




 12

**EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

 21 Anmeldenummer: **87105588.5**


 Int. Cl.<sup>3</sup>: **F 01 K 23/06**  
**F 02 C 3/20**


 22 Anmeldetag: **15.04.87**


 30 Priorität: **19.04.86 DE 3613300**


 43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**04.11.87 Patentblatt 87/45**

 84 Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE DE FR GB IT NL SE**

 71 Anmelder: **BROWN, BOVERI & CIE Aktiengesellschaft**  
**Kallstadter Strasse 1**  
**D-6800 Mannheim 31(DE)**


 72 Erfinder: **Schemenau, Wolfgang, Dipl.-Ing.**  
**Danziger Strasse 15**  
**D-6947 Laudenschbach(DE)**

 72 Erfinder: **Bennert, Jürgen, Ing. grad.**  
**Am Wetzelsberg 30**  
**D-6946 Gornheimertal(DE)**

 72 Erfinder: **Ceelen, Dietrich, Dr. Ing.**  
**Hochgewanne 71**  
**D-6718 Grünstadt(DE)**

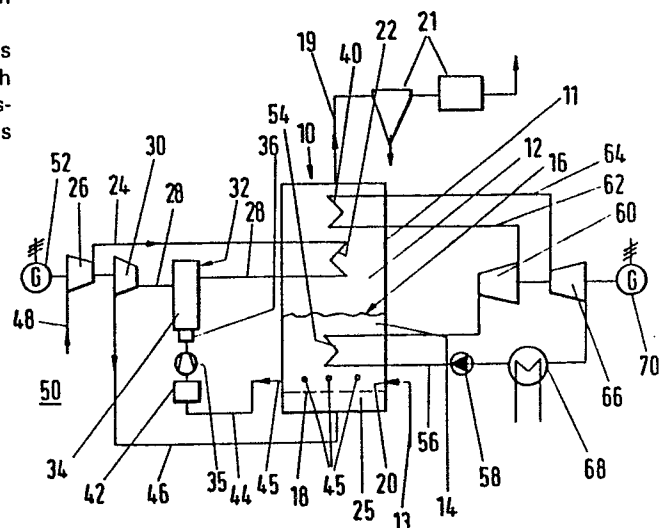
 74 Vertreter: **Rupprecht, Klaus, Dipl.-Ing. et al,**  
**c/o BROWN, BOVERI & CIE AG Postfach 10 03 51**  
**Zentralbereich Patente**  
**D-6800 Mannheim 1(DE)**

 54 **Kombinations-Gas-Dampfturbinenanlage mit Wirbelschichtfeuerung.**

 57 Bei einem Verfahren bzw. bei einer Anlage zur Erzeugung elektrischer Energie mit Hilfe einer kombinierten Gasturbinen-Dampfkraftanlage, die eine Wirbelschichtfeuerung (10) aufweist, wird die für den Betrieb der Gasturbinenanlage benötigte, verdichtete Luft in einer mit Brenngas befeuerten Brennkammer (32) erhitzt.

Um die Versorgung der Brennkammer (32) mit Brenngas zu verbilligen und zu vereinfachen, wird das Brenngas durch Entgasung bzw. Entgasung von Wirbelschichtfeuerungs-Brennstoff innerhalb des Wirbelschichtfeuerungs-systems erzeugt.

**Fig. 1**



5

B R O W N , B O V E R I & C I E Aktiengesellschaft  
Mannheim 18. Dez. 1986  
Mp.-Nr. 559/86 ZPT/P5-Wg/H1

10

BEZEICHNUNG GEÄNDERT  
siehe Titelseite

15 Verfahren zum Erzeugen von elektrischer Energie mit einer Wirbelschichtfeuerung aufweisenden kombinierten Gasturbinen-Dampfkraftanlage sowie Anlage zur Durchführung des Verfahrens.

---

20 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Erzeugen von elektrischer Energie gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches 1. Außerdem betrifft die Erfindung eine kombinierte Gasturbinen-Dampfkraftanlage zur Durchführung des Verfahrens gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches 2.

25

Aus dem Stand der Technik ist eine Anlage dieser Art bekannt geworden, bei der Dampf mit Hilfe einer Wirbelschichtfeuerung erzeugt und einer Dampfturbine zugeführt wird (US-A-4 387 560). Hier wird der Dampf entspannt und

30 die abgegebene Leistung einem elektrischen Generator zur Stromerzeugung zugeleitet. In der zugehörigen Gasturbinenanlage wird gleichzeitig durch einen Verdichter Umgebungsluft angesaugt und verdichtet, in einem in der

35

Wirbelschichtfeuerung angeordneten Wärmetauscher erhitzt, in einer nachgeschalteten Brennkammer weiter erhitzt und dann einer Gasturbine zugeführt, die einen weiteren elektrischen Generator antreibt. Für die Erhitzung der verdichteten Luft in der Brennkammer wird ein Brenngas benutzt, das aus den festen Brennstoffen der Wirbelschichtfeuerung erzeugt wird. Hierzu wird der gesamte für die Wirbelschichtfeuerung vorgesehene Brennstoff in einem separaten Gaserzeuger vergast, das entstandene Brenngas der Brennkammer der Gasturbine zugeführt und der verbleibende Rückstand des Brennstoffes in die Wirbelschichtfeuerung zur Verbrennung eingeleitet. Die Gaserzeugung in einem separaten Gaserzeuger ist sehr aufwendig und teuer, zumal der gesamte Brennstoff, der für die Wirbelschichtfeuerung vorgesehen ist, durch den Gaserzeuger geführt werden muß. Darüber hinaus sind zusätzliche Mittel erforderlich, um dem Gaserzeuger die für die Vergasung erforderliche Wärme zuzuführen.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, ein Verfahren bzw. eine Anlage der genannten Art anzugeben, bei dem das Brenngas mit geringem Aufwand und daher kostengünstig aus dem Brennstoff der Wirbelschichtfeuerung hergestellt werden kann.

Die Lösung dieser Aufgabe ist im Kennzeichen des Patentanspruches 1 angegeben.

Es wird also das für den Betrieb der Brennkammer erforderliche Brenngas in der Wirbelschicht erzeugt. Hierdurch wird das Verfahren vereinfacht und es erübrigen sich besondere Maßnahmen für die Gaserzeugung und für den Transport des Brennstoffes vom Ort der Gaserzeugung in die Brennkammer der Wirbelschichtfeuerung. Besonders

hervorzuheben ist noch, daß keine besonderen Maßnahmen erforderlich sind, um dem für die Vergasung bzw. Entgasung vorgesehenen Brennstoff die hierzu erforderliche Wärme zuzuführen.

