



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT  
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

① CH 663 254 A5

⑤ Int. Cl.4: F 02 C 3/26  
F 02 K 3/06

**Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein**  
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ **PATENTSCHRIFT** A5

⑲ Gesuchsnummer: 3082/83

⑦③ Inhaber:  
Jakob Huber, St-Légier

⑳ Anmeldungsdatum: 06.06.1983

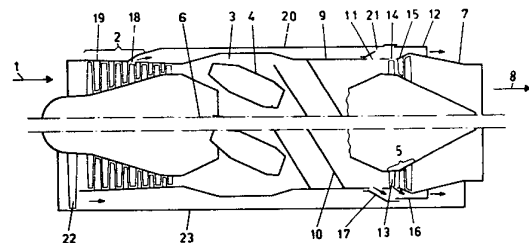
㉔ Patent erteilt: 30.11.1987

④⑤ Patentschrift  
veröffentlicht: 30.11.1987

⑦② Erfinder:  
Huber, Jakob, St-Légier

⑤④ **Gasturbinen-Triebwerk mit Kohlenstaubfeuerung.**

⑤⑦ Um ein Gasturbinen-Triebwerk mit Kohlenstaub als Brennstoff industriell betreiben zu können, ist eine Einrichtung zur Ausnützung jener Energie vorgesehen, welche dem Nebenstrom innewohnt, mit dessen Hilfe die festen Verbrennungsrückstände aus dem Brenngas vor dessen Eintritt in die Gasturbinen-Beschaufelung entfernt werden. Diese Einrichtung besteht bei Verwendung des Triebwerks für ein Flugzeug in einer vom Nebenstrom beaufschlagten Schubdüse (12), welche die Wirkung der Hauptschubdüse (7) unterstützt. Bei einer stationären Kraftanlage besteht diese Einrichtung in einem Wärmetauscher, in welchem die Wärme des Nebenstroms ausgenützt wird. Es geht daher mit dem Nebenstrom keine Energie ungenützt verloren, so dass der Wärmetauscher aus Wirtschaftlichkeitsgründen nicht extrem klein gehalten werden muss. Das Ergebnis ist ein gut gereinigtes Brenngas und die Schaufeln der Gasturbine (5) sind vor Erosion durch die Verbrennungsrückstände weitgehend geschützt.



## PATENTANSPRÜCHE

1. Gasturbinen-Triebwerk mit Kohlenstaubfeuerung, insbesondere für Flugzeuge, das mindestens einen Luftverdichter, eine Brenner enthaltende Brennkammer und eine Gasturbine umfasst, mit Auszentrifugierung der im Brenngas vorhandenen festen Verbrennungsrückstände und deren Abscheidung durch Öffnungen im Triebwerkmantel mit Hilfe eines vom Brenngas abgezweigten Nebenstromes, gekennzeichnet durch eine Einrichtung zur Ausnützung der Energie, welche dem Nebenstrom innewohnt.
2. Gasturbinen-Triebwerk nach Anspruch 1 für ein Flugzeug, gekennzeichnet durch mindestens eine vom Nebenstrom beaufschlagte Schubdüse (12), wobei der Nebenstrom durch Öffnungen (11) im Brennkammermantel (9) und/oder durch Öffnungen (14) im Gasturbinenmantel (15) bei der ersten Laufschaufelreihe (13) austritt.
3. Gasturbinen-Triebwerk nach Anspruch 2, gekennzeichnet durch schraubenförmig angeordnete Blechstreifen (10) an der Innenseite des Brennkammermantels (9) zur Erzeugung eines Dralles im Brenngas.
4. Gasturbinen-Triebwerk nach Anspruch 2, gekennzeichnet durch eine Schräglage der Brenner (4) in bezug auf die Längsachse des Triebwerks zur Erzeugung oder Unterstützung eines Dralles im Brenngas.
5. Gasturbinen-Triebwerk nach Anspruch 2, gekennzeichnet durch einen von aussen zugänglichen, auswechselbaren Verschleissteil (17) an jener Stelle, wo der mit einer radialen Komponente durch die Öffnungen (11, 14) austretende Nebenstrom auf die Ummantelung (16) auftrifft und gegen die Schubdüse (12) hin umgelenkt wird.
6. Gasturbinen-Triebwerk nach Anspruch 2, gekennzeichnet durch eine Beimischung von Druckluft in den Nebenstrom.
7. Gasturbinen-Triebwerk nach Anspruch 6, gekennzeichnet durch eine Entnahme der Druckluft aus einer mittleren Stufe des Verdichters (2).
8. Gasturbinen-Triebwerk nach Anspruch 6 für ein Zweikreistriebwerk mit einem Bläser, gekennzeichnet durch eine Entnahme der Druckluft nach dem Bläser (22).
9. Gasturbinen-Triebwerk nach Anspruch 1 für eine stationäre Kraftanlage, gekennzeichnet durch mindestens einen vom Nebenstrom durchströmten Wärmetauscher, wobei der Nebenstrom durch Öffnungen (14) im Gasturbinenmantel (15) bei der ersten Gasturbinen-Laufschaufelreihe (13) austritt.
10. Gasturbinen-Triebwerk nach Anspruch 9, gekennzeichnet durch ein Spiralgehäuse vor dem Eintritt des Brenngases in die Gasturbinen-Beschaufelung zur Erzeugung eines Dralles im Brenngas.

