

(19)



(11)

**EP 2 906 876 B1**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**28.12.2016 Patentblatt 2016/52**

(51) Int Cl.:  
**F23K 1/04 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **13777007.9**

(86) Internationale Anmeldenummer:  
**PCT/EP2013/071139**

(22) Anmeldetag: **10.10.2013**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
**WO 2014/057025 (17.04.2014 Gazette 2014/16)**

### (54) VERFAHREN ZUM BETRIEB EINES DAMPFERZEUGERS

METHOD FOR OPERATING A STEAM GENERATOR

PROCÉDÉ DE FONCTIONNEMENT D'UN GÉNÉRATEUR DE VAPEUR

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

(30) Priorität: **11.10.2012 DE 102012019928**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**19.08.2015 Patentblatt 2015/34**

(73) Patentinhaber: **RWE Power Aktiengesellschaft 45128 Essen (DE)**

(72) Erfinder:  
• **HESSE, Rainer 57492 Olpe (DE)**  
• **RÖPER, Bernhard 50126 Bergheim (DE)**

(74) Vertreter: **Kierdorf Ritschel Richly Patentanwälte PartG mbB Sattlerweg 14 51429 Bergisch Gladbach (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**WO-A1-2010/057510 DE-A1- 4 323 469**  
**DE-A1- 19 946 517 DE-A1-102008 004 400**

**EP 2 906 876 B1**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb eines Dampferzeugers mit einem mit Braunkohle befeuerten Kessel, mit wenigstens einer Mühle zur Aufmahlung der Braunkohle.

**[0002]** Ein bekanntes Prinzip der direkten Staubeinblasung mittels einer Kohlenstaubmahl Trocknungsanlage, ist beispielsweise in der Veröffentlichung Helmut Effenberger, "Dampferzeugung", Springer-Verlag, ISBN 3-540-64175-0, beschrieben. Bei einem solchen Verfahren wird als Trocknungsgas rückgesaugtes Rauchgas benutzt, welches im Sinne der vorliegenden Anmeldung als Trocknungs-Rauchgasstrom bezeichnet wird. Hierzu ist die Mühle über eine Rauchgasrückführung an das Ende der Brennkammer angeschlossen, wo der zur Trocknung der Rohbraunkohle benötigte Trocknungsrauchgasstrom mit einer Temperatur zwischen ca. 800°C und ca. 1200°C entnommen wird.

**[0003]** Ein Verfahren der eingangs genannten Art ist beispielsweise aus der DE 42 03 713 C2 C2 oder aus der DE 43 23 469 A1 bekannt. Das Verfahren umfasst das Aufmahlen von grubenfeuchter Braunkohle in wenigstens einer Mühle, die mit einem Trocknungs-Rauchgasstrom beaufschlagt wird, der hinter dem Konvektionszug aus dem Kessel abgezweigt wird und mit einer Temperatur von etwa 350°C in die Mühle eingetragen wird. In der Mühle wird die Braunkohle auf das zur Verbrennung im Kessel erforderliche Kornband zerkleinert und gleichzeitig in der inerten Rauchgasatmosphäre getrocknet. Ein Teil des Trocknungs-Rauchgasstroms wird als Traggas für den Transport des getrockneten Brennstoffs zu den Brennern des Kessels verwendet. Diese kombinierte Vortrocknung und Mahlung der Braunkohle auf niedrigem Temperaturniveau ist im Hinblick auf den Wirkungsgrad des Kraftwerks als günstig zu bewerten.

**[0004]** Eine weitere Variante der Trocknung von Braunkohle, die sich im Hinblick auf eine Wirkungsgradsteigerung günstig auswirkt, ist die Trocknung von Braunkohle in einem separaten Trocknungsaggregat in Form eines Wirbelschichttrockners. Ein solches Verfahren ist beispielsweise aus der DE 196 20 047 A1 bekannt. Es ist bekannt, dass durch eine Trocknung der Braunkohle vor der Verfeuerung in dem Dampferzeuger eines Kraftwerks eine deutliche Erhöhung des Wirkungsgrades erzielt werden kann. Die grubenfeuchte Braunkohle hat etwa einen Wassergehalt von 45 % bis 65 %, der durch Trocknung auf 10 % bis 25 % verringert wird.

**[0005]** Aus der DE 195 18 644 C2 ist es bekannt, die aus der Trocknungsanlage austretenden energiereichen Brüden im Trockner selbst zu nutzen. In der DE 195 18 644 C2 wird hierzu vorgeschlagen, wenigstens einen Teilstrom des Brüdens zu verdichten und dem Wärmetauscher als Heizmedium zuzuführen, wobei der Brüden zumindest teilweise kondensiert, so dass für die gewünschte Trocknung des Brennstoffs zum großen Teil die Verdampfungswärme des Brüdens ausgenutzt werden kann.

**[0006]** Weitere bekannte Verfahren zur Trocknung von Braunkohle unter Verwendung von Wirbelschichttrocknern sind beispielsweise in den Veröffentlichungen DE 103 19 477 A1 und DE 10 2009 035 062 A1 beschrieben.

**[0007]** Die Trockenbraunkohle aus der Wirbelschichttrocknung hat üblicherweise einen maximalen Wassergehalt von 25 Masseprozent und einen mittleren Korndurchmesser D50 von 0,4 bis 0,8 mm, so dass diese unmittelbar, gegebenenfalls ohne Nachmahlung in den Kessel eingetragen und dort verfeuert werden kann.

**[0008]** Die Verbrennungstemperatur von vorgetrockneter Braunkohle, die im folgenden als Trockenbraunkohle (TBK) bezeichnet wird, liegt ca. 500°C über der von Rohbraunkohle.