- 5 Eine vorteilhafte kombinierte Gasturbinen-Dampfkraftanlage zur Durchführung des genannten Verfahrens, die bei einfachem Aufbau den Erfordernissen des Betriebes voll Rechnung trägt, ist im Patentanspruch 2 beschrieben.
- 10 Besitzt demnach die Wirbelschichtfeuerung eine stationäre Wirbelschicht mit einer definierten Oberfläche, so ist die Brenngasleitung der Zusatzfeuerung an den Feuerraum der Wirbelschichtfeuerung anzuschließen. Der Anschluß erfolgt hierbei vorzugsweise oberhalb der Brennstoffzufuhrstelle in einem Bereich, der sich an die
- 15 Brennstoffzufuhr nach oben anschließt und eine vertikale Erstreckung von  $1/5$  bis  $1/15$  der vertikalen Dicke der Wirbelschicht aufweist. Die Wirbelschicht selbst hat in vertikaler Richtung eine Dicke, die ungefähr 30 bis 60%
- 20 der lichten Höhe des Feuerraums beträgt.

Um hierbei das Brenngas gleichmäßig aus der Vergasungs- bzw. Entgasungszone abzuziehen, ist es empfehlenswert, daß die Brenngasleitung im Vergasungs- bzw. Entgasungsbereich durch mehrere Öffnungen, die vorzugsweise in

25 einer Ebene verlaufen und an der Peripherie des Feuerraums ungefähr gleichmäßig verteilt sind, an den Feuerraum angeschlossen ist. Vorzugsweise ist die Brenngasleitung an eine den Feuerraum umgebende Ringleitung an-

30 geschlossen, die ihrerseits Verbindungen zu den Öffnungen aufweist. Vorteilhaft sind vier bis acht Öffnungen vorhanden.



Ist die Wirbelschichtfeuerung mit einer zirkulierenden Wirbelschicht ausgerüstet, so wird gemäß der alternativen Lehre des Patentanspruches 2 ein Teil des Wirbelschichtfeuerungs-Brennstoffes in den zum Feuerraum zurückführenden Teil des Zirkulationskanals eingespeist und die Brennkammer zur Gasversorgung mit dem sich im Bereich der Einspeisestelle ausbildenden Vergasungs- bzw. Entgasungsbereich verbunden. Durch diese Anordnung ist die Brenngaserzeugung zwar außerhalb des eigentlichen Feuerraums, verbleibt jedoch ein Bestandteil der Wirbelschichtfeuerung, wodurch insbesondere die Aufheizung des Brennstoffes für die Entgasung- bzw. Vergasung ohne besonderen zusätzlichen Aufwand durchgeführt werden kann. Gleiches gilt für den Transport des entgasten bzw. vergasten Brennstoffes in den Feuerraum.

15

Um das Brenngas auf einfache Weise aus dem Zirkulationskanal abführen zu können, ist es zweckmäßig, daß der Zirkulationskanal, in Zirkulationsrichtung gesehen, stromab der Brennstoff-Einspeisestelle einen Brenngassammler in Form einer haubenartigen Erweiterung des Zirkulationskanals aufweist, an den die Brennkammer zur Brenngasversorgung angeschlossen ist.

Eine besonders bevorzugte Weiterbildung der Erfindung besteht darin, daß in den Zirkulationskanal eine stationäre zweite Wirbelschicht mit einem Wirbelbett mit definierter Oberfläche eingefügt ist, in die ein Teil des Wirbelschichtfeuerungs-Brennstoffes einspeisbar ist, und der ein sauerstoffarmes Gas, vorzugsweise Abgas der Wirbelschichtfeuerung, als Wirbelmedium und zur mindestens teilweisen Entgasung des Brennstoffes zugeführt werden kann. In den Zirkulationskanal ist also eine zweite Wirbelschicht eingefügt, die als Brennstoffentgaser betrie-

ben wird. Die für die Entgasung erforderliche Wärme wird durch die im Zirkulationskanal umlaufenden heißen Asche- und/oder Schlacketeilchen in die zweite Wirbelschicht eingebracht, während das Wirbelbett durch das zugeführte sauerstoffarme Gas erzeugt wird.

5

Eine sehr zweckmäßige Ausgestaltung der vorgenannten Lehre, welche die Brenngaserzeugung optimiert, besteht darin, daß oberhalb der zweiten Wirbelschicht ein an die Brennkammer angeschlossener Brenngassammelraum vorgesehen ist, daß der, in Zirkulationsrichtung gesehen, in die zweite Wirbelschicht eintretende Teil des Zirkulationskanals in der Wirbelschicht endet, daß der aus der zweiten Wirbelschicht führende Teil des Zirkulationskanals an mindestens ein Überlaufwehr angeschlossen ist, das die Wirbelschicht seitlich begrenzt und dessen Höhe die vertikale Dicke der Wirbelschicht bestimmt.

Weitere Vorteile und Merkmale der Erfindung gehen aus der der folgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen im Zusammenhang mit den schematischen Zeichnungen hervor.

Hierbei zeigt:

25 Figur 1 das Schaltbild einer kombinierten Gasturbinen-Dampfkraftanlage gemäß der Erfindung,

Figur 2 den Bereich der Wirbelschichtfeuerung der Figur 1 als Ausführungsvariante und

30

Figur 3 eine Ausführungsvariante des Vergasungs-Entgasungsbereiches der Figur 2 als Einzelheit und als Ausführungsvariante.

35

0243801

Gemäß der Figur 1 ist die Dampfkraftanlage der kombinierten Gasturbinen-Dampfkraftanlage mit einer Wirbelschichtfeuerung versehen, die in ihrer Gesamtheit mit dem Bezugszeichen 10 versehen ist. Die Wirbelschichtfeuerung weist in einem Gehäuse 11 einen vertikalen Feuerraum 12 auf, in dessen unterem Bereich die Wirbelschicht 14 vorgesehen ist, die eine definierte Oberfläche 16 innerhalb des Feuerraums 12 aufweist, es handelt sich demnach um eine stationäre Wirbelschicht. Der Feuerraum hat vorzugsweise kreisförmigen Querschnitt und ist von einer vertikalen Feuerraumwand umgeben.

