.

**[0026]** Vorzugsweise ist ein weiteres Zugelement vorgesehen, welches an der Umfangsseite angebracht ist und dem Zugelement gegenüberliegt.

**[0027]** Dabei ist vorteilhafter Weise das Zugelement und das weitere Zugelement an einer jeweiligen Stirnseite des Hitzeschildsteins angebracht, wodurch Risswachstum oder ein Bruch des Hitzeschildsteins in Strömungsrichtung des Heißgases vermieden wird.

**[0028]** Bevorzugt besteht der Hitzeschildstein aus einem keramischen Grundmaterial, insbesondere aus einer Feuerfestkeramik. Durch die Wahl einer Keramik als Grundmaterial für den Hitzeschildstein ist der Einsatz des Hitzeschildsteins bis zu sehr hohen Temperaturen sicher gewährleistet, wobei zugleich oxidative und/oder korrosive Angriffe, wie sie bei einer Beaufschlagung der Heißseite des Hitzeschildsteins mit einem heißen Medium, z.B. einem Heißgas, auftreten, weitestgehend unschädlich für den Hitzeschildstein sind. Vorteilhafter

Weise ist das Zugelement mit dem keramischen Grundmaterial des Hitzeschildsteins dadurch gut verbindbar. Die feste Verbindung kann dabei auch, wie bereits oben angesprochen, als lösbare Verbindung ausgestaltet sein. Infrage kommen neben einer Verklebung auch das Anbringen des Zugelements mittels geeigneten Befestigungselementen an der Umfangsseite, z.B. durch eine geeignete Verklammerung oder durch eine Verschraubung. Durch die Wahl eines Zugelements, welches aber

zumindest teilweise aus einem keramischen Material besteht, ist auch eine gute Anpassung an das keramische Grundmaterial des Hitzeschildsteins hinsichtlich der thermomechanischen Eigenschaften erreicht. Durch die feste Verankerung des Zugelements mit dem Grundmaterial ist der Hitzeschildstein vorteilhafter Weise zumindest bei der hohen Anwendungstemperatur in einer Art festen Verbund mit dem Zugelement ausgestaltet. Dadurch ist eine kompakte Bauweise und Struktur des Hitzeschildsteins gegeben, die eine außerordentlich hohe Dauerhaltbarkeit und passive Sicherheit selbst bei großen thermischen und/oder mechanischen Belastungen aufweist. Dies ist von besonders großem Vorteil beim Einsatz des Hitzeschildsteins in einer Brennkammer, weil selbst nach einem Anriss oder Materialdurchriss die Hitzeschildfunktion des Hitzeschildsteins weiterhin gewährleistet ist, insbesondere keine Bruchstücke in den Brennraum gelangen können.

**[0029]** Wirtschaftlich ergibt sich hieraus einerseits der Vorteil, dass im normalen Betriebsfall keine außerordentliche Wartung und/oder Revision einer den Hitzeschildstein aufweisenden Brennkammer erforderlich ist. Andererseits verfügt der Hitzeschildstein im Fall besonderer Vorkommnisse über Notlaufeigenschaften, sodass Folgeschäden für eine Turbine, beispielsweise die

Beschaufelung der Turbine, vermieden werden können. Die Brennkammer kann zumindest mit den üblichen Wartungszyklen betrieben werden, wobei aber zudem eine Verlängerung der Standzeiten aufgrund der mit dem Zugelement erhöhten passiven Sicherheit erzielbar ist.

**[0030]** Die auf eine Verwendung eines Hitzeschildsteins gerichtete Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch die Verwendung eines Hitzeschildstein gemäß den obigen Ausführungen in einer Brennkammer, insbesondere einer Brennkammer einer Gasturbine.

**[0031]** Die Vorteile einer Verwendung des Hitzeschildsteins in einer Brennkammer, insbesondere einer Brennkammer einer Gasturbine, ergeben sich entsprechend den Ausführungen zu dem Hitzeschildstein.

**[0032]** Die Erfindung wird beispielhaft anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen hierbei schematisch und teilweise vereinfacht:

- FIG 1 und 2 jeweils eine Seitenansicht eines Hitzeschildsteins mit Zugelement,
- FIG 3 eine perspektivische Ansicht eines Hitzeschildsteins in einer Explosionsdarstellung,
- FIG 4 und 5 jeweils eine Variante der Verklebung des Hitzeschildsteins mit dem Zugelement,
- FIG 6 einen Hitzeschildstein,
- FIG 7 und 8 eine jeweilige Ansicht des Zugelements des in FIG 6 gezeigten Hitzeschildsteins,
- FIG 9 eine Hitzeschildstein mit einer Variante der geometrischen Ausgestaltung von Umfangsnut und Zugelement.
- FIG 10 u. 11 eine jeweilige Detailansicht des in FIG 9 gezeigten Zugelements,
- FIG 12 einen Hitzeschildstein mit einer weiteren geometrischen Variante des in die Umfangsnut eingreifenden Zugelements,
- FIG 13 u. 14 jeweilige detaillierte Darstellungen des in FIG 12 gezeigten Zugelements.

**[0033]** Gleiche Bezugszeichen haben in den verschiedenen Figuren die gleiche Bedeutung.

**[0034]** FIG 1 zeigt in einer Seitenansicht einen Hitzeschildstein 1. Der Hitzeschildstein 1 weist eine Heißseite 3 und eine der Heißseite 3 gegenüberliegende Wandseite 5 auf. An die Heißseite 3 und die Wandseite 5 grenzt eine Umfangsseite 7 des Hitzeschildsteins 1 an.

