(19) BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

# PATENTSCHRIFT

(12) Ausschließungspatent

(11) DD 295 183 A5

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1
Patentgesetz der DDR
vom 27.10.1983
in Übereinstimmung mit den entsprechenden
Festlegungen im Einigungsvertrag

5(51) C 10 L 9/00
F 23 N 5/26
F 23 K 1/00
C 10 B 57/00
C 10 B 49/10

DEUTSCHES PATENTAMT

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) DD C 10 L / 341 600 7 (22) 13.06.90 (44) 24.10.91

(71) siehe (73)
(72) Krödel, Bernd, Dr. oec.; Paul, Siegfried, Dipl.-Ing., DE
(73) Vereinigte Kraftwerks-Aktiengesellschaft, Ingenieurunternehmen für Kraftwerks-, Energie- und Umwelttechnik, O - 7544 Vetschau, DE
(74) ORGREB-Institut für Kraftwerke, Abt. Rechtsschutz und Nutzung, Schönhauser Allee 149, O - 1058 Berlin, DE

## (54) Verfahren und Vorrichtung zur Aufbereitung und energetischen Nutzung von Salzkohlen

(55) Salzkohle; Aufbereitung; Kohletrocknung; Schwerkraftabscheidung; Brüdennutzung; Koppelprozeß; Gas-Dampf-Kombiprozeß; Salzbetrieb, thermisch; Feststoffzirkulation; Alkalidampfkondensation; Brüdenentstaubung

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anordnung zur technologischen Kopplung von Prozeßstufen der Salzkohleaufbereitung mit Prozeßstufen deren energetischen Nutzung. Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zu entwickeln, bei dem die Prozeßstufen der Aufbereitung von Salzkohlen verfahrenstechnisch und energetisch so gekoppelt werden, daß sich mit der energetischen Nutzbarkeit dieses bisher verbrennungstechnisch nicht beherrschten Primärenergieträgers gleichzeitig ein maximaler Energieumwandlungswirkungsgrad und ökonomische Effizienz ergeben. Dies wird erfindungsgemäß dadurch erreicht, daß unmittelbar nach der Schwerkraft-Abtrennung der Feststoffe wie Kokse und Aschen aus dem Feststoff-Gasgemisch dieselben in Schüttschichten gesammelt und durch in diesen Schüttschichten befindlichen Heizflächen gekühlt werden und die jeweils in der Schüttung abgeführte Wärme für die Trocknung der Rohkohle und für die Überhitzung des aus der Trocknung stammenden Brüdens eingesetzt wird, wobei der überhitzte Brüden eine Brüdenkondensationsturbine antreibt, das von der Salzlast befreite Gasgemisch in einer Gasturbinenanlage eingesetzt wird und die aus der Salzkohleaufbereitung gewonnenen salzfreien Kokse in einer Zusatzfeuerung eines Abhitzekessels verbrannt werden, wobei der Abhitzekessel gleichzeitig die Abhitze der Gasturbinenanlage weiter abbaut und Dampf erzeugt, welcher eine Dampfturbine zur Stromerzeugung antreibt und daß zum Ausgleich der mit Salzfracht abgezogenen Feststoffe Asche aus der koksbetriebenen Zusatzfeuerung und zur Wasserversorgung des Koppelprozesses aufbereitetes Brüdenkondensat eingesetzt werden. Zur Realisierung werden zu einem bekannten Salzabtriebsreaktor parallel ein Kokskühler und ein Rohkohletrockner und zu einem bekannten Entsalzungsreaktor parallel ein Feststoffrezirkulatkühler aufgestellt, so daß sich stofflich undenergetisch eine überraschend vorteilhafte Kopplung ergibt. Die Oberteile des Koks- und Feststoffkühlers sind jeweils in den Brenngastrakt eingebunden, gewährleisten die Schwerkrafttrennung der festen Komponenten aus dem Brenngas und gehen stetig in einen darunter befindlichen Schüttungsschacht über, in dem die Kokse bzw. rezirkulierten Feststoffe nach jeweiliger Abtrennung in einer Schüttung gesammelt und gekühlt werden.

Fig.