Zur Bildung der stationären Wirbelschicht 14 wird festes, kleinstückiges Brennmaterial, vorzugsweise Steinkohle, Braunkohle oder Ölschiefer mit einer Korngröße von 0,5 bis 15mm, durch eine Fördereinrichtung oberhalb eines im unteren Endbereich angeordneten horizontalen Düsenbodens 18 an der Brennstoffzufuhrstelle 20 mittels einer Leitung 13 zugeführt. Der Abstand zwischen Düsenboden 18 und Brennstoffzufuhrstelle 20 beträgt ungefähr  $1/20$  bis  $1/5$  der vertikalen Dicke der Wirbelschicht 14, vorzugsweise  $1/8$  bis  $1/5$ . Der Brennstoff ist zweckmäßig mit Zusätzen wie kleinstückigem Dolomit oder Kalkstein vermennt, um Schwefelanteile, die mit dem Brennstoff in den Feuerraum eingebracht werden, während des Verbrennungsvorganges in der Wirbelschicht zu binden. Der im unteren Bereich des Feuerraums 12 angeordnete Düsenboden 18 weist eine Vielzahl von Öffnungen auf, durch welche die Verbrennungsluft bzw. die Wirbelluft der Wirbelschicht zugeführt wird. Außerdem ist noch ein in den Zeichnungen nicht dargestellter Abzug für Ascheanteile vorgesehen, der vom Düsenboden 18 ausgehend nach unten in den Außenraum führt. Am oberen Ende des Feuerraums 12

ist eine Abgasführung 19 angeschlossen, die durch eine Abgasreinigungsanlage 21, die Entstauber, Reiniger und, falls erforderlich, eine Entstickungseinrichtung zur Entfernung von Stickoxyden enthält, zu einem nicht dargestellten Kamin führt.

5

Oberhalb der Wirbelschicht 14 ist ein Wärmetauscher 22, z. B. in Form von Rohrschlangen, im Feuerraum 12 vorgesehen, der einerseits durch die Rohrleitung 24 mit der Druckseite des Außenluft-Verdichters 26 der Gasturbineanlage verbunden ist und andererseits durch eine Rohrleitung 28 an den Einlaß der Entspannungs-Turbine 30 angeschlossen ist.

In die Rohrleitung 28 ist die Brennkammer 32 eingefügt. In der Brennkammer 32 wird die Luft direkt erhitzt, d.h. mit den heißen Rauchgasen gemischt, und dann der Turbine 30 zugeführt. Das Brenngas für den Gasbrenner 36, der Bestandteil der Brennkammer ist, wird durch die Brenngasleitung 44 dem Feuerraum 12 der Wirbelschichtfeuerung entnommen. Hierzu ist mindestens eine Öffnung 45 in der Feuerraumwand vorgesehen. Die Öffnung 45 ist hierbei zweckmäßigerweise im Bereich der horizontalen Brennstoffzufuhrebene angeordnet. Die Öffnung 45 ist kreisförmig und hat einen Durchmesser, der gleich ist einem  $\frac{1}{20}$  bis  $\frac{1}{10}$  des Durchmessers des Feuerraums. Die Brennstoffzufuhrebene verläuft durch die Brennstoffzufuhrstelle 20; die Öffnung 45 ist in einem Bereich angeordnet, der eine vertikale Erstreckung aufweist, die gleich ist  $\frac{1}{5}$  bis  $\frac{1}{15}$  der vertikalen Dicke der Wirbelschicht 14. Für eine gleichmäßige Abfuhr der Brenngase aus dem Feuerraum verläuft vorzugsweise eine Ringleitung um die vertikale Feuerraumwand und steht mit mehreren an der Feuerraumwand ungefähr gleichmäßig verteilten

35

Öffnungen 45 in Verbindung. Die Öffnungen befinden sich in einer horizontalen Ebene. An die Ringleitung ist dann die Brenngasleitung 44 angeschlossen. Die Ringleitung ist in Figur 1 nicht eingezeichnet. Um vom Brenngas mitgeführte Feststoffpartikel vom Gasbrenner 36 und somit von der Turbine 30 fernzuhalten, ist in die Brenngasleitung 44 eine Filtereinrichtung 42 eingefügt. Die in der Filtereinrichtung zurückgehaltenen Feststoffe werden der Wirbelschichtfeuerung wieder zugeführt. Das in der Filtereinrichtung 42 gereinigte Brenngas wird in einem Verdichter 35 verdichtet und in den Gasbrenner 36 eingegeben und in dem Brennraum 34 der Brennkammer 32 verbrannt.

Der Ausgang der Turbine 30 ist durch die Verbrennungsluftleitung 46 mit jenem Raum 25 der Wirbelschichtfeuerung verbunden, der sich unterhalb des Düsenbodens 18 befindet und der eine vertikale Höhe hat, die gleich ist  $1/4$  bis  $1/5$  der vertikalen Dicke der Wirbelschicht 14. Die Saugseite des Verdichters 26 ist durch eine Ansaugleitung 48 mit der Umgebung 50 verbunden. Die Welle des Verdichters 26 ist mit der Welle der Turbine 30 gekuppelt, außerdem ist noch die Welle eines Generators 52 angekuppelt, der die Überschußenergie in elektrischen Strom umwandelt.

25

Die in Figur 1 sehr vereinfacht dargestellte Dampfkraftanlage weist einen Verdampfer 54 auf, der in oder gegebenenfalls über der Wirbelschicht 14 angeordnet ist und durch eine Rohrleitung 56 Speisewasser von einer Speisewasserpumpe 58 erhält. Der erzeugte Dampf wird einer Hochdruckdampfturbine 60 zugeführt, dort teilweise entspannt und durch die Rohrleitung 62 dem Zwischenüberhitzer 40 zugeleitet. Dieser befindet sich im oberen Endbe-

35

reich des Feuerraums 12 oberhalb des Wärmetauschers 22  
und der Wirbelschicht 14. Der Verdampfer 54 und der Zwischenüberhitzer 40 sind vorzugsweise als Rohrschlangen ausgebildet. Der zwischenüberhitzte Dampf wird durch die Rohrleitung 64 der Niederdruckdampfturbine 66 zugeführt, hier entspannt und dann in einem Kondensator 68 verflüssigt. Das anfallende Kondensat wird der Speisewasserpumpe 58 zugeführt, so daß der Kreislauf geschlossen ist. Die beiden Turbinen 60 und 66 sind mit ihren Wellen gekuppelt und treiben einen elektrischen Generator 70 an.