**[0009]** Da die bekannten staubgefeuerten Braunkohlekessel überwiegend für die Verfeuerung von Rohbraunkohle ausgelegt sind, d.h. für die Verfeuerung von Rohbraunkohle, die einer Mahltrocknung unterzogen wurde, wurde die Trockenbraunkohle in den Dampferzeugern der Anmelderin bislang als Zusatzbrennstoff zur Steigerung des Wirkungsgrades mitverbrannt. Als günstig hat sich die Mitverbrennung etwa eines Anteils von 25 % Trockenbraunkohle aus einem separaten Trocknungsaggregat bezogen auf den Heizwert des Brennstoffgemisches erwiesen.

**[0010]** Die Trockenbraunkohle kann beispielsweise über sogenannte Drallbrenner, wie sie auch bei der Steinkohlefeuerung Anwendung finden, in den Dampferzeuger eingebracht werden.

**[0011]** Praktische Versuche und Feuerraumsimulationen bei der Mitverbrennung von Trockenbraunkohle in rohbraunkohlegefeuerten Dampferzeugern haben jedoch gezeigt, dass im Bereich der Trockenbraunkohlebrenner bzw. Drall-Brenner verhältnismäßig hohe Temperaturspitzen im Kessel auftreten, die zu Ascheerweichung oder Ascheschmelzvorgängen und damit zu Verschlackungen führen können. Das wiederum reduziert die Verfügbarkeit des Dampferzeugers.

**[0012]** Gerade deshalb sollten auch Drallbrenner nicht zu groß gebaut werden. Drallbrenner sind hinsichtlich ihrer Baugröße begrenzt. Im allgemeinen wird eine thermische Leistung von 60MW als technisch machbar angesehen. Bei großen Braunkohlekesseln mit Trockenbraunkohle-Zusatzfeuerung erfordert dies eine entsprechend hohe Anzahl an Drallbrennern. Dies führt in der Folge zu hohen Investitionskosten.

**[0013]** Trockenbraunkohle ist ein vergleichsweise kostengünstiger Anfahr- und Stützbrennstoff für kohlegefeuerten Dampferzeuger. Hierbei sind die zuvor hinsichtlich ihrer Nachteile beschriebenen Drallbrenner gebräuchlich, da sie auch bei noch kalten Feuerräumen eine stabile Flamme und einen guten Ausbrand sicherstellen.

**[0014]** Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Mitverbrennung von Trockenbraunkohle in rohbraunkohlegefeuerten Dampferzeugern bereitzustellen, welches dem zuvor erwähnten Problem Rechnung trägt.

**[0015]** Die Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren

zum Betrieb eines Dampferzeugers mit einem mit Braunkohle befeuerten Kessel, mit wenigstens einer ersten Mühle zur Aufmahlung der Braunkohle, wobei das Verfahren folgende Verfahrensschritte umfasst:

- Mahlen von grubenfeuchter Rohbraunkohle in der ersten Mühle,
- Abzweigen eines Trocknungs-Rauchgasstroms aus dem Kessel und
- Trocknen der Rohbraunkohle in der ersten Mühle in direktem Kontakt mit dem Trocknungs-Rauchgasstrom,
- Einblasen eines Rauchgas-Braunkohlenstroms aus der ersten Mühle in den Kessel,
- Trocknen einer Teilmenge von Rohbraunkohle durch indirekte Trocknung in einem separaten Trocknungsaggregat zu Trockenbraunkohle und
- Einspeisen der Trockenbraunkohle in den Rauchgas-Braunkohlenstrom der ersten Mühle vor einer Brennerzuteilung oder in eine Brennerzuteilung.

**[0016]** Unter Trockenbraunkohle im Sinne der Erfindung ist fertig getrocknete Braunkohle zu verstehen, die von dem grubenfeuchten bergmännisch gewonnenen Erzeugnis zum einem getrockneten Fertigprodukt mit einem Feuchtigkeitsgehalt von 10 bis 30 Masseprozent, vorzugsweise zwischen 10 und 25 Masseprozent, und einem mittleren Korndurchmesser D50 von 0,4 bis 10 mm in einem Trocknungsaggregat hergestellt wurde.

**[0017]** Unter grubenfeuchter Rohbraunkohle ist die nicht aufbereitete gebrochene und gegebenenfalls vorzerkleinerte bergmännisch gewonnene Rohbraunkohle zu verstehen, die einen Feuchtigkeitsgehalt von zwischen 45 und 65 Masseprozent aufweist.

**[0018]** Unter mahlgetrockneter Rohbraunkohle ist die in einer Mühle unter gleichzeitiger Trocknung zu einem brennerfertigen Erzeugnis aufgemahlene Rohbraunkohle zu verstehen, von der etwa 85 bis 95 Masseprozent eine Korngröße von kleiner 1 mm aufweist.

**[0019]** Unter einer Brennerzuteilung im Sinne der Erfindung ist eine Brennstoffversorgungsleitung von der Mühle an einen einzelnen Brenner, eine Brennergruppe oder eine Brennerzebene zu verstehen. Die Brennerzuteilung endet dort, wo durch Zuführen von Verbrennungsluft der Brennstoff angezündet wird. Die Brennerzuteilung kann Sieb- und Verteileinrichtungen umfassen.

**[0020]** Das erfindungsgemäße Verfahren kann dahingehend zusammengefasst werden, dass in dem Kessel des Dampferzeugers neben mahlgetrockneter Rohbraunkohle Trockenbraunkohle mitverbrannt wird, wobei die Trockenbraunkohle dem Traggas/Brennstoffgemisch aus der Mühle vor der Zuteilung oder in die Zuteilung an die einzelnen Kohlebrenner aufgegeben wird. Anders als bei einer bisher praktizierten Verfahrensvariante wird die Trockenbraunkohle nicht über separate Drallbrenner in dem Kessel verfeuert, sondern die Trockenbraunkohle wird bereits vor dem Kessel dem Rauchgas-Braunkohlenstrom der Mühle zugegeben. Unter

Traggas im Sinne der Erfindung ist eine Mischung aus Rauchgas, verdampften Wasser und Verbrennungsluft zu verstehen.