Die Umfangsseite 7 weist eine Umfangsseitenfläche 9 auf. Die Heißseite 3 ist beim Einsatz des Hitzeschildsteins 1 mit einem heißen Medium M, beispielsweise einem heißen Gas, beaufschlagt. An der Umfangsseite 7 des Hitzeschildsteins 1 ist ein in Umfangsrichtung 17 vorgespanntes Zugelement 11 vorgesehen. Das Zugelement 11 ist hierbei auf eine Vorspannung  $F_Z$  vorgespannt. Die Umfangsseite 7 weist eine Umfangsnut 13 auf, in die das Zugelement 11 eingreift. Durch die Vorspannung  $F_Z$  des Zugelements 11 wird auf das Material des Hitzeschildsteins 1 eine Druckspannung  $F_P$  bewirkt, die beispielsweise auf ein Flächenelement A einwirkt. Das Zugelement 11 ist dabei derart vorgespannt, dass die Druckspannung  $F_P$  im Wesentlichen entlang der Umfangsrichtung 17 zum Zentrum des Hitzeschildsteins 1 hin wirkt. Zur Erzeugung einer Vorspannung  $F_Z$  in Umfangsrichtung 17 weist das Zugelement 11 eine gewisse Elastizität auf. Durch Materialanpassung des Zugelements 11 und des Grundmaterials des Hitzeschildsteins 1 kann erreicht werden, dass bei einer Normaltemperatur das Zugelement 11 spannungsfrei ist, d. h. die Vorspannung  $F_Z = 0$  ist. Die Normaltemperatur ist hierbei vorzugsweise Zimmertemperatur, also etwa 20 °C. Dies ermöglicht ein besonders einfaches Anbringen des Zugelements 11 an der Umfangsseite 7 des Hitzeschildsteins 1, indem das Zugelement 11 in die Umfangsnut 13 eingeführt wird. Zusätzlich ist hierzu im Einbauzustand ein gewisses Spiel zwischen dem Zugelement 11 und der Umfangsnut 13 vorgesehen, was durch den Spalt 19 erreicht ist.

**[0035]** Durch gezielte Einstellung der thermischen Ausdehnungskoeffizienten des Grundmaterials des Hitzeschildsteins 1 und des Zugelements 11 wird erreicht, dass im Betrieb des Hitzeschildsteins 1 eine hinreichend große Vorspannung  $F_Z$  auf den Hitzeschildstein 1 aufbringbar ist. Hierzu wird der thermische Ausdehnungskoeffizient des Grundmaterials des Hitzeschildsteins 1 größer gewählt als der thermische Ausdehnungskoeffizient des Zugelements 11. Bei einer Anwendungstemperatur oberhalb der Normaltemperatur, welche bei einem Einsatz des Hitzeschildsteins 1 in einer Gasturbine bei bis zu 1200 °C liegen kann, ist erreicht, dass das Zugelement 11 unter der Vorspannung  $F_Z$  steht. Dies wird durch die relative thermische Ausdehnung zwischen dem Grundmaterial des Hitzeschildsteins 1 und dem Zugelement 11 herbeigeführt. Das Zugelement 11 ist dabei ähnlich wie eine Klammer in den Hitzeschildstein 1 eingeführt und bewirkt eine zentral gerichtete Druckspannung  $F_P$  auf den Hitzeschildstein 1. Durch diese Klammerfunktion des Zugelements 11 wird dieses unter Betriebsbedingungen bei der Anwendungstemperatur fest zusammengeklammert. Mit dem Zugelement 11 ist eine deutliche Erhöhung der passiven Sicherheit und damit Dauerhaltbarkeit des Hitzeschildsteins 1 beim Einsatz in einem Brennraum, beispielsweise in der Brennkammer einer Gasturbine, erreicht. Der Hitzeschildstein 1 ist insbesondere gegenüber der Gefahr einer Rissbildung der Rissausbreitung auf der

Heißseite 3, der Wandseite 5 oder der Umfangsseite 7 weitgehend geschützt.

**[0036]** Zur Illustration dieses Sachverhalts zeigt FIG 2 einen Hitzeschildstein 1 mit einem Zugelement 11, wobei ein Riss 21 sich von der Heißseite 3 zu der Wandseite 5 vollständig durch das Grundmaterial des Hitzeschildsteins 1 erstreckt. Der Bruch des Hitzeschildsteins 1 dabei in einem mittleren Bereich des Hitzeschildsteins 1 aufgetreten. Infolge der erheblichen thermischen oder mechanischen Belastung, z. B. durch Aufprall auf eine nicht näher dargestellte Brennkammerwand einer Gasturbine, wird ein derartiger Riss 21 des Hitzeschildsteins 1 verursacht. Der Riss 21 führt dazu, dass der Hitzeschildstein 1 in ein erstes Bruchstück 57A und ein zweites Bruchstück 57B geteilt ist. Durch die über das Zugelement 11 vermittelte Druckspannung  $F_p$  auf den Hitzeschildstein 1 werden die Bruchstücke 57A, 57B entlang der Umfangsrichtung 17 gegeneinander gedrückt. Hierdurch wird ein Herauslösen eines bei einem Bruch gebildeten Bruchstücks 57A, 57B sicher verhindert. Ohne das unter Vorspannung  $F_z$  stehenden Zugelements 11 bestünde dagegen die akute Gefahr des Herauslösens eines Bruchstücks 57A, 57B aus dem Verbund in einer Richtung im Wesentlichen parallel zur Oberflächennormale der Heißseite 3. Die Gefahr, dass die Bruchstücke 57A, 57B in den nicht näher dargestellten Brennraum einer Gasturbine gelangen und weitere Bauteile einer Brennkammer oder, beispielsweise beim Einsatz in einer Gasturbine, den empfindlichen Beschauungsbereich der Turbinenschaufeln massiv beschädigen, wird durch das Vorsehen des Zugelements 11 wirksam entgegengetreten. Der in FIG 2 dargestellt Hitzeschildstein weist zur Befestigung des Hitzeschildsteins an einer nicht näher dargestellten Brennkammerwand eine Befestigungsnut 15 auf, in die ein Halterungselement 25A eingreift. Ein weiteres Halterungselement 25B greift in die Befestigungsnut 15 und ist entlang der Umfangsrichtung 17 dem Halterungselement 25A gegenüberliegend angeordnet. Die Wandseite 5 ist beim Einbau des Hitzeschildsteins 1 einer entsprechenden nicht näher dargestellten Wandung der Brennkammer zugewandt, sodass der Hitzeschildstein 1 über die Befestigungselemente 25A, 25B federelastisch an der nicht näher dargestellten Wandung befestigbar ist.

