



Europäisches  
Patentamt

European  
Patent Office

Office européen  
des brevets

## Urkunde Certificate Certificat

Es wird hiermit bescheinigt, daß für die in der beigefügten Patentschrift beschriebene Erfindung ein europäisches Patent für die in der Patentschrift bezeichneten Vertragsstaaten erteilt worden ist.

It is hereby certified that a European patent has been granted in respect of the invention described in the annexed patent specification for the Contracting States designated in the specification.

Il est certifié qu'un brevet européen a été délivré pour l'invention décrite dans le fascicule de brevet ci-joint, pour les Etats contractants désignés dans le fascicule de brevet.

Europäisches Patent Nr.

European Patent No.

Brevet européen n°

1194723

Patentinhaber

Proprietor of the Patent

Titulaire du brevet

Klett-Ingenieur-GmbH  
Fellbacher Strasse 93  
70736 Fellbach/DE

München, den 04.12.02  
Munich,  
Fait à Munich, le

Ingo Kober

Präsident des Europäischen Patentamts  
President of the European Patent Office  
Président de l'Office européen des brevets

## Beschreibung

Stand der Technik

**[0001]** Die Erfindung geht aus von einer Vorrichtung nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

**[0002]** Ein aus dem Erdinneren strömender Wärme-  
fluß ist zu ca. 80% auf den Zerfall radioaktiver Isotope  
in Gesteinen und zu ca. 20% auf die Ursprungswärme  
bei der Erdentstehung zurückzuführen. Die Temperatur  
von der Erdoberfläche zum Erdinneren nimmt je 1000  
m um ca. 30°C zu. Im Bereich von geothermischen An-  
omalien können größere Temperaturzunahmen auftret-  
en, beispielsweise infolge einer geographischen Nähe  
zu heißen Magmakammern in der Erdkruste (Intrusio-  
nen), Strömungen von Tiefengewässern usw. Derartige  
Gebiete werden insbesondere zur Nutzung der Erdwär-  
me bevorzugt.

**[0003]** Die Erdwärme kann in verschiedenen Stoffen  
gespeichert sein, und zwar grundsätzlich in Wasser-  
dampf, in Wasser und/oder in heißen Gesteinsschich-  
ten.

**[0004]** Gespeicherter Wasserdampf befindet sich  
meist in der Nähe von tätigen Vulkanen und stark zer-  
klüfteten bzw. wasserführenden Grundgesteinen. Der  
Dampf kann zur Erdoberfläche geleitet und - nach einer  
oft notwendigen Separation von mitgerissenem Wasser  
- zur Stromerzeugung genutzt werden. Nutzbare  
Dampfquellen sind jedoch nur in wenigen Gebieten vor-  
handen.

**[0005]** Die in Erdschichten im heißen Wasser gespei-  
cherte Energie wird in der Regel mit einer als Dublette  
bezeichneten Vorrichtung erschlossen. Die Dublette be-  
sitzt eine Förderbohrung, über die das heiße Wasser  
aus den entsprechenden Erdschichten an die Erdober-  
fläche gefördert werden kann. Um zu vermeiden, daß  
der hydrostatische Druck in den Erdschichten mit der  
Zeit absinkt, der Zustrom des heißen Wassers zurück-  
geht und um insbesondere die Wärme des Gesteins  
besser nutzen zu können, wird über eine Injektionsboh-  
rung das abgekühlte Wasser in die entsprechenden  
Erdschichten zurückgeführt. Das Wasser kann von der  
Injektionsbohrung durch das Gestein zur Förderboh-  
rung fließen und wird dabei erwärmt. Das aus den Erd-  
schichten geförderte Wasser wird in der Regel zur  
Raumheizung genutzt.

**[0006]** Zur Erschließung der in heißen Gesteins-  
schichten gespeicherten Energie ist ein sogenanntes  
Hot-Dry-Rock-Verfahren bekannt. Bei diesem Verfah-  
ren wird in einem ersten Verfahrensschritt eine erste  
Tiefenbohrung von ca. 5000 m gebohrt. Über die Tie-  
fenbohrung wird Wasser mit hohem Druck in ca. 5000  
m Tiefe in das Gestein gepreßt, so daß sich Risse im  
Gestein bilden. Mit einer zweiten Tiefenbohrung wird  
in einem Abstand von ca. 500 m der Bereich angebohrt,  
in dem sich die Risse ausgebildet haben. Anschließend  
kann Wasser über eine Tiefenbohrung in das Gestein  
gepumpt, durch die Risse zur zweiten Tiefenbohrung

geleitet und über die zweite Tiefenbohrung erwärmt zur  
Erdoberfläche gefördert werden. Um kostenintensive  
Fehlbohrungen zu vermeiden, sollten die Risse im Ge-  
stein geortet werden. Dies ist in der Tiefe von 5000 m  
besonders schwierig und aufwendig.