**[0021]** Bei dem vorgeschlagenen Verfahren kann über eine Umschalteneinrichtung Trockenbraunkohle von Anfahrbrennern des Dampferzeugers auf die mit Rohbraunkohle betriebene erste Mühle umgeleitet werden, sobald eine Anfahr- und Stützfeuerung nicht mehr benötigt wird.

**[0022]** Durch Feuerraumsimulationsrechnungen konnte die Anmelderin herausfinden, dass mit einer solchen Maßnahme überraschenderweise Temperaturspitzen innerhalb des Kessels im Bereich der Brenner vermieden werden können.

**[0023]** Zweckmäßigerweise erfolgt das Mahlen der Rohbraunkohle in mit dem Trocknungs-Rauchgasstrom inertisierter Atmosphäre. Inertisiert im Sinne der Erfindung bedeutet, dass der Sauerstoffanteil im Rauchgas-Trocknungsstrom auf einen Sauerstoffanteil von < 12 Vol-% eingestellt wird.

**[0024]** Bei einer vorteilhaften Variante des Verfahrens gemäß der Erfindung ist vorgesehen, dass die Trockenbraunkohle aus dem separaten Trocknungsaggregat in die erste Mühle eingespeist wird und dort mit der Rohbraunkohle einer Nachmahlung unterzogen wird. Dabei wird die Trockenbraunkohle in inertisierter Atmosphäre nachgetrocknet und nachzerkleinert. Das hat den verfahrenstechnischen Vorteil, dass eine Nachsichtung und/oder Nachmahlung der Trockenbraunkohle hinter dem Trocknungsaggregat nicht unbedingt erforderlich ist. Der Einfluss eines schwankenden Feuchtigkeitsgehalts der Trockenbraunkohle wird hierdurch eliminiert. Ganz allgemein sind Feuchte-, Schüttdichte- und Körnungsschwankungen der Trockenbraunkohle aufgrund der zusätzlichen Mahltrocknung in Mischung mit der Rohbraunkohle unkritisch. Dadurch ist es auch möglich, ein angeschlossenes Trocknungsaggregat leistungsoptimiert zu betreiben. Schließlich hat sich auch herausgestellt, dass das erfindungsgemäße Verfahren hinsichtlich der NOx-Konzentration im Rauchgas günstig ist, da durch die Zugabe von Trockenbraunkohle in den Rauchgas-Braunkohlenstrom eine Aufkonzentration des Staubanteils an den Brennern stattfindet, so dass der Traggasanteil an den Brennern reduziert wird. Im Ergebnis führt das zu einer geringeren NOx-Konzentration im Rauchgas/Abgas als bei einer konventionellen Feuerung, bei der die brennstoffbezogene Traggasmenge in der Regel höher ist.

**[0025]** Ein weiterer Vorteil ist, dass die Regelfähigkeit der Feuerung verbessert wird. Bei einer Erhöhung der Rohbraunkohlemenge reagiert die erste Mühle nur mit einer längeren Totzeit, weil die Mühle für die höhere Kohlemenge auf einen anderen Betriebspunkt verfahren werden muss, oder eine zusätzliche Mühle in Betrieb genommen werden muss. Dagegen steht durch eine Erhöhung der Trockenbraunkohlemenge in vergleichsweise kurzer Zeit eine höhere Brennstoffmenge zur Verfügung. Dies verbessert die Regelfähigkeit der gesamten Dampferzeugeranlage.

**[0026]** Vorzugsweise ist als separates Trocknungsaggregat wenigstens ein indirekt beheizter Trockner vorgesehen. Dies kann beispielsweise ein Wirbelschichttrockner sein.

**[0027]** Bei einer alternativen Variante des Verfahrens gemäß der Erfindung ist vorgesehen, dass als separates Trocknungsaggregat eine zweite Mühle Anwendung findet, in der eine Trocknung in einer durch einen Trocknungs-Rauchgasstrom inertisierten Atmosphäre durchgeführt wird. Mit anderen Worten, als separates Trocknungsaggregat kann ein Trocknungsaggregat Anwendung finden, in dem die Braunkohle in direktem Kontakt mit Rauchgas einer direkten Trocknung unterzogen wird.

**[0028]** In diesem Fall ist es vorteilhaft, wenn die getrocknete Braunkohle aus der zweiten Mühle als Trockenbraunkohle in den Rauchgas-Braunkohlenstrom der ersten Mühle eingespeist wird. Dabei kann beispielsweise vorgesehen sein, dass die getrocknete Braunkohle aus der zweiten Mühle vollständig als Trockenbraunkohle in den Rauchgasbraunkohlenstrom der ersten Mühle eingespeist wird, so dass die zweite Mühle nicht in üblicher Art und Weise unmittelbar den Kessel mit einem Rauchgas-Braunkohlenstrom beschickt.

**[0029]** Das erfindungsgemäße Verfahren zeichnet sich insbesondere dadurch aus, dass der Kessel mit einer Tangentialfeuerung mit Strahlbrennern befeuert wird, welchen der Rauchgas-Braunkohlenstrom zugeführt wird. Strahlbrenner sind im Betrieb wesentlich störungsunanfällig als Rundstrahlbrenner oder Drallbrenner. Strahlbrenner sind darüber hinaus auch konstruktiv wesentlich einfacher. Diese beruhen auf dem Prinzip, dass der Brennstoff-/Traggaskanal im Wesentlichen als rechteckiger Schacht ausgebildet ist, der jeweils von entsprechenden Sekundärluftkanälen umschlossen ist. Eine Verwirbelung und Verdrallung des Rauchgas/Brennstoffstroms oder des Sekundärluftstroms mit entsprechenden strömungsdynamisch wirkenden Einbauten ist nicht erforderlich.

