



PATENTCHRIFT 151 484

Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 5 Absatz 1 des Änderungsgesetzes zum Patentgesetz

Patentbibliothek
des AEP

in der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

		Int. Cl. ³			
(11)	151 484	(44)	21.10.81	3(51)	F 01 K 13/00
(21)	WP F 01 K / 221 826	(22)	13.06.80		
(31)	P2924245.3	(32)	15.06.79	(33)	DE

(71) siehe (73)

(72) Pattas, Ernst; Rüter, Bernhard, Dipl.-Ing.; Scharf, Hans-Joachim, Dr.-Ing., DD

(73) Rheinische Braunkohlenwerke AG, Köln, DE

(74) Patentanwaltsbüro Berlin, 1130 Berlin, Frankfurter Allee 286

(54) Verfahren zur Deckung von Bedarfsspitzen bei der Erzeugung elektrischer Energie in einem Kraftwerk

(57) Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und eine Anlage unter Verwendung von Gasturbinen, bei denen ein durch Vergasen von fossilem, kohlenstoffhaltigen Material gewonnenes brennbares Gas als Brennstoff verwendet wird. Durch die Erfindung wird auf relativ einfache und wirtschaftliche Weise eine Abstimmung von Angebot und Bedarf erreicht. Erfindungsgemäß wird zur Herstellung des brennbaren Gases ein Wirbelschicht-Reaktor, insbesondere ein Hochtemperatur-Winkler-Reaktor eingesetzt, der bei Überdruck und Temperaturen oberhalb 700 °C, vorzugsweise oberhalb 800 °C arbeitet. Das aus dem Reaktor 10 kommende Produktgas wird zur Reinigung einer Einrichtung 32, 88 zugeführt, gelangt dann in eine Brennkammer 36, 90, die mit einer Gasturbine 48, 89 verbunden ist, wobei die letztere einen elektrischen Generator 94, 50 antreibt. - Figur -

Verfahren zur Deckung von Bedarfsspitzen und/oder schwankenden Bedarfsmengen bei der Erzeugung von elektrischer Energie in einem Kraftwerk sowie Anlage zur Anwendung dieses Verfahrens

Anwendung der Erfindung:

Die Erfindung geht aus von dem in den meisten Fällen der industriellen Erzeugung und Nutzung von elektrischer Energie vorhandenen Problem, Erzeugung und schwankende Abnahme in Übereinstimmung miteinander zu bringen. Dies wird im allgemeinen durch Anlagen zur Deckung von Grundlast, Mittellast und Spitzenlast erreicht. Insbesondere im Spitzenlastfall, aber auch im Mittellastfall, wird dadurch die Wirtschaftlichkeit beeinträchtigt, da hohen Investitionen nur geringe Auslastungen gegenüberstehen.

Bei der Deckung von Mittelast- und Spitzenlastbedarf ist in jedem Fall zu beachten, dass es kurzfristig möglich sein muss, die dazu benötigten Anlagen in Gang zu setzen und wieder abzuschalten. Als typisches Beispiel seien Wasserkraftwerke genannt, die praktisch in einigen Sekunden zu- oder abgeschaltet werden können.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen:

Es ist bereits der Vorschlag gemacht worden, für die Erzeugung von elektrischer Energie im Mittellast- und Spitzenlastbereich Anlagen zu verwenden, bei denen in einer Vergasungseinrichtung erzeugte brennbare Gase in eine Gasturbine geleitet werden. Derartige Anlagen lassen sich zwar schneller zuschalten oder abschalten als konventionelle, mit dem üblichen Heizkessel ausgerüstete Kraftwerke. Jedoch sind auch hier noch Einschaltzeiten notwendig, die mehr als eine halbe Stunde betragen, so dass derartige Anlagen zur Deckung des Mittellast- und

Spitzenbedarfs zumindest nicht in optimaler Weise geeignet sind. Bei Anlagen zur Deckung von Bedarfsspitzen werden Einschaltzeiten verlangt, die wenige Minuten nicht überschreiten. Bei Anlagen zur Deckung des Mittellastbedarfs mag die zulässige Zeitspanne etwas länger sein. Sie sollte aber auch hier nur im Bereich von etwa 15 Minuten liegen.

Aus der DE-OS 24 25 939 ist bereits ein Verfahren zum Betreiben eines Kraftwerkes, vorzugsweise zur Deckung von Spitzenbedarf, bekannt, bei welchem ein Kohlenmonoxid und Wasserstoff enthaltendes Primärgas durch Vergasen von fossilen Brennstoffen erzeugt wird, wobei ein Teil dieses Primärgases bei niedriger Kraftwerksbelastung zu Methanol umgewandelt und gespeichert wird. Bei höherer Kraftwerksbelastung wird das gespeicherte Methanol als Brennstoff zusätzlich zum Primärgas verwendet. Auf diese Weise soll erreicht werden, dass der Vergasungsprozess kontinuierlich mit konstanter Durchsatzleistung abläuft. Die Anpassung an unterschiedliche Bedarfsmengen erfolgt durch einen zusätzlichen Verfahrensschritt, nämlich die Methanolherstellung. Dieses Verfahren ist einigermaßen umständlich, da es das Vorhandensein einer Einrichtung zum Herstellen von Methanol notwendig macht, wodurch zusätzliche Aufwendungen für Investitionen und Energie erforderlich werden.

