



PCT

WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM  
Internationales Büro

INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE  
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation <sup>7</sup> : F22B 35/00, F23L 15/00	A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: <b>WO 00/32987</b>  (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 8. Juni 2000 (08.06.00)
---	----	--

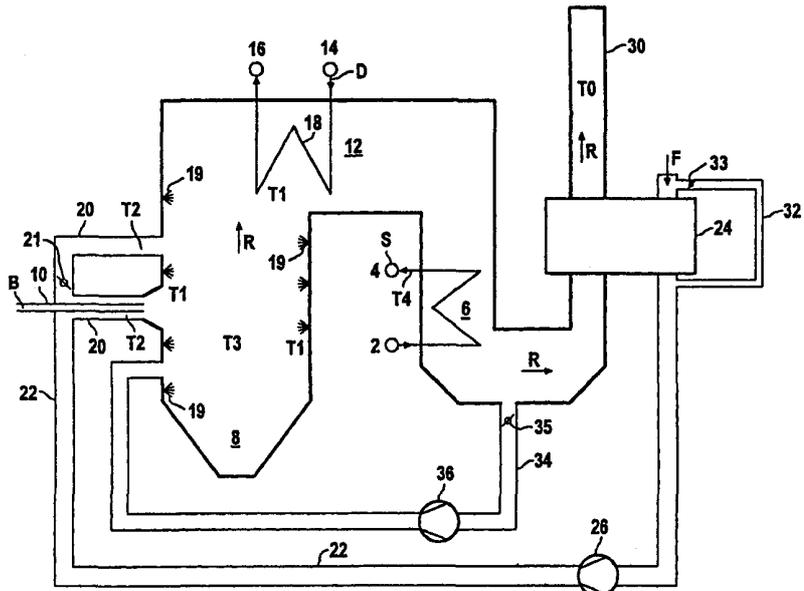
<p>(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE99/03654</p> <p>(22) Internationales Anmeldedatum: 17. November 1999 (17.11.99)</p> <p>(30) Prioritätsdaten: 198 55 670.5      2. Dezember 1998 (02.12.98)      DE</p> <p>(71) Anmelder: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, D-80333 München (DE).</p> <p>(72) Erfinder: BRUMMEL, Hans-Gerd; Naturbadstrasse 27, D-91056 Erlangen (DE). BÄHR, Siegfried; Am Oberen Tor 14, D-91330 Eggolsheim (DE). REISSIG, Sergej; Schwedlerstrasse 33, D-91058 Erlangen (DE). KIRSTEIN, Kurt; Sandstrasse 2, D-91099 Poxdorf (DE).</p>	<p>(81) Bestimmungsstaaten: BR, EE, ID, KZ, RU, UA, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).</p> <p><b>Veröffentlicht</b> <i>Mit internationalem Recherchenbericht.</i></p>
---	--

(54) Title: METHOD FOR OPERATING A STEAM GENERATOR AND STEAM GENERATOR FOR CARRYING OUT THIS METHOD

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINES DAMPFERZEUGERS UND DAMPFERZEUGER ZUR DURCHFÜHRUNG DES VERFAHRENS

(57) Abstract

The invention relates to a steam generator (1) having high steam efficiency, comprising a combustion chamber (8), a chimney (30) and an overheater (12), which has several heating surfaces (18). A flue gas flows through the combustion chamber (8), the overheater (12) and the chimney (30). The aim of the invention is to achieve particularly high efficiency and to avoid pollution and slagging during the operation of said steam generator (1). To this end, the flue gas temperature (T1) which has an effect on the heating surfaces (18), which are positioned first as seen in the flow direction of the flue gas, is adjusted in such a way that the softening temperature for ash particles contained in the flue gas is not reached and that fresh air (F) having a fresh air temperature (T2) reduced of at least T2 = 15K is supplied to the combustion chamber (8).



### (57) Zusammenfassung

Zur Erreichung eines besonders hohen Wirkungsgrads bei Vermeidung von Verschmutzung und Verschlackung im laufenden Betrieb eines Dampferzeugers (1) mit einer Dampfleistung, umfassend eine Brennkammer (8) und einen Überhitzer (12), der eine Anzahl von Heizflächen (18) aufweist, sowie einen Kamin (30), bei dem die Brennkammer (8), der Überhitzer (12) und der Kamin (30) von einem Rauchgasstrom durchströmt werden, wird erfindungsgemäß die auf die in Strömungsrichtung des Rauchgasstroms gesehen ersten Heizflächen (18) einwirkende Rauchgastemperatur (T1) derart eingestellt, daß die Erweichungstemperatur für im Rauchgasstrom enthaltene Aschepartikel unterschritten bleibt und der Brennkammer (8) Frischluft (F) mit einer um mindestens  $T_2 = 15K$  reduzierten Frischlufttemperatur (T2) zugeführt wird.

### LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidschan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauretanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		
EE	Estland						

## Beschreibung

Verfahren zum Betreiben eines Dampferzeugers und Dampferzeuger zur Durchführung des Verfahrens

5

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Betreiben eines Dampferzeugers mit einer Brennkammer und einem Überhitzer, der eine Anzahl von Heizflächen aufweist, wobei die Brennkammer und der Überhitzer von einem Medium durchströmt werden. Sie bezieht sich weiter auf einen Dampferzeuger zur Durchführung des Verfahrens.

In einer Dampfkraftanlage wird der Energiegehalt eines Brennstoffs in eine technologisch nutzbare Energieform umgewandelt. Dabei wird durch Verbrennung des Brennstoffs ein heißes Gas als Arbeitsmittel erzeugt, dessen Wärmeinhalt genutzt wird, um in einem Verdampfer Wasser ganz oder teilweise zu verdampfen und/oder zu überhitzen. Der so entstandene Dampf wird einer Dampfturbine zugeleitet, wo er sich entspannt und dabei Energie auf ein Generatorsystem überträgt.