**[0030]** Bei einer besonders vorteilhaften Variante des Verfahrens gemäß der Erfindung ist vorgesehen, dass die Trockenbraunkohle aus dem separaten Trocknungsaggregat in eine Traggasrezirkulationsleitung der ersten Mühle eingespeist wird. Hierdurch ist es möglich, das erfindungsgemäße Verfahren im Wesentlichen ohne konstruktive Anpassung bestehender Mühlen durchzuführen. Traggasrezirkulationsleitungen werden üblicherweise zur Leistungssteuerung der Mühle verwendet, indem ein Teil des Traggases gegebenenfalls hinter der Mühle abzweigt und durch die Mühle rezirkuliert wird.

**[0031]** Wenn als erste Mühle eine Sichtermahle Anwendung findet, kann die Trockenbraunkohle in einen Feststoffrücklauf eines Mühlensichters eingespeist werden. Auch eine solche Verfahrensweise erfordert kaum konstruktive Anpassungen vorhandener Mühlen.

**[0032]** Bei einer weiteren vorteilhaften Variante des Verfahrens gemäß der Erfindung kann vorgesehen sein, dass die Trockenbraunkohle mit wenigstens einem Schneckenförderer in einen Einlaufbereich der ersten

Mühle eingetragen wird.

**[0033]** Alternativ kann ein Einblasen von Trockenbraunkohle in die erste Mühle mit Inertgas, beispielsweise Niederdruckwasserdampf, oder beispielsweise von Trockenbraunkohle in Mischung mit rezirkuliertem Traggas als Fördermedium erfolgen. Zweckmäßigerweise erfolgt ein Einblasen von Trockenbraunkohle so, dass eine schnelle Vermischung der Trockenbraunkohle mit der Rohbraunkohle erfolgt.

**[0034]** Weiterhin ist es auch möglich, die Trockenbraunkohle mittels eines Abscheiders von dem Fördermedium zu trennen, wenn als Fördermedium Druckluft verwendet wird, so dass die Trockenbraunkohle ohne Luft in die Mühle eingetragen wird, beispielsweise über eine Zellenradschleuse.

**[0035]** Schließlich kann wegen einer Entzündungsneigung von Trockenbraunkohle vorgesehen sein, die Trockenbraunkohle an einer möglichst kalten Stelle der Mühle zuzuführen.

**[0036]** Die Eintragstelle für die Trockenbraunkohle kann auch nach der ersten Mühle in der Brennerzuteilung vorgesehen sein.

**[0037]** Wenn ein Gemisch aus mahlgetrockneter Rohbraunkohle und Trockenbraunkohle in etwa gleichmäßig allen Brennern des Kessel aufgegebenen werden soll, ist es vorteilhaft, die Trockenbraunkohle bereits in die erste Mühle oder in den Rauchgas-Braunkohlenstrom unmittelbar hinter der ersten Mühle einzuspeisen. Grundsätzlich kann es allerdings auch wünschenswert sein, an über die Höhe des Dampferzeugers übereinander angeordneten Brennern eine unterschiedliche Brennstoffkonzentration einzustellen. Für den Ausbrand des Brennstoffs ist es jedenfalls günstig, an den über die Höhe des Dampferzeugers betrachtet unteren Brennern eine höhere Brennstoffkonzentration einzustellen als bei den oberen Brennern. In diesem Fall ist es günstig, wenn die Trockenbraunkohle in Strömungsrichtung des Rauchgas-Braunkohlenstroms betrachtet hinter der ersten Mühle und hinter einer Abzweigung des Rauchgas-Braunkohlenstroms zu einem Nachreaktionsbrenner oder Brüdenbrenner, dem Rauchgas-Braunkohlenstrom für die Hauptbrenner zugegeben wird. Dadurch wird eine Aufkonzentration des Brennstoffs an den unteren Brennern (Hauptbrenner) erzielt, so dass eine Noxarme Verbrennung erzielbar ist.

**[0038]** Als Mühlen können beispielsweise Schlagradmühlen Anwendung finden, in welchen in bekannter Art und Weise eine Prallbeanspruchung des Mahlgutes stattfindet. Ebenso können sogenannte Nassventilatormühlen oder Gebläseschlägermühlen Anwendung finden. Bei Anwendung einer Schlagradmühle oder Gebläseschlägermühle als erste Mühle im Sinne der Erfindung kann die Trockenbraunkohle beispielsweise im Vorschlägerteil der Mühle zugegeben werden.

**[0039]** Bei einer Variante des Verfahrens gemäß der Erfindung ist vorgesehen, dass zwischen 15 % und 35 % der bezogen auf den Heizwert bei Volllast der Anlage gesamten zu verbrennenden Braunkohle einer Trock-

nung in einem separaten Trocknungsaggregat unterzogen wird, wohingegen der verbleibende Anteil der zu verbrennenden Braunkohle konventionell einer direkten Trocknung mit Rauchgas bei der Vermahlung in der ersten Mühle unterzogen wird.

**[0040]** Bei einer bevorzugten Variante des Verfahrens gemäß der Erfindung ist vorgesehen, dass die indirekte Trocknung der Braunkohle in wenigstens einem Wirbelschichttrockner durchgeführt wird.

**[0041]** Insbesondere bei Verwendung eines Wirbelschichttrockners kann dieser leistungsoptimiert ohne eine Nachmahlung mittels Walzenschüsselmühle betrieben werden. Bei einer Vermahlung von Trockenbraunkohle in einer Walzenschüsselmühle sind besondere Explosionsschutzmaßnahmen zu beachten, so dass eine etwa entfallende Nachmahlung eine besondere verfahrenstechnische Vereinfachung darstellt.