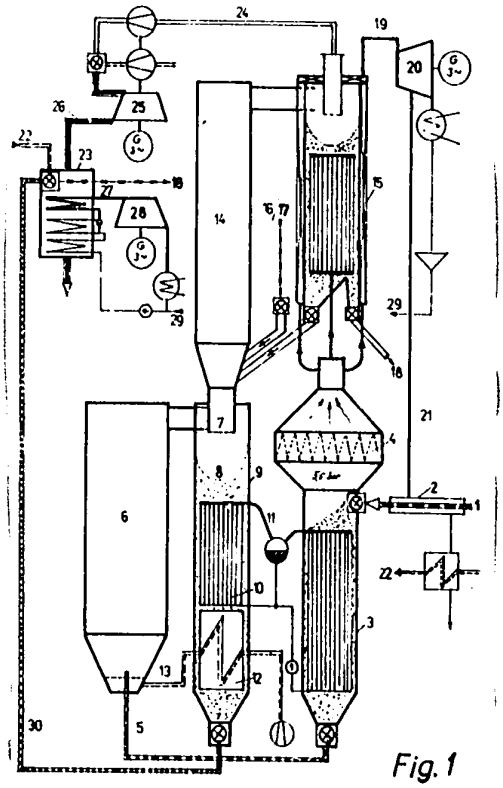


Fig. 1

ISSN 0433-6461

**Patentansprüche:**

1. Verfahren zur Aufbereitung und energetischen Nutzung von Salzkohlen, bei dem in einem ersten Reaktor durch Teilverbrennung und somit auf thermischem Wege Alkalien abgetrieben und in einem zweiten Reaktor die dampfförmigen Alkalienbestandteile des Gasgemisches an zirkulierenden und gekühlten Feststoffpartikeln auskondensiert werden, **gekennzeichnet dadurch,** daß unmittelbar nach der Schwerkraft-Abtrennung der Feststoffe wie Kokse und Aschen aus dem Feststoff-Gasgemisch dieselben in Schüttschichten gesammelt und durch in diesen Schüttschichten befindlichen Heizflächen gekühlt werden und die jeweils in der Schüttung abgeführte Wärme für die Trocknung der Rohkohle und für die Überhitzung des aus der Trocknung stammenden Brüdens eingesetzt wird, wobei der überhitzte Brüden eine Brüdenkondensationsturbine antreibt, das von der Salzlast befreite Gasgemisch in einer Gasturbinenanlage eingesetzt wird und die aus der Salzkohleaufbereitung gewonnenen salzfreien Kokse in einer Zusatzfeuerung eines Abhitzekessels verbrannt werden, wobei der Abhitzekessel gleichzeitig die Abhitze der Gasturbinenanlage weiter abbaut und Dampf erzeugt, welcher eine Dampfturbine zur Stromerzeugung antreibt und daß zum Ausgleich der mit Salzfracht abgezogenen Feststoffe Asche aus der koksbetriebenen Zusatzfeuerung und zur Wasserversorgung des Koppelprozesses aufbereitetes Brüdenkondensat eingesetzt werden.
2. Anordnung zur Aufbereitung und energetischen Nutzung von Salzkohlen, wobei einem Salzabtriebsreaktor ein Entsalzungsreaktor nachgeschaltet ist, **gekennzeichnet dadurch,** daß
   a) parallel zu dem Salzabtriebsreaktor (6) ein Kokskühler (9) angeordnet ist, dessen Oberteil mit einem Gasgemisch-Trakt verbunden ist, der mittels Schwerkraft die Kokspartikel aus dem Salzdämpfe enthaltenden Gasgemisch abtrennt, wobei der Bereich der Gas-Feststoff-Trennung kontiniuerlich in einen darunter befindlichen Schacht übergeht. der die abgetrennten heißen Feststoffe in einer losen Schüttung zusammenführt und gleichzeitig aus der Schüttung fühlbare Wärme an eine in der Schüttung befindliche Heizfläche (10) abführt, welcher eine zweite Verbrennungsluft vorwärmende Heizfläche (12) nachgeordnet ist, der ein trichterförmiges Unterteil folgt,
   b) parallel zu dem Entsalzungsreaktor (14) ein Feststoffkühler (15) angeordnet ist, dessen Oberteil ebenfalls in den Trakt des Gasgemisches zwecks Abtrennung der hier mit Salzfracht angereicherten Feststoff/Aschepartikel eingebunden ist, wobei der eine Wandheizfläche aufweisende Feststoffkühler (15) die Partikel in einer Schüttung zusammenführt, in der eine Heizfläche angeordnet ist und
   c) parallel zum Salzabtriebsreaktor (6) und Kokskühler (9) ein Rohkohle-Trockner (3) mit interner Brüdenentstaubung (4) angeordnet ist, der die Trocknungsenergie aus dem Kokskühler (9) über einen Kondensat-Sattdampf-Kreislauf (11) als elastischer energetischer Kopplung bezieht, die Trockenkohle für den nachfolgenden Salzabtriebsreaktor (6) erzeugt und dem Brüden staubfrei zur Überhitzung an den darüber angeordneten Feststoff-Asche-Kühler (15) abgibt.

