



(11)

EP 2 852 799 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
21.11.2018 Patentblatt 2018/47

(51) Int Cl.:
F26B 1/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **13724262.4**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2013/060437

(22) Anmeldetag: **22.05.2013**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2013/174828 (28.11.2013 Gazette 2013/48)

(54) VERFAHREN ZUR AUFBEREITUNG VON GRUBENFEUCHTER ROHBRAUNKOHLE

METHOD FOR PROCESSING PIT-MOIST RAW BROWN COAL

PROCÉDÉ DE TRAITEMENT DE LIGNITE HUMIDE

(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: **23.05.2012 DE 102012010078**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
01.04.2015 Patentblatt 2015/14

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

(72) Erfinder: **KLUTZ, Hans-Joachim 50374 Erftstadt (DE)**

(74) Vertreter: **Richly & Ritschel Patentanwälte PartG mbB Postfach 100411 51404 Bergisch Gladbach (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A2- 1 944 544 DD-A1- 232 338
DE-A1- 19 618 880 DE-A1- 19 620 047
DE-A1-102010 003 612 US-A- 4 422 846

EP 2 852 799 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 zur Aufbereitung von grubenfeuchter Rohbraunkohle, insbesondere zur thermischen Verwertung in einem Kraftwerkskessel, wobei die Rohbraunkohle zunächst vorgebrochen und anschließend in wenigstens einer Mahleinrichtung zerkleinert sowie einer nachgeschalteten Trocknung zugeführt wird und wobei die Trocknung in einer Wirbelschicht unter Verwendung wenigstens eines indirekt beheizten Wirbelschichttrockners durchgeführt wird, welcher mit Dampf als Fluidisierungsmedium betrieben wird.

[0002] Ein Verfahren zum Trocknen von wasserhaltiger Braunkohle in einer Wirbelschicht ist beispielsweise aus der DE 29 01 723 C2 bekannt.

[0003] Bei dem dort beschriebenen Wirbelschichttrocknungsverfahren ist vorgesehen, die Einsatzkohle mittels eines Schneckenförderers dem Wirbelschichttrockner zuzuführen

[0004] Das aus der zuvor erwähnten Druckschrift bekannte Verfahren soll zum Trocknen von klumpenförmigen Materialien geeignet sein, deren Größe im Bereich von beispielsweise 0,3 cm bis 10 cm liegt. Hierzu wird das zu trocknende Material, beispielsweise Braunkohle, in einem dichteren Material wie beispielsweise Quarzsand in Wirbelung gebracht. Das Verfahren erfordert, dass das getrocknete Feststoffmaterial in Verbindung mit einem Teil des teilchenförmigen aufwirbelbaren Materials entfernt wird und dass das Feststoffmaterial und das aufwirbelbare Material voneinander getrennt werden, so dass das abgeschiedene aufwirbelbare Material wieder in das Wirbelbett zurückgeführt wird. Das Verfahren ist aufwendig und nicht ohne Weiteres praktisch umsetzbar.

[0005] Ein anderes Verfahren zum Trocknen von Braunkohle, insbesondere zur Verwendung in einem Kraftwerkskessel, ist beispielsweise aus der DE 196 20 047 A1 bekannt. Dieses Verfahren wird ausschließlich mit Braunkohle als Feststoff sowie mit Dampf als Fluidisierungsmedium betrieben. Die dem Trockner zuzuführende Braunkohle wird zum Zwecke der Fluidisierung im Wirbelbett verhältnismäßig fein aufgemahlen, beispielsweise auf einem mittleren Korndurchmesser d_{50} von etwa 1 mm.

[0006] Je nach Beschaffenheit der Braunkohle kann ein solcher Wirbelschichttrocknungsprozess in einer stationären Wirbelschicht verhältnismäßig stabil und störungsfrei ablaufen.

[0007] Wie dies bereits in der DE 29 01 723 C2 beschrieben ist, hängt dies im Wesentlichen von der Fluidisierbarkeit des Feststoffs in dem Wirbelschichttrockner ab. Die strömungsmechanischen Vorgänge innerhalb einer stationären Wirbelschicht sind äußerst komplex und nur begrenzt simulierbar. In einer von der Anmelderin betriebenen Pilotanlage haben sich je nach aufzugebendem Massenstrom von Zeit zu Zeit Störungen der Mischungsdynamik ergeben. In der Folge solcher Störungen bilden sich Ablagerungen von Rohbraunkohle bevorzugt auf den Wärmetauschern des Wirbelschichttrockners. Dadurch verschlechtert sich der Wärmeübergang, die Leistung des Trockners vermindert sich signifikant, schlimmstenfalls kollabiert die Wirbelschicht.

[0008] Die DE 10 2010 003 612 A1 betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Trocknen von Braunkohle, das das Zumischen des aus dem Brüden des Wirbelschichttrockners abgeschiedenen Kohlenstaubs und/oder das Zumischen der dem Wirbelschichttrockner entnommenen, getrockneten Kohle zu der zu trocknenden Kohle vorsieht, bevor diese dem Wirbelschichttrockner zugeführt wird. Das Verfahren sieht eine Regelung derart vor, dass der rückgeführte Anteil des aus dem Brüden abgeschiedenen Kohlenstaubs und/oder der aus dem Wirbelschichttrockner ausgetragenen Kohle derart eingestellt wird, dass die dem Trockner zuzuführende, zu trocknende Kohle oder die aus dem Wirbelschichttrockner ausgetragene, getrocknete Kohle einen bestimmten, gewünschten Wassergehalt aufweist.

[0009] Versuche mit Wirbelschichttrocknern bei verschiedensten Durchsatzleistungen haben gezeigt, dass die Fluidisierbarkeit von Rohbraunkohle nicht nur von der Auslastung des Wirbelschichttrockners, sondern auch von der Art und Zusammensetzung der Rohbraunkohle abhängig ist.

[0010] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Aufbereitung von grubenfeuchter Rohbraunkohle unter Verwendung wenigstens eines indirekt beheizten Wirbelschichttrockners bereitzustellen, welches einen im Wesentlichen stabilen und störungsfreien Wirbelschichtbetrieb auch bei hoher Durchsatzleistung auch bei verschiedenartigsten Einsatzkohlen gewährleistet.