**[0042]** Zweckmäßigerweise wird die Energie des bei der indirekten Trocknung anfallenden Brüdens zumindest teilweise zur Vorwärmung der Verbrennungsluft und/oder des Kesselspeisewassers genutzt.

**[0043]** Bei einer zweckmäßigen und vorteilhaften Variante des Verfahrens gemäß der Erfindung ist vorgesehen, dass die Menge der eingespeisten Trockenbraunkohle in Abhängigkeit der Last des Dampferzeugers geregelt wird.

**[0044]** Bei erhöhter Last kann kurzfristig die Menge der eingespeisten Trockenbraunkohle erhöht werden. Da diese Trockenbraunkohle unter Umständen nicht den Mahltrocknungszyklus der ersten Mühle durchlaufen muss, lässt sich auf diese Art und Weise verhältnismäßig einfach eine Leistungsregelung des Dampferzeugers bewerkstelligen.

**[0045]** Die Vorteile des Verfahrens gemäß der Erfindung können wie folgt zusammengefasst werden:

- Durch eine Trockenbraunkohlezufuhr direkt in die Rohbraunkohlemühlen oder direkt stromabwärts des Mühlenaustrages, aber vor dem Ende einer Brennerzuteilung, kann die maximale Temperatur im Brennergürtelbereich des Kessels gegenüber einer Trockenbraunkohlezufuhr über separate Drallbrenner deutlich abgesenkt werden. Durch die Vermeidung solcher Temperaturspitzen kann eine übermäßige Schlackebildung zuverlässig verhindert werden. Bekanntlich hat die Braunkohle eine mineralogische Zusammensetzung, welche schlackebildende mineralische Bestandteile umfasst, die insbesondere bei höheren Temperaturen zur Bildung von Ablagerungen im Kessel führen.
- Durch die Zugabe der Trockenbraunkohle in die Mühlen oder hinter einer Mühle, aber vor dem Ende einer Brennerzuteilung, können alle Vorteile einer Tangentialfeuerung in Bezug auf die Durchmischung des Brennstoffs mit der Verbrennungsluft genutzt werden. Bei Tangentialfeuerungen bietet sich die Verwendung von Strahlbrennern an, da die-

se den Brennstoff relativ weit in den Feuerraum tragen und dort verbrennen, so dass die Genauigkeit der Brennstoffzuteilung an einzelne Brenner unkritisch ist.

- Feuchte, Schüttdichte und Körnungsschwankungen der Trockenbraunkohle sind aufgrund der Mahltrocknung in Mischung mit der Rohbraunkohle unkritisch.

- Es ist ein leistungsoptimierter Betrieb einer angeschlossenen Wirbelschichttrocknung ohne besondere Kontrolle von Restfeuchte und Korngrößenverteilung der Trockenbraunkohle möglich.

- Durch eine Erhöhung der Staubkonzentration im Traggas an den Brennern ist eine NO<sub>x</sub>-Reduzierung im Rauchgas möglich.

**[0046]** Die Erfindung wird nachstehend anhand eines Ausführungsbeispiels unter Bezugnahme auf die beige-fügte Zeichnung erläutert.

**[0047]** Das in der Figur dargestellte Verfahrensfließbild zeigt einen Kessel 1 mit einem Feuerraum 2 und einem Konvektionsteil 3. Das Konvektionsteil 3 umfasst in bekannter Art und Weise Heizflächen, mittels derer ein konvektiver Wärmeübergang in das Heizmedium erfolgt. Innerhalb des Feuerraums 2 wird über Staubbrenner, die als Strahlbrenner ausgebildet sind, getrocknete staubförmige Braunkohle verfeuert. In dem Feuerraum 2 wird die Strahlungswärme auf das in dem Wasserdampf-Kreislauf des Kessels 1 zirkulierende Heizmedium übertragen. Der mit dem Kessel 1 erzeugte Wasserdampf kann in einer Dampfturbine zwecks Erzeugung elektrischer Energie entspannt werden, alternativ kann der Dampf auch als Prozesswärme in anderen gekoppelten Prozessen verwendet werden.

**[0048]** Mit 4 ist ein Saugzug bezeichnet, über welchen das Rauchgas aus dem Kessel 1 über eine Rauchgasreinigungseinrichtung zu einem Kamin gefördert wird.

**[0049]** Der Brennstoff in Form von Trockenbraunkohle und Rohbraunkohle wird in einer Schlagradmühle 5 aufgemahlen und über eine Brennerzuteilung 6 auf mehrere Strahlbrenner verteilt.

**[0050]** Bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel werden der Schlagradmühle 5 einerseits grubenfeuchte Rohbraunkohle 7 und andererseits Trockenbraunkohle 8 aus einem nicht dargestellten Trocknungsaggregat zugeführt. Die Trockenbraunkohle 8 wird entweder einer Traggasrezirkulationsleitung 15 oder der Schlagradmühle 5 unmittelbar zugegeben.

**[0051]** Mit 9 ist ein Trocknungs-Rauchgasstrom bezeichnet, der am oberen Ende des Feuerraums 2 des Kessels 1 mit einer Temperatur von zwischen etwa 800°C und 1200°C entnommen wird und der Schlagradmühle 5 zugeführt wird.

**[0052]** Aus der Schlagradmühle 5 wird ein Rauchgas-Braunkohlestrom 10 an die Brennerzuteilung 6 geliefert,

hinter der dem Rauchgas-Braunkohlenstrom 10 Verbrennungsluft 11 zugegeben wird. Die Verbrennungsluft 11 wird der Atmosphäre entnommen und über einen Verbrennungsluftvorwärmer 12 vorgeheizt. Der Verbrennungsluftvorwärmer 12 wird mit dem Rauchgasstrom 13 aus dem Konvektionsteil 3 des Kessel 1 betrieben. Ein Teil der Verbrennungsluft 11 wird dem Trocknungs-Rauchgasstrom 9 vor der Schlagradmühle 5 zugegeben, ein weiterer Teil wird dem Kessel 1 als Ausbrandluft 14 zugegeben.

