



**EUROPA-PARLAMENTET
EUROPÄISCHES PARLAMENT
EUROPEAN PARLIAMENT
PARLEMENT EUROPEEN
PARLAMENTO EUROPEO
EUROPEES PARLEMENT**

Generalsekretariatet
Generalsekretariat
Secretariat
Secrétariat Général
Segretariato Generale
Secretariaat Generaal

Generaldirektoratet for Forskning og Dokumentation
Generaldirektion Wissenschaft und Dokumentation
Directorate General for Research and Documentation
Direction Générale de la Recherche et de la Documentation
Direzione Generale della Ricerca e della Documentazione
Directoraat-generaal Onderzoek en Documentatie

**UNDERSØGELSER OG DOKUMENTATION
SAMMLUNG WISSENSCHAFT UND DOKUMENTATION
RESEARCH AND DOCUMENTATION PAPERS
DOSSIERS DE RECHERCHE ET DOCUMENTATION
DOSSIERS DI RICERCA E DOCUMENTAZIONE
DOSSIERS ONDERZOEK EN DOCUMENTATIE**

Serie energi og forskning nr.
Reihe Energie und Forschung Nr.
Energy and Research Series No
Série énergie et recherche n^o
Serie energia e ricerca n.
Reeks Energie en Onderzoek nr.

3

Perspektiverne for fremtidig anvendelse af geotermisk energi i Det europæiske Fællesskabs medlemsstater

Die Zukunftsaussichten für die Nutzung geothermischer Energie in den Mitgliedstaaten der Europäischen Gemeinschaft

The future perspectives for the use of geothermal energy in the Member States of the European Community

Les perspectives d'utilisation de l'énergie géothermique dans les pays membres de la Communauté européenne

Le prospettive di utilizzazione dell'energia geotermica negli Stati membri della Comunità europea

De vooruitzichten voor het gebruik van geothermische energie in de lid-staten van de Europese Gemeenschap

januar
Januar
January

1979

janvier
gennaio
januari

Diese von der Generaldirektion Wissenschaft und Dokumentation erstellte Studie ist nicht als offizielle Stellungnahme des Europäischen Parlaments anzusehen.

Det vedlagte studie udgives kun på tysk. Imidlertid vil Sekretariatet søge så vidt muligt at imødekomme anmodninger fra medlemmer, som måtte være interesserede i at modtage supplerende oplysninger, herunder et udførligt referat eller i særlige tilfælde en oversættelse af teksten til deres eget sprog.

Die beiliegende Studie wird nur in deutsch veröffentlicht. Das Sekretariat wird sich jedoch im Rahmen des Möglichen darum bemühen, den Anforderungen von Parlamentsmitgliedern um ergänzende Informationen nachzukommen. Dies kann unter Umständen in Form einer ausführlicheren Zusammenfassung oder - in Ausnahmefällen - in einer Übersetzung in die Muttersprache des Mitglieds geschehen.

The attached study is only published in German. However, the Secretariat will try to satisfy, if possible, requests of Members who would be interested in receiving supplementary information, including possibly a more extended summary or, in exceptional cases, a translation in their own language of the text.

L'étude ci-jointe est uniquement disponible en langue allemande. Le Secrétariat essaiera toutefois de satisfaire dans toute la mesure du possible les demandes des membres qui seraient désireux de recevoir des informations supplémentaires, comprenant éventuellement une note de synthèse plus détaillée, voire, exceptionnellement, une traduction du texte dans leur propre langue.

Lo studio allegato è solo disponibile in tedesco. Il Segretariato cercherà comunque, se possibile e se gli onorevoli membri lo richiedono, di fornire maggiori informazioni e eventualmente anche un più ampio riassunto. Solo in casi eccezionali si potrà esaminare la possibilità di una traduzione integrale del testo del documento.

Bijgaande studie is slechts beschikbaar in het Duits. Het Secretariaat zal evenwel, voor zover dat mogelijk is, de leden die zulks wensen, uitvoeriger inlichtingen doen toekomen. Eventueel kan een meer gedetailleerde samenvatting worden gegeven, of in uitzonderlijke gevallen een vertaling van de tekst.

Resumé

Der gives indledningsvis en beskrivelse af de forskellige former for geotermisk energi og disses anvendelsesmuligheder.