Als Brennstoff werden dabei insbesondere die fossilen Energieträger Ölschiefer oder Kohlenstaub oder auch Müll herangezogen. Diesen Brennstoffen ist gemeinsam, daß sie bei ihrer Verbrennung Aschepartikel freisetzen. Darüber hinaus gibt die bei der Verbrennung entstehende Flamme bedingt durch besonders hohe Verbrennungstemperaturen einen beträchtlichen Wärmestrom an die Brennkammerwand durch Strahlung ab. Dabei ist die Flammenstrahlung maßgeblich bestimmt durch den Anteil der dreiatomigen Gase  $\text{CO}_2$  und  $\text{H}_2\text{O}$  sowie durch den Anteil von Ruß-, Kohlenstaub- oder Aschepartikeln. Die Flammenstrahlung ermöglicht die Übertragung der durch die Verbrennung freigesetzten Wärme an die Brennkammerwand. Weiter stromab wird die verbleibende Rauchgaswärme durch Konvektion auf im Kessel angeordnete Wärmetauscher, z.B. Überhitzer, Zwischenüberhitzer oder Economizer, übergeben.

Die Effektivität des Verbrennungsprozesses, d.h. die Größe des bei der Verbrennung abgegebenen Wärmestromes, ist maßgeblich bestimmt durch die Verbrennungstemperatur. Hohe Verbrennungstemperaturen führen zu einer besonders hohen Wärmeübertragung, wodurch der thermische Wirkungsgrad verbessert wird. 5  
Nachteilig dabei ist, daß durch diese hohen Verbrennungstemperaturen aus im Brennstoff enthaltenen Mineralien klebrige Aschepartikel entstehen. Eine derartige Erweichung der Aschepartikel, insbesondere im Bereich der Brennkammerwand und im 10  
Eingangsbereich der Heizflächen des Überhitzers, resultiert jedoch in einen stetig wachsenden glas- oder sinterartigen Belag oder Überzug an der Brennkammerwand bzw. an den Heizflächen, welche dadurch verstärkt wird, daß durch Behinderung der Wärmeübertragung in der Brennkammer die Rauchgastemperatur weiter ansteigt. 15

Aus der DE 37 12 801 ist ein Verfahren zum Betreiben eines Dampferzeugers bekannt, bei dem bei Überschreiten eines oberen Grenzwerts der Rauchgastemperatur die auf die in Strömungsrichtung des Rauchgasstroms gesehen ersten Heizflächen einwirkende Rauchgastemperatur derart eingestellt wird, daß die Erweichungstemperatur für im Rauchgasstrom enthaltene Aschepartikel unterschritten bleibt. 20

25 Daher sind üblicherweise zur Reduzierung der Verschmutzung und/oder Verschlackung der Brennkammerwand und der Heizflächen Reinigungssysteme, z.B. sogenannte Rußbläser oder Wasserlanzen, vorgesehen. Dabei wird in sogenannten Reinigungsintervallen, die auf Erfahrungen des Anlagenbetriebs zurückzuführen sind, der Dampferzeuger gereinigt. Die Wirkung dieser Reinigungssysteme ist aber hinsichtlich der Beseitigung von glas- oder sinterartigen Überzügen oder Belägen begrenzt. Diese Beläge bewirken aber generell eine Verminderung der thermischen Leistung des Dampferzeugers und führen zusätzlich 30  
aufgrund von zwangsläufig durch die Beläge auftretenden Temperaturverschiebungen im Dampferzeuger zu einer Erhöhung der Rauchgastemperatur und somit zu Folgeschäden an den Heizflä-

chen. Dies wiederum kann zu unerwünscht kurzen Reinigungsintervallen mit entsprechend hohen Wirkungsgradverlusten oder gar zum Austausch von stark verschmutzten oder korrodierten Heizflächen und somit zu einem Abschalten sowie längeren Stillstand des Dampferzeugers führen.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Betreiben eines Dampferzeugers anzugeben, bei dem die Verschmutzung und/oder Verschlackung der Brennkammerwand und der Heizflächen bei Erzielung eines besonders hohen Wirkungsgrades sicher vermieden ist.

Bezüglich des Verfahrens wird die Aufgabe erfindungsgemäß gelöst durch die Merkmale des Anspruchs 1. Dazu wird bei Überschreiten eines oberen Grenzwertes der Rauchgastemperatur im Kamin und/oder Unterschreiten eines unteren Grenzwertes für die Dampfleistung die auf die in Strömungsrichtung des Rauchgasstroms gesehen ersten Heizflächen einwirkende Rauchgastemperatur derart eingestellt, daß die Erweichungstemperatur für im Rauchgasstrom enthaltene Aschepartikel unterschritten bleibt.

Die Erfindung geht dabei von der Überlegung aus, daß beim Betrieb des Dampferzeugers eine sichere und zuverlässige Reinigung der Brennkammerwände und der Heizflächen bei einem besonders hohen thermischen Wirkungsgrad gewährleistet sein sollte, indem zwei sich prinzipiell widersprechende Bedingungen in geeigneter Weise erfüllt werden. Einerseits ist die Temperatur des Rauchgases und demzufolge auch die Verbrennungstemperatur möglichst niedrig zu wählen. Dadurch kann erreicht werden, daß die Brennkammerwand und die Heizflächen anstelle von erweichten Aschepartikeln mit schon erstarrten Aschepartikeln beaufschlagt werden. Dies führt zu einer besonders einfachen Entfernung der an den Heizflächen und der Brennkammerwand auftretenden Verschmutzung, wodurch der Wärmeübergang nachhaltig verbessert wird, was wiederum zu einer Erhöhung der Dampfleistung führt.