Ferner ist aus der DE-OS 23 58 372 bereits ein Verfahren zur Nutzung der Wärmeenergie eines Hochtemperatur-Kernreaktors mittels Vergasen von festen, kohlenstoffhaltigen Materialien bekannt, bei welchen zur Anpassung an Verbrauchsschwankungen ein verhältnismässig kompliziertes System von unterschiedlichen Verbrauchsstellen und Verbrauchern vorgeschlagen wird mit der Möglichkeit, das Produktgas des Reaktors in Abhängigkeit von den jeweiligen Bedarfsfällen in der einen oder der anderen Form dem Verbraucher anzubieten. Dieses bekannte Verfahren setzt jedoch das Vorhandensein von in Bezug auf Menge und Beschaffenheit und Verwendungszweck des Produktgases un-

terschiedlichen Verbrauchern voraus, die in bestimmter Weise einander zugeordnet und bezüglich ihrer Bedarfsmengen aufeinander abgestimmt sein müssen. Auch bei diesem Verfahren wird die gewünschte Flexibilität bezüglich der Anpassung auf unterschiedliche und schwankende Bedarfsmengen erreicht durch Massnahmen, die in den dem Vergasungsreaktor nachgeschalteten Einrichtungen getroffen werden.

Die Erfindung geht aus von einem Verfahren und einer Anlage zur Deckung von Bedarfsspitzen und/oder schwankenden Bedarfsmengen bei der Erzeugung von elektrischer Energie unter Verwendung von Gasturbinen, wobei ein durch Vergasen von festen, kohlenstoffhaltigen Materialien mit sauerstoffhaltigen Vergasungsmitteln gewonnenes brennbares Gas als Brennstoff verwendet wird.

Ziel der Erfindung:

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, Verfahren und Anlage dieser Art so auszugestalten, dass auf einfachere und wirtschaftlichere Weise eine Abstimmung von Angebot und Bedarf erreichbar ist. Diese Möglichkeit soll nicht beschränkt sein auf bestimmte Anwendungsfälle oder das Vorhandensein bestimmter Kombinationen von Verbrauchern. Vielmehr soll die Erfindung auch dann einsetzbar sein, wenn lediglich ein Verbraucher oder eine Art des Verbrauches bezüglich des im Vergasungs-Reaktor erzeugten Gases zur Verfügung stehen. Ferner soll die chemische Umwandlung des Gases in ein anderes Produkt nicht notwendig sein.

Darlegung des Wesens der Erfindung:

Zur Lösung dieser Aufgabe schlägt die Erfindung vor, dass zur Herstellung des brennbaren Gases ein Wirbelschicht-Reaktor, insbesondere ein Winkler-Reaktor verwendet wird.

Als besonders zweckmässig hat es sich herausgestellt, einen Hochtemperatur-Winkler-Reaktor zu verwenden, der bei Überdruck und Temperaturen oberhalb 700°C , vorzugsweise oberhalb 800°C , betrieben wird.

Ein wesentlicher Vorteil des Wirbelschicht-Reaktors besteht darin, dass er nach kürzeren Betriebsunterbrechungen in der Grössenordnung von einigen Stunden oder wenigen Tagen in relativ kurzer Zeit, ggf. in wenigen Minuten, auf seine nahezu normale Leistung gebracht werden kann. Es mag dabei der Fall eintreten, dass der Vergasungswirkungsgrad in der ersten Phase nach dem Wiederanfahren, beispielsweise in den ersten dreissig Minuten, noch nicht den maximal möglichen Wert erreicht. Dies bleibt jedoch ohne Auswirkungen auf die Beschaffenheit des Produktgases, das bereits wenige Minuten nach dem Wiederanfahren des Reaktors die bei den jeweiligen Voraussetzungen, insbesondere Beschaffenheit der eingesetzten Kohle sowie Art und Menge der Vergasungsmittel - übliche Beschaffenheit aufweist. Dies gilt auch dann, wenn z. B. der Hochtemperatur-Winkler-Reaktor unter Überdruck in der Grössenordnung von z. B. 5 bis 30 bar betrieben wird, da Drücke in dieser Grössenordnung ebenfalls in relativ kurzer Zeit aufgebaut werden können. Im übrigen besteht die Möglichkeit, durch entsprechende Vorkehrungen dafür Sorge zu tragen, dass auch bei Betriebsunterbrechungen, zumindest dann, wenn sie in der Grössenordnung von Stunden liegen, Druck und Temperatur im Reaktor vollständig oder nahezu vollständig auf dem Betriebswert gehalten werden. Die Nutzbarmachung der vorbeschriebenen Eigenschaften des Wirbelschicht-Reaktors, insbesondere die Möglichkeit eines schnellen Wiederanfahrens und Abfahrens kommt insbesondere dann in Frage, wenn das Kraftwerk lediglich zur Deckung von Bedarfsspitzen dient und somit in Abhängigkeit vom jeweiligen Bedarf zugeschaltet oder abgeschaltet wird.