Hovedvægten er lagt på en omtale af den nuværende situation vedrørende forskning inden for området geotermisk energi i de enkelte fællesskabslande og den faktiske udnyttelse af denne energikilde, hvor en sådan allerede finder sted. Endelig omtales de tekniske og finansielle problemer, som knytter sig til anvendelsen af geotermisk energi.

Det konkluderes, at geotermisk energi formodentlig aldrig vil komme til at spille nogen større rolle i Fællesskabets energiforsyning. De steder, hvor denne energikilde er tilgængelig, bør man imidlertid gøre alt for at udnytte den, idet den både hvad angår forsyningssikkerhed og økonomi er praktisk taget alle andre energiformer overlegen.

Zusammenfassung

Einleitend werden die verschiedenen Formen der geothermischen Energie und ihre Anwendungsmöglichkeiten beschrieben.

Im Mittelpunkt steht eine Schilderung der derzeitigen Lage der Forschung im Bereich der geothermischen Energie in den einzelnen Mitgliedsländern der Gemeinschaft sowie eine Darstellung der mancherorts bereits angelaufenen praktischen Nutzung dieser Energiequelle. Schließlich werden die technischen und finanziellen Probleme angesprochen, die sich bei der Anwendung der geothermischen Energie ergeben.

Es wird die Schlußfolgerung gezogen, daß die geothermische Energie bei der Energieversorgung der Gemeinschaft vermutlich nie eine größere Rolle spielen wird. Man sollte jedoch dort, wo diese Energiequelle vorhanden ist, alles zu ihrer Nutzung tun, da diese Energieform in bezug auf Versorgungssicherheit und Wirtschaftlichkeit praktisch allen anderen Energieträgern überlegen ist.

Summary

By way of introduction the document describes the different forms of geothermal energy and the possibilities of harnessing it.

It is primarily concerned with discussing the present state of geothermal energy research in the individual Member States and the use of this energy source where this is actually taking place. Finally, it considers the technical and financial problems involved in the use of geothermal energy.

The document concludes that geothermal energy will probably never be able to make a large contribution to the Community's energy supplies. However, where it is available, the fullest possible use should be made of this energy source since, from the point of view of both security and economy of supply, it is in practice superior to all other forms of energy.

Résumé

Le texte commence par une analyse des différentes formes d'énergie géothermique et de ses possibilités d'utilisation.

Il traite principalement de la situation actuelle en matière de recherche dans le secteur de l'énergie géothermique dans les différents Etats membres, et de l'utilisation pratique de cette source d'énergie, pour autant qu'elle soit déjà effectivement utilisée. Enfin, il aborde les problèmes techniques et financiers inhérents à l'utilisation de l'énergie géothermique.

La conclusion en est que l'énergie géothermique ne pourra vraisemblablement jamais jouer un rôle considérable dans l'approvisionnement en énergie de la Communauté. Cependant, dans les régions où cette source d'énergie est disponible, il faut faire tout ce qui est possible pour l'utiliser, car pratiquement, elle est plus intéressante que toutes les autres formes d'énergie, tant du point de vue de la sécurité de l'approvisionnement que du point de vue économique.

Compendio

A titolo di introduzione viene fatta una descrizione delle varie forme di energia geotermica e delle loro possibilità di impiego.

L'accento è posto su una descrizione della situazione attuale per quanto concerne la ricerca nel settore dell'energia geotermica nei singoli paesi membri e l'effettivo impiego di tale fonte energetica nei casi in cui essa già ha luogo. Vengono infine menzionati i problemi di carattere tecnico e finanziario collegati all'impiego di energia geotermica.

Si conclude che l'energia geotermica presumibilmente non perverrà mai ad avere un ruolo di un certo rilievo nell'approvvigionamento energetico della Comunità. Nelle zone che hanno accesso a questa fonte energetica deve peraltro esser fatto di tutto per poterla utilizzare, in quanto essa, per quanto concerne sia la sicurezza dell'approvvigionamento che la redditività, è praticamente superiore a tutte le altre forme di energia.