[0011] Die Aufgabe wird gelöst mit den Merkmalen des Anspruchs 1. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

[0012] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Aufbereitung von grubenfeuchter Rohbraunkohle, insbesondere zur thermischen Verwertung in einem Kraftwerkskessel, wobei die Rohbraunkohle zunächst vorgebrochen und anschließend in wenigstens einer Mahleinrichtung zerkleinert sowie einer nachgeschalteten Trocknung zugeführt wird, wobei die Trocknung in einer Wirbelschicht unter Verwendung wenigstens eines indirekt beheizten Wirbelschichttrockners durchgeführt wird, welcher mit Dampf als Fluidisierungsmedium betrieben wird, wobei die Rohbraunkohle als Schüttgut mit einem mittleren Korndurchmesser d_{50} von maximal 2 mm in die Wirbelschicht abgeworfen wird und wobei aus der getrockneten Braunkohle hinter dem Wirbelschichttrockner ein Teilstrom abgezweigt und der Rohbraunkohle vor der Trocknung zugemischt wird.

[0013] Die Sicherstellung der Korngrößenverteilung kann beispielsweise über die Beeinflussung der Drehzahl eines oder mehrerer dem Wirbelschichttrockner vorgeschalteter Mühlen erfolgen. Als Mühlen finden beispielsweise Schlag-

radmühlen Anwendung, die je nach Drehzahl einen anderen Mahlfineheitsgrad erzielen. Die Überprüfung der Korngrößenverteilung erfolgt durch Siebung und hierzu kann täglich oder auch chargenweise eine Probennahme vorgesehen sein. Die Proben werden im Labor durch Siebklassierung kontrolliert. Alternativ kann die Korngrößenverteilung auch volumetrisch über ein online-Verfahren gemessen werden.

[0014] Für die Stabilität der Wirbelschicht ist es in erster Linie wichtig, dass der Überkornanteil ($> 2 \text{ mm}$) nicht zu groß wird, was sonst die Stabilität der Wirbelschicht beeinträchtigen könnte.

[0015] Die Sicherstellung der Korngrößenverteilung kann alternativ auch dadurch erfolgen, dass der Mahlung der getrockneten Braunkohle eine Siebklassierung nachgeschaltet wird, wobei der Überkornanteil abgesiebt und einer Nachmahlung unterzogen wird.

[0016] Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass grubenfeuchte Rohbraunkohle in Abhängigkeit von ihrer Herkunft ein unterschiedliches kohäsives Verhalten aufweisen, welches mehr oder weniger großen Einfluss auf die Fluidisierbarkeit der Kohle hat.

[0017] Bekanntlich ist Rohbraunkohle als bergmännisch gewonnenes Naturprodukt in Bezug auf Wassergehalt, Kohlenstoffanteil sowie Mineralzusammensetzung je nach Herkunft verschieden. Bestimmte Eigenschaften der Rohbraunkohle müssen bei der Verwendung als gegeben in Kauf genommen werden.

[0018] Versuchsweise konnte die Anmelderin herausfinden, dass die Fluidisierbarkeit der Rohbraunkohle in engem Zusammenhang mit deren Fließfähigkeit steht und dass sich die Fließfähigkeit der Rohbraunkohle überraschenderweise durch Beimischung von Trockenbraunkohle der gleichen Kohlensorte positiv beeinflussen lässt.

[0019] Erfindungsgemäß ist demnach vorgesehen der zu trocknenden Rohbraunkohle die gleiche Kohlensorte in Form von Trockenbraunkohle vor dem Trocknungsvorgang zuzugeben.

[0020] Die Stabilität des Aufbereitungsverfahrens gemäß der Erfindung, insbesondere die Stabilität der Wirbelschicht innerhalb des Wirbelschichttrockners lässt sich überraschenderweise dadurch verbessern, dass ein Teil der getrockneten Braunkohle innerhalb des Prozesses im Kreislauf gefahren wird, so dass auf diese Art und Weise auch schlecht oder nicht fluidisierbare Rohbraunkohle bei gleichzeitig verhältnismäßig hoher Durchsatzleistung im Wirbelschichttrockner problemlos eingesetzt und getrocknet werden kann.

[0021] Das Problem der Fluidisierbarkeit der Wirbelschicht hängt auch von der Auslastung des Wirbelschichttrockners ab. Störungen der Wirbelschicht können insbesondere bei einer hohen Auslastung des Wirbelschichttrockners auftreten.

[0022] Vorzugsweise wird die Mischung aus Rohbraunkohle und rückgeführter Trockenbraunkohle bei dem Verfahren gemäß der Erfindung über eine Zellenradschleuse in den unter leichtem Überdruck stehenden Wirbelschichttrockner eingeschleust, oberhalb der Wirbelschicht aufgegeben und auf die Wirbelschicht verteilt.

[0023] Besonders bevorzugt ist vorgesehen, der Rohbraunkohle einen Anteil von Trockenbraunkohle zwischen 10 und 30 ma%, vorzugsweise zwischen 10 und 20 ma% bezogen auf die gesamte Schüttung zuzumischen.

[0024] Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass der Anteil der zurückgeführten Trockenbraunkohle in Abhängigkeit der Menge der der Wirbelschicht zugeführten Rohbraunkohle geregelt wird. Eine Regelung kann derart vorgesehen sein, dass ein bestimmtes Mengenverhältnis von Trockenbraunkohle zu Rohbraunkohle eingestellt wird und die Trockenbraunkohle entsprechend dosiert wird. In Abhängigkeit von der eingestellten Anlagenlast kann die zurückgeführte Trockenbraunkohlemenge bei konstantem Verhältnis automatisch angepasst werden.

[0025] Unter einer Regelung im Sinne der vorliegenden Anmeldung ist eine automatisierte Regelung zu verstehen, für die eine entsprechende Prozessleittechnik vorgesehen ist.