Die Erfindung betrifft ein Gasturbinen-Triebwerk mit Kohlenstaubfeuerung, insbesondere für Flugzeuge, das mindestens einen Luftverdichter, eine Brenner enthaltende Brennkammer und eine Gasturbine umfasst, mit Auszentrifugierung der im Brenngas vorhandenen festen Verbrennungsrückstände und deren Abscheidung durch Öffnungen im Triebwerkmantel mit Hilfe eines vom Brenngas abgezweigten Nebenstromes.

Wegen des relativ beschränkten Vorrats und der stark angestiegenen Preise des Rohöls ist man bestrebt, vermehrt auf andere Energieträger auszuweichen. Wasserstoff wäre ein idealer Energieträger, doch ist seine Herstellung und Überführung in flüssigen Aggregatzustand eine aufwendige Sache, auch ist seine Lagerung und sein Transport wegen der Isolierungsfrage schwierig. Wasser als Mittel zur Stromerzeugung,

das sich selbst erneuert, ist an die geografischen Gegebenheiten gebunden. Die Erzeugung von elektrischem Strom aus Atomenergie erfordert, zumindest derzeit noch, die Errichtung von Grossanlagen, und es bedarf für die Bedienung hochqualifizierten Personals.

Unter diesen Voraussetzungen drängt sich Kohle als Energieträger geradezu auf. Sie ist weltweit reichlich vorhanden und einfach transportierbar. Ihre Verwendung ist vor allem von reinem Dampfkraftanlagen her bekannt. Es wurden auch schon Versuche mit Kohlenstaubfeuerung in stationären Gasturbinen-Kraftanlagen unternommen, doch haben diese Versuche zu keinem brauchbaren Resultat geführt, welches eine industrielle Anwendung erlaubt hätte.

Die aus unverbranntem Kohlenstaub und Asche bestehenden festen Verbrennungsrückstände im Brenngas wirken wie Schmirgelpulver, wodurch die ersten Schaufelreihen der Gasturbine einer starken Erosion ausgesetzt sind. Davon sind durch das Ausschleudern dieser festen Partikel unter dem Einfluss der Zentrifugalkraft insbesondere die Füsse der Leitschaufeln betroffen. Die heissen Teilchen bleiben aber auch an allen vom Brenngas berührten Flächen kleben, was zu einer teilweisen Verstopfung der Strömungskanäle innerhalb der Beschaufelung führt. Durch die Beifügung chemischer Additive konnte dieser Nachteil nicht in ausreichendem Masse behoben werden.