**[0053]** Die Rohbraunkohle 7, die aus einer Vorzerkleinerung kommt, wird der Schlagradmühle 5 aufgegeben, wobei die Rohbraunkohle 7 in der Schlagradmühle 5 in direktem Kontakt mit dem aus dem Feuerraum 2 entnommenen Rauchgas in Mischung mit Verbrennungsluft 11 unter Prallbeanspruchung zerkleinert wird. Trockenbraunkohle 8 aus einem nicht dargestellten Wirbelschichttrockner wird mit einem Wassergehalt von beispielsweise zwischen 10 und 30 Masseprozent ebenfalls der Schlagradmühle 5 aufgegeben. Dieser wird beispielsweise in einen Feststoffrücklauf eines Mühlensichters oder an geeigneter Stelle direkt in die Mühle oder in die Traggasrezirkulationsleitung 15 der Schlagradmühle 5 eingetragen. In der Schlagradmühle 5 wird die Rohbraunkohle 7 zusammen mit der Trockenbraunkohle 8 nachgemahlen und nachgetrocknet sowie innig durchmischt. Der die Schlagradmühle 5 verlassene Rauchgas-Braunkohlenstrom 10 (Traggasstrom) umfasst beispielsweise etwa 15 % bis 35 %, vorzugsweise etwa 20 % bis 25 % Trockenbraunkohle 8 bezogen auf den Heizwert des gesamten eingesetzten Brennstoffs bei Vollast des Kessels.

**[0054]** Erfindungsgemäß wird die Trockenbraunkohle 8 dem Rauchgas-Braunkohlenstrom 10 hinter der Schlagradmühle 5, jedoch vor dem Ende der Brennerzuteilung 6 zugegeben.

**[0055]** In dem beschriebenen Ausführungsbeispiel wird die Verbrennungsluft 11 mittels des Rauchgasstroms 13 in dem Verbrennungsluftvorwärmer 12 vorgewärmt. Die Erfindung ist so zu verstehen, dass anstelle einer Verbrennungsluftvorwärmung 12 mit Rauchgas eine Verbrennungsluftvorwärmung Anwendung findet, die mit Niedertemperaturwärme aus der Trocknung der Trockenbraunkohle betrieben wird.

Bezugszeichenliste:

**[0056]**

- |   |                          |
|---|--------------------------|
| 1 | Kessel                   |
| 2 | Feuerraum                |
| 3 | Konvektionsteil          |
| 4 | Saugzug                  |
| 5 | Schlagradmühle           |
| 6 | Brennerzuteilung         |
| 7 | Rohbraunkohle            |
| 8 | Trockenbraunkohle        |
| 9 | Trocknungs-Rauchgasstrom |

- |      |                              |
|------|------------------------------|
| 10   | Rauchgas-Braunkohlenstrom    |
| 11   | Verbrennungsluft             |
| 12   | Verbrennungsluftvorwärmer    |
| 13   | Rauchgasstrom                |
| 5 14 | Ausbrandluft                 |
| 15   | Traggasrezirkulationsleitung |

**Patentansprüche**

1. Verfahren zum Betrieb eines Dampferzeugers mit einem mit Braunkohle befeuerten Kessel, mit wenigstens einer ersten Mühle zur Aufmahlung der Braunkohle, wobei das Verfahren folgende Verfahrensschritte umfasst:

- Mahlen von grubenfeuchter Braunkohle in der ersten Mühle,
- Abzweigen eines Trocknungs-Rauchgasstroms aus dem Kessel und
- Trocknen der Rohbraunkohle in der ersten Mühle in direktem Kontakt mit dem Trocknungs-Rauchgasstrom,
- Einblasen eines Rauchgas-Braunkohlenstroms aus der ersten Mühle in den Kessel,

**und gekennzeichnet ist durch die Verfahrensschritte:**

- Trocknen einer Teilmenge von Rohbraunkohle in einem separaten Trocknungsaggregat zu Trockenbraunkohle und
- Einspeisen der Trockenbraunkohle aus dem separaten Trocknungsaggregat in den Rauchgas-Braunkohlenstrom der ersten Mühle vor einer Brennerzuteilung oder in die Brennerzuteilung.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** als separates Trocknungsaggregat wenigstens ein indirekt beheizter Trockner vorgesehen ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** als separates Trocknungsaggregat wenigstens eine zweite Mühle vorgesehen ist, in der eine Trocknung in Kontakt mit dem Trocknungs-Rauchgasstrom in inertisierter Atmosphäre durchgeführt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die getrocknete Braunkohle aus der zweiten Mühle wenigstens teilweise als Trockenbraunkohle in den Rauchgas-Braunkohlenstrom der ersten Mühle eingespeist wird.

5. Verfahren nach Anspruch 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Trockenbraunkohle aus dem se-

paraten Trocknungsaggregat in die Mühle eingespeist wird und dort zusammen mit der Rohbraunkohle einer Nachmahlung unterzogen wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kessel mit Strahlbrennern befeuert wird, welche der Rauchgas-Braunkohlenstrom zugeteilt wird. 5
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Trockenbraunkohle in eine Traggasrezirkulationsleitung der ersten Mühle eingespeist wird. 10
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Trockenbraunkohle in einen Feststoffrücklauf eines Mühlensichters der ersten Mühle eingespeist wird. 15
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Trockenbraunkohle mit wenigstens einem Schneckenförderer in einen Einlaufbereich der ersten Mühle eingetragen wird. 20
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** als erste Mühle wenigstens eine Schlagradmühle Anwendung findet. 25
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen 15 % und 35 % Prozent der gesamten zu verbrennenden Braunkohle bezogen auf den Heizwert der Braunkohle bei Volllast des Dampferzeugers einer Trocknung in einem separaten Trocknungsaggregat unterzogen wird. 30
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2 oder 6 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die indirekte Trocknung der Braunkohle in wenigstens einem Wirbelschichttrockner durchgeführt wird. 35
13. Verfahren nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Energie des bei der indirekten Trocknung anfallenden Brüdens zumindest teilweise zur Vorwärmung der Verbrennungsluft und/oder des Kesselspeisewassers genutzt wird. 40
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Trockenbraunkohle von Anfahrbrennern des Dampferzeugers mittels einer Umschalteneinrichtung in den Rauchgas-Braunkohlenstrom der ersten Mühle umgeleitet wird, sobald eine Anfahr- und/oder Stützfeuerung für den Dampferzeuger nicht mehr benötigt wird. 45
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Menge der ein-