**[0007]** Ferner ist eine Vorrichtung mit drei konzen-  
trisch angeordneten Rohren bekannt, und zwar mit ei-  
nem sogenannten äußeren Fallrohr, einem Hüllrohr und  
einem inneren Steigrohr. Kaltes Wasser wird durch das  
Fallrohr nach unten ins Erdinnere gepumpt, erwärmt  
und durch das Steigrohr erwärmt nach oben gefördert.  
Ein Ringspalt mit Luft zwischen dem Steigrohr und dem  
Hüllrohr dient als Isolierung zwischen dem äußeren  
Fallrohr und dem inneren Steigrohr. Die Rohre sind  
nach außen zum Erdreich von einer wasserundurchläs-  
sigen Suspension umgeben, beispielsweise von Beto-  
nit. Ein Stoffaustausch mit dem Erdreich wird vermie-  
den. Der Wirkungsgrad zur Erzeugung von elektrischer  
Energie ist jedoch gering.

**[0008]** Aus der US 4,644,750 ist eine gattungsbilden-  
de Vorrichtung bekannt, bei der mit einer Pumpe ein Ar-  
beitsstoff über ein erstes Rohr in eine Tiefbohrung nach  
unten ins Erdreich und über Kapillare nach oben geför-  
dert wird. Über die Kapillarwirkung wird versucht, die  
Fremdleistung zur Förderung des Arbeitsstoffes von un-  
ten nach oben möglichst gering zu halten.

**[0009]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die  
gattungsgemäße Vorrichtung weiterzuentwickeln und  
insbesondere eine Vorrichtung und ein Verfahren zu  
schaffen, mit denen kostengünstig und technisch ein-  
fach realisierbar ein Kreisprozeß zur Gewinnung von  
Energie geschaffen werden kann, der ohne oder mit  
sehr geringer Fremdleistung aufrechterhalten bleibt. Sie  
wird gemäß der Erfindung durch die Merkmale des An-  
spruchs 1 gelöst. Weitere Ausgestaltungen ergeben  
sich aus den Unteransprüchen.

Vorteile der Erfindung

**[0010]** Die Erfindung geht aus von einer Vorrichtung  
zur Nutzung von Erdwärme mit zumindest einem ersten  
Kanal, durch den ein Arbeitsstoff nach unten ins Erdin-  
nere und mit zumindest einem zweiten Kanal, durch den  
der Arbeitsstoff nach oben, in Richtung Erdoberfläche  
geleitet wird, wobei der erste und der zweite Kanal ein  
zum Erdreich geschlossenes System bilden.

**[0011]** Es wird vorgeschlagen, daß der Arbeitsstoff  
über zumindest einen Drosselbereich nach unten ins Er-  
dinnere geleitet ist und der Drosselbereich den in Strö-  
mungsrichtung vor dem Drosselbereich weitgehend  
flüssigen Arbeitsstoff auf einen Verdampfungsdruck  
drosselt, so daß der Arbeitsstoff nach dem Drosselbe-  
reich weitgehend vollständig verdampfbar ist. Der Ar-  
beitsstoff kann vorteilhaft im flüssigen Zustand nach un-  
ten und im gasförmigen Zustand, mit geringer Dichte  
nach oben geführt werden. Der sich aufbauende Flüs-  
sigkeitsdruck bzw. die auf die Flüssigkeit wirkende  
Schwerkraft kann für eine erforderliche Druckerhöhung

in einem rechtsläufigen Kreisprozeß genutzt werden, wodurch ein besonders hoher Wirkungsgrad, insbesondere bei der Erzeugung elektrischer Energie erreichbar ist. Grundsätzlich kann jedoch zur Erzeugung eines erforderlichen Drucks vor dem Drosselbereich auch eine Pumpe verwendet werden, die unterstützend zur Flüssigkeitssäule wirkt oder allein den erforderlichen Druck erzeugt.

**[0012]** Wird der Arbeitsstoff nach dem Drosselbereich weitgehend, vorteilhaft vollständig verdampft, so strömt dieser nach oben zur Erdoberfläche. Während des Betriebs der Vorrichtung kann das Einbringen einer Fremdleistung, insbesondere einer Pumpenleistung, vermieden und damit der Wirkungsgrad gesteigert werden. Im zweiten Kanal stellt sich in der Gassäule von unten nach oben ein geringer Druckabfall ein. An der Erdoberfläche besitzt der dampfförmige Arbeitsstoff einen weit höheren Druck als in einem Ausgangszustand des Prozesses, der besonders vorteilhaft zur Erzeugung elektrischer Energie genutzt werden kann. Der Drosselbereich kann von einer oder vorteilhaft von mehreren Drosselstellen gebildet sein, die in Strömungsrichtung mit jeweils einem Abstand zueinander angeordnet sind. Mit mehreren Drosselstellen kann ein besonders hoher Druck im oberen Bereich des zweiten Kanals erreicht werden.

