

12 **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

21 Anmeldenummer: 79103882.1

51 Int. Cl.³: **F 01 K 17/02**
F 01 K 7/22

22 Anmeldetag: 10.10.79

30 Priorität: 13.10.78 DE 2844742

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
30.04.80 Patentblatt 80/9

84 Benannte Vertragsstaaten:
BE CH DE FR IT NL SE

71 Anmelder: **Linde Aktiengesellschaft**

D-6200 Wiesbaden(DE)

72 Erfinder: **Pocrnja, Anton**
Zaubzerstrasse 43 B
D-8000 München 80(DE)

72 Erfinder: **Bolkart, Alfred**
Thalkirchnerstrasse 35
D-8000 München 2(DE)

72 Erfinder: **Dworschak, Josef**
Hauzenbergerstrasse 8
D-8000 München 21(DE)

74 Vertreter: **Schaefer, Gerhard, Dr.**
Linde Aktiengesellschaft Zentrale Patentabteilung
D-8023 Höllriegelskreuth(DE)

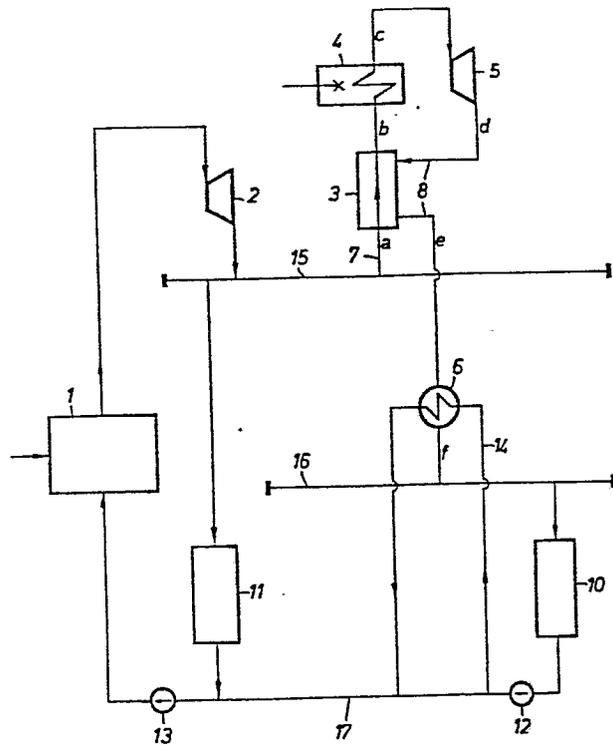
54 **Verfahren zur Gewinnung von elektrischer Energie in einem Gegendruckdampfsystem.**

57 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Gewinnung von elektrischer Energie in einem Gegendruckdampfsystem, bei dem Wasserdampf arbeitsleistend entspannt wird. Als Gegendruckdampfsysteme werden hierbei Kraftanlagen bezeichnet, die zur gleichzeitigen Deckung des Kraft und Wärmebedarfs einer Anlage dienen. Bei kraftintensiven Industriezweigen kann der Bedarf an elektrischer Energie durch eine Anlage der erläuterten Art nicht vollständig gedeckt werden. Um in einem Gegendruckdampfsystem das Kraft-Wärmeverhältnis zu erhöhen wird erfindungsgemäß der Dampf eines der vorhandenen Druckniveaus 15 vor der arbeitsleistenden Entspannung 5 zunächst durch Wärmetausch 3 mit entspanntem Dampf und anschließend mit Fremdwärme 4 im wesentlichen isobar erhitzt und nach der Entspannung 5 auf eines der vorhandenen tiefergelegenen Druckniveaus 16 im wesentlichen isobar gekühlt 3,6.

EP 0 010 254 A1

./...

J....



1

5

10

Verfahren zur Gewinnung von elektrischer
Energie in einem Gegendruckdampfsystem

15 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Gewinnung von
Energie in einem Gegendruckdampfsystem, bei dem Wasser-
dampf arbeitsleistend entspannt wird.