[0026] Die Rohbraunkohle kann einen schwankenden Wassergehalt/Feuchtigkeitsgehalt von bis zu 65 ma% aufweisen. Der Wassergehalt der aus dem Wirbelschichttrockner abgezogenen Trockenbraunkohle wird im hygroscopischen Bereich bei konstantem Systemdruck durch die Wirbelschichttemperatur bzw. durch den Verlauf der Desorptionsisobaren bestimmt. Die aus dem Wirbelschichttrockner abgezogene Trockenbraunkohle kann einen mittleren Korndurchmesser d_{50} von 0,4 mm bis 0,8 mm, bevorzugt von 0,1 mm bis 0,4 mm, gegebenenfalls auch von 0,1 mm bis 0,2 mm aufweisen. Der Feuchtigkeitsgehalt der Trockenbraunkohle kann zwischen 10 ma% und 15 ma%, bevorzugt etwa zwischen 15 ma% und 18 ma% betragen. Der Überdruck innerhalb des Wirbelschichttrockners kann bis zu 10 bar betragen. Auch kann der Feuchtigkeitsgehalt der Trockenbraunkohle zwischen 8 und 20 ma%, bevorzugt zwischen 10 und 16 ma% betragen.

[0027] Wie bereits vorstehend erwähnt, wird der Wirbelschichttrockner bevorzugt mit Dampf als Heizmedium indirekt beheizt. Ein Teil des Trocknerbrüdens oder alternativ Fremddampf aus einem gekoppelten Kraftwerksprozess kann zur Fluidisierung des Wirbelbetts bzw. der Rohbraunkohle innerhalb des Wirbelschichttrockners verwendet werden.

[0028] Die abgezweigte Trockenbraunkohle kann unter Verwendung wenigstens einer Mischeinrichtung mit der Rohbraunkohle vor Aufgabe in den Wirbelschichttrockner innig vermischt werden. Eine solche Vermischung ist nicht unter allen Umständen erforderlich, verbessert jedoch die Adhäsion feiner Trockenkohlepartikel an den Partikeln der eingesetzten feuchten Rohbraunkohle signifikant.

[0029] Beispielsweise kann die Trockenbraunkohle hinter dem Wirbelschichttrockner gekühlt und einer Nachmahlung unterzogen werden, wobei ein Teilstrom an Trockenbraunkohle hinter der Nachmahlung abgezweigt wird.

[0030] Es ist selbstverständlich auch möglich, die zurückzuführende Trockenbraunkohle unmittelbar hinter dem Wir-

belschichttrockner abzuzweigen, günstiger ist jedoch eine Kühlung und Nachmahlung, so dass beispielsweise die Trockenbraunkohle mit einer durchschnittlichen Korngröße d_{50} von 0 mm bis 1 mm der Rohbraunkohle zugegeben wird. Die Korngrößenverteilung kann ebenfalls volumetrisch durch Siebklassierung ermittelt werden, sodass bei abweichender Korngrößenverteilung die Nachmahlung entsprechend vorgenommen werden kann.

[0031] Die rückgeführte Trockenbraunkohle kann der Rohbraunkohle zwischen zwei Mahlstufen oder hinter einer letzten Mahlstufe zugemischt werden. Selbstverständlich ist es auch möglich, die rückgeführte Trockenbraunkohle der Rohbraunkohle vor einer ersten Mahlung zuzuführen.

[0032] In diesem Falle ist bereits durch eine gemeinsame Vermahlung von Rohbraunkohle und Trockenbraunkohle eine innige Vermischung gewährleistet, so dass gegebenenfalls separate Mischeinrichtungen entbehrlich sind. Im Sinne einer verhältnismäßig effektiven bzw. energieeffizienten Verfahrensführung ist es jedoch sinnvoll, so wenig wie möglich Trockenbraunkohle in Kreislauf zu führen und den Weg der zurückzuführenden bzw. mitzuführenden Trockenbraunkohle zu kurz wie möglich zu halten. Dabei sollte allerdings auch Gesichtspunkten des Explosionsschutzes Rechnung getragen werden. Aus letzterem Grund ist es zweckmäßig und sinnvoll, die rückgeführte Trockenbraunkohle hinter einer Feinmahlung der Rohbraunkohle dieser aufzugeben und beispielsweise mittels statischen oder dynamischen Mischeinrichtungen in der Zuführung zum Wirbelschichttrockner eine Vermischung mit der Rohbraunkohle durchzuführen. Eine Vermischung kann beispielsweise auch über eine herkömmliche Fördereinrichtung durchgeführt werden.

[0033] Zweckmäßig ist es, wenn der Anteil der der Rohbraunkohle zugemischten Trockenbraunkohle in Abhängigkeit der Adhäsionseigenschaften der Rohbraunkohle und/oder des Lastzustandes des Wirbelschichttrockners variiert wird. Wie nachstehend noch erörtert wird, hat sich herausgestellt, dass die Fließeigenschaft und die Adhäsionseigenschaft von Rohbraunkohle zu einem wesentlichen Teil von der Komprimierbarkeit der Rohbraunkohle und somit von der Schüttgutedichte der Rohbraunkohle in verdichtetem Zustand abhängig ist.

[0034] Zweckmäßigerweise erfolgt die Schüttung der Rohbraunkohle in die Wirbelschicht mittels wenigstens einer oberhalb des Wirbelbetts angeordneten rotierenden Verteilerschurre, vorzugsweise nach einer vorgegebenen Verteilung bezogen auf die Querschnittsfläche des Wirbelschichttrockners.

[0035] Die Erfindung wird nachstehend unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen erläutert.

[0036] Es zeigen:

Figur 1: eine schematische Darstellung des Verfahrensprinzips des Aufbereitungsverfahrens gemäß der Erfindung, und

Figur 2: ein Diagramm, in welchem die Schüttgutfestigkeit von Materialien unterschiedlicher Fließfähigkeit in Abhängigkeit der Verfestigungsspannung dargestellt ist.

[0037] Es wird zunächst Bezug genommen auf das in Figur 1 dargestellte Verfahrensprinzip, welches das Fließbild einer Wirbelschichttrocknungsanlage veranschaulicht, welche beispielsweise an einen Kraftwerkskessel zur Verfeuerung von Braunkohle angeschlossen sein kann.