Samenvatting

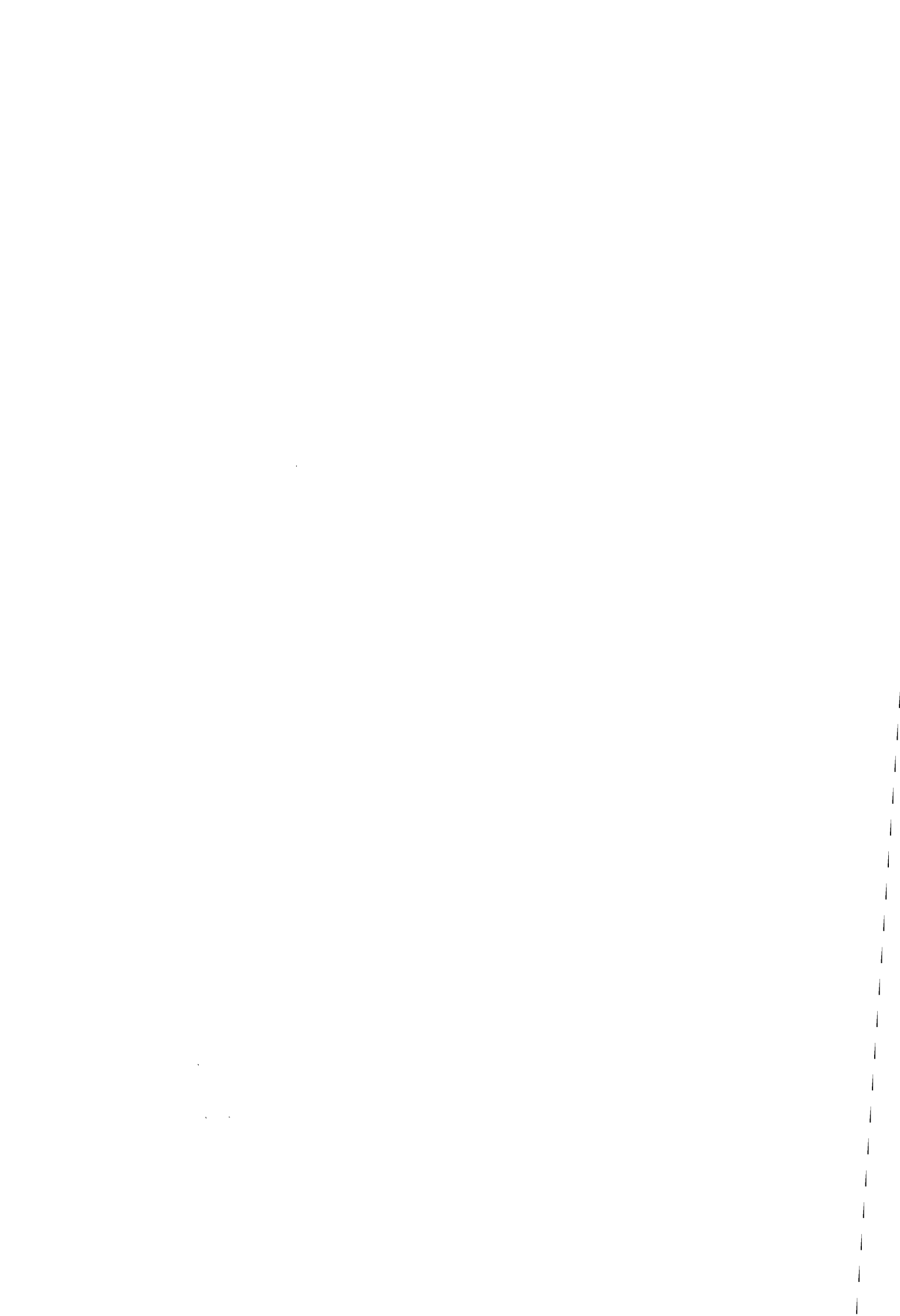
Ter inleiding worden de uiteenlopende vormen van geothermische energie, alsmede de toepassingsmogelijkheden hiervan beschreven.

De meeste nadruk is gelegd op een overzicht van de huidige stand van het onderzoek op het gebied van geothermische energie in de verschillende lidstaten en de toepassing van deze energiebron op dit moment in de praktijk. Tot slot volgt een bespreking van de technische en financiële aspecten van de toepassing van geothermische energie.