Abhilfe brachte bis zu einem gewissen Grade die Anordnung von Auslassschlitzen im Brennkammer- oder im Gasturbinenmantel, um die im Brenngas vorhandenen festen Rückstände auszublasen. Um jedoch den erforderlichen, d.h. den grössten Teil der Rückstände aus dem Brenngas zu entfernen, hätte man für deren Transport eine so grosse Brenngasmenge abzweigen müssen, dass wegen des hohen Energieverlustes ein wirtschaftlicher Betrieb nicht mehr möglich gewesen wäre. So fand man sich mit einem – allerdings unbefriedigenden – Kompromiss ab, indem man den vom Brenngas abgezweigten Nebenstrom in noch zulässigen Grenzen hielt, dafür aber in Kauf nahm, dass im Brenngas noch eine grössere Restmenge von Verbrennungsrückständen verblieb, die, wenn auch erst nach einer etwas längeren Zeitspanne, zu den oben erwähnten Erosionszerstörungen in der Beschaufelung der Gasturbine führte. Ein wirtschaftlicher industrieller Betrieb war auf diese Weise nicht möglich.

Gasturbinen-Triebwerke mit Kohlenstaubfeuerung für Flugzeuge blieben wegen der gleichen Schwierigkeiten schon in der Planungsphase stecken, obwohl die Kohlenasche ein Düngungsprodukt darstellt, das ohne weiteres, noch dazu über weite Strecken verteilt, hätte ausgeblasen werden dürfen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Gasturbinen-Triebwerk der eingangs genannten Art zu schaffen, das einen wirtschaftlichen Dauerbetrieb erlaubt. Diese Aufgabe wird gelöst durch eine Einrichtung zur Ausnützung der Energie, welche dem Nebenstrom innewohnt.

Durch das Vorsehen einer derartigen Einrichtung ist es möglich, einen so grossen Teil der festen Verbrennungsrückstände aus dem Brenngas zu entfernen, wie erforderlich ist, um unzulässig hohe Erosionen an der Gasturbinen-Beschaufelung oder gar eine Verstopfung der Strömungskanäle zu vermeiden und demzufolge lange Betriebszeiten zu erreichen. Trotz dem dafür notwendigen grösseren Nebenstrom als bei den bekannten Versuchsanlagen wird durch die Ausnützung seiner Energie der Gesamtwirkungsgrad der Kraftanlage kaum beeinflusst. Die genannte Einrichtung besteht vorteilhafterweise bei Flugzeugen in mindestens einer vom Nebenstrom beaufschlagten Schubdüse, deren Wirkung den Schub der Hauptdüse des Triebwerks unterstützt, bei einer stationären Kraftanlage in mindestens einem

vom Nebenstrom durchströmten Wärmetauscher, der beispielsweise zur Vorwärmung der Verbrennungsluft dient. Um eine raschere Abscheidung der Verbrennungsrückstände durch Öffnungen im Brennkammer- oder im Gasturbinenmantel zu erzielen, ist es zweckmässig, dem Brenngas vor dem Eintritt in die Gasturbinen-Beschaufelung einen Drall zu erteilen.

Nachstehend wird anhand der einzigen Figur der Zeichnung, deren beide Hälften sich in nur wenigen Details voneinander unterscheiden, ein schematisch dargestelltes Ausführungsbeispiel der Erfindung näher beschrieben, wobei Hilfsgeräte und -einrichtungen aller Art sowie erfindungswesentliche Teile weggelassen wurden.

Die Figur zeigt ein Gasturbinen-Triebwerk für ein Flugzeug. Die für den Betrieb notwendige Luft strömt in Richtung des Pfeiles 1 dem Verdichter 2 zu. Nach der Verdichtung tritt sie in die Brennkammer 3 ein, wo sie teils als Verbrennungsluft in den mit Kohlenstaub betriebenen Brennern 4, teils zur Kühlung derselben dient. Das derart entstandene Brenngas strömt nun zur Gasturbine 5, welche den Verdichter 2 antreibt, mit dem sie auf der selben Welle sitzt. Die nach dem Verlassen der Gasturbine 5 im Brenngas noch enthaltene Energie wird in der Hauptschubdüse 7 in Geschwindigkeit umgesetzt. Die Abgase verlassen das Triebwerk in Richtung des Pfeiles 8.