Andererseits wird allgemein in der Kesseltechnik die Temperatur des Rauchgases und die Verbrennungstemperatur so hoch wie möglich gewählt, daß ein besonders hoher thermischer Wirkungsgrad des Dampferzeugers erzielt wird. Wesentliche Einflußgröße für die Erzielung des hohen thermischen Wirkungsgrads ist eine hohe Temperatur von dem Verbrennungsprozeß zuzuführender Frischluft zur Erzielung der geforderten hohen Verbrennungstemperatur. Damit besteht ein Zusammenhang zwischen dem Wirkungsgrad, der von der Verbrennungstemperatur, die maßgeblich die Rauchgastemperatur bestimmt, beeinflusst wird, und dem Verschmutzungsgrad der Brennkammer und der Heizflächen. Die Erfindung schlägt somit entgegen dem allgemeinen Trend zur Erhöhung der Verbrennungstemperatur vor, diese für bestehende, besonders verschmutzte Dampferzeuger zu reduzieren und insbesondere zu vergleichmäßigen.

Zweckmäßigerweise wird der Brennkammer Frischluft mit einer um mindestens 15K reduzierten Frischlufttemperatur zugeführt. Beispielsweise wird der Frischlufttemperatur ein Wert von weniger als  $T_2 = 280 \text{ °C}$  zugrunde gelegt. Die üblicherweise im Stand der Technik deutlich über  $300 \text{ °C}$  liegende Frischlufttemperatur kann in Abhängigkeit von den Zündparametern des verwendeten Brennstoffs auf einen unteren Wert von etwa  $T_2 = 50 \text{ °C}$  abgesenkt werden. Als Kriterium für die Ermittlung einer besonders günstigen Frischlufttemperatur geht darüber hinaus ein, daß bei einem vorgegebenen Brennstoff eine möglichst gleichmäßige Verbrennung erzielt wird. Ferner beeinflusst die Absenkung der Frischlufttemperatur primär die thermischen Bedingungen in der Brennkammer und im Dampferzeuger. D.h. durch die Absenkung der Frischlufttemperatur kommt es zu einer Absenkung der Verbrennungstemperatur, die wiederum zu einem Absenken der Rauchgastemperatur führt. Dabei wird die Frischlufttemperatur soweit abgesenkt, daß insbesondere die Rauchgastemperatur im Bereich oder in der Nähe der Brennkammerwand und/oder der ersten Heizflächen einen solchen Wert aufweist, der unterhalb des Erweichungspunktes der Aschepartikel liegt.

Dazu wird beispielsweise der Luftvorwärmer modifiziert oder die im Luftvorwärmer auf die Frischlufttemperatur aufgewärmte Frischluft mit kälterer Frischluft gemischt. Alternativ oder zusätzlich kann die Vorwärmung der Frischluft durch weitere systemtechnische Maßnahmen reduziert werden.

Zweckmäßigerweise wird die Rauchgastemperatur am Brennkammeraustritt um mindestens 15K reduziert. Die Höhe der Reduzierung richtet sich insbesondere nach der Abweichung der Dampfleistung und/oder der Rauchgastemperatur im Kamin von der vorgegebenen Untergrenze bzw. Obergrenze. D.h. je höher die Abweichung desto höher die Reduzierung der Rauchgastemperatur am Brennkammeraustritt. Die Abweichungen der Dampfleistung und/oder der Rauchgastemperatur im Kamin - maßgeblich bestimmt durch den Verschmutzungsgrad des Dampferzeugers - können zuverlässig erfaßt werden. Dies ermöglicht in besonders einfacher Art und Weise durch entsprechende systemtechnische Maßnahmen eine Anpassung der Rauchgastemperatur am Brennkammeraustritt.

Beispielsweise wird hier für Kohlenstaub oder Müll als Brennstoff der Rauchgastemperatur am Austritt der Brennkammer ein Wert von etwa  $T_1 = 1200^\circ\text{C}$  zugrunde gelegt. Für Ölschiefer als Brennstoff wird hier hingegen der Rauchgastemperatur am Austritt der Brennkammer ein Wert von etwa  $T_1 = 1000^\circ\text{C}$  zugrunde gelegt. Unter Berücksichtigung dieser Randbedingungen ergibt die genannte Einstellung einen besonders günstigen Zustand der Aschepartikel, die eine besonders einfache Reinigung der Brennkammerwand und der Heizflächen ermöglichen und somit eine Verschmutzung und/oder Verschlackung der Heizflächen und Brennkammerwände vermeiden. Dies führt darüber hinaus zu einer Verlängerung der Reinigungsintervalle. Durch diese Maßnahmen wird die Lebensdauer der Heizflächen verlängert sowie die Hochtemperaturkorrosion der Heizflächen vermindert und der zur Reinigung des Dampferzeugers erforderliche Eigenbedarf reduziert. Die Ascheerweichungstemperatur, die die Höhe der maximal zulässigen Rauchgastemperatur am Ausgang der

Brennkammer bestimmt, ist dabei primär abhängig von der Aschezusammensetzung.

In vorteilhafter Weiterbildung wird die Frischluft in mindestens zwei Teilströmen aufgeteilt, die der Brennkammer, beispielsweise in unterschiedlicher Höhe, zugeführt werden. Hierdurch wird die Frischluft der Brennkammer in mehreren Stufen zugeführt, was einerseits zu einer Vergrößerung der Flamme führt, wodurch heiße Flammenkerne sicher vermieden sind. Andererseits führt die gestufte Zuführung der Frischluft auch zu einer Vergleichmäßigung der Flammen, wodurch insbesondere die thermische Stickoxidbildung während des Verbrennungsprozesses deutlich gemindert wird.