De conclusie luidt dat geothermische energie vermoedelijk nooit een grote rol in de energievoorziening van de Gemeenschap zal spelen. Waar deze energiebron echter toegankelijk is, dient men alles in het werk te stellen om deze energie te benutten, aangezien deze bron van energie zowel wat de veiligheid van de voorziening als het economisch rendement betreft, feitelijk door geen enkele andere vorm van energie wordt overtroffen.

I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

	<u>Seite</u>
I Geothermische Energie: Vorkommen und Hauptformen	1
A Vorkommen	1
B Hauptformen	2
II Stand der Nutzung geothermischer Energie in den Mitgliedstaaten der Gemeinschaft	4
Belgien	4
Bundesrepublik Deutschland	5
Dänemark	8
Frankreich	10
1 Geothermische Energievorkommen	10
2 Gegenwärtige Nutzung geothermischer Energie	15
3 Forschung und Entwicklung	17
Irland	17
Italien	18
1 Bekannte Erdwärmevorkommen in Italien	18
2 Gegenwärtige Nutzung der geothermischen Energie	18
3 Bergarbeiten zur Nutzung der geothermischen Energie	18
4 Pilotprojekte zur geothermischen Energiegewinnung	22
Luxemburg	24
Die Niederlande	24
Das vereinigte Königreich	25
III Technische und finanzielle Probleme im Zusammenhang mit der Nutzung geothermischer Energie	26
A Technische Daten	27
B Wirtschaftliche Aspekte	29
IV Schlussfolgerungen	32



I Geothermische Energie: Vorkommen und Hauptformen

A. Vorkommen

Überall auf der Welt finden sich im Erdinneren beträchtliche Mengen Wärmeenergie. Diese geothermische Energie ist das Ergebnis einer Millionen Jahre dauernden Wärmeerzeugung im Erdinneren. Diese Wärme wird insbesondere durch Verfall radioaktiver Stoffe erzeugt, die sich in geringen Mengen in allen in der Erde vorkommenden Stoffen finden. Nur die obersten Erdschichten werden von der Sonne erwärmt; bei der Erschließung von Erdwärme aus diesen Schichten handelt es sich in der Regel um die Nutzung akkumulierter Sonnenwärme. Hier soll die Energie behandelt werden, die im Erdinneren produziert worden ist und zum Teil noch produziert wird.

Obwohl diese Energie in großen Mengen vorhanden ist, ist sie doch nicht überall leicht zugänglich und mit einem Kostenaufwand gleicher Größenordnung wie bei traditionellen Energiequellen nutzbar. Weltweit gesehen trägt deshalb die geothermische Energie zum gesamten Energiehaushalt nur geringfügig bei. Die klassischen geothermischen Gebiete wie etwa die Italiens, Kaliforniens, Islands, Japans und Neuseelands liegen ausnahmslos innerhalb oder in der Nähe geologisch aktiver Gebiete, die weltweit einige bekannte Zonen bilden, in denen relativ häufig Erdbeben vorkommen und durch vulkanische Tätigkeit sehr heiße Gesteinsschmelzflüsse (oft mit Temperaturen von ca. $1\ 000^{\circ}\text{C}$) aus beträchtlichen Tiefen in die Nähe der Erdoberfläche gelangen. Hier kann der Temperaturanstieg mit zunehmender Tiefe - der sog. geothermische Gradient - bei etwa $100^{\circ}\text{C}/\text{km}$ oder mehr liegen, und schon in verhältnismäßig geringer Tiefe findet sich leicht zugängliche Wärmeenergie.

Außerhalb der geologisch aktiven Bereiche steigt die Temperatur mit zunehmender Tiefe im allgemeinen zwischen 15 und $40^{\circ}\text{C}/\text{km}$.

Der geothermische Gradient richtet sich nach der Wärmeerzeugung in der Erde, insbesondere in ihren äußeren Schichten, und dem damit zusammenhängenden natürlichen Wärmefluß aus größeren Tiefen zur Oberfläche sowie nach der Wärmeleitfähigkeit des vorhandenen geologischen Materials. Die höchsten geothermischen Gradienten entstehen durch einen großen Wärmefluß bei gleichzeitigen niedrigen Wärmeleitwerten.