Um die im Brenngas vorhandenen festen Verbrennungsrückstände auszentrifugieren und abscheiden zu können, ist es notwendig, das Brenngas in der Brennkammer in Rotation zu versetzen. Zu diesem Zwecke sind an der Innenseite des Brennkammermantels 9 die Blechstreifen 10 schraubenförmig angeordnet, wodurch im Brenngas ein Drall erzeugt wird. Diese Strömungsablenkung kann durch eine Schräglage der Brenner 4 in bezug auf die Längsachse 6 des Triebwerks noch unterstützt werden. Tritt die Luft bereits mit einer Umfangskomponente aus dem Verdichter 2 aus, so kann die zusätzliche Auswirkung der Schräglage der Brenner genügen, um im Brenngas den gewünschten Drall zu erzeugen, und die Blechstreifen können entfallen.

Zufolge des Dralles gelangen die Verbrennungsrückstände an die Peripherie der Brennkammer 3. Durch die Öffnungen 11 im Brennkammermantel 9 wird mit Hilfe eines abgezweigten Nebenstromes eine die festen Partikel enthaltende Schicht des rotierenden Brenngases abgeschöpft. Diese Öffnungen können beispielsweise als Auslassschlitze ausgebildet sein. Die den Nebenstrom inwohnende Energie wird in der Schubdüse 12 zur Erzeugung einer zusätzlichen Rückstosskraft ausgenützt. Die Schubdüse 12 kann als ringförmige Düse gestaltet oder in mehrere Einzeldüsen aufgelöst sein.

Da das Brenngas bereits mit einem Drall zur Beschaufelung der Gasturbine 5 gelangt, ist am Eintritt in dieselbe keine Leitschaufelreihe mehr nötig. Das Brenngas trifft daher direkt auf die erste Laufschaufelreihe 13. Das Überflüssigwerden einer Schaufelreihe bedeutet eine Einsparung an Baulänge und Gewicht, was besonders im Flugzeugbau von grosser Bedeutung ist.

Sollten trotz der beschriebenen Abscheidung der Verbrennungsrückstände noch feine Partikel derselben im Brenngas enthalten sein, dann werden diese durch die Laufschaufelreihe 13 noch weiter nach aussen befördert. Zur Erzielung eines noch grösseren Reinheitsgrades des Brenngases können die Öffnungen 14 im Gasturbinenmantel 15 vorgesehen werden, durch welche diese restlichen Partikel abgeschieden werden, was wiederum mit Hilfe eines Nebenstromes geschieht. Zweckmässigerweise werden die beiden Nebenströme gemeinsam der Schubdüse 12 zugeführt. Andererseits kann es aber auch sein, dass die Öffnungen 11 im Brennkammermantel 9 nicht nötig sind und die Öffnungen 14 im

Gasturbinenmantel 15 genügen, wenn – es hängt dies von der Beschaffenheit des Kohlenstaubes ab – nur wenig Verbrennungsrückstände im Brenngas enthalten sind.

Die auszentrifugierten festen Verbrennungsrückstände wirken bei ihrem Auftreffen auf eine Prallfläche ähnlich wie ein Sandstrahlgebläse. Es ist daher vorteilhaft, insbesondere jenen Teil der Ummantelung 16, wo der mit einer radialen Komponente durch die Öffnungen 11, 14 austretende Nebenstrom auftritt und gegen die Schubdüse 12 hin umgelenkt wird, als einen von aussen zugängliche, auswechselbaren Verschleissteil 17 auszubilden. Als abriebfestes Material dafür ist vor allem harter Stahl und Keramik zu nennen.

Prinzipiell wäre zu empfehlen, auch jene Bauteile, welche die Öffnungen 11 und 14 enthalten, als Verschleissteile vorzusehen, doch dürfte die unerlässliche Zugänglichkeit und Auswechselbarkeit auf grössere Schwierigkeiten stossen.