Die vorbeschriebenen Vorteile und Eigenschaften des Wirbelschicht-Reaktors sind unter anderem darauf zurückzuführen, dass nach dem Abstellen, also nach Unterbrechen des Vergasungsvorganges, immer ausreichend Feststoff im Reaktor verbleibt, wobei der Feststoff ausreichend Wärme zum Wiederzünden des kohlenstoffhaltigen Feststoffes speichert und zum anderen beim Einleiten von sauerstoffhaltigen Vergasungsmitteln einen Kontakt zwischen brennbarem Produktgas und sauerstoffhaltigem Vergasungsmedium verhindert, so dass ein sicheres Anfahren gewährleistet ist.

Ein weiterer wesentlicher Vorteil ist die gute Regelbarkeit des Wirbelschicht-Reaktors bei annähernd konstant bleibenden Vergasungskennziffern. Diese Eigenschaft ist im wesentlichen darauf zurückzuführen, dass eine Wirbelschicht bezüglich des Durchsatzes an Vergasungsmedium in weiten Bereichen etwa gleichbleibende Eigenschaften aufweist. Dies ermöglicht die Anpassung an schwankende Bedarfsmengen bei kontinuierlichem Betrieb des Kraftwerkes, da der Wirbelschicht-Reaktor auch in seiner Ausgestaltung als Hochtemperatur-Winkler-Reaktor es erlaubt, die Durchsatzleistung an Kohle und Vergasungsmittel und somit auch die Erzeugung von Gas innerhalb eines Bereichs von etwa 20 bis über 100% der Nennleistung zu verändern, ohne dass der Vergasungsgrad und die wesentlichen Betriebsdaten des Reaktors irgendwelche ins Gewicht fallenden Veränderungen erfahren. So könnte der Reaktor im Teillastbereich zur Deckung eines Grundlastbedarfs gefahren und in Abhängigkeit vom Auftreten von Bedarfsspitzen mit einer höheren Leistung, gegebenenfalls bis zur Nennleistung und darüber hinaus, gefahren werden. Dabei können das zur Deckung des Grundlast-Bedarfs notwendige Gas einerseits und das zur Deckung des darüber hinausgehenden Bedarfs notwendige Gas andererseits in zwei voneinander getrennten Kraftwerksbereichen genutzt werden.

Die Gasturbinen, in die das im Wirbelschicht-Reaktor gewonnene Gas geleitet wird, weisen unter anderem den Vorteil auf, dass sie in sehr kurzer Zeit in Betrieb genommen und wieder ausser Betrieb gesetzt werden können. Gasturbinen mit einer Eintrittstemperatur in der Grössenordnung von 850 bis 1000° C gehören zum Stand der Technik.

Bei Vorhandensein der vorerwähnten zwei Kraftwerksbereiche würde jeder Bereich eine - oder ggf. auch mehrere - Gasturbinen aufweisen. Jener Bereich, der zur Deckung der Grundlast verwendet wird, sollte auf die Erzielung des maximal möglichen Wirkungsgrades hin ausgelegt sein. Da die Deckung der Grundlast einen kontinuierlichen und im wesentlichen gleichmässigen Betrieb voraussetzt, würden hier alle Investitionen lohnen, die zu einer Verbesserung des gesamten Wirkungsgrades beitragen. In anderen Kraftwerksbereichen hingegen, die lediglich der Deckung der über die Grundlast hinausgehenden Bedarfsmengen dienen, würde ggf. ein geringerer Gesamtwirkungsgrad in Kauf genommen werden, um das schnelle Anfahren und Abfahren dieses Kraftwerksbereiches durch Apparate einfacher Bauart zu gewährleisten und die Investitionskosten entsprechend zu verringern. Dies kann jedenfalls dann vorteilhaft sein, wenn dieser Bereich nur stundenweise in Betrieb genommen wird.