In vorteilhafter Ausgestaltung wird in Strömungsrichtung des Rauchgases gesehen nach dem Überhitzer eine Teilmenge des Rauchgasstromes abgezweigt und der Brennkammer eingangsseitig zugeführt. Durch eine derartige Rezirkulation des Rauchgasstroms wird zusätzlich die Verbrennungstemperatur gesenkt.

Bei einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung wird einem dem Überhitzer nachgeschalteten Vorwärmer (im weiteren Economizer genannt) Speisewasser mit einer um mindestens 10K reduzierten Speisewasser-Eintrittstemperatur zugeführt. Die Einstellung der Speisewasser-Eintrittstemperatur wird maßgeblich beeinflusst von dem zur Verfügung stehenden Wärmeinhalt im Rauchgas. Diese Maßnahme ist insbesondere erforderlich für Dampferzeuger, die schon eine besonders lange Betriebszeit aufweisen. Gegenüber der Originalauslegung des Dampferzeugers mit sauberen Heizflächen und sauberer Brennkammerwand kommt es bei älteren Dampferzeuger aufgrund von Verschmutzungen zu einer geringeren Wärmeübertragung an die Heizflächen und die Verdampferrohre umfassenden Brennkammerwand. Daher kommt es zu einem Ansteigen der Abgastemperatur im Kamin, wodurch die thermische Leistung des Dampferzeugers vermindert wird. Um dies zu vermeiden, wird die Speisewasser-Eintrittstemperatur des Economizers durch systemtechnische Maßnahmen auf den ge-

wünschten Wert gesenkt. Beispielsweise wird die Anzahl der dem Economizer vorgeschalteten Vorwärmer reduziert. Die Abschaltung von Vorwärmern, die aus einer dem Dampferzeuger nachgeschalteten Dampfturbine gespeist werden, führt zu einer Erhöhung der Leistung der Dampfturbine gegenüber dem Istzustand, wodurch der Gesamtwirkungsgrad einer Dampfturbinenanlage, die einen Dampferzeuger mit der oben beschriebenen Auslegung umfaßt, erhöht wird. Alternativ oder zusätzlich kann die Heizflächengröße des Economizers zur weiteren Absenkung der Speisewasser-Eintrittstemperatur in Abhängigkeit von dem verbleibenden Wärmeinhalt des Rauchgases angepaßt werden.

Die zweitgenannte Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch einen Dampferzeuger mit einer Dampfleistung, umfassend eine Brennkammer und einen Überhitzer, der eine Anzahl von Heizflächen aufweist, sowie einen Kamin, wobei die Brennkammer und der Überhitzer von einem Rauchgasstrom und der Kamin von einem Abgasstrom durchströmt sind, wobei bei Überschreiten eines oberen Grenzwertes der Rauchgastemperatur im Kamin und/oder Unterschreiten eines unteren Grenzwertes für die Dampfleistung die auf die Strömungsrichtung des Rauchgasstromes gesehen ersten Heizflächen einwirkende Rauchgastemperatur derart eingestellt ist, daß die Erweichungstemperatur für im Rauchgasstrom enthaltene Aschepartikel unterschritten bleibt. Vorzugsweise ist die Rauchgastemperatur am Brennkammeraustritt um mindestens 15K reduziert. Hierbei ist dem Luftvorwärmer eine Umführungsleitung parallel geschaltet. Dadurch kommt es zu einer Vermischung der im Luftvorwärmer aufgewärmten Frischluft und der dem Luftvorwärmer umgehenden kälteren Frischluft, so daß in Summe die Temperatur der gemischten Frischluft gesenkt ist.

Vorteilhaft ist der Brennkammer ein Luftvorwärmer zur Vorwärmung der Frischluft vorgeschaltet. Dazu weist der Luftvorwärmer in Abhängigkeit von der einzustellenden Frischlufttemperatur eine entsprechende Anzahl von Heizflächen auf. Für den Fall von zu sanierenden Dampferzeugern kann dies bei einer um

mindestens 15K reduzierten Frischlufttemperatur zu einer Reduzierung der Anzahl der Heizflächen des bereits im Betrieb befindlichen Luftvorwärmers führen, der üblicherweise für eine wesentlich höhere Frischlufttemperatur, mehr als 300°C, ausgelegt ist.

In vorteilhafter Ausgestaltung ist eine Anzahl von strömungstechnisch parallel geschalteten Zuführungsleitungen in die Brennkammer geführt. Hierdurch ist die Frischluft der Brennkammer in einer der Anzahl von Zuführungsleitungen entsprechenden Anzahl von Teilströmen zuführbar. Dies ermöglicht in besonders einfacher Weise, die Oberfläche der Flamme in der Brennkammer zu vergrößern und damit die Verbrennungstemperatur zu vergleichmäßigen.

Bei einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung ist in Strömungsrichtung des Rauchgases gesehen nach dem Überhitzer eine Rückführleitung vorgesehen, die der Brennkammer eingangseitig zugeführt ist. Hierdurch wird der Brennkammer bereits abgekühltes Rauchgas bevorzugt am unteren Ende der Brennkammer zugeführt, so daß die Verbrennungstemperatur in der Brennkammer reduziert wird.