Hierzu 1 Seite Zeichnung

**Anwendungsgebiet der Erfindung**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und die zugehörige Vorrichtung zur Aufbereitung und energetischen Nutzung von Salzkohlen in einem energiewirtschaftlich relevanten Maßstab.

**Charakteristik des bekannten Standes der Technik**

Die Verbrennung von Salzkohlen in Dampferzeugern versucht man bei einer Brennkammertemperatur von 700 bis 1600°C, je nach Feuerungsart, zu realisieren. Bei der Verbrennung werden die Alkalien überwiegend flüchtig und strömen dampfförmig im Verbrennungsgas durch die Heizflächen des Dampferzeugers. Berühren die Verbrennungsgase die kalten Heizflächen, kommt es zur Kondensation der Alkalien, so daß Beläge entstehen, die die Wärmeübertragung behindern. Weiterhin beeinflußt der Alkaligehalt salzhaltiger Kohlen wesentlich deren Ascheschmelzverfahren und führt zu Teilschmelzen schon ab Temperaturen von 600°C.
Die klebrigen Ascheteilchen bilden Ansätze an den Rohren der Konvektionsheizflächen. Durch weiteres Ansetzen von Feststoffen, wie Asche und Flugkoks, wächst auf die Weise relativ schnell der freie Verbrennungsquerschnitt zu, der Dampferzeuger muß gereinigt oder außer Betrieb genommen werden.