In Bezug auf den oder die Wirbelschicht-Reaktor(en) bedeutet dies, dass er bzw. sie dann, wenn lediglich der die Grundlast deckende Kraftwerksbereich im Betrieb ist, beispielsweise mit einer Leistung von 50% seiner bzw. ihrer Nennleistung gefahren wird bzw. werden, die dann zur Deckung zusätzlicher Bedarfsmengen bei Inbetriebnahme des zweiten Kraftwerksbereiches kurzfristig auf eine Leistung von 100% -oder eine entsprechend zwischen 50 und 100% liegende Leistung - gesteigert wird.

Es ist selbstverständlich möglich, einem Wirbelschichtreaktor mehrere Gasturbinen nachzuschalten, die unabhängig voneinander in Betrieb genommen werden können. Dies ist insbesondere dann von Vorteil, wenn es um die Deckung von Bedarfsspitzen und/oder schwankenden Bedarfsmengen geht.

Die Lehre gemäss der Erfindung weist neben der Flexibilität beim Betrieben eines Kraftwerkes noch weitere Vorteile auf. So gibt der Wirbelbett-Reaktor die Möglichkeit, auch geringwertigere Brennstoffe nutzbar zu machen. Darüber hinaus ist es möglich, ggf. im Ausgangsmaterial vorhandenen Schwefel bereits im Wirbelbett-Reaktor durch Zugabe entsprechender Zuschläge, beispielsweise in Form von Dolomit oder Kalkstein, zu binden. Überdies kann der Hochtemperatur-Winkler-Reaktor mit Temperaturen betrieben werden, die - wie bereits gesagt - in der Grössenordnung von 1000^o liegen. In Verbindung mit der Reaktionsführung innerhalb des Reaktors - Kohle und Vergasungsmedium werden im wesentlichen im Gleichstrom geführt - kann so ein Produktgas hergestellt werden, das frei von Teeren und Ölen und höheren Kohlenwasserstoffen ist, die bei nachfolgender Abkühlung des Gases kondensieren und Störungen verursachen könnten. D.h., dass die Qualität des aus dem Wirbelschicht-Reaktor kommenden Gases es ermöglicht, mit einer einfachen Wasserwäsche zwecks Staubentfernung auszukommen, die, wie der Wirbelschicht-Reaktor, schnell in Betrieb genommen und ausser Betrieb gesetzt werden bzw. an unterschiedliche Gasmengen angepasst werden kann. Die Tatsache, dass es nicht notwendig ist, Teere und dgl. aus dem Produktgas auszuwaschen, bevor es in die Gasturbinen geführt wird, kommt ebenfalls der einfachen Prozessführung und damit der Wirtschaftlichkeit des Verfahrens zugute.

Als Vergasungsmittel kommen in der üblichen Weise sauerstoffhaltige Gase, also Luft bzw. mit Sauerstoff angereicherte Luft gemischt mit Wasserdampf oder CO₂ in Frage.

Ausführungsbeispiele:

In der Zeichnung ist als Ausführungsbeispiel das Schaltbild einer Anlage zur Erzeugung elektrischer Energie unter Verwendung eines Hochtemperatur-Winkler-Reaktors dargestellt. Die Zahlenwerte bezüglich Druck und Temperatur sind ungefähre Angaben für den Fall der Vergasung von Rheinischer Braunkohle. Der Druck ist jedenfalls in bar - links - und die Temperatur ist jeweils in °C - rechts - angegeben.

Im Winkler-Reaktor 10, der mit einem Druck von ca. 10 bar bei einer Temperatur von etwa 1000° C betrieben wird, wird Braunkohle mit einem Wassergehalt von ca. 12% unter Verwendung von Luft ggf. gemischt mit Dampf als Vergasungsmittel umgesetzt. Die Zufuhreinrichtung für die Kohle ist mit 12 bezeichnet. 14 und 16 symbolisieren Zuleitungen für Dampf bzw. Luft.

Dem Winkler-Reaktor sind zwei voneinander unabhängige Anlagen zur Stromerzeugung nachgeschaltet, von denen die Anlage 18 unterhalb der gestrichelten Linie 20 und die Anlage 22 oberhalb dieser Linie dargestellt ist. Vom Reaktor 10 gehen zwei Leitungen 24 und 26 für das Rohgas ab. Die Leitung 24 versorgt den Anlagebereich 18, die Leitung 26 den Anlagebereich 22.

Der Anlagebereich 18 dient der Deckung der Grundlast. D.h., dass dieser Bereich, abgesehen von unvermeidbaren Unterbrechungen, kontinuierlich zur Erzeugung von elektrischer Energie betrieben wird. Aus diesem Grunde ist der Anlagebereich 18 so ausgelegt, dass ein optimaler Gesamtwirkungsgrad erreicht wird.