10

Während des Betriebs der Anlage wird vom Verdichter 26 durch die Ansaugleitung 48, vorteilhaft durch einen Filter, Umgebungsluft angesaugt, verdichtet und durch die Rohrleitung 24 dem Wärmetauscher 22 zugeführt. Hier wird diese verdichtete Luft durch die Rauchgase der Wirbelschichtfeuerung erhitzt und durch die Rohrleitung 28 über die Brennkammer 32 der Turbine 30 zugeführt. In der Turbine wird die erhitzte Luft entspannt und dann durch die Verbrennungsluftleitung 46 als Verbrennungsluft dem Raum 25 und damit der Wirbelschicht 14 zugeführt. Da die Verbrennungsluft noch einen Überdruck von ungefähr 0,2 bis 1 bar aufweist, wird durch die Verbrennungsluft eine Verwirbelung des Brennstoffes und somit die Bildung der Wirbelschicht 14 erreicht.

25

Da zu einer ausreichenden Entschwefelung und zur Unterdrückung der Bildung von Stickoxyden die Wirbelschichtfeuerung höchstens mit einer Temperatur von 850 bis 950 °C betrieben werden darf, kann die verdichtete Luft im Wärmetauscher 22 nur auf eine entsprechende niedrige Temperatur von ungefähr 500 bis 750 °C aufgeheizt werden, die jedoch für einen wirtschaftlichen Betrieb der Turbine 30 zu niedrig ist. Daher wird diese Luft nach

35

dem Verlassen des Wärmetauschers 22 in der Brennkammer  
32 weiter erhitzt, und zwar soweit, wie es für einen  
optimalen Betrieb der Turbine 30 erforderlich ist und  
wie es für einen Betrieb der Turbine im Hinblick auf  
ihre mechanische Festigkeit noch zulässig ist. Die Luft  
5 wird in der Brennkammer auf eine Temperatur von ungefähr  
900 bis 1000 °C erhitzt.

Für die Nacherhitzung der Luft wird die Brennkammer 32  
durch mindestens einen Gasbrenner 36 befeuert, der sein  
10 Brenngas durch die Brenngasleitung 44 der Wirbelschicht-  
feuerung entnimmt. Hierzu ist die Brenngasleitung 44 in  
einer Zone der Wirbelschicht 14 an den Feuerraum ange-  
schlossen, in dem durch Ver- bzw. Entgasung des festen  
Brennstoffes, wie stückige Kohle, gasförmiger Brennstoff  
15 entsteht. Diese Zone befindet sich meist unmittelbar  
über jener Ebene, in der der feste Brennstoff an der  
Zufuhrstelle 20 zugeführt wird. Obwohl durch den Düsen-  
boden 18 soviel Luft in den Feuerraum 12 eingebracht  
wird, daß der in der Wirbelschicht 14 wirbelnde Brenn-  
20 stoff vollständig verbrennt, entstehen in der genannten  
Zone Brenngase durch Entgasung bzw. Vergasung des zuge-  
führten Brennstoffes. Die hierzu erforderliche Wärme  
liefert die Wirbelschicht 14. Das entstandene Brenngas  
enthält unter anderem  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2$  sowie  $\text{N}_2$  und  $\text{CO}_2$ .

25  
Durch die Verfeuerung des Brenngases in der Brennkammer  
32 wird die vom Wärmetauscher 22 zuströmende verdichtete  
Luft unter Vermischung mit den Verbrennungsabgasen wei-  
ter erhitzt und der Turbine 30 zugeführt. Nach der Ent-  
30 spannung des Gemisches aus Brennkammerabgas und verdich-  
teter Luft in der Turbine 30 wird dieses Sauerstoff ent-  
haltende Gemisch als Verbrennungsluft und Wirbelluft  
durch die Verbrennungsluftleitung 46 in den Raum 25

eingeleitet. Von hier strömt die Luft durch die Öffnungen des Düsenbodens 18 nach oben, verwirbelt den Brennstoff und bewirkt somit die Bildung der Wirbelschicht 14. Die Wirbelschicht 14 besteht demnach aus dem verwirbelten Brennstoff, der in der Wirbelschicht vollständig  
5 verbrennt. Das erforderliche feste Brennmaterial wird zusammen mit den Zuschlägen, wie Dolomit oder Kalk, durch eine Leitung an der Brennstoff-Zufuhrstelle 20 in den Feuerraum 12 eingeführt. Ausgebrannte Bestandteile des Brennstoffes wie Asche werden durch eine nicht dar-  
10 gestellte Leitung abgezogen. Die Abgase strömen im Feuerraum nach oben, geben an die einzelnen Wärmetauscher 54, 22, 40 Wärme ab und werden durch die Abgasführung 19 in Form einer Rohrleitung über die Abgas-Reinigungsanlage 21 zu einem nicht dargestellten Kamin ge-  
15 führt. Die von der Turbine 30 abgegebene mechanische Energie dient zum Antrieb des Verdichters 26, die noch verbleibende Energie wird im elektrischen Generator 52 in elektrischen Strom umgewandelt.

20 Für den Betrieb der Dampfkraftanlage wird in bekannter Weise im Verdampfer 54 das zugeführte Speisewasser verdampft sowie überhitzt und der entstandene Hochdruckdampf der Hochdruckturbine 60 zugeführt. Nach einer teilweisen Entspannung wird der Dampf im Zwischenüber-  
25 hitzer 40 nochmals überhitzt und durch die Rohrleitung 64 der Niederdruckdampfturbine 66 zugeführt, entspannt und im Kondensator 68 verflüssigt. Die gewonnene Energie wird als elektrische Energie vom Generator 70 an ein Stromnetz abgegeben.

30

Durch die Nacherhitzung der verdichteten Luft in der Brennkammer 32 wird der Wirkungsgrad der Turbine 30 und somit der Gesamtanlage wesentlich gesteigert. Da die

35

Brennkammer-Abgase vollständig in die Wirbelschicht eingeführt werden, ist eine Umweltbelastung durch diese Abgase auf einfache und kostengünstige Weise vermieden. Durch die Erzeugung des Brenngases innerhalb der Wirbelschicht aus deren Brennstoff, werden die Betriebskosten weiter gesenkt und der Betrieb der Anlage vereinfacht. Ein wesentlicher Vorteil besteht jedoch darin, daß der Aufwand und die Kosten der kombinierten Anlage durch die Erfindung stark verringert werden.