Das Versetzen des freien Verbrennungsgasquerschnittes durch Feststoffansatz wird nach den bisher bekannten Verfahren und Vorrichtungen dadurch verhindert, daß die betroffenen Heizflächen mittels Wasser- und Dampfbläser mechanisch gereinigt werden. Durch Rückführung von kalten Verbrennungsgasen in die Brennkammer senkt man die Brennkammertemperatur auf 800 bis 900°C ab.
Erreicht werden soll damit die Senkung des Anteils der Salzdämpfe im Verbrennungsgas. Trotzdem entstehen in diesem Temperaturbereich Teilschmelzen der Asche, die zu Ansätzen in den Konvektionsheizflächen führen.
Mit hohem mechanischem Reinigungsaufwand wird dieses Verfahren für Kohlen mit einem niedrigen Salzgehalt ($Na_2O$–8%) in der Asche angewandt. Für Salzkohlen mit einem $Na_2O$-Gehalt von 8...26% in der Asche ist das oben beschriebene Verfahren ungeeignet. In Versuchsanlagen zur zirkulierenden Wirbelschichtfeuerung kann die Brennkammertemperatur bis 700°C abgesenkt werden, auch hier entstehen Salzablagerungen in Anlagenteilen, bzw. im Bettmaterial tritt Agglomeration auf, was zur Einschränkung der Wirbelfähigkeit bis hin zum Einfrieren des Bettes führen kann. Ursache hierfür sind die bis ca. 600°C möglichen Teilschmelzen von Aschen salzhaltiger Kohlen. Eine weitere Absenkung der Brennkammertemperatur bis auf 600°C ist nicht sinnvoll, da der CO-Gehalt der Verbrennungsgase unzulässig hoch und die Verfeuerung von stark wasserhaltiger Kohle fraglich wird. Weiterhin sind die Optimalbedingungen für die Rauchgasentschwefelung bei 850°C nicht gegeben.
Die DE-PS 58 155 stellt ein Verfahren und die zugehörige Vorrichtung zur Verbrennung von Salzkohle vor, bei dem zwischen Dampferzeuger und Mahlanlage ein Entgasungsschacht angeordnet ist, in welchem die gemahlene Kohle durch Teilverbrennung eines Trägergases entgast wird. Als Trägergas wird das bei der Entgasung anfallende Entgasungsgas genutzt. Für die Entgasung wird der Temperaturbereich 800–1000°C vorgeschlagen, wobei ein Abtrieb der Alkalien aus der Salzkohle erreicht werden soll. Nach dem Entgasungsschacht wird der Koks aus dem Koks-Gas-Gemisch abgetrennt und direkt als Brennstoff in den Dampfkessel geführt. Aus dem Gas sollen die Alkalien durch Kondensation in einem Wärmetauscher, der als Sonderkonstruktion zur Alkalienreinigung ausgelegt ist, abgeschieden werden. Danach wird das Gas entweder dem Kessel oder dem Entgasungsschacht zur Verbrennung zugeführt. Durch diesen Abtrieb der Alkalien im Entgasungsschacht mit nachfolgender Alkalienabtrennung aus dem Entgasungsgas soll der Salzkohleeinsatz mit Koks als Brennstoff in einem Dampfkessel erreicht werden. Die Nachteile dieser Lösung sind der begrenzte Abtrieb der Alkalien, schätzungsweise 60...70% der Gesamtsalzlast, in einem Entgasungstemperaturbereich von 800–1000°C. Der begrenzte Abtrieb der Alkalien läßt bei höheren Alkaligehalten der Asche auch im Kessel Probleme durch Salzansätze an den Heizflächen erwarten, wenn 30...40% der Alkalienlast im Koks verbleiben.
Ferner sind verfahrenstechnische Begrenzungen hinsichtlich Wärme- und Stoffbilanz für den Entgasungsschacht zu erwarten. Zur Deckung des Wärmebedarfs im Entgasungsschacht ist das prozeßeigene Entgasungsgas nicht ausreichend, vor allem, wenn die Salzkohle als Rohkohle eingesetzt werden soll. Es ist anzunehmen, daß damit die notwendigen Prozeßtemperaturen im Entgasungsschacht für einen ausreichenden Alkaliabtrieb nicht erreicht werden.
Die Abscheidung der Alkalien aus dem Gas soll durch Abkühlung in wechselweise betriebenen Wärmetauschern geschehen. Nach vorliegenden Kenntnissen kann eingeschätzt werden, daß dieses Prinzip technisch nicht realisierbar ist, weil es, wie an den Kesselheizflächen, ständig zu Verschmutzungen durch Salzabscheidung kommt. Aufgrund der genannten Nachteile wurde dieser Lösungsvorschlag bisher noch nicht technisch verwirklicht.
In DD 41 180 wird ein Kondensationsverfahren einschließlich Vorrichtung für Salzdämpfe in Verbrennungsgasen bei Verbrennung salzhaltiger Kohle in Dampferzeugern wie folgt beschrieben:
Sand, Flugasche oder andere Feststoffe werden mit kalter Luft in den Verbrennungsgasstrom so eingeblasen, daß der Kondensationsbereich der Salzdämpfe erreicht wird, so daß die Alkalien an den Feststoffpartikeln kondensieren. Die Realisierung dieses Verfahrens scheitert am offenen System des Feststoffeintrages und dessen fehlender Abtrennung aus dem Verbrennungsgas. Es sind große Feststoffmengen einzusetzen, dadurch wird das Verfahren unökonomisch. Durch die fehlende Feststoffabtrennung nach der Alkalienkondensation führt die hohe Feststoffbeladung zu Erosionsproblemen, erhöhtem Energieverbrauch und infolge der Absenkung des Temperaturniveaus in den Rauchgasen zur Heizflächenvergrößerung. Das Eintragen und Mischen des Feststoffes in den Verbrennungsgasstrom gemäß dieser Lösung ist als problematisch einzuschätzen. Für die Brennkammer sind umfangreiche Reinigungsmaßnahmen für Salzablagerungen erforderlich. Da die Alkalien im Rauchgasstrom bleiben, bleibt auch ein Teil der Probleme bis zum Kesselende erhalten.
Eine in DD 254 058 vorgeschlagene Lösung zur energetischen Nutzung von salzhaltiger Kohle beinhaltet den Alkalienabtrieb in einem separaten Reaktor mit anschließendem Direkteintrag von Pyrolysegas und Koks in eine Brennkammer mit zirkulierender Wirbelschicht.
In der Folge werden in einem Entsalzungsreaktor die Alkalien kondensiert. Die Nachteile dieser Erfindung liegen

- in der Absenkung des Temperaturniveaus für das Wärmeübertragungssystem des Dampferzeugers mit einer Heizflächenvergrößerung in der Folge;
- dem Eintrag der gesamten Alkalienlast in den Dampferzeuger, Heizflächenverschmutzung durch Salzablagerung kann nicht ganz ausgeschlossen werden;
- im Entsalzungsreaktor ist aufgrund der hohen Rauchgasmenge infolge abgeschlossener, vollkommener Verbrennung eine große Feststoffmenge für die Alkalienabtrennung erforderlich.