Als Gegendruckdampfsystem werden hierbei Kraftanlagen be-
20 zeichnet, die zur gleichzeitigen Deckung des Kraft- und
Wärmebedarfs dienen und eine umfassende Ausnutzung der
Brennstoffwärme ermöglichen. In derartigen Systemen dient
der in einem Dampfkessel erzeugte Wasserdampf hohen Druckes
und hoher Temperatur zunächst dem Antrieb einer Hochdruck-
25 turbine, in der der Dampf in eine erste Dampfschiene auf
eine geforderte Temperatur oder ein benötigtes Druckniveau
entspannt wird. Aus dieser Dampfschiene kann nach bekannten
Verfahren Dampf sowohl zur Deckung des Wärmebedarfs der An-
lage abgezogen als auch in einer Turbine in eine andere
30 Dampfschiene mit einem niedrigeren Druckniveau entspannt
werden.

Anlagen der angegebenen Art sind in "Linde-Berichte aus
Technik und Wissenschaft" 38, 1976, Seiten 3 bis 8 beschrie-
35 ben.

1 Bei kraftintensiven Industriezweigen kann der Bedarf an elek-
trischer oder auch mechanischer Energie durch eine Anlage
der erläuterten Art nicht vollständig gedeckt werden. Dies
ist beispielsweise bei dem Dampfsystemen der im obengenannten
5 Artikel beschriebenen Olefin- und Ammoniakanlagen der Fall.
Es ist daher erforderlich, zusätzlich Strom oder mechanische
Energie in einem reinen Kraft-Prozess mit verhältnismäßig
unbefriedigender Primärenergieausnutzung zu erzeugen oder
teuren Fremdstrom zu beziehen.

10

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfah-
ren zu entwickeln, mit dem in einem Gegendruckdampfsystem
der beschriebenen Art das Kraft-Wärmeverhältnis erhöht wer-
den kann.

15

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß der
Dampf eines der vorhandenen Druckniveaus vor der arbeits-
leistenden Entspannung zunächst durch Wärmetausch mit ent-
spanntem Dampf und anschließend mit Fremdwärme im wesent-
20 lichen isobar erhitzt und nach der Entspannung auf eines
der vorhandenen tiefer gelegenen Druckniveaus im wesentli-
chen isobar gekühlt wird.

Wurde nach den bekannten Verfahren Dampf einer Dampfschiene
25 einfach über eine Turbine auf eine Dampfschiene eines niedri-
geren Druckniveaus entspannt, so wird der Dampf erfindungs-
gemäß zunächst rekuperativ durch Wärme des entspannten Dam-
pfes und anschließend mit Fremdwärme, z.B. in einem brenn-
stoffbefeuerten Erhitzer, nacherhitzt und erst dann, gegebe-
30 nenfalls in mehreren Stufen, entspannt. Diesen Verfahrens-
schritten kann der Dampf jedes beliebigen der vorhandenen
Druckniveaus unterzogen werden. Auf diese Weise wird der
Anteil der in den Turbinen erzeugten mechanischen Energie
und damit das Kraft-Wärmeverhältnis erhöht. Dabei ist die
35 Ausnutzung der Primärenergie für die Bereitstellung der Fremd-