Die mit der Erfindung erzielten Vorteile bestehen insbesondere darin, daß durch die Einstellung der Rauchgastemperatur des Dampferzeugers auf einen vorgegebenen Wert im Bereich der Brennkammerwand und im Eingangsbereich der Heizflächen unter Vermeidung von Verschmutzung, insbesondere Verschlackung, an Heizflächen und Brennkammerwand dennoch ein hoher Wirkungsgrad des Dampferzeugers sichergestellt ist. Ein derartig ausgelegter Dampferzeuger ist besonders flexibel an variierende Erfordernisse beim Einsatz unterschiedlicher Brennstoffarten anpaßbar. Erst dadurch ist gewährleistet, daß bei der Verbrennung von Brennstoffen unter Bildung von Aschepartikeln den besonderen Erfordernissen zur Vermeidung von Verschmutzung und/oder Verschlackung durch Asche an der Brennkammerwand und den Heizflächen des Dampferzeugers, insbesondere des

Überhitzers, Rechnung getragen wird, wobei dennoch eine für einen hohen Wirkungsgrad erforderliche gleichmäßige Temperaturverteilung auf höchstmöglichen Temperaturniveau im Dampferzeuger erreichbar ist.

5

Ausführungsbeispiele der Erfindungen werden anhand einer Zeichnung näher erläutert. Darin zeigt die Figur einen Dampferzeuger mit einer Brennkammer und einem Überhitzer in schematischer Darstellung.

10

Der Dampferzeuger 1, gemäß der Figur ist über eine Speisewasser-Zuführung 2 und über einen dampfseitigen Ausgang 4 in den Wasser-Dampf-Kreislauf einer nicht dargestellten Dampfturbine geschaltet. Dabei ist die Speisewasser-Zuführung 2 an einen Vorwärmer oder Economizer 6 zur Aufwärmung des diesem zugeführten Speisewassers S angeordnet. Der Dampferzeuger 1 umfaßt eine Brennkammer 8 zur Erzeugung eines Rauchgases R durch Verbrennung eines Brennstoffs B. Der Brennstoff B ist dabei vorzugsweise Ölschiefer, Kohlenstaub oder Müll. Der Brennstoff B wird der Brennkammer 8 über eine Brennstoffleitung 10 zugeführt.

20

Weiterhin umfaßt der Dampferzeuger 1 einen der Brennkammer 8 in Strömungsrichtung des Rauchgases R nachgeschalteten Überhitzer 12, der über seinen Eingang 14 und seinen dampfseitigen Ausgang 16 ebenfalls in den Wasser-Dampf-Kreislauf der nicht dargestellten Dampfturbine geschaltet ist. Der Überhitzer 12 umfaßt eine Anzahl von Heizflächen 18, die ausgangseitig der Brennkammer 8, d.h. im Rauchgasbereich des Dampferzeugers 1, angeordnet sind. Zur Reinigung der Heizflächen 18 und der Wand der Brennkammer 8 sind eine Anzahl von Reinigungssystemen 19 vorgesehen, die in unterschiedlicher Höhe in der Brennkammerwand angeordnet sind.

30

In die Brennkammer 8 münden zwei Zuführungsleitungen 20, die zu einer gemeinsamen Frischluftleitung 22 zusammengefaßt sind. Die Frischluftleitung 22 ist sekundärseitig in einen

35

Wärmetauscher oder Luftvorwärmer 24 geschaltet, der primärseitig in den Rauchgasstrom geschaltet ist. Dabei ist in der oberen Zuführungsleitung 20 eine Klappe 21 geschaltet, die in Abhängigkeit von der Menge an zuzuführender Frischluft diese obere Zuführungsleitung 20 verschließt. Der Luftvorwärmer 24 dient somit zur Vorwärmung von zugeführter Frischluft F. In die Frischluftleitung 22 ist darüber hinaus ein Gebläse 26 geschaltet. Das Rauchgas R wird in Strömungsrichtung gesehen nach dem Luftvorwärmer 24 mit einer Rauchgastemperatur  $T_0$  einem Kamin 30 zugeführt. Dem Luftvorwärmer 24 ist darüber hinaus eine Umführungsleitung 32, in welcher eine Klappe 33 angeordnet ist, parallel geschaltet.

In Strömungsrichtung des Rauchgases R gesehen ist nach dem Economizer 6 eine Rückführleitung 34 vorgesehen, die der Brennkammer 8 eingangsseitig zugeführt ist. In die Rückführleitung 34 sind eine Klappe 35 und ein Gebläse 36 geschaltet. Alternativ kann die Rückführleitung 34 nach dem Luftvorwärmer 24 oder auch vor dem Economizer 6 abgezweigt werden. Maßgeblich für die Bestimmung der Abzweigposition der Rückführleitung 34 ist die in diesem Bereich vorhandene Rauchgastemperatur  $T_1$  sowie die zu erzielende Verbrennungstemperatur in der Brennkammer 8.

Beim Betrieb des Dampferzeugers 1 wird der Brennkammer 8 als Brennstoff B beispielsweise Kohlenstaub zugeführt. Um eine Ascheerweichung und eine daraus resultierende Verschmutzung der Heizflächen 18 und der Brennkammerwand zu vermeiden, erfolgt die Verbrennung des Brennstoffs B dabei derart, daß die Rauchgastemperatur  $T_1$  des bei der Verbrennung erzeugten Rauchgases R im Eingangsbereich des Überhitzers 12 die Erweichungstemperatur von im Rauchgasstrom enthaltenen Aschepartikeln unterschreitet. Bei Überschreiten eines oberen Grenzwertes der Abgastemperatur  $T_0$  im Kamin 30 und/oder bei Unterschreiten eines unteren Grenzwertes für die Dampfleistung wird daher die Rauchgastemperatur  $T_1$  um mindestens 15K reduziert.