Figur 2 zeigt den Bereich der Wirbelschichtfeuerung der Figur 1 in einer Ausführungsvariante und als Einzelheit. Hierbei sind in Figur 2 wiederkehrende Einzelteile mit den entsprechenden Bezugswerten der Figur 1 versehen, die um den Betrag 100 erweitert sind.

Die Wirbelschichtfeuerung gemäß Figur 2, die in ihrer Gesamtheit mit der Bezugswert 110 versehen ist, weist einen ebenfalls vertikal verlaufenden Feuerraum 112 mit vorzugsweise kreisförmigem Querschnitt auf, in dem der Verdampfer 154 der Dampfkraftanlage, der Wärmetauscher 122 für die Erhitzung der verdichteten Luft und der Zwischenüberhitzer 140 der Dampfkraftanlage übereinander angeordnet sind. Im unteren Bereich des Feuerraums 112 ist auch hier ein Düsenboden 118 angeordnet, dessen Öffnungen den Feuerraum mit dem darunter angeordneten Raum 125 verbinden. In den Raum 125 mündet die Verbrennungsluftleitung 146, die von der Entspannungsturbine das entspannte Gemisch aus Brennkammer-Abgas und Luft als Verbrennungsluft der Wirbelschicht zuführt. Oberhalb des Düsenbodens 118 ist noch die Zufuhrstelle 120 für die Zufuhr des Brennstoffes zum Feuerraum 112 zu erkennen. Eine Abfuhrleitung für ausgebrannten Brennstoff ist der Übersicht wegen nicht eingezeichnet. Diese würde vom

unteren Bereich des Feuerraums 112 nach außen führen.

Da die Wirbelschichtfeuerung 110 für den Betrieb mit einer zirkulierenden Wirbelschicht vorgesehen ist, ist der obere Endbereich des Feuerraums 112 mit dem unteren  
5 Endbereich durch einen außerhalb des Feuerraums 112 verlaufenden Zirkulationskanal 72 verbunden. Der Zirkulationskanal hat vorzugsweise kreisförmigen Querschnitt. Der Querschnitt beträgt ungefähr 10 bis 25 % des Querschnitts des Feuerraumes 112. Der Zirkulationskanal  
10 weist ein Teilstück 74 auf, das vom oberen Ende des Feuerraums 112 horizontal abgeht und in einen Zyklonabscheider 76 mündet. An das zentrische und nach oben führende Ausgangsrohr des Zyklonabscheiders ist die Abgasführung 119 angeschlossen, die zu der in Figur 2 nicht  
15 dargestellten Abgasreinigungsanlage führt. An den unteren, spitz zulaufenden Bereich des kegelförmigen Zyklonabscheiders 76 ist ein vertikal verlaufendes Teilstück 78 des Zirkulationskanals 72 angeschlossen, das durch einen Bogen 80 in ein zum Feuerraum 112 führendes Teilstück 82 übergeht. Dieses Teilstück 82 verläuft hierbei  
20 mit Gefälle vom Bogen 80 zum Feuerraum 112 hin und mündet in der Nähe des Düsenbodens 118, vorzugsweise direkt über dem Düsenboden, in den Feuerraum 112. Der Bogen hat einen Winkel von ungefähr 110 bis 130°.

25

Während des Betriebes strömt die Luft durch den Düsenboden 118 in den Feuerraum 112 und verwirbelt den an der Zufuhrstelle 120 zugeführten kleinstückigen Brennstoff, es entsteht eine Wirbelschicht die den gesamten Feuerraum 112 ausfüllt und die die vollständige Verbrennung  
30 des Brennstoffes bewirkt. Darüber hinaus zirkuliert die im Feuerraum 112 ausgebildete und aus Brennstoffteilchen bestehende Wirbelschicht, ausgehend vom oberen Endbe-

35

reich des Feuerraums 112, durch den Zirkulationskanal 72 nach unten in den Bereich direkt oberhalb des Düsenbodens 118, es handelt sich demnach um eine zirkulierende Wirbelschicht. Hierbei werden im Zyklonabscheider 76 die Abgase von den festen Bestandteilen getrennt und durch die Abgasführung 119 abgezogen.

Im Teilstück 82 des Zirkulationskanals ist, in Zirkulationsrichtung (Pfeil 86) gesehen nach dem Bogen 80, eine Einspeisestelle 84 für Wirbelschicht-Brennstoff vorgesehen. Die Einspeisestelle 84 ist an der Oberseite des Teilstückes 82 angeordnet. Stromab der Einspeisestelle ist in ihrer unmittelbarer Nähe eine sich nach oben erstreckende, haubenartige Erweiterung 87 des Teilstückes 82 angeordnet, in deren höchsten Punkt die zur Brennkammer 32 der Gasturbinenanlage führende Brenngasleitung 144 an der Entnahmestelle 145 in Form einer Öffnung angeschlossen ist. Die Brenngasleitung 144 enthält eine Filtereinrichtung 142 und einen Verdichter 135. Die Brennkammer ist nicht eingezeichnet. Die Erweiterung 87 hat eine Höhe und eine maximale Breite, die jeweils ungefähr das 2 bis 3-fache des Durchmessers des Zirkulationskanals 72 beträgt. Außerdem verzüngt sich die Erweiterung 87 nach oben hin zu einer Spitze, an der die Brenngasleitung 144 angeschlossen ist. Der Abstand zwischen der Einspeisestelle 84 und der Erweiterung 87 beträgt ungefähr das 0,5 bis 1,5-fache des Durchmessers des Zirkulationskanals 72.

Während des Betriebes wird der an der Einspeisestelle 84 zugeführte nicht entgaste Wirbelschichtfeuerungs-Brennstoff, insbesondere kleinstückige Kohle, durch die in Richtung des Pfeiles 86 im Zirkulationskanal umlaufenden Koks- und Ascheteilchen der zirkulierenden Wir-

belschicht mitgerissen und erhitzt. Hierbei erfolgt eine Vergasung bzw. Entgasung dieses Brennstoffes, das hierdurch entstandene Brenngas sammelt sich in der haubenartigen Erweiterung 87 und wird durch die Brenngasleitung 144 abgezogen und der Brennkammer der Gasturbinenanlage zugeführt. Die entgasten Reste des zugeführten Brennstoffes werden dann zusammen mit den Koks- und Ascheteilchen in den Feuerraum 112 eingeleitet, wo sie zusammen mit dem an der Brennstoff-Zufuhrstelle 120 zugeführten Brennstoff verbrennen. Die Zirkulation der Wirbelschicht durch den Feuerraum 112 und den Zirkulationskanal 72 wird durch das mittels der Verbrennungsluftleitung 146 zugeführte Sauerstoff enthaltende Gemisch aus Brennkammerabgas und Luft bewirkt, das aus dem Raum 125 durch den Düsenboden 118 in den Feuerraum 112 eintritt. Dies Gemisch bewirkt auch die Verbrennung im Feuerraum.