gespeisten Trockenbraunkohle in Abhängigkeit der Lastanforderung an die Feuerleistung des Dampferzeugers geregelt wird.

## Claims

1. Method for operating a steam generator with a lignite-fired boiler and with at least one first mill for grinding lignite, the method comprising the following method steps:

- Grinding of pit-wet raw lignite in the first mill,
- Branching off of a drying smoke gas stream out of the boiler and
- Drying of the raw lignite in the first mill in direct contact with the drying smoke gas stream,
- Injection of a smoke gas lignite stream out of the first mill into the boiler,

and being characterized by the method steps:

- Drying of a subquantity of raw lignite in a separate drying assembly into dry lignite and
- Feeding of the dry lignite from the separate drying assembly into the smoke gas lignite stream of the first mill before burner allocation or into burner allocation.

2. Method according to Claim 1, **characterized in that** at least one indirectly heated drier is provided as a separate drying assembly.

3. Method according to Claim 1, **characterized in that** at least one second mill, in which drying is carried out in contact with the drying smoke gas stream in an inertized atmosphere, is provided as a separate drying assembly.

4. Method according to Claim 3, **characterized in that** the dried lignite from the second mill is fed at least partially as dry lignite into the smoke gas lignite stream of the first mill.

5. Method according to Claims 1 to 4, **characterized in that** the dry lignite from the separate drying assembly is fed into the mill and is subjected there, together with the raw lignite, to a regrinding.

6. Method according to one of Claims 1 to 5, **characterized in that** the boiler is fired by means of jet burners to which the smoke gas lignite stream is allocated.

7. Method according to one of Claims 1 to 6, **characterized in that** the dry lignite is fed into a carrier gas recirculation line of the first mill.

8. Method according to one of Claims 1 to 6, **characterized in that** the dry lignite is fed into a solids return of a mill separator of the first mill.
9. Method according to one of Claims 1 to 6, **characterized in that** the dry lignite is introduced into an entry region of the first mill by means of at least one worm conveyor. 5
10. Method according to one of Claims 1 to 9, **characterized in that** at least one beating wheel mill is used as the first mill. 10
11. Method according to one of Claims 1 to 10, **characterized in that** between 15% and 35% of the overall lignite to be burnt with respect to the calorific value of the lignite when the steam generator is under full load is subjected to drying in a separate drying assembly. 15
12. Method according to one of Claims 1 or 2 or 6 to 11, **characterized in that** the indirect drying of the lignite is carried out in at least one fluidized bed drier. 20
13. Method according to Claim 12, **characterized in that** the energy of the vapor occurring during indirect drying is utilized at least partially for preheating the combustion air and/or the boiler feed water. 25
14. Method according to one of Claims 1 to 13, **characterized in that** the dry lignite is diverted from starting burners of the steam generator into the smoke gas lignite stream of the first mill by means of a change-over device, as soon as starting and/or supporting firing for the steam generator is no longer required. 30
15. Method according to one of Claims 1 to 14, **characterized in that** the quantity of dry lignite fed in is regulated as a function of the load requirement for the firing power of the steam generator. 35

## Revendications

1. Procédé de fonctionnement d'un générateur de vapeur avec une chaudière fonctionnant au lignite, avec au moins un premier broyeur pour broyer le lignite, le procédé comprenant les étapes de procédé suivantes : 45
  - broyage de lignite ayant subi l'humidité de la mine dans le premier broyeur ;
  - branchement d'un flux de gaz de fumée de séchage provenant de la chaudière ;
  - séchage du lignite brut dans le premier broyeur au contact direct du flux de gaz de fumée de séchage ;
  - mise à feu d'un flux de lignite séché par gaz

de fumée provenant du premier broyeur dans la chaudière ; et **caractérisé par** les étapes de procédé suivantes :

- séchage d'une quantité partielle de lignite brut dans un groupe de séchage séparé pour obtenir du lignite sec ; et
- amenée du lignite sec provenant du groupe de séchage séparé dans le flux de lignite séché par gaz de fumée du premier broyeur avant une distribution dans le brûleur ou pendant la distribution dans le brûleur.

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le groupe de séchage séparé prévu est au moins un sécheur à chauffage indirect.
3. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le groupe de séchage séparé prévu est au moins un deuxième broyeur dans lequel le séchage est réalisé au contact du flux de gaz de fumée de séchage dans une atmosphère rendue inerte.
4. Procédé selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** le lignite séché provenant du deuxième broyeur est intégré au moins en partie sous la forme de lignite sec dans le flux de lignite séché par gaz de fumée du premier broyeur.
5. Procédé selon la revendication 1 à 4, **caractérisé en ce que** le lignite sec provenant du groupe de séchage est amené dans le broyeur et y est soumis, conjointement avec le lignite brut, à un post-broyage.
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** la chaudière est enflammée avec des brûleurs sans flamme auxquels sont amenés le flux de lignite séché par gaz de fumée.
7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** le lignite sec est amené dans une conduite de recirculation de gaz de sustentation du premier broyeur.