[0038] Aus einem Braunkohletagebau wird beispielsweise vorgebrochene Rohbraunkohle mit einer durchschnittlichen Körnung von 0 mm bis 80 mm einem Rohbraunkohlebunker 1 aufgegeben. Aus dem Rohbraunkohlebunker 1 wird die Rohbraunkohle zwecks Feinmahlung in zwei hintereinander angeordnete Mühlen auf eine durchschnittliche Körnung (d_{50}) von etwa 0 mm bis 2 mm aufgemahlen. Die Rohbraunkohle wird sodann unter Vermischung mit Trockenbraunkohle, wie nachstehend noch beschrieben wird, einem Wirbelschichttrockner 3 aufgegeben. Der Wirbelschichttrockner 3 ist beispielsweise über entsprechende Wärmetauschereinbauten indirekt mit Dampf beheizt. Die Dampfeinspeisung zur Beaufschlagung des Wärmetauschers ist in der Verfahrensskizze (Fig. 1) mit dem Bezugszeichen 4 versehen. Der Wirbelschichttrockner 3 wird in bekannter Art und Weise unter leichtem Überdruck betrieben, wobei die Rohbraunkohle über eine nicht dargestellte Zellenradschleuse sowie über eine im oberen Teil des Wirbelschichttrockners 3 angeordnete Verteilerschurre auf das Wirbelbett aufgegeben wird. Der aus dem Wirbelschichttrockner 3 abgezogene Brüden 5 wird nach Entstaubung in einem Elektrofilter 6 verschiedenen anderen Verwendungen zugeführt. Dieser kann beispielsweise an die Atmosphäre abgegeben werden. Dieser kann alternativ kondensiert werden, wobei die Niedertemperaturwärme aus der Brüdenkondensation beispielsweise in die Kesselspeisewasservorwärmung eines Kraftwerksprozesses eingekoppelt werden kann. Der Brüden kann weiterhin alternativ verdichtet und zwecks Beheizung wieder dem Wirbelschichttrockner 3 zugeführt werden. Die Energie aus dem Brüden kann auch in einen ORC-Prozess (organic rankine cycle) eingekoppelt werden.

[0039] Ein Teilstrom 7 des Brüdens 5 wird jedenfalls dem Wirbelschichttrockner 3 als Fluidisierungsmedium zugeführt. Die aus dem Wirbelschichttrockner 3 abgezogene Trockenbraunkohle 8 wird zunächst in einem Kühler 9 abgekühlt, sodann in einer Mühle 10 nachgemahlen und einem Trockenbraunkohlesilo 11 zugeführt. Mögliche Stellen der Entnahme von Trockenbraunkohle aus dem zur thermischen Verwertung vorgesehenen Braunkohlenstrom sind mit E1 bis E4 gekennzeichnet, wobei E1 eine Entnahmestelle hinter dem Wirbelschichttrockner 3 und vor dem Kühler 9 bezeichnet, E2 eine Entnahmestelle hinter dem Kühler 9 sowie vor der Mühle 10 bezeichnet, E3 eine Entnahmestelle hinter einer

Mühle 10 und vor dem Trockenbraunkohlesilo 11 bezeichnet. E4 bezeichnet schließlich eine Entnahmestelle hinter dem Trockenbraunkohlesilo 11.

[0040] Bevorzugt wird der rückzuführende Teilstrom der Trockenbraunkohle bei E4 entnommen, da wegen der in dem Trockenbraunkohlesilo 11 vorgesehenen Bevorratung eine bessere Dosierbarkeit des rückzuführenden Teilstroms gewährleistet ist.

[0041] Das Trockenbraunkohlesilo 11 kann austragsseitig mit einem Austragszellenrad versehen sein, das mit variabler Drehzahl betreibbar ist. Über die Drehzahlsteuerung des Austragszellenrads lässt sich die Trockenbraunkohlemenge dosieren, so dass sich ein Mengenverhältnis zwischen zurückgeführter Trockenbraunkohlemenge und Rohbraunkohlemenge einstellen lässt, in Abhängigkeit der Kohäsivität der Rohbraunkohle und/oder in Abhängigkeit der Auslastung bzw. des Lastzustandes des Wirbelschichttrockners 3. Das Trockenbraunkohlesilo 11 kann zwei separate Trockenbraunkohleabzüge aufweisen, von denen einer für die Trockenbraunkohlerückführung bzw. Trockenbraunkohlerückvermischung vorgesehen ist, der andere hingegen den Abzug von Trockenbraunkohle als verwertbares Produkt des Trocknungsprozesses. Die Verwendung von zwei separaten Abzügen hat insbesondere den reglungstechnischen Vorteil, dass der nachfolgende Transportweg auch dazu verwendet werden kann, den Wirbelschichttrockner 3 vor dem Anfahren mit Trockenbraunkohle zu füllen. Vor einer ersten Aufgabe von Rohbraunkohle bei Inbetriebnahme des Wirbelschichttrockners 3 ist es erforderlich, zunächst eine Wirbelschicht mit Trockenbraunkohle 8 aufzubauen, da die Rohkohle wegen ihrer kohäsiven Eigenschaften nicht fluidisierbar ist.

[0042] Ein weiterer Vorzug einer solchen Verschaltung ist, dass bei einem etwaigen Ausfall von Rohkohlezufuhr eine Trockenbraunkohlerückführung den Staubaustag aus der Wirbelschicht ausgleichen kann und die Wirbelschicht sowie alle Regelkreise des Wirbelschichttrockners normal weiterbetrieben werden können.

[0043] Die Positionen R1 bis R4 bezeichnen möglich Rückführstellen für die rückzuführende Trockenbraunkohle, wobei die Rückführstelle R1 unmittelbar hinter dem Rohkohlenbunker 1 vorgesehen ist, die Rückführstelle R2 zwischen einer ersten und einer zweiten Mühle, die Rückführstelle R3 hinter einer zweiten Mühle und vor dem Wirbelschichttrockner 3. Die Rückführstelle R4 ist unmittelbar vor dem Wirbelschichttrockner 3 vorgesehen.