Günstig ist es, an der Einspeisestelle 84 nur soviel Brennstoff zuzuführen, wie für die Erzeugung des Brenngases erforderlich ist. Der restliche nicht entgaste Brennstoff wird in diesem Falle an der Zufuhrstelle 120 dem Feuerraum 112 unmittelbar zugeführt.

Der Betrieb der Dampfkraftanlage und der Gasturbinenanlage verläuft wie im Ausführungsbeispiel gemäß Figur 1, so daß sich hier weitere Ausführungen erübrigen.

Figur 3 zeigt den Bereich der Teilstücke 78, 82 und des Bogens 80 des Zirkulationskanals gemäß Figur 2 als Ausführungsvariante und als Einzelheit in größerer Darstellung. Auch in Figur 3 enthaltene Einzelteile der Figur 2 haben in Figur 3 Bezugsziffern, die gegenüber Figur 2 um den Betrag von 100 vergrößert sind.

0243801

Für die Erzeugung des Brenngases durch Entgasung von Wirbelschichtfeuerungs-Brennmaterial ist im Bereich des Bogens 180 des Zirkulationskanals 172 eine stationäre zweite Wirbelschicht 102 eingefügt, die ähnlich arbeitet wie die Wirbelschicht 14 gemäß Figur 1. Die zweite Wirbelschicht 102 ist in einem vertikalen Raum 90 mit vorzugsweise kreisförmigen Querschnitt ausgebildet, in dessen unterem Bereich ein mit einer Vielzahl von Öffnungen versehener Düsenboden 92 horizontal angeordnet ist. Unter dem Düsenboden 92 ist ein Raum 94 vorgesehen, in den eine Rohrleitung 96 mündet, und die unter Zwischenschaltung eines Gebläses oder eines Verdichters an die Abgasführung des Systems, die in Figur 1 die Bezugsziffer 19 aufweist, angeschlossen ist. Der Anschluß erfolgt vorzugsweise nach der vorgesehenen Abgasreinigungsanlage. Dies ist in Figur 3 nicht gezeigt.

In den Raum 90 ist, vorzugsweise zentrisch, das vertikal verlaufende gerade Teilstück 186 des Zirkulationskanals 172 soweit eingeführt, daß die Mündung des Teilstückes 186 in der stationären zweiten Wirbelschicht 102 liegt und einen Abstand vom Düsenboden 92 aufweist, der ungefähr  $1/2$  bis  $1/4$  der vertikalen Dicke der Wirbelschicht 102 beträgt. Diese stationäre zweite Wirbelschicht befindet sich unmittelbar über dem Düsenboden 92 und hat eine definierte Oberfläche 100. Das zum Feuerraum des Dampferzeugers mit Gefälle zurückführende Teilstück 182 des Zirkulationskanals ist an eine vertikale Seitenwand des Raums 90 angeschlossen. Hierbei bildet jener vertikale Bereich der Seitenwand, der sich zwischen der Anschlußstelle 106 des Teilstückes 182 und dem Düsenboden 92 befindet, ein Überlaufwehr 104. Wie aus Figur 3 ersichtlich, bestimmt die Höhe des Überlaufwehres 104 die

vertikale Dicke der stationären zweiten Wirbelschicht  
102, bzw. die Dicke dieser Wirbelschicht kann durch eine  
entsprechende Höhe des Überlaufwehres gewählt werden.

Der obere Endbereich des Raums 90 bildet einen Brenngas-  
5 sammelraum 108. Hierzu verjüngt sich der obere Endbe-  
reich des Raums 90 kegelförmig zum zentrisch in den Raum  
90 eingeführten Teilstück 186 hin und geht in einen das  
Teilstück 186 ringförmig umgebenen Raum 114 über, der  
10 den eigentlichen Brenngassammelraum 108 bildet. An die-  
sen Brenngassammelraum ist schließlich die zur Brennkam-  
mer der Gasturbinenanlage führende Brenngasleitung 244  
an der Entnahmestelle 245 in Form mindestens einer Öff-  
nung angeschlossen. In die Brenngasleitung 244 ist vor-  
15 teilhaft eine Filtereinrichtung 242 samt Verdichter 235  
eingeschaltet. Unmittelbar oberhalb des Düsenbodens 92  
befindet sich die Einspeisestelle 116 für Brennstoff zum  
Raum 90, durch welche Wirbelschicht-Brennstoff der zwei-  
ten Wirbelschicht 102 zugeführt werden kann.

20 Während des Betriebs der Anlage wird der Zirkulationska-  
nal 172, genau wie im Beispiel nach Figur 2, von zirku-  
lierenden Asche- und Koksbestandteilen der Wirbel-  
schichtfeuerung durchströmt. Diese treten hierbei durch  
das Teilstück 186 in den Raum 90 ein und füllen, ausge-  
25 hend vom Düsenboden 92, den Raum 90 bis zur Anschluß-  
stelle 106 an, fließen über das Überlaufwehr 104 und  
werden dann durch das Teilstück 182 mit Gefälle zum  
Feuerraum der Wirbelschichtfeuerung des Dampferzeugers  
(vgl. Figur 1) zurückgeführt. Hierbei bestimmt die Höhe  
30 des vertikal verlaufenden Überlaufwehres 104 die Dicke  
der sich auf dem Düsenboden 92 ausbildenden Schicht,  
welche die Wirbelschicht 102 bildet. Hierbei ist zu be-  
achten, daß das Teilstück 186 des Zirkulationskanals in

die Wirbelschicht 102 eintaucht und dort ausmündet.

An der Brennstoffzufuhrstelle 116 wird für die Brenngaserzeugung vorgesehener Wirbelschichtfeuerungs-Brennstoff in die zweite Wirbelschicht 102 eingeführt.