**[0037]** Eine perspektivische Ansicht in einer Explosionsdarstellung des Hitzeschildsteins 1 ist in FIG 3 gezeigt. Der Hitzeschildstein 1 hat dabei im Wesentlichen eine quaderförmige Geometrie und erstreckt sich entlang einer Strömungsrichtung 27 sowie einer Umfangsrichtung 17. Die Strömungsrichtung 27 bildet beim Einsatz des Hitzeschildsteins 1 in einer Brennkammer einer Gasturbine vorzugsweise zugleich auch die Richtung, in der das heiße Medium M strömt und mit der die Heißseite 3 beaufschlagt ist (vgl. auch FIG 1 und 2). Durch die Befestigungsnut 15 und die Umfangsnut 13 zerfällt die Umfangsseite 7 funktional in verschiedene Bereiche 35A, 35B, 37A, 37B, die Teilbereiche der an die Heißseite 3 und die Wandseite 5 angrenzende Um-

fangsseite 7 bilden. Der die Befestigungsnut 15 aufweisende Teilbereich der Umfangsseite 7 wird als Befestigungsseite 35A, 35B bezeichnet, während der die das Zugelement 11A, 11B aufnehmende Umfangsnut 13 aufweisende Teilbereich als Stirnseite 37A, 37B bezeichnet wird. In der Explosionsdarstellung der FIG 3 sind zwei Zugelemente 11A, 11B gezeigt, die der Verdeutlichung halber nicht in die Umfangsnut 13 eingesetzt, sondern aus dieser herausgenommen sind. Das Zugelement 11A ist dabei einer Umfangsnut 13 in der Stirnseite 37A zugeordnet, während das Zugelement 11B auf der der Stirnseite 37A entlang der Strömungsrichtung 27 gegenüberliegenden Stirnseite 37B vorgesehen ist. Jedes der Zugelemente 11A, 11B ist klammerförmig ausgestaltet und weist einen Steg 29 sowie jeweils zwei fingerförmige Anker 31 auf. Der fingerförmige Anker 31 ist dabei an den beiden Längsenden des Stegs 29 angeordnet und ragt im Wesentlichen senkrecht zur Längserstreckung des Stegs 29 in Richtung des Inneren des Hitzeschildsteins 1. Korrespondierend zu den fingerförmigen Ankern 31 weist die Umfangsnut 13 entsprechend der Anzahl der fingerförmigen Anker 31 Bohrungen 33, z.B. Sacklochbohrungen, auf. In jede dieser Bohrungen 33 ist beim Einbau der Zugelemente 11A, 11B ein fingerförmiger Anker 31 zur Verankerung des Zugelements 11A, 11B an der jeweiligen Stirnseite 37A, 37B einführbar.

**[0038]** Ein möglicher im Wesentlichen mittiger, Riss 21, durch den der Hitzeschildstein in ein erstes Bruchstück 57A und ein zweites Bruchstück 57B zerteilt wird wird mit den Zugelementen 11A, 11B überbrückt. Durch die auf das Zugelement 11A, 11B aufgebrachte Vorspannung  $F_z$  ist, wie im Zusammenhang mit der Diskussion bei den Figuren 1 und 2 bereits beschrieben, ein Herauslösen der Bruchstücke 57A, 57B verhindert.

**[0039]** Zur Befestigung oder Verankerung der Zugelemente 11A, 11B werden verschiedene Möglichkeiten vorgeschlagen, von denen in den Figuren 4 und 5 beispielhaft zwei bevorzugte Varianten illustriert sind. In beiden Varianten ist eine Verklebung des fingerförmigen Ankers 31 mit dem keramischen Grundmaterial 49 des Hitzeschildsteins 1 vorgesehen. In FIG 4 ist hierfür ein Klebstoff 39 in die Bohrung 33 vor dem Einführen des fingerförmigen Ankers 31 in die Bohrung 33 eingebracht. Zur Befestigung des Zugelements 11A, 11B wird der fingerförmige Anker 31 in die mit dem Klebstoff 39 versehene Bohrung 33 eingeführt, wobei der fingerförmige Anker 31 in den Klebstoff 39 hineingedrückt wird. Nach Abbindung des Klebstoffs 39, beispielsweise eines keramischen Klebers, ist eine sichere und dauerhafte Klebeverbindung zwischen dem fingerförmigen Anker 31 und dem keramischen Grundmaterial 49 des Hitzeschildsteins 1 erreicht. Die Umfangsseite 7 weist eine Umfangsseitenfläche 9 auf, wobei das Zugelement 11A, 11B, respektive der Steg 29 des Zugelements 11A, 11B, derart in die Umfangsnut 13 eingreift, dass das Zugelement 11A, 11B mit der Umfangsseitenfläche 9 bündig abschließt. Es ist auch möglich, dass das Zugele-

ment 11A,11B gegenüber der Umfangsseitenfläche in Richtung des Inneren des Hitzeschildsteins 1 zurückversetzt ist. Durch diese Ausgestaltung ist das Zugelement 11A,11B verdeckt und sozusagen integriert in den Hitzeschildstein 1 eingesetzt und somit einem eventuell einströmenden heißen Medium M nicht unmittelbar ausgesetzt. Das vorgesehene Spiel in Form eines Spalts 19 zwischen dem Zugelement 11A,11B ermöglicht eine weitgehend ungehinderte thermische Aufwölbung des Hitzeschildsteins 1 im Betriebsfall.