Zur besseren Ausnützung der dem heissen Nebenstrom inwohnenden Wärme kann derselbe mit Druckluft vermischt werden, welche dem Verdichterteil des Triebwerks entnommen wird. Das kann beispielsweise bei einer mittleren Stufe des Verdichters 2 durch die Öffnungen 18 im Verdichtermantel 19 erfolgen, wie es in der oberen Hälfte des dargestellten Ausführungsbeispiels gezeigt ist. Die entnommene Druckluft wird entlang des Aussenmantels 20 nach hinten geführt, wo sie durch die Öffnungen 21 dem die Verbrennungsrückstände enthaltenden Nebenstrom beigemischt wird. Die Anordnung der Öffnungen 18 und 21 wird mit Vorteil derart gewählt, dass Neben- und Druckluftstrom beim Zusammentreffen das ungefähr gleiche Druckniveau haben. Tritt der Nebenstrom unvermischt aus der Schubdüse 12 aus, so weist er nach der Expansion noch eine hohe Temperatur sowie eine grosse Austrittsgeschwindigkeit auf. Dieser Wärmeverlust wird durch die Vermischung des Nebenstromes mit dem Druckluftstrom herabgesetzt. Die Druckluft erfährt eine zusätzliche Erwärmung und Ausdehnung, was eine Schubverstärkung durch bessere Ausnützung ihres Druckgefälles bewirkt, und nach der Expansion ist die Austrittstemperatur des Abgases entsprechend tiefer als ohne Luftbeimischung. Ausserdem wird die Austrittsgeschwindigkeit aus der Schubdüse begrenzt, was eine kleinere Verwirbelung und daher weniger Lärmbelästigung ergibt.

Zur guten Durchmischung der beiden Ströme können verschiedene Massnahmen getroffen werden, beispielsweise stärkere Zerteilung des Druckluftstromes beim Eintritt in den heissen Nebenstrom, das Anbringen von Leitblechen oder sonstiger Mischhilfen. Je gleichmässiger die Durchmischung ist, desto gleichmässiger ist die Mischtemperatur, und desto besser ist auch der Ausnützungsgrad der vorhandenen Energie.

Eine Variante zum Vorhergehenden ist in der unteren Hälfte der Figur für ein Zweikreistriebwerk dargestellt. Die nach dem Bläser 22 entnommene Druckluft wird entlang des Aussenmantels 23 nach hinten geführt und mit dem heissen Nebenstrom vermischt. Durch diese Aufheizung der Druckluft nach dem Bläser ergeben sich ähnliche Vorteile, wie sie vorhergehend beschrieben wurden. Auch hier hat es der Konstrukteur in der Hand, durch Gestaltung der Schubdüse 12 und des Aussenmantels 23 oder durch Anordnung zweckdienlicher Hilfsmittel den Druck der beiden Ströme bei ihrem Zusammentreffen und ihre gute Durchmischung günstig zu beeinflussen.

Bei stationären Kraftanlagen mit Gasturbinen-Triebwerk kann die vorliegende Erfindung auf sinngemäss gleiche Weise wie für Flugzeuge angewendet werden. Zur Erzeugung des notwendigen Dralles im Brenngas wird mit Vorteil ein Spiralgehäuse vor der Gasturbine angeordnet, wie es von Gasturbinen-Kraftanlagen mit Ölfeuerung bekannt ist. Für

den Austritt des Nebenstromes mit den festen Verbrennungsrückständen kommen praktisch nur Öffnungen 14 im Gasturbinenmantel 15 bei der ersten Laufschaufelreihe 13 in Frage. Auch hier kann zufolge des bereits vorhandenen Dralles im Brenngas die erste Leitschaufelreihe entfallen, die am meisten durch Korrosion gefährdet wäre.

Zur Ausnützung der ihm innewohnenden Energie durch-

strömt der Nebenstrom anschliessend einen Wärmetauscher, welcher wegen der im Nebenstrom enthaltenen festen Verbrennungsrückstände möglichst glatte Wärmetauschflächen aufweisen soll. Nachher müssen die Verbrennungsrückstände aus dem Abgas abgesondert werden, denn mengenmässig ist der Anfall doch zu gross, als dass er in die umgebende Atmosphäre frei abgeblasen werden dürfte.