B. Hauptformen

Es wird hier zwischen den folgenden Hauptformen für geothermische Energie unterschieden.

Trockendampf hoher Temperatur

Das Vorkommen kann sich zwischen 100 und einigen 1 000 Metern unter der Erdoberfläche befinden; die Temperatur des Trockendampfes schwankt zwischen 200 und 350° C.

Das erste dieser geothermischen Felder, das 1904 in Lardello (Italien) entdeckt wurde, wird noch ausgebeutet; es verfügt über eine Kapazität von 380 MW. Ein weiteres ähnliches Geothermalfeld liefert in Matsukawa, Japan, 20 MW. In den USA liegt die Förderung in den geothermischen Vorkommen der Geysire in der Nähe von San Francisco bei 110 MW, wobei die Produktion um rund 900 MW jährlich ausgebaut wird.

Diese drei geothermischen Felder sind die einzigen drei gutentwickelten Trockendampfvorkommen, die eine nennenswerte Strommenge erzeugen. Diese nicht sehr verbreiteten Trockendampfvorkommen haben einen hohen wirtschaftlichen Wert und können sich mit jeder anderen Form der Stromerzeugung messen.

Naßdampf und Heißwasser mittlerer Temperatur

Diese geothermischen Vorkommen liegen zwischen 1 500 und 2 000 Metern Tiefe; sie bestehen aus niedrig- oder hochtemperaturigem Wasser (von 200° C bis maximal 350° C) oder aus einem Gemenge von Wasser und Dampf.

Niedrigtemperaturiges Wasser (zwischen 60 und 120° C) läßt sich in Tiefen zwischen 1 500 und 2 000 m finden. In Frankreich, Ungarn, der UdSSK und Island wird es direkt zur Heizung von Wohnungen genutzt. Ein entscheidender Nachteil ist jedoch seine niedrige Temperatur, da sich Wärmeenergie nur unter enormem Kostenaufwand über Entfernungen von mehr als 5 - 6 km vom Erdwärme liefernden Ort transportieren läßt.

Vorkommen mit hochtemperaturigem Wasser (200 - 350° C) oder heißem Wasserdampf können zur Gewinnung von elektrischer Energie genutzt werden. Gegenwärtig arbeiten in Neuseeland und Mexiko einige Anlagen, jedoch mit geringer Leistungsfähigkeit und unter hohen Kosten. Leider ist das hochtemperaturige Wasser oft ein Gemisch mit einem bis zu 30%igen Salzanteil. Soll es zur Elektrizitätserzeugung benutzt werden, wirft dies erste Korrosions-, Umwelt- und - was die anfallenden Salze betrifft - Weiterverwendungsprobleme auf. Dafür gibt es bisher im wesentlichen zwei Lösungsvorschläge: So können entweder die Salzrückstände von der chemischen Industrie weiterverarbeitet werden, oder aber, und dies wäre die zweite Lösung, es liesse sich das salzhaltige dampfgemisch über Wärmeaustauscher direkt zur Erzeugung von elektrischer Energie benutzen, um dann über Bohrlöcher wieder in die Tiefe verbracht zu werden, damit langfristig gesehen keine Entsorgungsprobleme auftreten.

Trockenheißes Felsgestein (Hot dry rocks)

Hier handelt es sich wahrscheinlich um die am weitesten verbreiteten Erdwärmenvorkommen der Welt und um die reichsten Energiequellen, die uns zur Verfügung stehen. Da das Gestein wasserundurchlässig ist, kann das mit ihm in Berührung kommende Meteorwasser nicht erhitzt werden. Dies macht es erforderlich, das Gestein durch Sprengung künstlich wasserundurchlässig zu machen und kaltes Wasser in die Tiefe zu pumpen, um es dann als warmes Wasser für die Erzeugung von elektrischer Energie wiederzugewinnen.

Schließlich muß darauf hingewiesen werden, daß dieses Verfahren einer künstlichen Frakturierung heißer Tiefengesteine (in etwa 3 000-3 500 m Tiefe) insbesondere in Gebieten mit hohem Erdbebenrisiko zu schweren tektonischen Störungen führen kann.