[0044] Die Anmelderin hat überraschenderweise festgestellt, dass die Fließfähigkeit verschiedener Rohkohlen im unmittelbaren Zusammenhang mit deren Fluidisierbarkeit im Wirbelbett steht. Durch Zumischen von Trockenbraunkohle zu der schlecht fluidisierbaren Rohbraunkohle lässt sich die Fließfähigkeit der in den Trocknungsprozess einzubringenden Rohbraunkohle signifikant verbessern.

[0045] Zum Nachweis dieses Zusammenhangs hat die Anmelderin verschiedene Rohbraunkohlen aus verschiedenen Tagebauen sowie jeweils aus diesen Rohkohlen erhaltene Trockenbraunkohle hinsichtlich ihrer Fließeigenschaft untersucht. Die verschiedenen Kohleproben, nachstehend der Einfachheit halber als Proben 1 bis 5 bezeichnet, sowie die daraus jeweils erhaltenen Trockenbraunkohlen, nachstehend als TBK 1 bis TBK 5 bezeichnet, wurden jeweils Fließfähigkeitsuntersuchungen unterzogen, wobei eine Fließfähigkeit als Verhältnis einer Verfestigungsspannung zu einer Druckfestigkeit ermittelt wurde. Die Fließfähigkeit ergibt sich zu:

$ff_c = \sigma_1$ zu σ_c , wobei ff_c die Fließfähigkeit bezeichnet, σ_1 die Verfestigungsspannung und σ_c die Druckfestigkeit. Eine solche Fließfestigkeit lässt sich sowohl mittels bekanntem einachsigen Druckversuch sowie mittels käuflich erwerblichen Ringschergeräten ermitteln. Ein solches Ringschergerät ist beispielsweise von der Firma Dr. Dietmar Schulze Schüttgutmesstechnik (Ringschergerät ST-XS) im Handel erhältlich. Diverse andere Arten von Ringschergeräten stehen zur Verfügung.

[0046] Die Fließfestigkeit von Schüttgut lässt sich dabei wie folgt klassifizieren:

$ff_c < 1$	nicht fließend
$1 < ff_c < 2$	sehr kohäsiv bis nicht fließend
$2 < ff_c < 4$	kohäsiv
$4 < ff_c < 10$	leicht fließend
$10 < ff_c$	frei fließend.

[0047] Die Schüttgutfähigkeit σ_c in Abhängigkeit von der Verfestigungsspannung σ_1 für Bereiche unterschiedlicher Fließfähigkeit ist beispielsweise in Figur 2 dargestellt.

[0048] Die von der Anmelderin untersuchten Proben wurden bei einer Temperatur von ca. 19°C bei einer Luftfeuchtigkeit von rund 30 % relative Luftfeuchtigkeit untersucht. Das Ergebnis der Messungen zur Fließfähigkeit zeigt nachstehend Tabelle 1, wobei σ_c die Schüttgutfestigkeit bzw. Druckfestigkeit des Schüttgutes bezeichnet, nachdem es mit der Spannung σ_1 verdichtet wurde, ff_c das Verhältnis von σ_1 zu σ_c bezeichnet, ρ_b in kg/m³ die Schüttgutdichte bezeichnet, φ_e das Maß für den inneren Reibungswinkel des Schüttguts beim stationären Fließen, φ_{lin} den Steigungswinkel des als gerade angenäherten linearisierten Fließorts und φ_{sf} den inneren Reibungswinkel beim stationären Fließen bezeichnet.

EP 2 852 799 B1

Tabelle 1:

Probe	σ_1 [Pa]	σ_c [Pa]	ff_c [-]	ρ_b [kg/m ³]	φ_e [°]	φ_{lin} [°]	φ_{sf} [°]
1	4020	1703	2,4	530	48	37	40
2	4067	2320	1,8	501	53	36	42
2	3890	1946	2,0	504	49	35	40
4	4443	2007	2,2	554	49	37	42
5	4104	2096	2,0	529	50	35	41
TBK aus 1	4219	514	8,2	543	41	38	38
TBK aus 2	4109	514	8,0	604	44	41	39
TBK aus 3	4192	403	10,4	574	40	38	38
TBK aus 4	4022	524	7,7	650	40	37	37
TBK aus 5	4243	534	7,9	607	42	39	39

[0049] Für die Rohbraunkohlenproben 1 bis 5 ergibt sich, dass die Fließfähigkeit ff_c in Tabelle 1 für die betrachtete Verfestigungsspannung bei 1,8 bis 2,4 liegt. Damit sind die Proben ohne Einfluss der Zeitverfestigung als kohäsiv bis sehr kohäsiv einzuordnen. Die ungünstigste Fließfähigkeit liegt bei der Probe 2, die günstigste Fließfähigkeit ergibt sich für die Probe 1, bezogen auf die Schüttgutfestigkeit σ_c von Probe 1 hat die Probe 2 eine um 1/3 größere Festigkeit.

[0050] Was die Trockenbraunkohle, Proben 6 bis 10, anbelangt, so ist die Fließfähigkeit der Trockenbraunkohle deutlich günstiger als die der Rohbraunkohle.

[0051] Die Rohbraunkohlenprobe 2 zeigt die ungünstigsten Fließeigenschaften. Der Rohbraunkohlenprobe 2 wurden nun verschiedene Anteile der Trockenbraunkohle TBK 2 (Trockenbraunkohle aus der Probe 2) in Gewichtsanteilen von 5 %, 10 %, 15 % und 20 % zugemischt. Sodann wurde die Mischung entsprechend auf ihre Fließfähigkeit untersucht, das Messergebnis ist in Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2:

Anteil TBK	σ_1 [Pa]	σ_c [Pa]	ff_c [-]	ρ_b [kg/m ³]	φ_e [°]	φ_{lin} [°]	φ_{sf} [°]
0%	4067	2320	1,8	501	53	36	42
5%	3780	2148	1,8	502	51	33	39
10%	3935	1923	2,0	511	48	33	39
15%	3780	1650	2,3	519	47	35	38
20%	3758	1356	2,8	523	43	33	37
100%	4109	514	8,0	604	44	41	39

[0052] Die Schüttgutedichte wurde sowohl im unverdichteten lockeren Zustand als auch nach einer Verfestigung von ca. 4 kPa (Werte aus Tabelle 1) bestimmt. Die Schüttgutedichte sowohl im unverdichteten Zustand als auch im verfestigten Zustand der Probe sowohl für die Proben 1 bis 5 als auch für die Proben TBK 1 bis TBK 5 als auch für verschiedene Mischungen ist in der nachstehend dargestellten Tabelle 3 aufgezeichnet.