**[0040]** FIG 5 zeigt eine gegenüber FIG 4 alternative Variante der Verklebung des Zugelements 11 mit dem keramischen Grundmaterial 49 im Bereich der Bohrung 33. Das Zugelement 11 weist hierzu einen Kanal 41 auf. Der Kanal 41 weist eine Eintrittsöffnung 43 auf, die von der Umfangsseite 7 abgewandt stegseitig an der Außenfläche des Zugelements 11 vorgesehen ist. Der Kanal 41 verzweigt sich und mündet in eine Vielzahl von Austrittsöffnungen 45 in dem fingerförmigen Anker 31. Das Zugelement 11 mit dem Steg 29 und dem fingerförmigen Anker 31 sind dabei vorzugsweise aus einem keramischen Material, beispielsweise einer  $\text{Si}_3\text{N}_4$ -Basiskeramik. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel der FIG 5 besteht das Zugelement 11 aus einem keramischen Röhrenmaterial. Der fingerförmige Anker 31 weist beispielsweise über die gesamte axiale Erstreckung des Ankers 31 und über den gesamten Umfang des Ankers 31 verteilte Austrittsöffnungen 45 auf. Zum Verkleben des Zugelements 11 mit dem Material 49 des Hitzeschildsteins 1 im Bereich der Bohrung 33 wird Klebstoff 39, beispielsweise ein keramischer Kleber, durch die Eintrittsöffnung 39 dem Kanal 41 zugeführt. Der Klebstoff 39 wird vorzugsweise in die Eintrittsöffnung eingespritzt, sodass eine gleichmäßige und vollständige Verteilung des Klebstoffs 39 im gesamten Kanal 41 und ein Austreten des Klebstoffs durch die Austrittsöffnung 45 möglich ist. Eine großflächige Bindung zwischen dem keramischen Material 49 des Hitzeschildsteins 1 und dem fingerförmigen Anker 31 ist somit erreicht. Der fingerförmige Anker 31 wirkt in diesem Ausführungsbeispiel als Hohlanker, über den der Klebstoff 39 sehr gezielt zu den zu verklebenden Bereichen in der Bohrung 33 gebracht werden kann.

**[0041]** Neben der Verwendung eines keramischen Röhrenmaterials für den Zuganker 11 ist aber auch die Verwendung einer Vollkeramik möglich, wie beispielsweise in FIG 4 gezeigt. Zusätzlich zur Verwendung eines Klebstoffs 39 zur Verklebung, kann der fingerförmige Anker 31, mit denen das Zugelement 11 in den Hitzeschildstein 1 eingreift, mit dem elastischen faserkeramischen Material umhüllt werden. Dies verstärkt die Anbindung und die Dauerhaltbarkeit der Klebeverbindung zwischen Anker 31 und dem keramischen Material 49 in der Sackbohrung 33.

**[0042]** In den nachfolgenden Figuren 6 bis 14 sind verschiedene konstruktive Varianten eines an einem Hitzeschildstein 1 angebrachten Zugelements 11 graphisch dargestellt. Hierbei ist im Wesentlichen der

Querschnitt des Zugelements 11 sowie die das Zugelement 11 aufnehmenden korrespondierenden Umfangsnut 13 geometrisch variiert. Es ist darauf zu achten, dass weder an dem Zugelement 11 noch an der Umfangsnut 13 scharfe Ecken oder Kanten bestehen. Hierzu sind in den kritischen Bereichen Abrundungen 51 am Zugelement 11 und entsprechend an der Umfangsnut 13 vorgesehen. FIG 7 und FIG 8 zeigen zwei Seitenansichten des Zugelements 11, wie es in den Hitzeschildstein 1 gemäß FIG 6 eingesetzt ist. Der fingerförmige Anker 31 erstreckt sich im Wesentlichen senkrecht zum Steg 29 und weist einen Schaftbereich 53 sowie einen an den Schaftbereich 53 sich anschließenden Endabschnitt 55 auf. Der Endabschnitt 55 ist in Querschnitt gegenüber dem Schaftbereich 53 etwas vergrößert, sodass eine besonders günstige Verankerung des Ankers 31 in der Bohrung 33 erzielt werden kann.

**[0043]** FIG 10 und FIG 11 zeigen ein Zugelement 11, wie es gemäß dem Ausführungsbeispiel der FIG 9 an einen Hitzeschildstein 1 angebracht ist. Der Querschnitt des Zugelements ist hierbei im Wesentlichen rechteckig, kann aber auch quadratisch sein. Entsprechend der gewählten Geometrie ist die Umfangsnut 13 unter Vorziehung eines Spalts 19 und einer Abrundung 51 ausgestaltet. Analog zu dem Ausführungsbeispiel der Figuren 6 bis 8 weist das Zugelement 11 einen fingerförmigen Anker 31 auf, welcher einen Schaftbereich 53 und einen Endabschnitt 55 umfasst. In analoger Weise zeigen die Figuren 12 bis 14 ein Ausführungsbeispiel der Erfindung, bei der das Zugelement 11 eine im Wesentlichen runde oder ovale Querschnittsfläche aufweist.

**[0044]** In allen vorbeschriebenen Ausführungsbeispielen erfolgt die Befestigung der Zugelemente an dem Hitzeschildstein 1 vorzugsweise mittels einer Verklebung mit einem Klebstoff 39, z.B. einem keramischen Kleber. Die Verklebung erweist sich als besonders günstig für die Montage des Hitzeschildsteins 1 in eine Brennkammer, wo die Hitzeschildsteine bei einer hohen Anwendungstemperatur zum Einsatz kommen. Die Verklebung des Zugelements 11 verhindert dabei ein Herauslösen des Zugelements 11 aus dem Hitzeschildstein 1 bei einer Normaltemperatur unterhalb der Anwendungstemperatur, also wenn das Zugelement vorzugsweise spannungsfrei ist. Die Verklebung kann dabei so ausgeführt werden, dass nach dem Aushärten ein Formschluss des Zugelements 11 mit dem Hitzeschildstein 1 gebildet ist. Dadurch kann das Zugelement nicht herausfallen, selbst wenn der ausgehärtete Klebstoff 39 brechen sollte, da sich eventuelle Bruchstücke des ausgehärteten Klebstoffs verhaken würden. In einer alternativen Ausgestaltung ist auch eine formschlüssige Verbindung zwischen Zugelement 11 und Hitzeschildstein 1 möglich, wobei auf einen Klebstoff 39 gänzlich verzichtet werden kann. In diesem Falle ist eine gewisse Vorspannung  $F_Z$  auf das Zugelement 11 bereits bei einer Normaltemperatur, z.B. Zimmertemperatur, aufzubringen. Diese Vorspannung dient als Haltespannung

zur sicheren Verklammerung des Zugelements 11 mit dem Hitzeschildstein 1 bei der Montage.