**Ziel der Erfindung**

Ziel der Erfindung ist die Verbesserung der energetischen und wirtschaftlichen Effizienz bekannter Verfahren zur Herstellung alkaliarmer Brennstoffe aus Salzkohlen.

**Darlegung des Wesens der Erfindung**

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Aufbereitung und energetischen Nutzung von Salzkohlen zu schaffen, wobei die Prozeßstufen der Aufbereitung nicht nur als Vorstufe der energetischen Nutzung dann alkaliarmer Brennstoffe, sondern mit Prozeßstufen der energetischen Nutzung so vorteilhaft miteinander verbunden bzw. integriert sind, daß sich mit der energetischen Nutzbarmachung von Salzkohlen gleichzeitig maximale Umwandlungswirkungsgrade und ökonomische Effizienz ergeben.
Dies wird erfindungsgemäß dadurch erreicht, daß

- der durch Schwerkraft vom alkalidampfhaltigen Gas getrennte und alkaliarme bzw. alkalifreie Koks in einem der Trennung unmittelbar nachfolgendem Schüttungsschacht gesammelt und durch Wärmeübertragung an eine Sattdampf erzeugende Heizfläche und eine Verbrennungsluft vorwärmende zweite Heizfläche, die sich beide innerhalb der Schüttungsschicht befinden, gekühlt und danach vollständig einem Abhitzedampfkessel mit Kokszusatzfeuerung verbrannt wird,
- die salzreiche Rohkohle mit einer Körnung von 0 bis 6mm in einem Schüttungsschachttrockner mit integriertem Gewebefilter vorgetrocknet wird durch Wärmezufuhr aus Heizflächen, in denen der bei der Kokskühlung erzeugte Sattdampf wieder kondensiert und durch den Kondensat-Sattdampf-Kreislauf die sicherheitstechnisch notwendige Kokskühlung energetisch mit der technologisch erforderlichen Rohkohletrocknung verbindet,
- die salzhaltige Trockenkohle in einem Salzabtriebsreaktor und dort innerhalb einer Wirbelschicht, für die die Verbrennungsluft gleichzeitig Wirbelmedium ist, teilweise verbrennt,
- der durch Schwerkraft vom alkalidampffreien Gas getrennte und mit Alkalien beladene Feststoff in einem Schüttungsschacht gesammelt und durch Wärmeübertragung an den aus der Trocknungsstufe stammenden staubfreien Brüden über Schüttungs- und Wandheizflächen gekühlt und nachfolgend in einen Entsalzungsreaktor rezirkuliert, wobei allein ein Teilstrom ausgeschleust und durch Kalksteinmehl und Koksasche ersetzt wird, das zunächst eine teilweise Schwefeldioxid-Einbindung und im anschließend niedriger liegenden Temperaturbereich ebenfalls die gewünschte Salzdampf-Kondensation bzw. Sublimation gewährleistet,
- das alkalidampfbefreite Brenngas einer Gasturbinenanlage zugeführt wird und das dort entstehende Abgas in dem Abhitzekessel mit Kokszusatzfeuerung seine fühlbare Wärme abgibt und die Asche der Kokszusatzfeuerung zusammen mit Kalksteinmehl den Feststoffergänzungsteil für den in den Entsalzungsreaktor gekoppelten Feststoffkreislauf darstellt,
- der aus dem Rohkohletrockner staubfrei bereitgestellte und bei der Feststoffkühlung überhitzte Brüden in einer Brüdenkondensationsturbine entspannt bzw. als ein Anzapfdampf abgegriffener Teil bei der Rohkohlevorwärmung kondensiert und der im Kondensat verbleibende restliche Energiegehalt zur Vorwärmung der Verbrennungsluft für die Zusatzfeuerung des Gasturbinenabhitzekessels genutzt wird,
- ein Teil des Brüdenkondensates nach chemischer Aufbereitung als Zusatzwasser für den Wasser-Dampf-Kreislauf eingesetzt wird, in den der Abhitzekessel Wärmeenergie einspeist zum Betreiben eines Dampfkraftprozesses.