Tabelle 3:

Probe	Schüttgutedichte ρ_b [kg/m ³] bei Verfestigungsspannung -> 0 kPa ca. 4 kPa	
1	433	530
2	380	501
3	410	504

EP 2 852 799 B1

(fortgesetzt)

Probe	Schüttgutedichte ρ_b [kg/m ³] bei Verfestigungsspannung -> 0 kPa ca. 4 kPa	
4	467	554
5	447	529
TBK aus 1	453	453
TBK aus 2	603	604
TBK aus 3	574	574
TBK aus 4	640	650
TBK aus 5	604	607
2 + 0 % TBK	380	501
2 + 5 % TBK	380	502
2 + 10 % TBK	400	511
2 + 15 % TBK	410	519
2 + 20 % TBK	429	523
100 % TBK	603	604

[0053] Die Probe 2 hat eine besonders niedrige Schüttgutedichte. Dies korrespondiert mit der ungünstigen Fließfähigkeit für diese Probe, wie sie in Tabelle 1 angegeben ist. Hat ein Schüttgut eine ungünstige Fließfähigkeit, so sind die Einzelpartikel nicht mobil in der Schüttung, so verbleiben Hohlräume und die Schüttdichte ist gering. Folglich sind die Proben kompressibel, so dass die Schüttgutedichte von der Belastung abhängt. Die größte Kompressibilität ist ebenfalls bei der Probe 2 festzustellen.

[0054] Auch die Trockenbraunkohlen unterscheiden sich in der Schüttgutedichte merklich. Allerdings ist kein Zusammenhang zwischen den Rohbraunkohlen und den Trockenbraunkohlen festzustellen, eine geringe Schüttgutedichte der Rohbraunkohle bedeutet nicht unbedingt auch eine geringe Schüttgutedichte der Trockenbraunkohle. Die Trockenbraunkohlen sind in dem betrachteten Bereich der Verfestigungsspannung nur sehr gering bis messbar kompressibel.

[0055] Mit steigendem Anteil an Trockenbraunkohle nehmen sowohl die unverdichtete Schüttgutedichte als auch die Schüttgutedichte unter einer Verfestigungsspannung von ca. 4 kPa zu. Dies lässt sich mit der besseren Fließfestigkeit nach Zumischung der Trockenbraunkohle dadurch erklären, dass eine günstigere Fließfähigkeit eine engere Packung mit geringerem Hohlraumanteil und damit einer höheren Schüttdichte ermöglicht.

[0056] Im Ergebnis lässt sich feststellen, dass eine Zumischung von Trockenbraunkohle beispielsweise zur Probe 2 die Fließfähigkeit der Mischung günstig beeinflusst.

Bezugszeichen

[0057]

- 1 Rohbraunkohlenbunker
- 2 Mühlen
- 3 Wirbelschichttrockner
- 4 Dampfeinspeisung
- 5 Brüden
- 6 Elektrofilter
- 7 Teilstrom des Brüden
- 8 Trockenbraunkohle
- 9 Kühler
- 10 Mühle

11 Trockenbraunkohlesilo
 E1 - E4 Entnahmestellen für Trockenbraunkohle
 R1 - R4 Rückführstellen für Trockenbraunkohle

5

Patentansprüche

1. Verfahren zur Aufbereitung von grubenfeuchter Rohbraunkohle, insbesondere zur thermischen Verwertung in einem Kraftwerkskessel, wobei die Rohbraunkohle zunächst vorgebrochen und anschließend in wenigstens einer Mahleinrichtung zerkleinert sowie einer nachgeschalteten Trocknung zugeführt wird, wobei die Trocknung in einer Wirbelschicht unter Verwendung wenigstens eines indirekt beheizten Wirbelschichttrockners durchgeführt wird, welcher mit Dampf als Fluidisierungsmedium betrieben wird, wobei die Rohbraunkohle als Schüttgut mit einem mittleren Korndurchmesser von d_{50} von maximal 2 mm in die Wirbelschicht abgeworfen wird und wobei aus der getrockneten Braunkohle hinter dem Wirbelschichttrockner ein Teilstrom abgezweigt und der Rohbraunkohle vor der Trocknung zugemischt wird, wobei der Anteil der zurückgeführten Trockenbraunkohle in Abhängigkeit der Menge der der Wirbelschicht zugeführten Rohbraunkohle geregelt wird und/oder in Abhängigkeit der Schüttgutdichte der Rohbraunkohle im verdichteten Zustand variiert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Rohbraunkohle ein Anteil von zurückgeführter Trockenbraunkohle zwischen 10 ma% und 30 ma%, vorzugsweise zwischen 10 ma% und 20 ma% bezogen auf die gesamte Schüttung zugemischt wird.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die abgezweigte Trockenbraunkohle unter Verwendung wenigstens einer Mischeinrichtung mit der Rohbraunkohle vor Aufgabe in den Wirbelschichttrockner innig vermischt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Trockenbraunkohle hinter dem Wirbelschichttrockner gekühlt und einer Nachmahlung unterzogen wird und dass der Teilstrom der zurückzuführenden Trockenbraunkohle hinter der Nachmahlung abgezweigt wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Trockenbraunkohle der Rohbraunkohle zwischen zwei Mahlstufen oder hinter einer letzten Mahlstufe zugemischt wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Vermischung von Rohbraunkohle und Trockenbraunkohle unter Verwendung von wenigstens einer statischen Mischeinrichtung in einer Schüttgutzufuhr an den Wirbelschichttrockner erfolgt.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schüttung der Rohbraunkohle in die Wirbelschicht mittels wenigstens einer oberhalb des Wirbelbetts angeordneten rotierenden Verteilerschurre, vorzugsweise nach einer vorgegebenen Verteilung bezogen auf die Querschnittsfläche des Wirbelschichttrockners durchgeführt wird.