Der Bereich 22 dient zur Deckung von Bedarfsspitzen. D.h., er wird lediglich während verhältnismässig kurzer Zeitspannen zur Deckung derjenigen Bedarfsmengen zugeschaltet, die

die maximale Leistung des Bereiches 18 übersteigen. Die benötigten Komponenten müssen daher unter diesem speziellen Gesichtspunkt ausgelegt werden. Für den Anlagebereich 22 kann daher ein geringerer Gesamtwirkungsgrad in Kauf genommen werden, da aufgrund der verhältnismäßig kurzen Betriebszeiten die Verluste durch einen niedrigeren Gesamtwirkungsgrad weniger stark ins Gewicht fallen. Andererseits verringert der Verzicht auf das Erreichen eines möglichst hohen Gesamtwirkungsgrades die Investitionskosten in erheblichem Umfang.

Das in den Anlagebereich 18 mit einer Temperatur von etwa 950° C eintretende Rohgas wird zunächst durch einen als Dampfüberhitzer 28 dienenden Wärmetauscher und danach durch einen Wärmetauscher 30 geführt, der der Wiedererwärmung des abgekühlten Gases dient, nachdem es in der Wasserwäsche 32 gereinigt worden ist. Das gereinigte Gas gelangt über eine Leitung 34 in eine Brennkammer 36, der über eine Leitung 38 ein Luftverdichter 40 vorgeschaltet ist. Eine zweite vom Luftverdichter 40 abgehende Leitung 44 führt auf einen Nachverdichter 46, aus dem die Luft über eine Leitung 16 in den Winkler-Reaktor eingeblasen wird.

In der Brennkammer 36 wird das Gas mit der über die Leitung 38 zugeführten Luft verbrannt. Das aus der Brennkammer austretende gasförmige Verbrennungsprodukt wird in die Gasturbine 48 eingeleitet, die einen Generator 50 antreibt.

Die durch die Leitung 54 aus der Gasturbine 48 austretenden Abgase werden durch einen Abhitzekessel 56 geleitet, der zur Erzeugung von leicht überhitztem Dampf dient. Von dort gelangen sie über eine Leitung 58 in einen Niederdruckvorwärmer 60 und von dort aus in die Atmosphäre. Sie können jedoch noch in einer nachgeschalteten Einrichtung, beispielsweise zur Deckung des Wärmebedarfs eines Fernheizsystems, oder sonstwie in geeigneter Weise zur Nutzung der in ihnen noch enthaltenen fühlbaren Wärme verwendet werden.

Aus dem Vorwärmer 60 gelangt das vorgewärmte Speisewasser in einen Mischvorwärmer/Entgaser 62 und weiter über die Kesselspeisepumpe 64 in den Kessel 56, der von den von der Gasturbine 48 kommenden Abgasen beheizt wird. Der dort entstehende leicht überhitzte Dampf gelangt über eine Leitung 66 in den Dampfüberhitzer 28, der durch das durch die Leitung 24 aus dem Reaktor 10 kommende Rohgas beheizt wird. Der resultierende überhitzte Dampf, der einen Druck von z. B. 90 bar und eine Temperatur von z. B. etwa 510° aufweisen kann, wird über eine Leitung 68 auf eine Dampfturbine 70 geführt, die einen Generator 72 zur Stromerzeugung antreibt.

Es ist bekannt, die fühlbare Wärme der heissen Rohgase in der Weise zu nutzen, dass das aus der Wasserwäsche kommende gereinigte Gas soweit wie möglich im Gegenstrom mit dem Rohgas aufgeheizt wird. Dieser Gas-Gas-Wärmetauscher, der anstelle der beim Ausführungsbeispiel gemäss der Erfindung vorgesehenen Wärmetauscher 28 und 30 tritt, würde jedoch im heissen Bereich Wandtemperaturen von mehr als 800° C aufweisen, die in jedem Fall sehr hochwertige und damit sehr teure Werkstoffe notwendig machen. Dieser Apparat würde zudem erheblich grösser bauen und gasseitig grössere Druckverluste mit sich bringen; hochwertige Dampfzustände könnten nicht erreicht werden.

Alle diese Nachteile vermeidet die erfindungsgemässe Lösung des mittels Rohgas beheizten Dampfüberhitzers. Sie gibt die Möglichkeit, einen Dampf hohen Drucks und hoher Temperatur zu erzeugen, der eine merklich höhere Stromerzeugung erlaubt als ein üblicherweise im Abhitzekessel erzeugter Dampf von ca. 45 bar und 440° C, so dass durch diese Ausgestaltung der Gesamtwirkungsgrad der Anlage merklich verbessert wird.

Ein wesentlicher Teil des Dampfes der Turbine 70 gelangt über die Abdampfleitung 74 in einen Kondensator 76. Das Kondensat wird von einer Kondensatpumpe 78 in den bereits erwähnten Niederdruckvorwärmer 60 gefördert. Ein Teil des Dampfes aus der Dampfturbine 70 gelangt über die Leitung 14 als Vergasungsmedium in den Vergasungsreaktor 10. Über eine Leitung 80 werden einerseits Vorwärmdampf in den Entgaser/Mischvorwärmer 62 und über eine Zweigleitung 81 andererseits Trocknungsdampf zu einem Kohletrockner 82 geführt. Der Dampf wird dort niedergeschlagen; das Kondensat wird über die Leitung 83 in den Mischvorwärmer 62 geführt.