Beispielsweise beträgt die Rauchgastemperatur T1 für einen Kohlenstaub etwa  $T1 = 1200^{\circ}\text{C}$ . D.h. die in Strömungsrichtung des Rauchgasstroms gesehen ersten Heizflächen 18 des Überhitzers 12 werden mit einer Rauchgastemperatur T1 von weniger  
5 als  $1200^{\circ}\text{C}$  beaufschlagt. Bei einer Abweichung der Abgastemperatur T0 vom oberen Grenzwert kann die Rauchgastemperatur T1 in Abhängigkeit vom Verschmutzungsgrad des Dampferzeugers beispielsweise einen wesentlich höheren Wert von etwa  $T1 = 1250^{\circ}\text{C}$  aufweisen. Demzufolge ist die Rauchgastemperatur T1 um  
10 mindestens 50K zu reduzieren.

Dazu wird der Brennstoff B in der Brennkammer 8 durch Zumischung von Frischluft F mit einer um mindestens 15K reduzierten Frischlufttemperatur T2, beispielsweise mit einem Wert  
15 von weniger als  $T2 = 280^{\circ}\text{C}$ , betrieben. Dadurch wird eine Absenkung der Verbrennungstemperatur T3 um mehr als 20K (im Regelfall deutlich höher: zwischen 50K und 200K) erzielt. Dies wiederum bewirkt eine Absenkung der Rauchgastemperatur T1 auf den vorgegebenen Wert im Bereich der Brennkammerwand und/oder  
20 im Bereich der ersten Heizflächen 18. Das somit auf etwa  $1200^{\circ}\text{C}$  abgekühlte Rauchgas R bewirkt, daß die Erweichungstemperatur für die im Rauchgasstrom enthaltenen Aschepartikel unterschritten bleibt. Demzufolge ist eine übermäßige Verschmutzung oder gar Verschlackung der Brennkammerwand und der  
25 ersten Heizflächen 18 durch klebrige oder geschmolzene Aschepartikeln infolge der Ascheerweichung sicher vermieden.

Analog zu Kohlenstaub als Brennstoff B wird bei Verwendung von Ölschiefer als Brennstoff B der Rauchgastemperatur T1 ein  
30 Wert von etwa  $1000^{\circ}\text{C}$  zugrunde gelegt. Je nach zugeführter Art des Brennstoffs B kann die Rauchgastemperatur T1 Zwischenwerte annehmen oder auch unterhalb der genannten Werte liegen.

35 Ein Wärmeinhalt des Rauchgases R wird über den Überhitzer 12 und den Economizer 6 auf in diesen geführtes Speisewasser S oder in diesen geführten Dampf D übertragen. Dadurch kühlt

sich das Rauchgas R in Strömungsrichtung gesehen ab. Darüber hinaus können in Abhängigkeit von der Art des Dampferzeugers 1 weitere Wärmetauscher, z.B. Hochdrucküberhitzer oder auch Zwischenüberhitzer, vorgesehen sein. Eine Teilmenge des bereits abgekühlten Rauchgasstroms kann neben der Absenkung der Frischlufttemperatur T2 zusätzlich zur Absenkung der Verbrennungstemperatur T3 genutzt werden. Dazu wird die Teilmenge des abgekühlten Rauchgasstroms der Brennkammer 8 eingangsseitig über die Rückführleitung 34 zugeführt. Die Menge des abgekühlten Rauchgases R und die Menge der Frischluft F ist mittels der in der Rückführleitung 34 bzw. in der Frischluftleitung 22 geschalteten Gebläse 36 bzw. 26 einstellbar.

Ein verbliebener Wärmeinhalt des Rauchgases R wird über den Luftvorwärmer 24 zur Luftvorwärmung auf die der Brennkammer 8 zugeführte Verbrennungs- oder Frischluft F übertragen. Zur Reduzierung der Frischlufttemperatur um mindestens 15K am Eingang der Brennkammer 8 wird die im Luftvorwärmer 24 aufgewärmte Frischluft F mit der über die Umführungsleitung 32 geführten kalten Frischluft F in der Frischluftleitung 22 gemischt. Alternativ kann anstelle der Umführungsleitung 32 die Anzahl der im Luftvorwärmer angeordneten Heizflächen reduziert werden.

Die Frischluft F wird der Brennkammer 8 über zwei strömungstechnisch parallel geschaltete Zuführungsleitungen 20 zugeführt. Hierdurch wird die Frischluft F in zwei Teilströme aufgeteilt, die an unterschiedlichen Orten in die Brennkammer 8 geführt sind. Dies bewirkt eine Vergrößerung und Vergleichmäßigung der Flamme, wodurch heiße Flammenkerne vermieden werden.

Insbesondere bei einem eine besonders lange Betriebsdauer aufweisenden Dampferzeuger 1 kommt es infolge von Verschmutzungen der Heizflächen 18 zu einer geringeren Wärmeübertragung an den Heizflächen 18, was eine Erhöhung der Rauchgastemperatur T1 im Kamin 30 zur Folge hat. Um dies zu vermei-