Claims

1. Process for the beneficiation of pit-moist raw brown coal, in particular for thermal utilization in a power station boiler, wherein the raw brown coal is firstly precrushed and subsequently comminuted in at least one milling apparatus and passed to subsequent drying, where the drying is carried out in a fluidized bed using at least one indirectly heated fluidized-bed dryer which is operated using steam as fluidization medium, where the raw brown coal is introduced as bulk material having an average particle diameter d_{50} of not more than 2 mm into the fluidized bed and a substream is branched off from the dried brown coal downstream of the fluidized-bed dryer and mixed into the raw brown coal before drying, where the proportion of recirculated dry brown coal is regulated as a function of the amount of raw brown coal introduced into the fluidized bed and/or is varied as a function of the bulk density of the raw brown coal in the compacted state.
2. Process according to Claim 1, **characterized in that** a proportion of recirculated dry brown coal in the range from 10% by mass to 30% by mass, preferably from 10% by mass to 20% by mass, based on the total bed, is mixed into the raw brown coal.

3. Process according to either Claim 1 or 2, **characterized in that** the dry brown coal branched off is intimately mixed with the raw brown coal using at least one mixing apparatus before production into the fluidized-bed dryer.
4. Process according to any of Claims 1 to 3, **characterized in that** the dry brown coal is cooled and subjected to after-milling downstream of the fluidized-bed dryer and **in that** the substream of the dry brown coal to be recirculated is branched off downstream of the after-milling.
5. Process according to any of Claims 1 to 4, **characterized in that** the dry brown coal is mixed into the raw brown coal between two milling stages or downstream of a last milling stage.
6. Process according to any of Claims 1 to 5, **characterized in that** mixing of raw brown coal and dry brown coal is carried out using at least one static mixing apparatus in a bulk material feed line to the fluidized-bed dryer.
7. Process according to any of Claims 1 to 6, **characterized in that** the raw brown coal is poured into the fluidized bed by means of at least one rotating distributor chute arranged above the fluidized bed, preferably according to a prescribed distribution based on the cross-sectional area of the fluidized-bed dryer.

Revendications

1. Procédé de traitement de lignite brut à l'humidité de la mine, notamment pour une exploitation thermique dans une chaudière de centrale électrique, le lignite brut étant tout d'abord pré-fragmenté, puis broyé dans au moins un dispositif de broyage et introduit dans un séchage en aval, le séchage étant réalisé dans un lit fluidisé en utilisant au moins un séchoir à lit fluidisé à chauffage indirect, qui est exploité avec de la vapeur en tant que milieu de fluidisation, le lignite brut étant déversé dans le lit fluidisé sous la forme d'un produit en vrac ayant un diamètre de grain moyen d_{50} d'au plus 2 mm, et un courant partiel du lignite sec étant dévié après le séchoir à lit fluidisé et mélangé avec le lignite brut avant le séchage, la proportion de lignite sec recyclé étant ajustée en fonction de la quantité de lignite brut introduite dans le lit fluidisé et/ou étant variée en fonction de la densité de produit en vrac du lignite brut à l'état compacté.
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'**une proportion de lignite sec recyclé comprise entre 10 % en masse et 30 % en masse, de préférence entre 10 % en masse et 20 % en masse, par rapport au produit en vrac total, est mélangée avec le lignite brut.
3. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, **caractérisé en ce que** le lignite sec dévié est mélangé intimement avec le lignite brut en utilisant au moins un dispositif de mélange avant l'introduction dans le séchoir à lit fluidisé.
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** le lignite sec est refroidi après le séchoir à lit fluidisé et soumis à un broyage secondaire, et **en ce que** le courant partiel du lignite sec recyclé est dévié après le broyage secondaire.
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** le lignite sec est mélangé avec le lignite brut entre deux étapes de broyage ou après une dernière étape de broyage.
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce qu'**un mélange de lignite brut et de lignite sec a lieu en utilisant au moins un dispositif de mélange statique dans une alimentation de produit en vrac du séchoir à lit fluidisé.
7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** le chargement en vrac du lignite brut dans le lit fluidisé est réalisé au moyen d'au moins une goulotte de distribution rotative agencée au-dessus du lit fluidisé, de préférence selon une distribution prédéterminée par rapport à la surface de section transversale du séchoir à lit fluidisé.