Bei normalem Betrieb, d.h., wenn Grundlast gefahren wird, tritt das Rohgas aus dem Reaktor 10 ausschliesslich durch die Leitung 24 in den Anlagebereich 18 ein. Beim Auftreten von Bedarfsspitzen wird zusätzlich der Anlagebereich 22 in Betrieb genommen. Dazu wird der Vergasungsreaktor 10 auf eine höhere Durchsatzleistung gebracht, so dass entsprechend mehr Kohle und Vergasungsmittel in den Reaktor 10 einzuführen sind. Bezüglich der Kohle erfolgt diese Steigerung durch entsprechende Erhöhung der über die Leitung 12 eingeführten Kohlemenge. Dies gilt auch für den über die Leitung 14 zugeführten Dampf. Die zusätzliche benötigte Vergasungsluft wird über eine besondere, dem Anlagebereich 22 zugeordnete Leitung 84 bereitgestellt. D.h., dass die Differenz zwischen dem Grundlastbedarf und dem Bedarf bei zusätzlichem Betrieb des Anlagebereiches 22 an Vergasungsluft durch die Leitung 84 gedeckt wird.

Das durch die Leitung 26 aus dem Reaktor 10 in den Anlagebereich 22 geführte Rohgas passiert zunächst einen ersten Wärmetauscher 86 und danach einen zweiten Wärmetauscher 87. Das abgekühlte Rohgas wird dann durch eine Wasserwäsche 88 hindurchgeführt, von der aus es nach Wiedererwärmung im zweiten Wärmetauscher 87 in die Brennkammer 90 gelangt,

der die Gasturbine 89 und 89a nachgeschaltet sind. Es besteht keine Notwendigkeit, das aus den Gasturbinen 89 und 89a austretende Abgas innerhalb des Anlagebereiches 22 zwecks möglichst weitgehender Nutzung der in ihm noch vorhandenen fühlbaren Wärme durch weitere Einrichtungen analog dem Anlagebereich 18 zu leiten, da der Anlagebereich 22 zur Deckung von Bedarfsspitzen normalerweise nur verhältnismässig kurzzeitig in Betrieb genommen wird. Dies schliesst natürlich nicht aus, dass auch die Turbinen-Abgase des Anlagenbereiches 22 einer nützlichen Verwendung zugeführt werden, beispielsweise in einem Fernheizungssystem, wenn sich dies ohne ins Gewicht fallende Anlagekosten verwirklichen lässt. Zur Erzielung des angestrebten Effektes, nämlich die wirtschaftliche Deckung von Bedarfsspitzen bzw. schwankenden Bedarfsmengen durch das Zuschalten bzw. Abschalten von Anlageteilen und entsprechendes Regulieren der Durchsatzleistung des vorgeschalteten Vergasungsreaktors ist dies jedoch nicht erforderlich.

Die über eine Leitung 91 angesaugte Luft wird in einem Verdichter 92 auf den notwendigen Brennkammerdruck gebracht. Ein Teil dieser Luft wird über die Leitung 84 in den Vergasungsreaktor 10 geführt, nachdem sie zuvor in einem Nachverdichter 93 auf einen Druck über 10 bar gebracht worden ist. Da im Bereich 22 auf eine Abhitzeverwertung durch Dampferzeugung und Verwendung des Dampfes zur zusätzlichen Erzeugung von elektrischer Energie verzichtet wird, dient der erste Wärmetauscher 86 der Luftvorwärmung für die Luft, die der Brennkammer 90 zuzuführen ist. Es wäre auch möglich, die dem Reaktor 10 über die Leitung 84 zugeführte Luft im Wärmetauscher 86 oder ggf. in einem zusätzlichen Wärmetauscher unter Verwendung der fühlbaren Wärme des durch die Leitung 26 strömenden Rohgases zu erhitzen, wobei dies ggf. zusätzlich zur Er-

hitzung der der Brennkammer 90 zuzuführenden Luft geschehen könnte. Allerdings wird eine derartige Vorwärmung der in den Reaktor 10 über die Leitung 84 zu führenden Luft nur dann optimal sein, wenn auch die Luftzuführung über die Leitung 16 im Anlagenbereich 18 normalerweise eine entsprechende Erwärmung erfährt.