1 wärme der bisherigen Zusatzstromerzeugung weit überlegen.
Durch die rekuperative Erhitzung wird der Dampf auf eine rela-
tiv hohes Temperaturniveau gehoben, so daß die Fremdwärme,
die dem Dampf nachfolgend zugeführt wird, optimal genutzt,
5 d.h. auf sehr hohem Temperaturniveau aufgenommen wird. Da
die Energieausbeute der zusätzlichen Energieerzeugung mit
wachsener Temperatur des Dampfes vor der Entspannung steigt,
ist eine möglichst hohe Temperatur des Dampfes wünschenswert.
Die im Erhitzer erzielbare höchste Temperatur ist nur durch
10 die Materialeigenschaften des Erhitzers begrenzt. Ein weite-
rer Vorteil der rekuperativen Erhitzung ist darin zu sehen,
daß mit steigender Temperatur der Wärmequelle, durch die
die Fremdwärme bereitgestellt wird, auch die Temperatur des
der Wärmequelle zugeführten Dampfes wächst und somit die
15 Wärme der Wärmequelle in allen Temperaturbereichen optimal
genutzt wird. Bei einem idealen Gas und bei beliebig kleinen
Temperaturdifferenzen beim rekuperativen Wärmetausch wäre
die abgegebene Turbinenleistung gleich der aufgenommenen
Fremdwärme.

20

Die zusätzliche Energie des erfindungsgemäßen Verfahrens
wird also mit einem wesentlich besseren Wirkungsgrad erzeugt,
als etwa die durch einen reinen Kraft-Prozess bereitge-
stellte Energie.

25

Der entspannte Dampf besitzt nach der isobaren Kühlung noch
immer einen höheren Wärmeinhalt als z.B. der nach einem
konventionellen Verfahren nur in einer Turbine entspannte
Dampf. Daher kann nach einer vorteilhaften Ausgestaltung des
30 Erfindungsgedankens dieser Wärmeüberschuß zur Erwärmung
eines Wärmeabnehmers verwendet werden. Als Wärmeabnehmer
kann das zu erhitzende Arbeitsmedium eines zusätzlichen Kraft-
prozesses dienen. Es ist aber von Vorteil, den Wärmeüber-
schuß zur Speisewasservorwärmung des Gegendruckdampfsystems
35 selbst heranzuziehen, da sich dann für das Zusatzverfahren

1 unter Berücksichtigung der Verluste im Erhitzer ein Wirkungs-
grad von 0,9 ergibt. In einer alternativen Verfahrensweise
kann - mit dem gleichen Wirkungsgrad für das Zusatzverfahren -
der Dampfdruck des Gegendruckdampfes reduziert
5 werden. Schließlich ist es möglich, den Wärmeüberschuß des
entspannten und isobar gekühlten Dampfes direkt in eine Dampf-
schiene niedrigeren Druckniveaus zu leiten, d.h. den isobar
gekühlten Dampf ohne weitere Kühlung mit einem Wärmeabnehmer
direkt in diese Dampfschiene einzuspeisen.

10

Insgesamt kann festgestellt werden, daß das erfindungsgemäße
Verfahren die Erhöhung des Kraft-Wärmeverhältnisses innerhalb
des Gegendruckbetriebes mit einem wesentlich besseren Wir-
kungsgrad als in konventionellen Verfahren ermöglicht. Wie
15 beschrieben, ist der hohe Wirkungsgrad auf die dem höheren
Temperaturniveau des Dampfes vor der Entspannung entsprechen-
de höhere spezifische Energieerzeugung bzw. auf die Verringe-
rung der erforderlichen Fremdwärme zurückzuführen. Werden
in einer Anlage, die nach dem vorgeschlagenen Verfahren ar-
20 beitet, Kondensationsturbinen eingesetzt, verringert sich
darüber hinaus im Vergleich zu herkömmlichen Anlagen mit Kon-
densationsturbinen die Kühlwassermenge, da infolge des er-
höhten Kraft-Wärmeverhältnisses des Gegendruckbetriebes die
Dampfmenge für die Kondensationsturbinen reduziert werden
25 kann.

Anhand einer schematischen Skizze soll im folgenden ein
Ausführungsbeispiel einer Anlage beschrieben und erläutert
werden, die nach dem erfindungsgemäßen Verfahren arbeitet.