**[0045]** Die Vorteile des erfindungsgemäßen Hitzeschildsteins liegen in einer deutlichen Erhöhung der Betriebssicherheit beim Einsatz des Hitzeschildsteins in einer Brennkammer, beispielsweise in einer thermisch hochbelasteten Brennkammer einer Gasturbine. Insbesondere werden Maschinenschäden infolge eines Bruches oder Durchrisses des Hitzeschildsteins - was infolge von thermischen und/oder mechanischen Belastungen des Hitzeschildsteins vorkommen kann - mit großer Sicherheit vermeiden, da durch das Zugelement ein Herauslösen eines bei einem Bruch gebildeten Bruchstücks verhindert wird. Damit einher geht eine deutliche Verlängerung der Lebensdauer des Hitzeschildsteins, da einerseits das Risswachstum verlangsamt wird und andererseits eine größere Risslänge bis hin zur Austauschgrenze zugelassen werden kann. Folglich ist eine Reduzierung der Anzahl und der Dauer von Zwangstillständen der Brennkammer möglich, wodurch sich insbesondere auch die Verfügbarkeit einer Anlage bei Verwendung des Hitzeschildsteins zur Auskleidung einer Brennkammerwand, erhöht.

#### Patentansprüche

1. Hitzeschildstein (1), insbesondere zur Auskleidung einer Brennkammerwand, mit einer einem heißen Medium (M) aussetzbaren Heißseite (3), einer der Heißseite (3) gegenüberliegenden Wandseite (5) und einer an die Heißseite (3) und die Wandseite (5) angrenzenden Umfangsseite (7),  
**dadurch gekennzeichnet, dass** an der Umfangsseite (7) ein auf eine Vorspannung ( $F_Z$ ) vorspannbares Zugelement (11, 11A) angebracht ist, wobei durch die Vorspannung ( $F_Z$ ) des Zugelements (11, 11A, 11B) ein Herauslösen eines bei einem Bruch gebildeten Bruchstücks (57A,57B) verhindert wird.
2. Hitzeschildstein (1) nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** bei einer Normaltemperatur das Zugelement (11,11A,11B) spannungsfrei ist, und dass bei einer Anwendungstemperatur oberhalb der Normaltemperatur das Zugelement (11,11A,11B) unter der Vorspannung ( $F_Z$ ) steht.
3. Hitzeschildstein (1) nach Anspruch 1 oder 2,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorspannung ( $F_Z$ ) in Umfangsrichtung (17) gerichtet ist.
4. Hitzeschildstein (1) nach Anspruch 1, 2 oder 3,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** die Umfangsseite (7) eine Umfangsnut (13) aufweist, in die das Zugelement (11,11A,11B) eingreift.
5. Hitzeschildstein (1) nach Anspruch 4,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** die Umfangsseite (7) eine Umfangsseitenfläche (9) aufweist, wobei das Zugelement (11,11A,11B) derart in die Umfangsnut (13) eingreift, dass das Zugelement (11,11A,11B) gegenüber der Umfangsseitenfläche (9) zurück versetzt ist oder mit dieser bündig abschließt.
6. Hitzeschildstein (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Zugelement (11,11A,11B) aus einem keramischen Material (47), insbesondere aus einer  $Si_3N_4$ -Basiskeramik, besteht.
7. Hitzeschildstein (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Zugelement (11,11A,11B) mittels eines Klebstoffs (39) befestigt ist.
8. Hitzeschildstein (1) nach Anspruch 7,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** das Zugelement (11,11A,11B) einen Kanal (41) aufweist, in den der Klebstoff (39) zur Verankerung des Zugelements (11,11A,11B) einbringbar ist.
9. Hitzeschildstein nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** ein weiteres Zugelement (11B) vorgesehen ist, welches an der Umfangsseite (7) angebracht ist und dem Zugelement (11A) gegenüberliegt.
10. Hitzeschildstein (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** dieser aus einem keramischen Grundmaterial (49), insbesondere aus einer Feuerfestkeramik, besteht.
11. Verwendung eines Hitzeschildsteins (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche in einer Brennkammer einer Gasturbine.