Der überwiegende Teil der Luft wird durch den ersten Wärmetauscher 86 geführt, in welchem er durch das vom Vergasungsreaktor 10 durch die Leitung 26 kommende Rohgas auf eine Temperatur in der Grössenordnung von ca. 400^o C gebracht wird. Die so erhitzte Luft wird dann der Brennkammer 90 zugeführt. Es ist natürlich auch möglich, das die Wasserwäsche 88 verlassende, gereinigte und abgekühlte Gas unter Verzicht auf den ersten Wärmetauscher 86 im zweiten Wärmetauscher 87 soweit wie möglich zu erhitzen und damit auf einem höheren Temperaturniveau der Gasturbine 89 zuzuführen. Dann wäre jedoch der bereits im Zusammenhang mit dem Wärmetauscher 28 des Bereiches 18 beschriebene Nachteil in Kauf zu nehmen, dass der Wärmetauscher 87 in viel stärkerem Masse durch hohe Wandtemperaturen beansprucht sein würde mit der Konsequenz, wesentlich hochwertigere und somit teurere Werkstoffe verwenden zu müssen.

Da Gasturbinen im allgemeinen nicht ohne merkliche Verringerung ihres Wirkungsgrades im Teillastbereich betrieben werden können, sind bei dem in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiel im Betriebsbereich 22 zwei von mehreren möglichen Turbinen vorgesehen, die unabhängig voneinander in Abhängigkeit vom jeweiligen Energiebedarf in Betrieb genommen werden können. D. h., dass bei geringerem Spitzenbedarf zunächst nur beispielsweise die Turbine 89 zugeschaltet wird und später, bei steigendem Zusatzbedarf, die Turbine 89 und ggf. noch weitere Turbinen ebenfalls zugeschaltet werden können. Im übrigen gilt auch bei Vorhandensein von zwei oder mehr Gasturbinen im Anlagenbereich 22, dass

hier ebenfalls die Anpassungsfähigkeit in vorteilhafter Weise durch entsprechende Anpassung der Durchsatzleistung im Reaktor und damit der Gaserzeugung ausgenutzt werden kann.

Im übrigen können selbstverständlich auch im Anlagenbereich 18 mehr als eine Gasturbine 48 und mehr als eine Dampftrubine 70 vorgesehen sein, wobei hier jedoch im allgemeinen alle Turbinen kontinuierlich mit mehr oder weniger konstanter Beaufschlagung betrieben werden. So wäre z. B. eine 600 Mw-Grundlastkraftwerk mit vier Gas- und zwei Dampfturbinen auszuführen.

Wenn vorstehend von mehr oder weniger konstanter Beaufschlagung der Turbinen im Anlagenbereich 18 die Rede ist, dann soll damit zum Ausdruck gebracht werden, dass es selbstverständlich auch möglich ist, die Erzeugung von elektrischer Energie im Grundlastbereich 18 ebenfalls innerhalb gewisser Grenzen zu variieren. Es ist z. B. möglich, bei einer Steigerung des Energiebedarfs um 5% diesen Bedarf durch entsprechendes Hochfahren des Anlagenbereiches 18 zu decken unter der Voraussetzung, dass dieser Mehrbedarf für eine bestimmte Zeitspanne beibehalten wird. Erst der über diesen Mehrbedarf von 5% hinausgehende Spitzenbedarf wird dann durch Anfahren des Anlagenbereiches 22 gedeckt.

Es ist selbstverständlich auch möglich, dem Winkler-Reaktor 10 nur einen Anlagenbereich nachzuordnen, wobei es sich dabei z. B. um den Anlagenbereich 18 oder den Anlagenbereich 22 handeln kann. Die Kombination eines Winkler-Reaktors oder eines HTW-Reaktors ausschliesslich mit dem Anlagebereich 22 oder einen in ähnlicher Weise, d.h., unter Verzicht auf den optimalen Wirkungsgrad ausgelegten Anlagenbereich, wird dann zweckmässig sein, wenn das Kraftwerk lediglich zur Deckung von Bedarfsspitzen, also nicht zum kontinuierlichen Betrieb, vorgesehen ist.

Bei kontinuierlichem Betrieb und stark schwankenden Bedarfsmengen könnte eine Anordnung vorteilhaft sein, bei welcher einem Winkler-Reaktor oder einem HTW-Reaktor eine Anlage nachgeschaltet ist, deren grundsätzlicher Aufbau dem des Anlagenbereiches 18 entspricht, wobei jedoch mehrere Gasturbinen und mehrere Dampfturbinen mit entsprechend zugehörigen Einrichtungen vorgesehen sind, von denen jeweils eine oder mehrere in Abhängigkeit von den Bedarfsschwankungen zugeschaltet oder abgeschaltet werden.

Schliesslich gilt in allen Fällen, dass statt des einen in der Zeichnung dargestellten Winkler-Reaktors 10 oder HTW-Reaktors mehrere derartige Reaktoren vorgesehen sind, denen eine oder zwei gemeinsame Anlagen(n) nachgeschaltet ist bzw. sind.