**Ausführungsbeispiel**

Anhand eines Ausführungsbeispiels soll nachstehend die Erfindung näher erläutert werden. Dabei zeigt

Fig. 1: eine schematische Darstellung.

Die salzhaltige Rohkohle 1 mit einer Körnung kleiner/gleich 6mm gelangt über den brüdenkondensierenden Rohkohlevorwärmer 2 in den druckaufgeladenen Schüttungsschachttrockner 3 mit integrierter Brüdenentstaubung 4. Die salzhaltige Trockenkohle 5 mit einer Restfeuchte kleiner/gleich 10% wird in das Wirbelbett des Salzabtriebreaktors 6 aufgegeben, in dem eine Teilverbrennung, eine Entgasung sowie ein Salzabtrieb erfolgen. Das Alkalidämpfe enthaltende Entgasungsgas 7 trägt unverbrannte Kokspartikel 8 aus dem Abtriebsreaktor 6 in das zyklonförmig gestaltete Oberteil des Kokskühlers 9 mit aus, in dem die Abtrennung des Kokses aus dem Gas, dessen Sammlung in einer Schüttungsschicht und in dieser die Kokskühlung erfolgt. Bei der Kokskühlung entsteht innerhalb der in der Schüttungsschicht befindlichen Heizflächen 10 Sattdampf 11, der seinerseits zur Trocknung der salzhaltigen Rohkohle 1 im Trockner 3 eingesetzt wird.
Somit besteht über den Kondensat-Sattdampf-Kreislauf zwischen Kokskühler 9 und Rohkohletrockner 3 eine elastische energetische Kopplung. Die Endstufe der Kokskühlung ist als Vorwärmung 12 der Verbrennungsluft 13 für die Trockenkohle-Teilverbrennung im Abtriebsreaktor 6 ausgeführt.
Das zyklonförmig gestaltete Kokskühleroberteil ist mit dem Entsalzungsreaktor 14 verbunden, in dem das gerade vom Koks getrennte salzbeladene Gasgemisch unmittelbar nach dem Eintritt mit den als Kondensationskörper dienenden Feststoffpartikeln vermischt wird. Parallel zum Entsalzungsreaktor 14 ist der Feststoffkühler 15 angeordnet, an dessen Oberteil eine Schwerkraftabscheidung der hier mit einer Salzschicht behafteten Feststoffpartikel aus dem in dem Entsalzungsreaktor 14 alkalidampfbefreiten Gasgemisch erfolgt, der Feststoff durch Wärmeübertragung an aus dem Rohkohletrockner 3 einströmenden Brüden ebenfalls in einer Schüttung und zusätzlich an Wandheizflächen gekühlt wird, um in diesem Zustand wieder in den Entsalzungsreaktor 14 zu rezirkulieren, wobei Feststoffanteile mit hoher Salzbeladung 18 abgegriffen und durch Koksasche 16 und Kalksteinmehl 17 ergänzt werden.
Der durch Feststoffkühlung entstehende überhitzte Brüden 19 treibt eine Brüdenkondensationsturbine 20, eine Anzapfbrüdenmenge 21 kondensiert im Rohkohlevorwärmer 2, an den sich eine Brüdenkondensatkühlung durch Vorwärmung derjenigen Verbrennungsluft 22 anschließt, benötigt in der koksbetriebenen Zusatzfeuerung des Abhitzekessels 23.
Durch eine Gasleitung 24 ist der Feststoffkühler 15 mit einer Gasturbinenanlage 25 verbunden, deren Abgase 26 dem Abhitzekessel mit Kokszusatzfeuerung 23 zugeführt werden.
Der für die Zusatzfeuerung eingesetzte Koks 30 ist der aus dem Kokskühler 9 ausgetragene Koks.
Der Vorzug dieser Erfindung besteht darin, daß durch die Integration der beiden Prozeßstufen „Salzabtrieb" und „Alkalidampfkondensation" als Hauptmerkmale leistungsfähiger Salzkohleaufbereitung mit Prozeßstufen unmittelbar energetischer Verknüpfung sowie Nutzung mit der generellen Nutzbarmachung der Salzkohle auch ein Koppelprozeßwirkungsgrad von ca. 50% erreicht, ein Beitrag zur $SO_2$-Emissionsreduzierung geleistet und erst in Zusammenfassung dieser Komponenten die wirtschaftliche Effizienz gesehen werden kann.