**[0013]** In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung wird vorgeschlagen, daß in Strömungsrichtung nach dem zweiten Kanal ein Verdichter angeordnet ist, über den der Arbeitsstoff vor dem Drosselbereich komprimierbar ist. Der Drosselbereich kann besonders vorteilhaft im oberen Bereich des ersten Kanals angeordnet werden und es kann vorteilhaft über den gesamten ersten Kanal eine große Temperaturdifferenz zwischen dem Arbeitsstoff und dem Erdinneren und dadurch ein guter Wärmeübergang vom Erdinneren auf den Arbeitsstoff erreicht werden. Die vom Erdinneren zugeführte Energie kann vorteilhaft bei weitgehend konstanter Verdampfungstemperatur des Arbeitsstoffes zur Verdampfung genutzt werden. Im zweiten Kanal besitzt der Arbeitsstoff weitgehend die gleiche Temperatur wie im ersten Kanal, wodurch eine Isolierung zwischen den Kanälen eingespart werden kann. Zur Gewinnung einer großen Wärmemenge kann bereits eine geringe Bohrtiefe ausreichen.

**[0014]** Der Drosselbereich kann grundsätzlich von einer oder mehreren, dem Fachmann als geeignet erscheinenden Drosselstellen gebildet sein. Besonders vorteilhaft wird jedoch zumindest eine Drosselstelle von wenigstens einem Rohr gebildet. Es kann bei einer ausreichenden Drosselwirkung eine relativ geringe Strömungsgeschwindigkeit durch die Drosselstelle und damit ein geringer Verschleiß und eine hohe Lebensdauer erreicht werden.

**[0015]** In einer Ausgestaltung der Erfindung wird vorgeschlagen, daß der erste und der zweite Kanal zu einem geschlossenen System verbunden, d.h. nicht nur unterhalb der Erdoberfläche, sondern auch oberhalb

der Erdoberfläche geschlossen verbunden sind. Ein Austritt des Arbeitsstoffs aus dem System kann vermieden und es kann vorteilhaft ein Arbeitsstoff verwendet werden, mit dem bei möglichst geringen Kosten ein besonders hoher Wirkungsgrad erreichbar ist.

**[0016]** Besitzt der Arbeitsstoff eine niedrigere Siedetemperatur als Wasser, kann im Vergleich zu wasserbetriebenen Vorrichtungen der Arbeitsstoff bereits bei geringeren Tiefen bzw. geringeren Temperaturen zum Verdampfen gebracht werden, wodurch insbesondere Bohrkosten eingespart werden können. Als Arbeitsstoff eignen sich vorteilhaft gebräuchliche Kältemittel, wie insbesondere Ammoniak.

**[0017]** Um im ersten Kanal die Strömungsgeschwindigkeit zu reduzieren und die Oberfläche zu vergrößern und dadurch den Wärmeübergang auf den Arbeitsstoff zu verbessern, ist vorteilhaft im ersten Kanal zumindest nach dem Drosselbereich wenigstens ein den Arbeitsstoff umlenkendes Element eingebracht. In den ersten Kanal können vorteilhaft Füllkörper eingebracht werden, die den Arbeitsstoff umlenken. In einer weiteren Ausgestaltung wird vorgeschlagen, daß anstatt Füllkörper zumindest eine spiralförmig nach unten verlaufende Bahn eingebracht ist, über die der Arbeitsstoff an die Außenwand des ersten Kanals geleitet ist, wodurch eine vorteilhafte Filmverdampfung an der Außenwand des ersten Kanals erreicht werden kann. Die Bahn kann aus verschiedenen Materialien hergestellt sein, beispielsweise kann die Bahn von einem Blechteil gebildet oder kann auch einstückig mit einer Kanalwand ausgebildet sein. Die Bahn besitzt vorzugsweise keine abdichtende Funktion im Kanal.

**[0018]** In einer Ausgestaltung der Erfindung sind der erste und der zweite Kanal in einer stoffdicht ausgekleideten Tiefenbohrung angeordnet und der Arbeitsstoff wird im radial äußeren Bereich innerhalb der Tiefenbohrung nach unten und im radial inneren Bereich der Tiefenbohrung durch ein Innenrohr nach oben geleitet. Zusätzliche Tiefenbohrungen und damit verbundene Kosten können eingespart werden. Ferner können die Kanäle besonders einfach und kostengünstig unter der Erdoberfläche geschlossen miteinander verbunden werden. Grundsätzlich kann der Arbeitsstoff jedoch auch über eine oder mehrere Tiefenbohrungen nach unten und über eine oder mehrere, davon getrennte Tiefenbohrungen nach oben geleitet werden.

# Anlagenschema