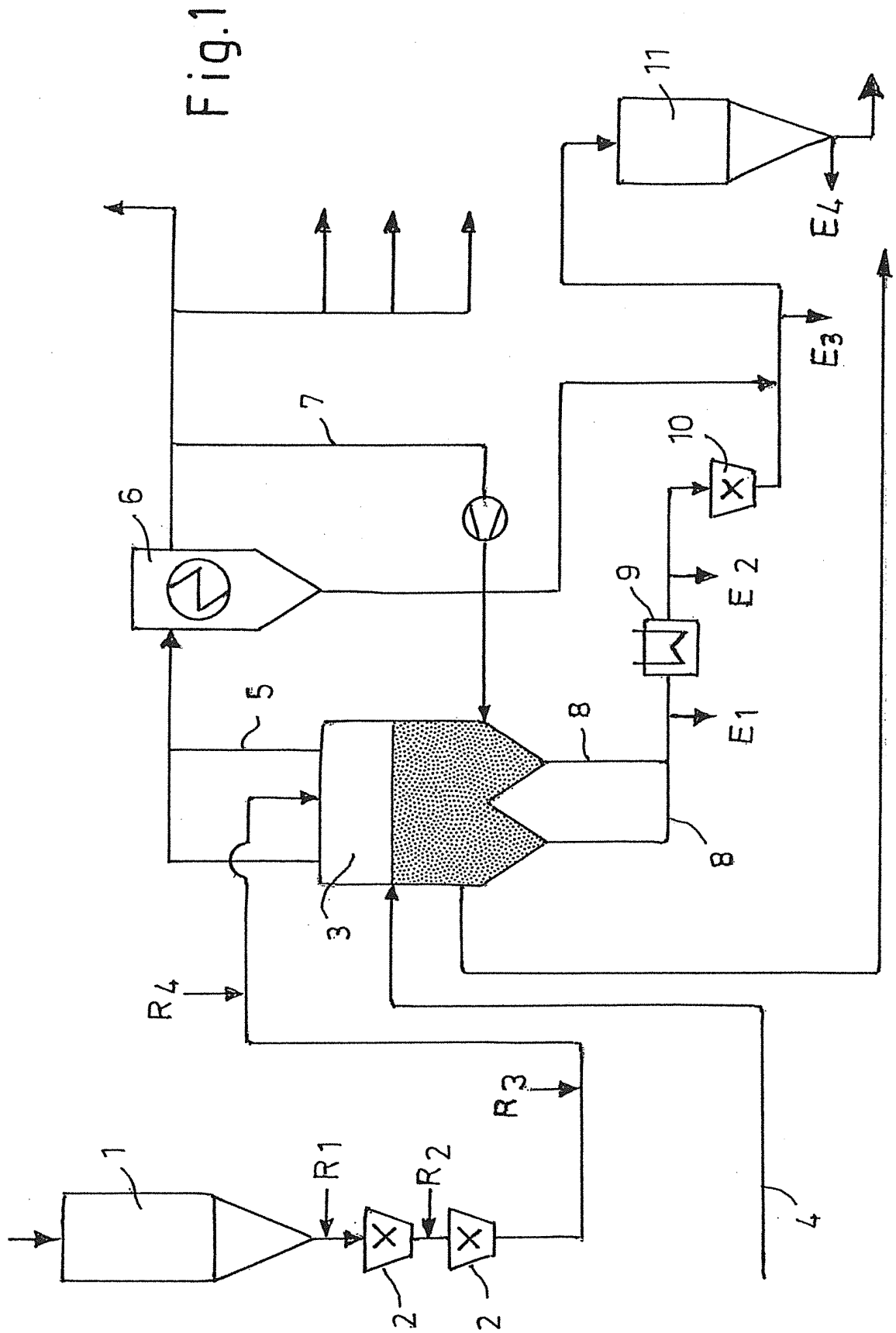
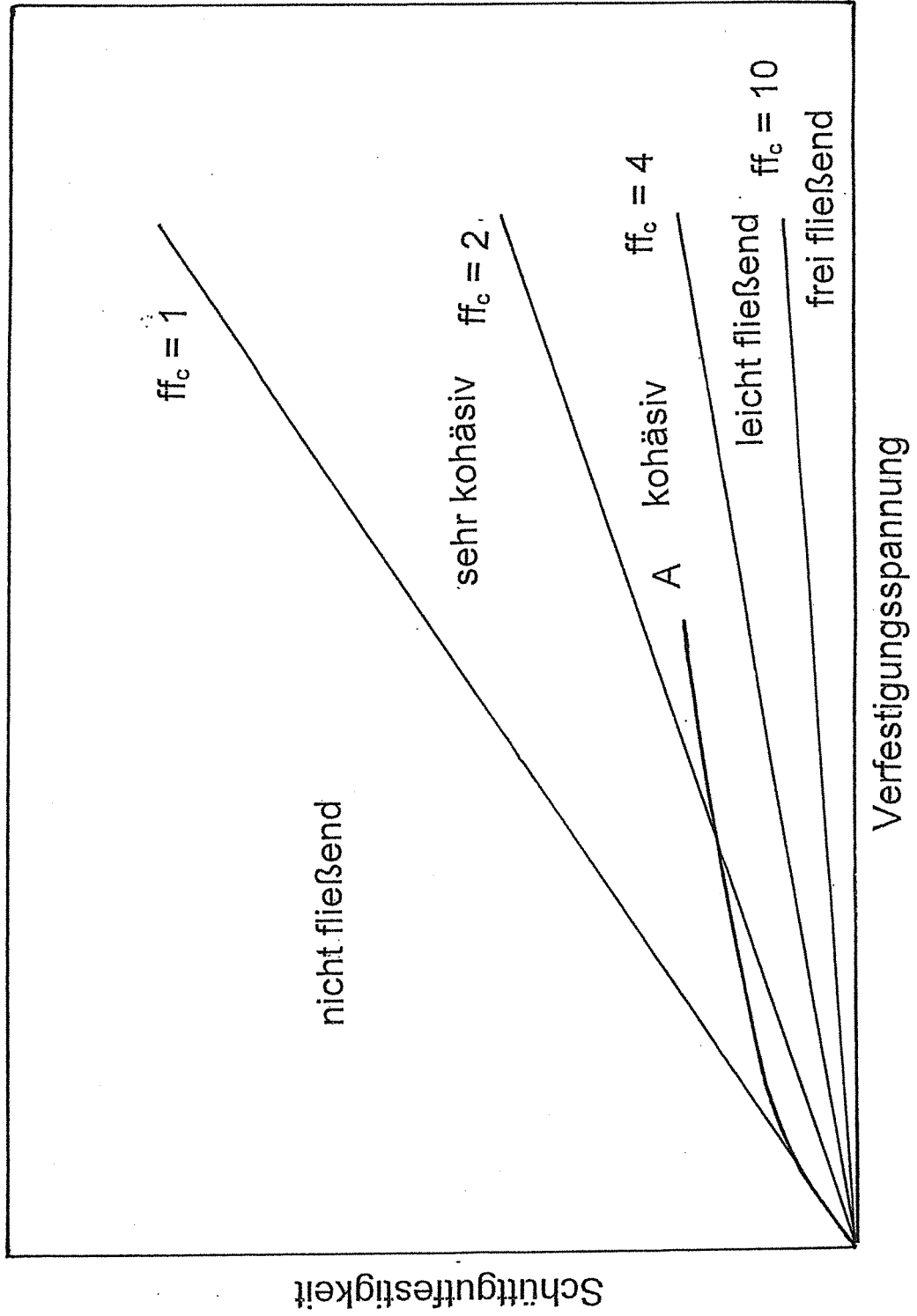


Fig. 2



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 2901723 C2 [0002] [0007]
- DE 19620047 A1 [0005]
- DE 102010003612 A1 [0008]