30

Der Übersichtlichkeit halber sind lediglich zwei Dampfschie-
nen, eine Mitteldruckdampfschiene 15 und eine Niederdruck-
dampfschiene 16 dargestellt. Die Zahl der Dampfschienen ist
aber nicht auf zwei begrenzt.

35

1 Der Dampf des dargestellten Gegendruckdampfsystems wird
in einem Verdampfer 1 erzeugt, in einer Hochdruckturbine
2 auf einen Druck von z.B. $39,2 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ entspannt und
mit einer Temperatur von 642 K in die Mitteldruckdampf-
5 schiene eingespeist. In herkömmlichen Verfahren wurde der
Dampf dieser Schiene, soweit er nicht von Wärmeabnehmern
11 verbraucht wurde, über eine Turbine direkt in die Nieder-
druckdampfschiene 16 entspannt. Erfindungsgemäß wird der
Dampf jedoch zunächst im wesentlichen isobar erhitzt. Dazu
10 dient ein Rekuperator 3, in dem ein Teil des Dampfes der
Mitteldruckdampfschiene auf eine Temperatur von 770 K er-
hitzt, und ein brennstoffbefeuert Erhitzer 4, in dem
die Dampftemperatur auf 993 K gehoben wird. Der Dampf die-
ses hohen Temperaturniveaus wird in einer an den Erhitzer
15 angeschlossenen Turbine 5 auf den Druck der Schiene 16 mit
beispielsweise $9,8 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ entspannt und zur isobaren
Kühlung im Wärmetausch mit anzuwärmendem Dampf über Leitung
8 in den Rekuperator 3 eingeleitet. Die Temperatur des mit
791 K aus der Turbine austretenden Dampfes sinkt im Rekupe-
20 rator 3 auf 653 K. Dieser Dampf besitzt im Vergleich mit
der konventionellen Lösung einen höheren Wärmeinhalt. Die-
ser Wärmeüberschuß wird im dargestellten Ausführungsbeispiel
im Wärmetausch mit Speisewasser für den Verdampfer 1 abge-
führt. Dazu ist der Rekuperator 3 mit einem Wärmetauscher 6
25 verbunden, aus dem der Dampf mit 494 K aus- und in die Nie-
derdruckdampfschiene 16 eintritt. Das Speisewasser wird dem
Wärmetauscher 6 über eine Leitung 14, die von der Leitung
17 für die Kondensatrückführung abzweigt, zugeleitet und
anschließend wieder in Leitung 17 eingespeist. Der Dampf
30 der Niederdruckdampfschiene 16 wird Niederdruck-Prozessdampf-
Verbrauchern 10 zugeführt und kondensiert. Eine der Zahl der
Dampfschienen entsprechende Zahl an Pumpen 12,13 erhöht
den Druck des Kondensates und versorgt den Dampfkessel 1 mit
Speisewasser.

35

1 In der folgenden Tabelle 1 sind Temperatur, Druck, spezifische Enthalpie und spezifische Entropie des Dampfes für das beschriebene Ausführungsbeispiel an den in der Skizze mit Buchstaben a bis f bezeichneten Stellen angegeben.

5

In der Tabelle 2 sind die spezifischen Verbrauchszahlen bzw. Leistungen des dargestellten Verfahrensbeispiels aufgeführt.

10 Wurde bei der konventionellen Lösung Dampf über eine zwischen die Dampfschienen 15 und 16 geschaltete Turbine entspannt, so konnte dieser Turbine pro kg Dampf eine Energie von 266 kJ entnommen werden. Erfindungsgemäß wird der Dampf der Mittel-
15 druckdampfschiene erhitzt. Dazu werden im Erhitzer 4 514 kJ pro kg Dampf übertragen. Im Rekuperator 6 werden davon 345 kJ pro kg rückgewonnen, so daß sich ein Mehrverbrauch von 169 kJ pro kg Dampf ergibt, da die im Rekuperator rückgewonnene Wärme Brennstoffwärme für den Verdampfer 1 ersetzt. Gegenüber der konventionellen Lösung liefert die Turbine
20 pro kg Dampf 169 kJ (ohne Berücksichtigung des Erhitzerwirkungsgrades) mehr Energie. Der Wirkungsgrad des Zusatzverfahrens ist somit 1 bzw. 0,9, wenn der Erhitzerwirkungsgrad, der für den Verdampfer 1 und den Erhitzer 4 gleich sein soll, berücksichtigt wird.