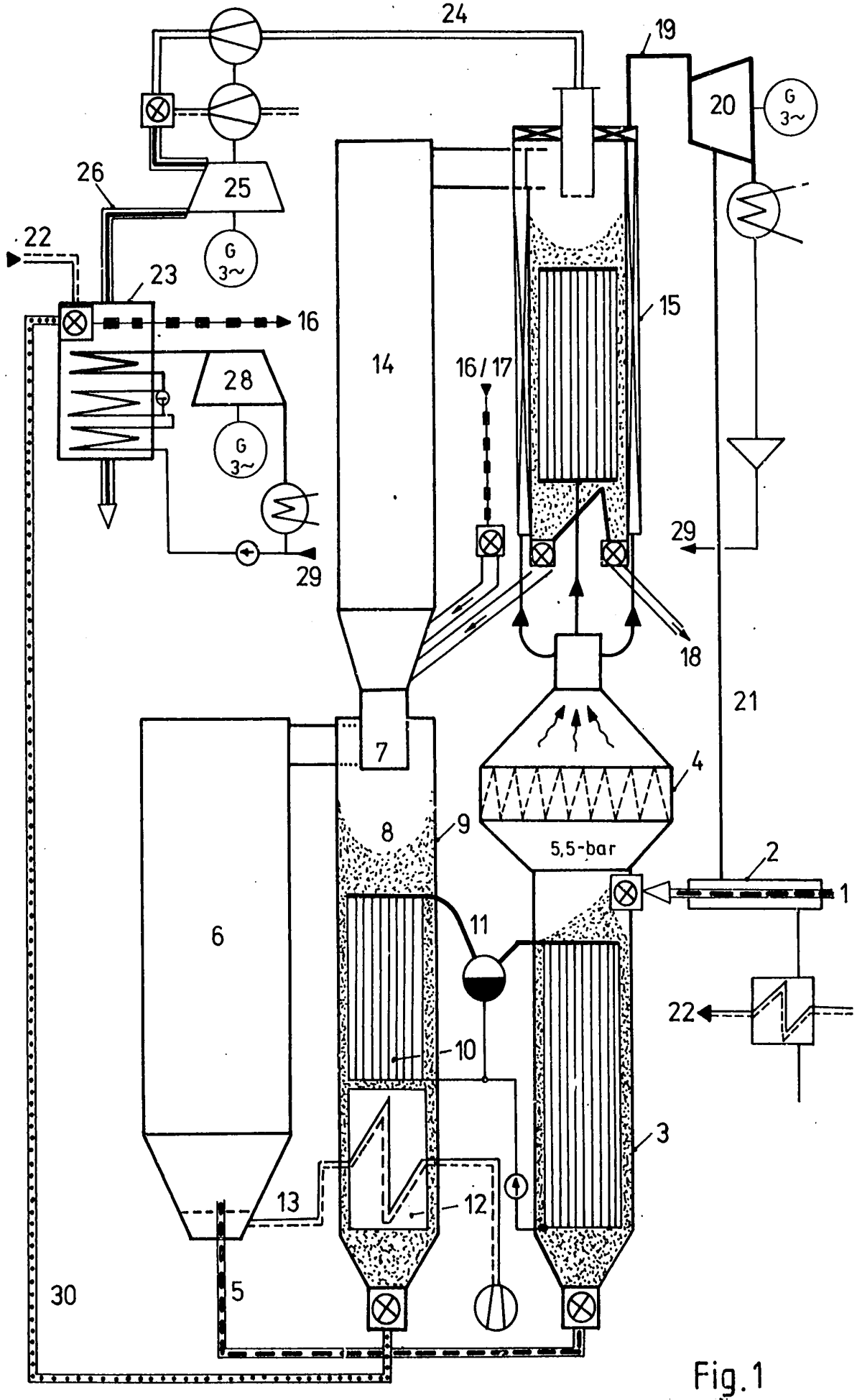

24
19
20
G
3~
26
25
22
23
16
15
14
16/17
28
29
18
21
7
4
8
9
5,5-bar
2
1
6
11
22
10
3
13
12
30
5

Fig. 1