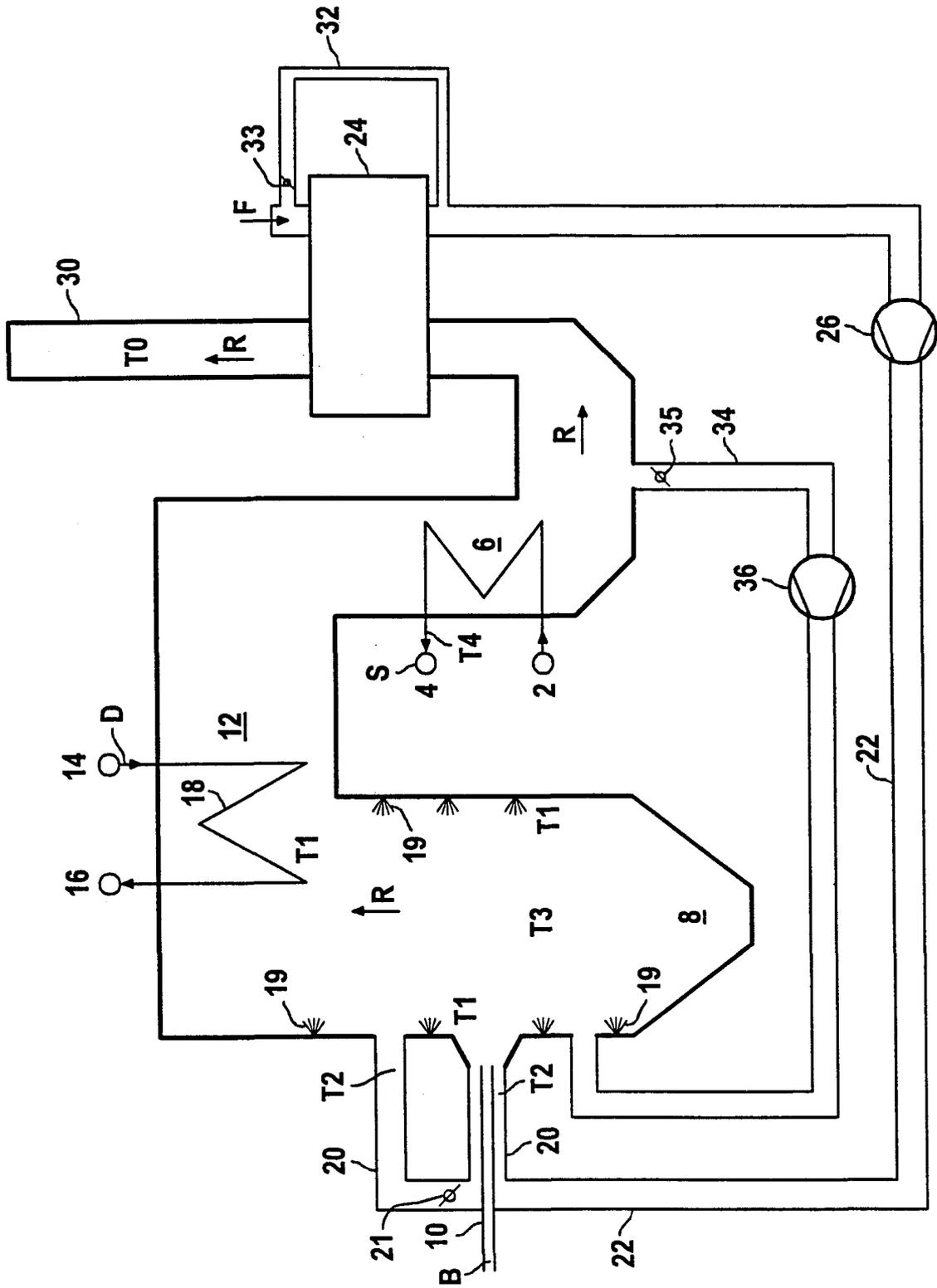
den, wird dem Economizer 6 Speisewasser S mit einer gegenüber der Originalauslegung um mindestens  $T_4 = 10K$  reduzierten Speisewasser-Eintrittstemperatur  $T_4$  zugeführt. Dies erfolgt beispielsweise durch systemtechnische Maßnahmen, indem die  
5 zur Vorwärmung des Speisewassers S erforderliche Anzahl von Vorwärmern reduziert wird. Hierdurch wird der Wärmeinhalt des Rauchgases R wesentlich besser genutzt. Zudem ist beispielsweise durch Abschaltung einiger Vorwärmer, die zur Speisung an der Dampfturbine angezapft sind, die Leistung der Dampf-  
10 turbine erhöht, wodurch sich der Gesamtwirkungsgrad der den Dampferzeuger 1 umfassenden Dampfturbinenanlage verbessert.

Bei einem derartig ausgelegten Dampferzeuger 1 ist somit die Verschmutzung und/oder Verschlackung der Brennkammerwand und  
15 der Heizflächen 18 sehr gering, so daß die Wartungsintervalle verlängert und zudem Beschädigungen vermieden sind. Darüber hinaus weist dieser Dampferzeuger 1 eine besonders lange Lebensdauer auf.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben eines Dampferzeugers (1) mit einer Dampfleistung, umfassend eine Brennkammer (8) und einen Überhitzer (12), der eine Anzahl von Heizflächen (18) aufweist, sowie einen Kamin (30), bei dem die Brennkammer (8), der Überhitzer (12) und der Kamin (30) von einem Rauchgasstrom durchströmt werden, wobei bei Überschreiten eines oberen Grenzwertes der Rauchgastemperatur ( $T_0$ ) im Kamin (30) und/oder Unterschreiten eines unteren Grenzwertes für die Dampfleistung die auf die in Strömungsrichtung des Rauchgasstroms gesehen ersten Heizflächen (18) einwirkende Rauchgastemperatur ( $T_1$ ) derart eingestellt wird, daß die Erweichungstemperatur für im Rauchgasstrom enthaltene Aschepartikel unterschritten bleibt und der Brennkammer (8) Frischluft (F) mit einer um mindestens  $T_2 = 15K$  reduzierten Frischlufttemperatur ( $T_2$ ) zugeführt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Rauchgastemperatur ( $T_1$ ) am Austritt der Brennkammer (8) um mindestens  $T_1 = 15K$  reduziert wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei dem die Frischluft (F) in mindestens zwei Teilströme aufgeteilt wird, die der Brennkammer (8) zugeführt werden.
4. Verfahren nach Anspruch 3, bei dem in Strömungsrichtung des Rauchgases (R) gesehen nach dem Überhitzer (12) eine Teilmenge des Rauchgasstroms abgezweigt und der Brennkammer (8) eingangsseitig zugeführt wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei dem einem dem Überhitzer (12) nachgeschalteter Economizer (6) Speisewasser (S) mit einer um  $T_4 = 10K$  reduzierten Speisewasser-Eintrittstemperatur ( $T_4$ ) zugeführt wird.