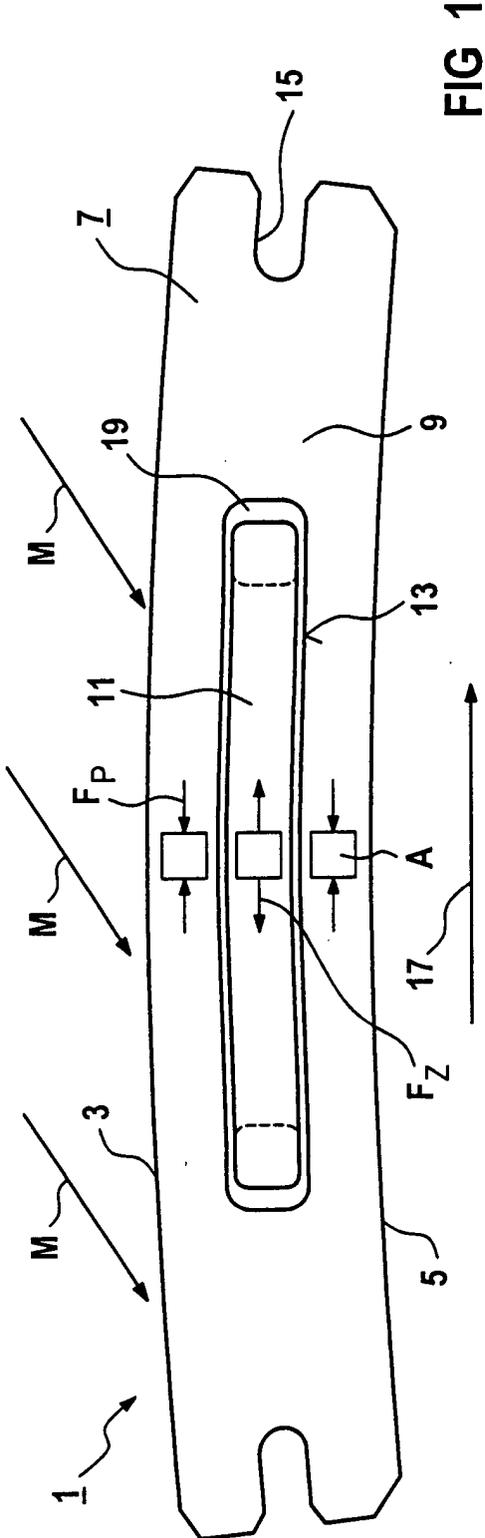


FIG 1

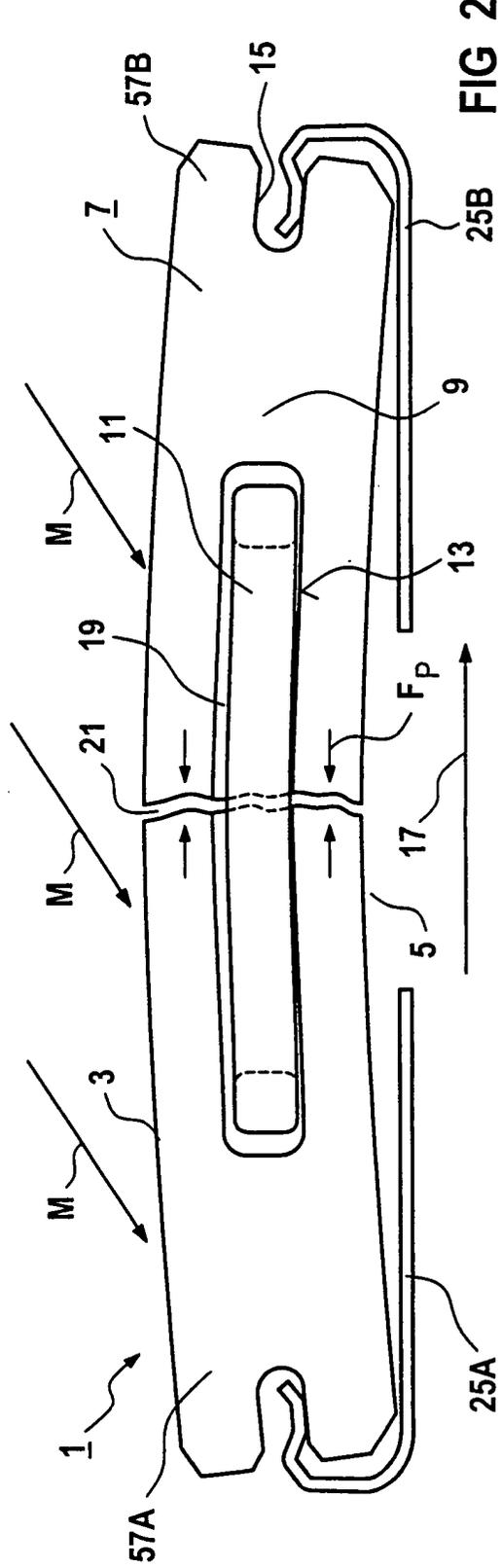


FIG 2

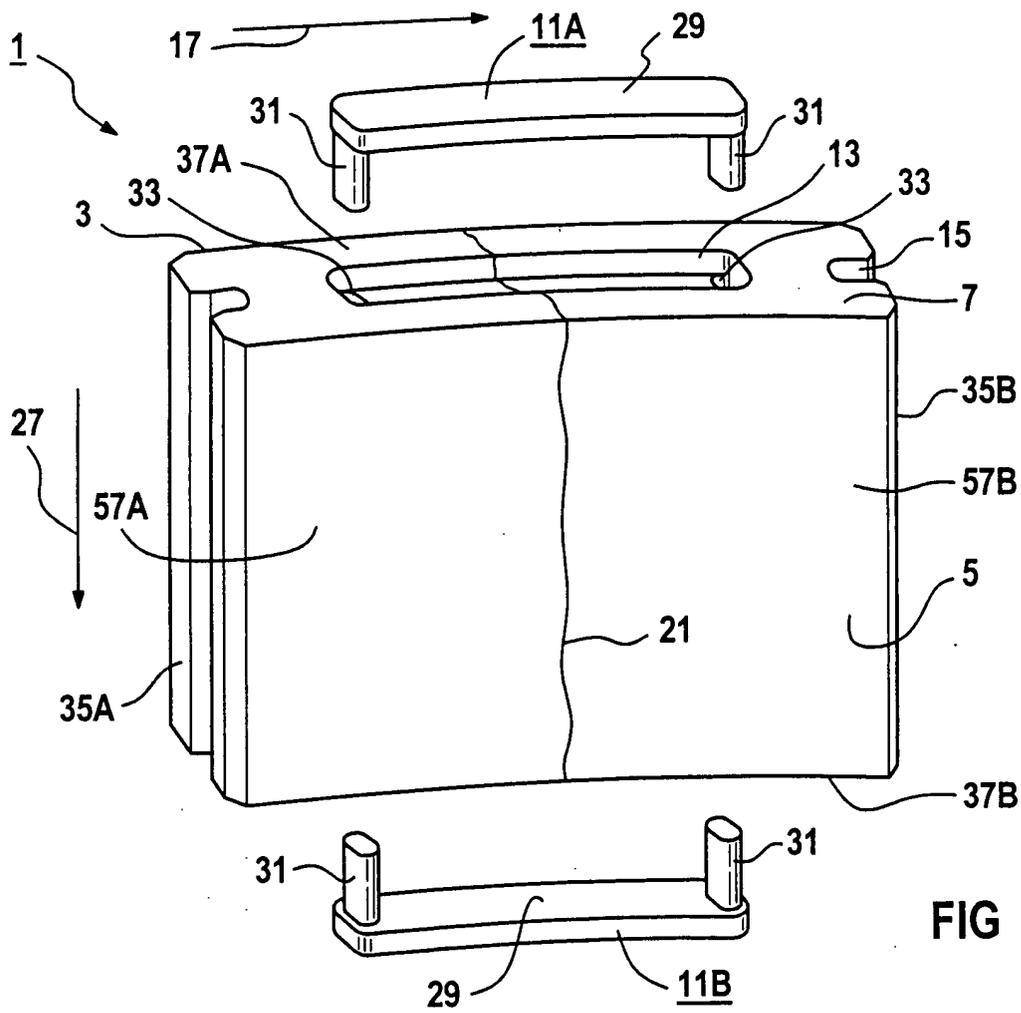


FIG 3

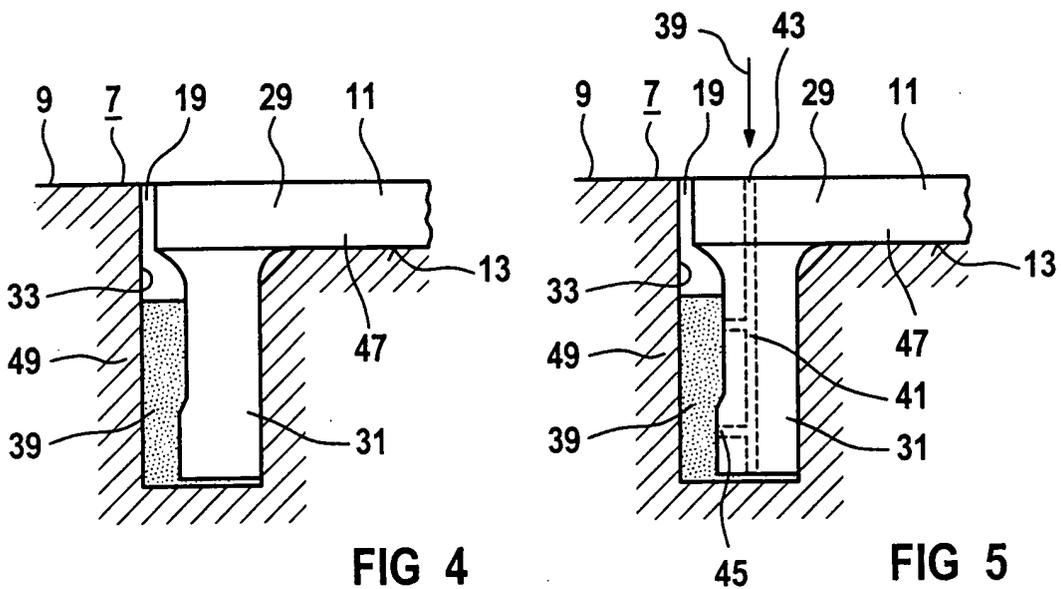


FIG 4

FIG 5

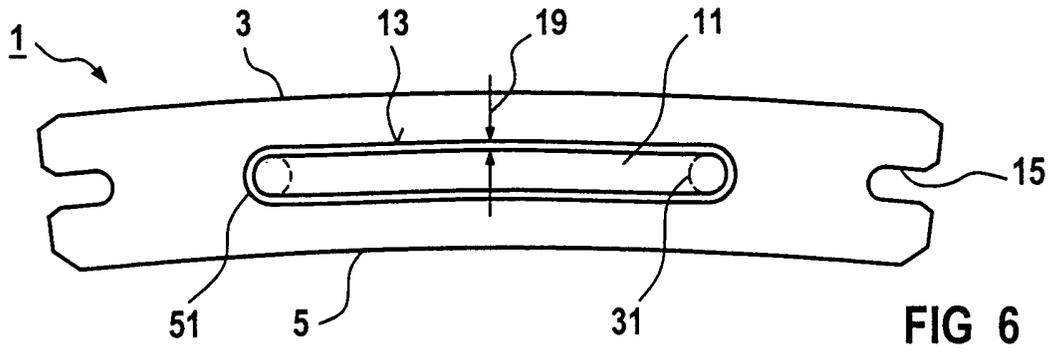


FIG 6

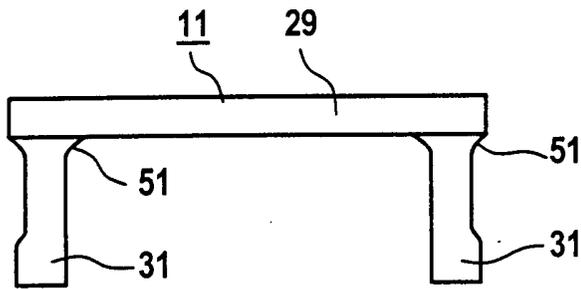


FIG 7

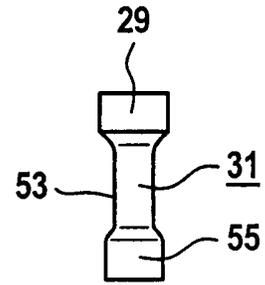


FIG 8

3/4

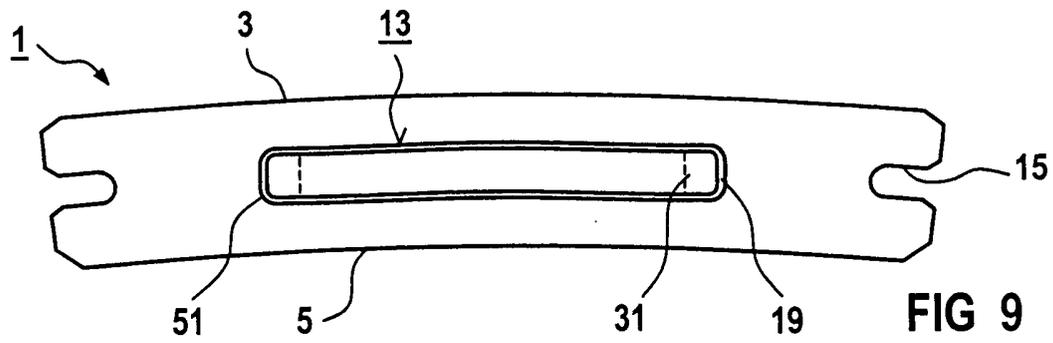


FIG 9

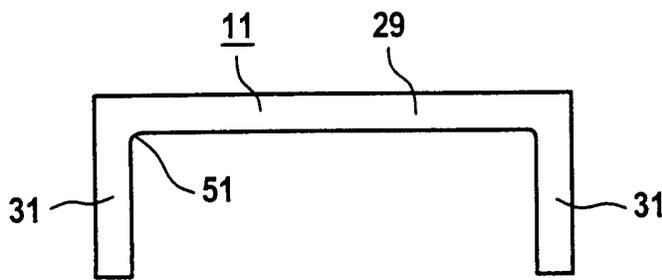


FIG 10

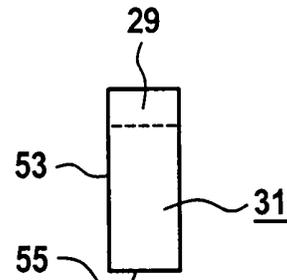


FIG 11

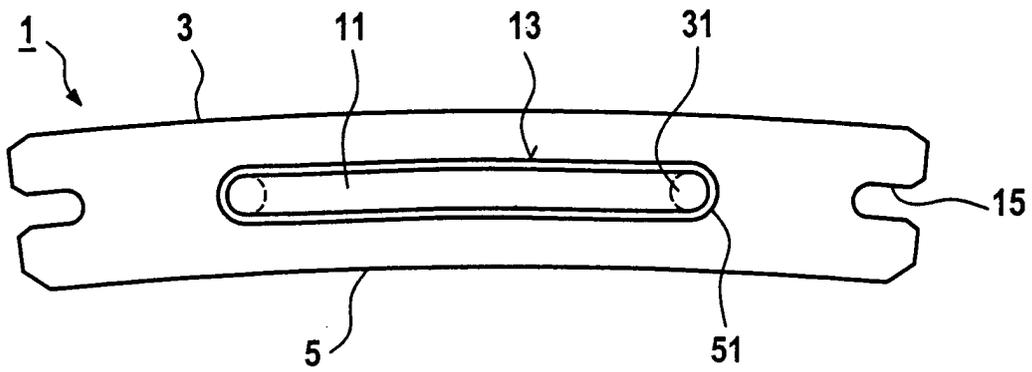


FIG 12

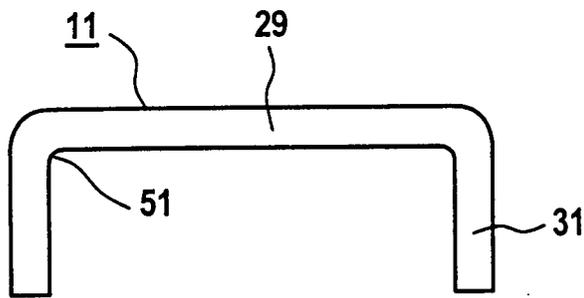


FIG 13

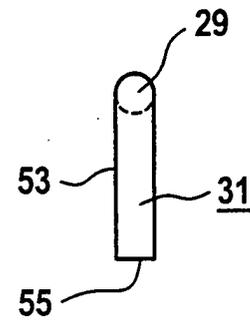


FIG 14



Europäisches  
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 01 12 0506

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