25

30

35

1

Tabelle 1

Pos.	Temperatur K	Druck 10^5 N/m^2	Enthalpie i $10^6 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$	Entropie s $10^3 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$
5				
a	642	39,2	3,14	6,68
b	770	39,2	3,44	7,11
c	993	39,2	3,96	7,68
10				
d	791	9,8	3,52	7,83
e	653	9,8	3,22	7,42
f	494	9,8,	2,87	6,81

15

Tabelle 2

		Verfahrens- Vorschlag	konvent. Verfahren
20	Brennstoffwärme im Erhitzer (netto) $q_B \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$	514	-
	Rückgewonnene Wärme im Rekuperator 6 $q_R \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$	345	-
25	Mehrverbrauch an Wärme $\Delta q = q_B - q_R$ $\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$	169	-
	Leistung der MD-Turbine ($\eta_T = 0,8$) $\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$	432	266
30	Mehrleistung bei Verfahrensvor- schlag $\Delta L \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$	169	-
	Wirkungsgrad des Zusatzverfahrens $\eta = \frac{\Delta L}{\Delta q}$	1 bzw. 0,9 bei Erhitzer = 0,9 +)	

35

+) für HD Dampferzeuger und Erhitzer gleicher Wirkungsgrad.

1

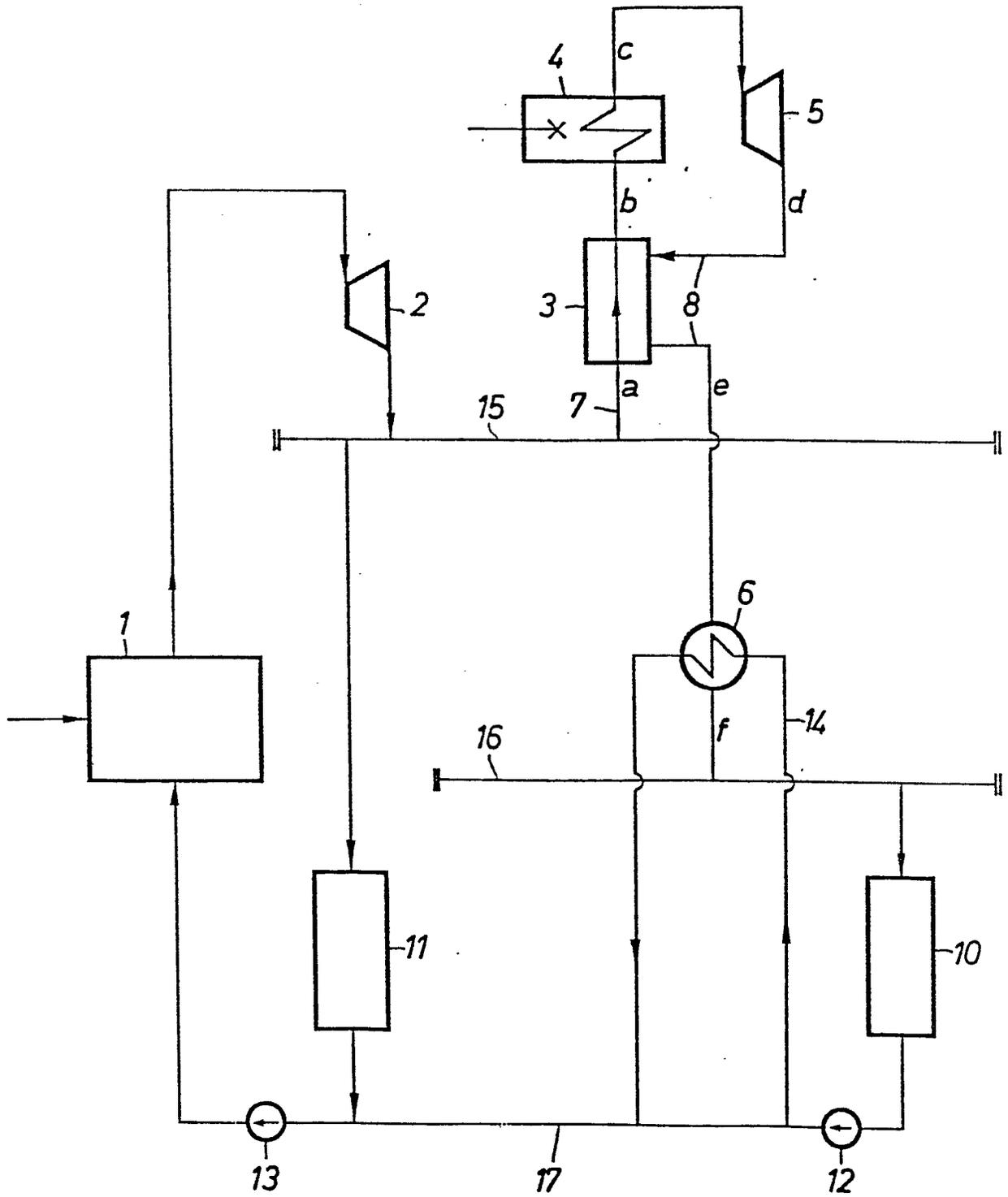
5

10

Patentansprüche

1. Verfahren zur Gewinnung von elektrischer Energie in einem Gegendruckdampfsystem, bei dem Wasserdampf
15 arbeitsleistend entspannt wird, dadurch gekennzeichnet, daß Dampf eines der vorhandenen Druckniveaus vor der arbeitsleistenden Entspannung zunächst durch Wärme-
tausch mit entspanntem Dampf und anschließend mit Fremd-
wärme im wesentlichen isobar erhitzt und nach der Ent-