6. Dampferzeuger (1) mit einer Dampfleistung, umfassend eine Brennkammer (8) und einen Überhitzer (12), der eine Anzahl von Heizflächen (18) aufweist, sowie einen Kamin (30), wobei die Brennkammer (8), der Überhitzer (12) und der Kamin (30) von einem Rauchgasstrom durchströmt sind, wobei bei Überschreiten eines oberen Grenzwertes der Rauchgastemperatur ( $T_0$ ) im Kamin (30) und/oder Unterschreiten eines unteren Grenzwertes für die Dampfleistung die auf die in Strömungsrichtung des Rauchgasstromes gesehen ersten Heizflächen (18) einwirkende Rauchgastemperatur ( $T_1$ ) derart eingestellt ist, daß die Erweichungstemperatur für im Rauchgasstrom enthaltene Aschepartikel unterschritten bleibt und bei dem dem Luftvorwärmer (24) eine Umführungsleitung (32) parallel geschaltet ist.
7. Dampferzeuger (1) nach Anspruch 6, bei dem eine Anzahl von strömungstechnisch parallel geschalteten Zuführungsleitungen (20) in die Brennkammer (8) geführt ist.
8. Dampferzeuger (1) nach Anspruch 6 oder 7, bei dem die Rauchgastemperatur ( $T_1$ ) um mindestens  $T_1 = 15K$  reduziert ist.
9. Dampferzeuger (1) nach einem der Ansprüche 6 bis 8, bei dem der Brennkammer (8) ein Luftvorwärmer (24) zur Vorwärmung der Frischluft (F) vorgeschaltet ist.
10. Dampferzeuger (1) nach einem der Ansprüche 6 bis 9, bei dem in Strömungsrichtung des Rauchgases (R) gesehen nach dem Überhitzer (12) eine Rückführleitung (34) vorgesehen ist, die der Brennkammer (8) eingangsseitig zugeführt ist.



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Internati	Application No
<b>PCT/DE 99/03654</b>	

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
 IPC 7 F22B35/00 F23L15/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
 IPC 7 F22B F23L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	GB 904 536 A (MINISTER OF MINES) 29 August 1962 (1962-08-29) page 3, last paragraph -page 4, paragraph 1; figures ---	1
A	US 4 969 408 A (ARCHER DAVID H ET AL) 13 November 1990 (1990-11-13) column 3, paragraph 2 column 4, line 29 - line 54; figures ---	1
A	US 3 877 440 A (WINKIN JUSTIN P) 15 April 1975 (1975-04-15) abstract column 3, line 40 - line 62; figures -----	1

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

14 March 2000

Date of mailing of the international search report

21/03/2000

Name and mailing address of the ISA  
 European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
 NL - 2280 HV Rijswijk  
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
 Fax: (+31-70) 340-3018

Authorized officer

Van Gheel, J

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Internat Application No

PCT/DE 99/03654

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
GB 904536	A	NONE	
US 4969408	A	13-11-1990	NONE
US 3877440	A	15-04-1975	
		AR 203671 A	30-09-1975
		AU 7716875 A	08-07-1976
		BR 7500297 A	04-11-1975
		CA 1022396 A	13-12-1977
		ES 433921 A	01-12-1976
		GB 1499841 A	01-02-1978
		IT 1028411 B	30-01-1979
		JP 50103724 A	16-08-1975

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

 Internat:  Aktenzeichen

PCT/DE 99/03654

**A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES**

IPK 7 F22B35/00 F23L15/00

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

**B. RECHERCHIERTE GEBIETE**

Recherchiertes Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 F22B F23L

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

**C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN**

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	GB 904 536 A (MINISTER OF MINES) 29. August 1962 (1962-08-29) Seite 3, letzter Absatz -Seite 4, Absatz 1; Abbildungen	1
A	US 4 969 408 A (ARCHER DAVID H ET AL) 13. November 1990 (1990-11-13) Spalte 3, Absatz 2 Spalte 4, Zeile 29 - Zeile 54; Abbildungen	1
A	US 3 877 440 A (WINKIN JUSTIN P) 15. April 1975 (1975-04-15) Zusammenfassung Spalte 3, Zeile 40 - Zeile 62; Abbildungen	1

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&amp;" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

14. März 2000

Abendedatum des internationalen Recherchenberichts

21/03/2000

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde

 Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Van Gheel, J

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationaler Aktenzeichen

PCT/DE 99/03654

Im Recherchenbericht angeführtes Patendokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
GB 904536 A		KEINE	
US 4969408 A	13-11-1990	KEINE	
US 3877440 A	15-04-1975	AR 203671 A AU 7716875 A BR 7500297 A CA 1022396 A ES 433921 A GB 1499841 A IT 1028411 B JP 50103724 A	30-09-1975 08-07-1976 04-11-1975 13-12-1977 01-12-1976 01-02-1978 30-01-1979 16-08-1975