A	US 5 431 020 A (H.MAGHON) 11. Juli 1995 (1995-07-11) * Ansprüche; Abbildungen *	1,9	F27D1/04 F27D1/08
A	US 6 085 515 A (G.WALTZ) 11. Juli 2000 (2000-07-11) * Ansprüche; Abbildungen *	1	
A	US 2 656 717 A (J.C.FOURMANOIT) 27. Oktober 1953 (1953-10-27)		
A	US 2 548 485 A (I.LUBBOCK) 10. April 1951 (1951-04-10) * Spalte 4; Abbildung 4 *		
A	US 5 624 256 A (A.PFEIFFER) 29. April 1997 (1997-04-29)		
A	DE 36 25 056 A (SIEMENS AG) 28. Januar 1988 (1988-01-28)		
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)
			F27D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer	
DEN HAAG	7. Dezember 2001	Coulomb, J	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, 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	
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			

EPO FORM 1503 03.82 (PC/AC/03)

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

EP 01 12 0506

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.

07-12-2001

Im Recherchenbericht angeführtes Patendokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5431020	A	11-07-1995	WO 9209850 A1	11-06-1992
			DE 59105743 D1	20-07-1995
			EP 0558540 A1	08-09-1993
			ES 2073182 T3	01-08-1995
			JP 7039859 B	01-05-1995
			KR 213394 B1	02-08-1999
			RU 2088836 C1	27-08-1997
US 6085515	A	11-07-2000	DE 19623300 A1	18-12-1997
			WO 9747925 A1	18-12-1997
			EP 0904512 A1	31-03-1999
			JP 2000512370 T	19-09-2000
US 2656717	A	27-10-1953	KEINE	
US 2548485	A	10-04-1951	KEINE	
US 5624256	A	29-04-1997	DE 19502730 A1	01-08-1996
			EP 0724116 A2	31-07-1996
			JP 8296976 A	12-11-1996
DE 3625056	A	28-01-1988	DE 3645335 C2	22-05-1997
			DE 3625056 A1	28-01-1988

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