20 spannung auf eines der vorhandenen tiefer gelegenen Druckniveaus im wesentlichen isobar gekühlt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß
25 der entspannte und isobar gekühlte Dampf durch einen Wärmeabnehmer auf die Temperatur des tiefer gelegenen Druckniveaus gekühlt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß
30 der Wärmeabnehmer das Speisewasser für ein Dampfsystem ist.

35

$\frac{1}{1}$ 



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

0010254
Nummer der Anmeldung
EP 79 10 3882

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE		KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl. 3)
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	betrifft Anspruch
	<p><u>DE - C - 884 802</u> (HINGST)</p> <p>* Seite 2, Zeilen 19-85; Abbildungen 2,3 *</p> <p style="text-align: center;">--</p>	1-3
A	<u>DE - B - 1 004 203</u> (SIEMENS)	1
A	<u>US - A - 1 732 009</u> (GILBERT)	1

		<p>F 01 K 17/02 7/22</p>
		<p>RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl. 3)</p>
		<p>F 01 K</p>
		<p>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE</p>
		<p>X: von besonderer Bedeutung A: technologischer Hintergrund O: nichtschriftliche Offenbarung P: Zwischenliteratur T: der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E: kollidierende Anmeldung D: in der Anmeldung angeführtes Dokument L: aus andern Gründen angeführtes Dokument &: Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument</p>
<p><input checked="" type="checkbox"/> Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.</p>		
<p>Recherchenort</p> <p>Den Haag</p>	<p>Abschlußdatum der Recherche</p> <p>18-01-1980</p>	<p>Prüfer</p> <p>V. GHEEL</p>