5 Zur Ausbildung der zweiten Wirbelschicht wird durch die Rohrleitung 96 sauerstoffarmes Gas mit einem Sauerstoffgehalt von höchstens 5 Vol%, vorzugsweise Abgas, das der Abgasführung 19 der Wirbelschichtfeuerung des Dampferzeugers entnommen ist, zugeführt, so daß der eingebrachte Brennstoff nicht verbrennen kann, sondern nur entgast

10 wird. Da die zweite Wirbelschicht 102 in den Zirkulationskanal 172 der Wirbelschichtfeuerung des Dampferzeugers eingeschaltet ist, wird die für die Entgasung des Brennstoffes erforderliche Wärme durch die zirkulierenden heißen Asche- und Koksteilchen in die zweite Wirbelschicht 102 eingebracht. Das entstandene Brenngas strömt nach oben in den Brenngassammelraum 108 und wird dort durch die Brenngasleitung 244 abgezogen und über die Filtereinrichtung 242 und den Verdichter 235 der Brennkammer der Gasturbinenanlage als Brenngas zugeführt. Der entgaste Brennstoff fließt zusammen mit den Asche- und Koksteilchen des Zirkulationskanals 172 durch das Teilstück 182 der zur Dampferzeugung dienenden Wirbelschichtfeuerung zu. Vorzugsweise wird man nur soviel Brennstoff

25 zuführen, wie für die Erzeugung des erforderlichen Brenngases der Brennkammer nötig ist. Der restliche für den Betrieb des Systems erforderliche Brennstoff wird dann unmittelbar in die Wirbelschichtfeuerung des Dampferzeugers eingeführt. In manchen Fällen kann es jedoch

30 günstiger sein, sämtlichen für den Betrieb der kombinierten Gasturbinen-Dampfkraftanlage erforderlichen Brennstoff an der Brennstoffzufuhrstelle 116 in die zweite Wirbelschicht 102 und somit in den Zirkulations-

.

kanal 172 einzuspeisen, dessen Zirkulation den

- Brennstoff in die Wirbelschichtfeuerung 10 des Dampferzeugers weiterführt (vgl. Figur 1).

5

10

15

20

25

30

35

18. Dez. 1986  
ZPT/P5-Wg/H1

5

### A n s p r ü c h e

10

1. Verfahren zum Erzeugen von elektrischer Energie unter Verwendung einer eine Wirbelschichtfeuerung aufweisenden kombinierten Gasturbinen-Dampfkraftanlage, wobei verdichtete Luft in einer mit Brenngas befeuerten Brennkammer (32) erhitzt, in einer Gasturbine (30) entspannt und dann der Wirbelschichtfeuerung als Verbrennungs- und Wirbelluft zugeführt wird, und wobei das Brenngas durch Entgasung bzw. Vergasung von Brennstoff der Wirbelschichtfeuerung erzeugt wird, dadurch gekennzeichnet, daß das Brenngas innerhalb des Wirbelschichtfeuerungs-Systems der Dampfkraftanlage erzeugt wird.

2. Kombinierte Gasturbinen-Dampfkraftanlage zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, mit einer Wirbelschichtfeuerung (10; 110), und einer Brennkammer (32), die mit Brenngas versorgbar ist, das durch Entgasung bzw. Vergasung von Wirbelschichtfeuerungs-Brennstoff gewonnen wird, dadurch gekennzeichnet, daß im Falle einer Wirbelschichtfeuerung (10) mit einer im Feuerraum (12) ausgebildeten stationären Wirbelschicht (14) die Brennkammer zur Brenngasversorgung an den sich im Bereich der Brennstoff-Zufuhrstelle (20) im Feuerraum (12) der Dampfkraftanlage ausbildenden Vergasungs- bzw.

35

Entgasungsbereich angeschlossen ist, und daß bei einer  
Wirbelschichtfeuerung (110) mit einer zirkulierenden  
Wirbelschicht ein Teil des Wirbelschichtfeuerungs-  
Brennstoffes in das zum Feuerraum (112) zurückführende  
Teilstück (82; 182) des Zirkulationskanals (72; 172)  
einspeisbar ist, und daß die Brennkammer zur Gasversor-  
gung an den sich im Bereich der Einspeisestelle (84;  
116) ausbildenden Vergasungs- bzw. Entgasungsbereich  
angeschlossen ist.

3. Anlage nach Anspruch 2 mit einer Wirbelschicht-  
feuerung (10), deren Wirbelschicht stationär ist, da-  
durch gekennzeichnet, daß die Brenngasleitung (44) der  
Brennkammer (32) im Vergasungs- bzw. Entgasungsbereich  
durch mehrere Öffnungen (45), die vorzugsweise ungefähr  
in einer Ebene verlaufend an der Pheripherie des Feuer-  
raums (12) ungefähr gleichmäßig verteilt sind, an den  
Feuerraum (12) angeschlossen ist (Figur 1).

4. Anlage nach Anspruch 2, mit einer Wirbelschicht-  
feuerung (110), die eine zirkulierende Wirbelschicht  
aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß der Zirkulations-  
kanal (72), in Zirkulationsrichtung gesehen, stromab der  
Einspeisestelle (84) einen Brenngassammler in Form einer  
haubenartigen Erweiterung (87) des Zirkulationskanals  
(72) aufweist, an den die Brennkammer (32) zur Brenngas-  
versorgung angeschlossen ist (Figur 2).

5. Anlage nach Anspruch 2, mit einer Wirbelschicht-  
feuerung, die eine zirkulierende Wirbelschicht aufweist,  
dadurch gekennzeichnet, daß in den Zirkulationskanal  
(172) ein Raum (90) mit einer stationären zweiten Wir-  
belschicht (102) eingefügt ist, in die ein Teil des für  
den Betrieb der Anlage erforderlichen festen Brennstof-

fes an der Brennstoff-Zufuhrstelle (116) einspeisbar ist, und der ein sauerstoffarmes Gas, vorzugsweise Abgas der Wirbelschichtfeuerung, als Wirbelmedium und zur mindestens teilweisen Entgasung des Brennstoffes durch die Rohrleitung (96) zuführbar ist (Figur 3).