8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** le lignite sec est amené dans un retour de matière solide du séparateur de broyeur du premier broyeur. 45
9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** le lignite sec est amené dans une zone d'entrée du premier broyeur à l'aide d'au moins un transporteur à vis sans fin. 50
10. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, **caractérisé en ce que** le premier broyeur utilisé est au moins un broyeur à roue percutante. 55



11. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, **caractérisé en ce qu'**entre 15 % et 35 % de la totalité du lignite à brûler, par rapport au pouvoir calorifique du lignite en pleine charge du générateur de vapeur, est soumise à un séchage dans un groupe de séchage séparé. 5
12. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2 ou 6 à 11, **caractérisé en ce que** le séchage indirect du lignite est réalisé dans au moins un sécheur à lit fluidisé. 10
13. Procédé selon la revendication 12, **caractérisé en ce que** l'énergie des vapeurs produites lors du séchage indirect est utilisée au moins en partie pour préchauffer l'air de combustion et/ou de l'eau d'alimentation de la chaudière. 15
14. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 13, **caractérisé en ce que** le lignite sec est réacheminé dans le flux de lignite séché par gaz de fumée du premier broyeur par les brûleurs d'attaque du générateur de vapeur au moyen d'un dispositif d'inversion dès qu'un foyer d'attaque et/ou de soutien n'est plus nécessaire pour le générateur de vapeur. 20 25
15. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 14, **caractérisé en ce que** la quantité de lignite sec accumulé est réglée en fonction de la demande de charge de la puissance de combustion du générateur de vapeur. 30

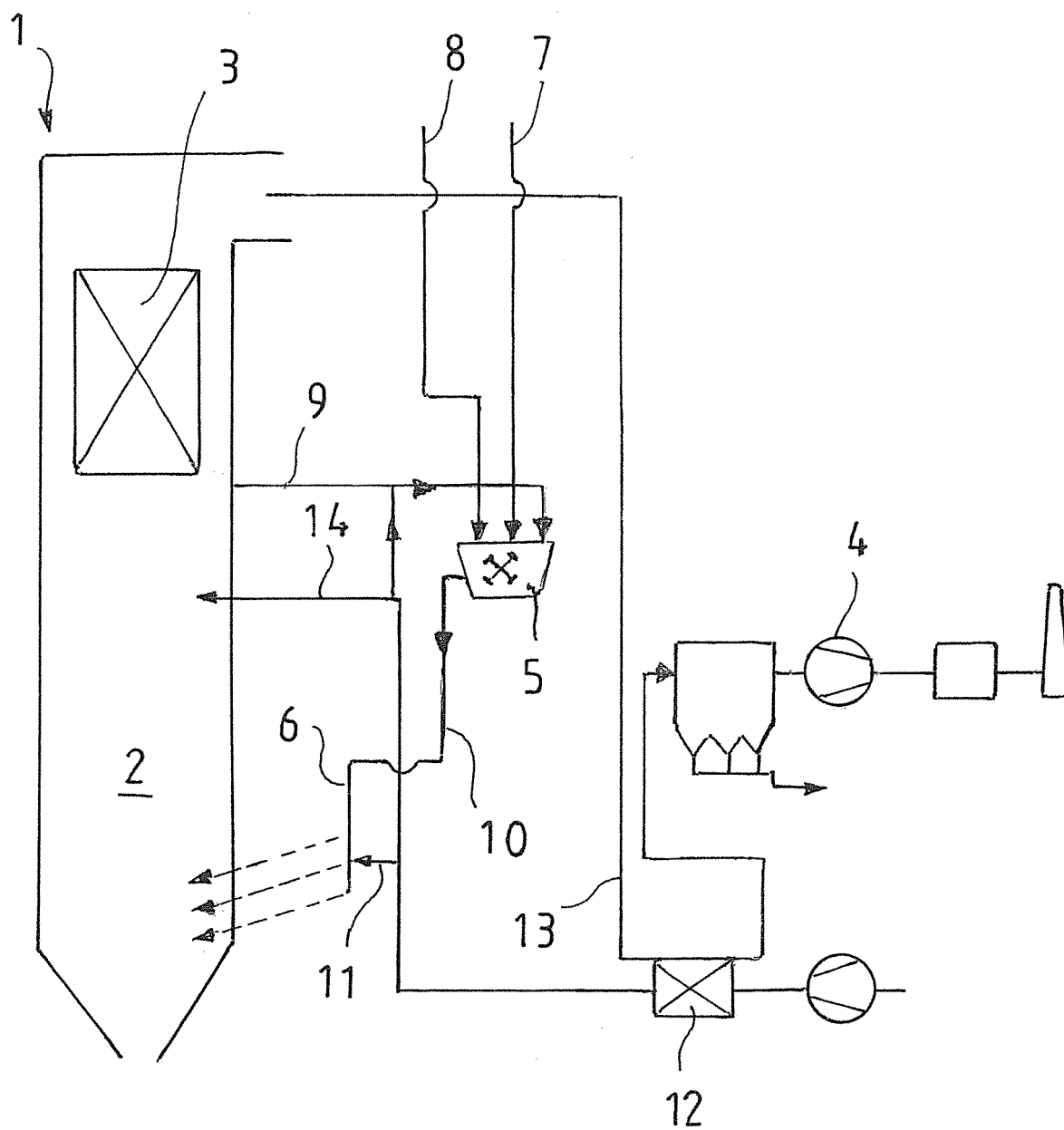
35

40

45

50

55



**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

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

**In der Beschreibung aufgeführte Patentedokumente**

- DE 4203713 C2 [0003]
- DE 4323469 A1 [0003]
- DE 19620047 A1 [0004]
- DE 19518644 C2 [0005]
- DE 10319477 A1 [0006]
- DE 102009035062 A1 [0006]

**In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur**

- Veröffentlichung Helmut Effenberger. Dampferzeugung. Springer-Verlag [0002]