Die im vorstehenden Ausführungsbeispiel beschriebene Vergasung von Braunkohle oder Lignit stellt keine Beschränkung dar. Es ist auch möglich, andere kohlenstoffhaltige Materialien, beispielsweise Steinkohle, Torf oder Holzspäne sowie Koks oder Abfallkoks, zu verwenden.

Erfindungsanspruch:

1. Verfahren zur Deckung von Bedarfsspitzen und/oder schwankenden Bedarfsmengen bei der Erzeugung von elektrischer Energie in einem Kraftwerk unter Verwendung von Gasturbinen, bei welchem ein durch Vergasen von festen, kohlenstoffhaltigen Materialien mit sauerstoffhaltigen Vergasungsmitteln gewonnenes brennbares Gas als Brennstoff verwendet wird, dadurch gekennzeichnet, dass zur Herstellung des brennbaren Gases ein Wirbelschicht-Reaktor, insbesondere ein Winkler-Reaktor, verwendet wird.
2. Verfahren nach Punkt 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein Hochtemperatur-Winkler-Reaktor verwendet wird, der bei Überdruck und Temperaturen oberhalb 700°C , vorzugsweise oberhalb 800°C , betrieben wird.
3. Verfahren nach Punkt 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass in Abhängigkeit vom Schwanken der Bedarfsmengen, z. B. vom Auftreten von Bedarfsspitzen an elektrischer Energie, der Vergasungsprozess im Reaktor begonnen bzw. unterbrochen wird.
4. Verfahren nach Punkt 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass bei kontinuierlichem Betrieb des Reaktors dessen Leistung durch entsprechende Regulierung der Zugabe von kohlenstoffhaltigem Material und Vergasungsmitteln an schwankenden Bedarfsmengen an elektrischer Energie angepasst wird.
5. Verfahren nach Punkt 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Reaktor im Teillastbereich zur Deckung eines Grundlast-Bedarfs gefahren wird und bei Auftreten von Bedarfsspitzen mit einer höheren Leistung, ggf. bis zur Nennleistung und darüber, gefahren wird.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Punkte , dadurch gekennzeichnet, dass das zur Deckung des Grundlast-Bedarfs notwendige Gas einerseits und das zur Deckung des darüber hinausgehenden Bedarfs notwendige Gas andererseits in zwei voneinander getrennten Kraftwerksbereichen genutzt werden.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Punkte , dadurch gekennzeichnet, dass die fühlbare Wärme des aus dem Reaktor kommenden heißen Gases zur Erzeugung von Dampf und/oder zur Überhitzung von Dampf verwendet wird und der Dampf in einer Dampftrubine zur Erzeugung von elektrischer Energie eingesetzt wird.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Punkte , dadurch gekennzeichnet, dass die fühlbare Wärme des aus dem Reaktor kommenden heißen Gases zur Vorerhitzung der Luft verwendet wird, die zur Verbrennung des Gases in einer der Gasturbine vorgeschalteten Brennkammer dient.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Punkte , dadurch gekennzeichnet, dass die fühlbare Wärme des aus dem Reaktor kommenden Rohgases zur Vorerhitzung wenigstens eines Teils des Vergasungsmediums, beispielsweise Luft, verwendet wird.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Punkte , dadurch gekennzeichnet, dass die fühlbare Wärme der Abgase der Gasturbine(n) zur Erzeugung von Sattedampf verwendet wird und der so erzeugte Dampf unter Verwendung der fühlbaren Wärme wenigstens eines Teils des aus dem Reaktor kommenden Rohgases überhitzt und danach in eine Dampftrubine geleitet wird.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Punkte , dadurch gekennzeichnet, dass das Rohgas aus dem Vergaser mit Hilfe einer Wasserwäsche von Staub gereinigt wird.
12. Anlage zur Erzeugung von elektrischer Energie unter Verwendung des Verfahrens gemäss wenigstens einem der Punkte 1 - 11, dadurch gekennzeichnet, dass ein Wirbelschicht-Reaktor (10), eine Einrichtung (32, 88) zur Reinigung des aus diesem Reaktor kommenden Produktgases, eine Brennkammer (36, 90) und eine Gasturbine (48, 89) vorgesehen sind und letztere einen elektrischen Generator (94, 50) antreibt.
13. Anlage nach Punkt 12, dadurch gekennzeichnet, dass dem Wirbelschicht-Reaktor (10) zwei Kraftwerksbereiche (18, 22) nachgeschaltet sind, von denen der eine zur Deckung des Grundlastbedarfs und der andere zur Deckung des darüber hinausgehenden Bedarfs dient.
14. Anlage nach einem der vorhergehenden Punkte : 12 - 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Einrichtung (32, 88) zur Reinigung des aus dem Reaktor kommenden Rohgases als Wasser-Wäsche ausgebildet ist.

Hierzu 1 Seite Zeichnung