5

6. Anlage nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß oberhalb der Wirbelschicht (102) ein an die Brennkammer (32) angeschlossener Brenngassammelraum (114) vorgesehen ist, daß das, in Zirkulationsrichtung (127) gesehen, in die zweite Wirbelschicht (102) eintretende Teilstück (186) des Zirkulationskanals innerhalb der zweiten Wirbelschicht ausmündet, daß das aus dem Raum (90) führende Teilstück (182) des Zirkulationskanals an mindestens ein Überlaufwehr (104) angeschlossen ist, das die zweite Wirbelschicht (102) seitlich begrenzt und dessen Höhe die Dicke der zweiten Wirbelschicht (102) in vertikaler Richtung bestimmt (Figur 3).

20

25

30

35



2/2

Fig. 2

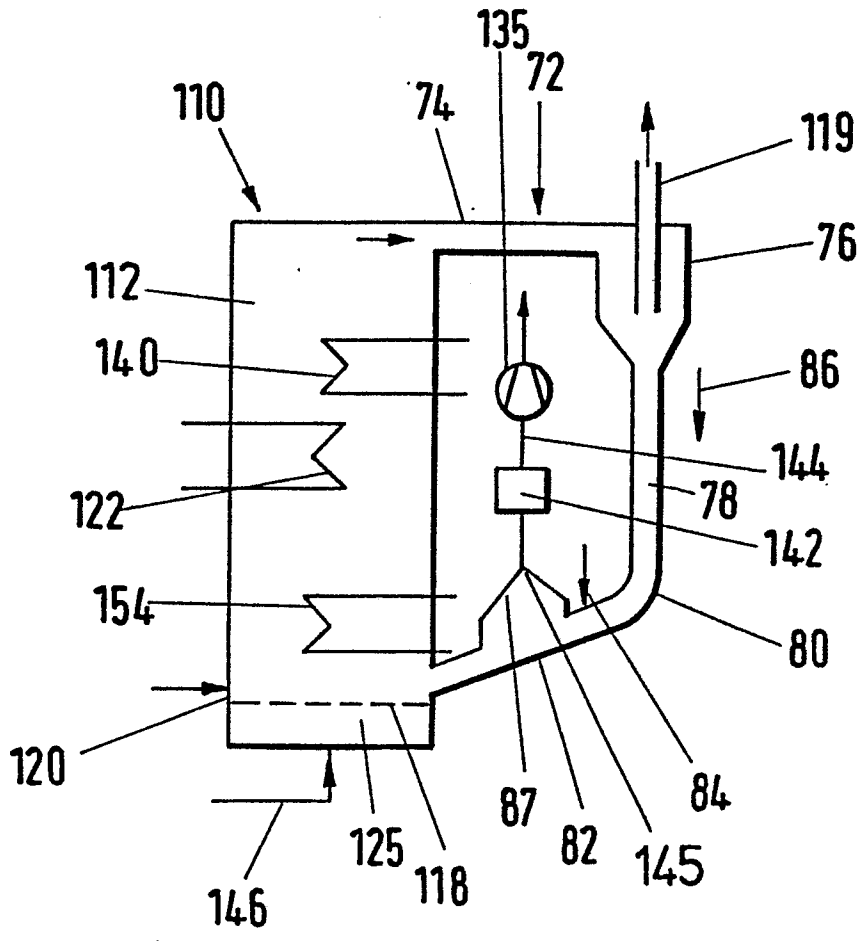
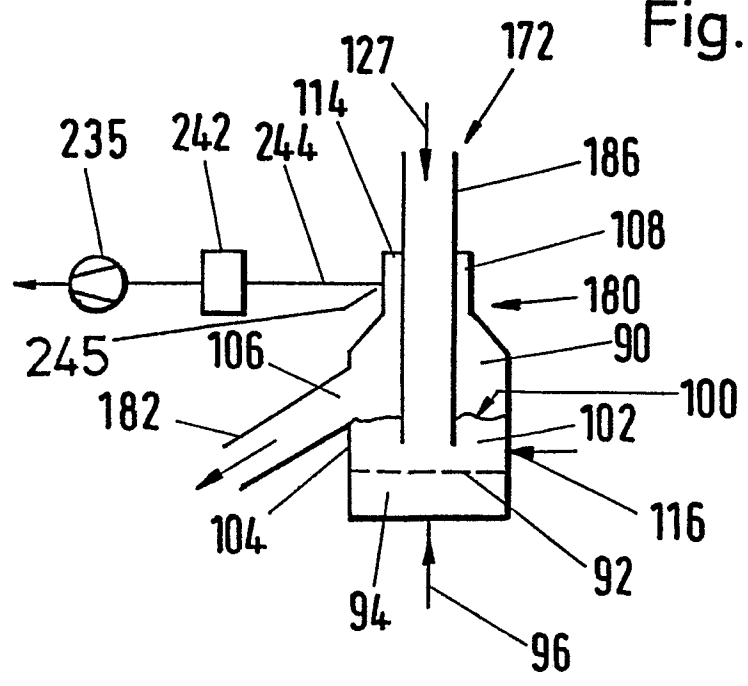


Fig. 3





EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl. 4)
X	ER-A-1 585 425 (SOCIETE ANONYME HEURTEY) * Insgesamt *	1	F 01 K 23/06 F 02 C 3/20
A	---	2	
A	GB-A-2 145 347 (FOSTER WHEELER ENERGY CORPORATION) * Zusammenfassung; Seite 1, Zeilen 46-65; Seite 2, Zeilen 1-21; Figuren 1-2 *	2-6	
A, D	US-A-4 387 560 (HAMILTON) * Zusammenfassung; Spalte 3, Zeilen 10-27, 38-54, 64-68; Figur 1 *	1, 2	
A	GB-A-1 165 537 (COAL INDUSTRY) * Insgesamt *	1	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl. 4) F 01 K F 02 C
A	EP-A-0 161 970 (FRAMATOME) * Zusammenfassung; Seite 7, Zeilen 9-38; Seite 8; Figur 2 *	2-6	F 22 B C 10 J F 23 C
A	EP-A-0 069 243 (KRAFTWERK UNION)		
A	DE-A-3 338 107 (B.B.C.)		
	---	-/-	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 08-07-1987	
		Prüfer ERNST J.L.	
<p>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE</p> <p>X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze</p> <p>E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument</p> <p>&amp; : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument</p>			



EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl. 4)
A	US-A-3 986 348 (SWITZER)		
A	<p style="text-align: center;">---</p> US-A-3 978 657 (FULTON) <p style="text-align: center;">-----</p>		
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTER SACHGEBIETE (Int. Cl. 4)
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 08-07-1987	Prüfer ERNST J.L.
<b>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE</b> X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			