II Stand der Nutzung geothermischer Energie in den Mitgliedstaaten der Gemeinschaft (1)

Im folgenden sollen für jeden einzelnen Mitgliedstaat der Umfang der bekannten geothermischen Energiequellen, die Forschungen zu ihrer Nutzung und eventuell vorhandene Produktionsanlagen angegeben werden.

BELGIEN

Mit Sicherheit ist die Existenz von zwei geothermischen Energiequellen bekannt, eine in den kohlehöffigen Kalksteinschichten bei Campine, die andere in der Mons-Senke. Dazu folgende Angaben:

Campine-Turnhot:

Tiefe:	2 200-2 300 m
Temperatur in situ:	102 ^o C
Kapazität:	200-300 m ³ /h
Chemische Zusammensetzung des Grundwassers:	gesättigte Salzlösung 125 g Salz/l

Borinage St.:

Tiefe:	2 400-2 500 m
Temperatur in situ:	75 ^o C
Kapazität:	100 m ³ /h
Chemische Zusammensetzung des Grundwassers:	2 g Salz/l

Diese geothermischen Energiequellen werden bisher noch nicht genutzt.

Eigentliche Forschungsarbeiten zur Nutzung von Erdwärme werden derzeit in Belgien nicht durchgeführt, wohl aber Grundlagenforschungen über die Möglichkeiten zur Nutzung von Erdwärme zur Beheizung von Treibhäusern im Gebiet Campine.

(1) Falls nicht anders angegeben, sind die Daten in diesem Abschnitt den Antworten auf eine im Januar 1978 durchgeführte Rundfrage bei den zuständigen Ministerien der einzelnen Mitgliedstaaten entnommen.

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

Es steht noch nicht eindeutig fest, ob es in Deutschland geothermische Energiequellen gibt, deren Nutzung rentabel wäre. Man vermutet das Vorkommen derartiger Energiequellen in der Eifel, bei Urach und Landau; in diesen Gebieten laufen derzeit entsprechende Untersuchungen.

Am 31.12.1977 gab es insgesamt 17 verschiedene - abgeschlossene oder laufende - Forschungsvorhaben zur Nutzung geothermischer Energie in der Bundesrepublik. Es handelte sich um folgende Forschungsvorhaben:

	<u>Forschungsstelle</u>	<u>Projekt</u>	<u>Laufzeit</u>
1	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) 3000 Hannover 23	Entwicklung von Technologien für die Entnahme von Energie aus Hot Dry Rock, Mitarbeit eines deutschen Fachmannes der BGR in Los Alamos	1975
2	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) 3000 Hannover 51	Erkundung des Temperaturfeldes in der Eifel mit Hilfe einer Forschungsbohrung	1975-77
3	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) 3000 Hannover 51	Erzeugung eines ausgedehnten Risses im niedrigerpermeablen Untergrund in ca. 300 m Tiefe. Ortung sowie Ermittlung der hydraulischen und thermischen Eigenschaften des Risses. Übertragung der Ergebnisse auf die Bedingungen in mehreren tausend Meter Tiefe.	1977-79

	<u>Forschungsstelle</u>	<u>Projekt</u>	<u>Laufzeit</u>
4	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (GBR) 3000 Hannover 51	Studie über die Nutzung geothermischer Energie für Heizzwecke in der Bundesrepublik Deutschland	1974
5	Kavernen Bau- und Betriebs-GmbH 3000 Hannover	Gewinnung geothermischer Energie: Theoretische Überlegungen und Bau einer Pilotanlage zur wirtschaftlichen und umweltfreundlichen Energiegewinnung aus heißen trockenen Gesteinen (Hot Dry Rock; Los Alamos)	1976
6	Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung 3000 Hannover	Kompilation von Temperaturdaten zu einem Temperaturatlas	1976-77
7	Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung 3000 Hannover	Erkundung des Temperaturfeldes bis in größere Tiefen im Bereich von Urach sowie Erprobung geophysikalischer und geochemischer Methoden	1976-79
8	Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung 3000 Hannover 51	Studien zur Hot Dry Rock-Technologie	1977
9	Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung 3000 Hannover	Geophysikalische Untersuchungen im Baselement der Forschungsbohrung Urach	1977-79

	<u>Forschungsstelle</u>	<u>Projekt</u>	<u>Laufzeit</u>
10	Prakla-Seismos GmbH 3000 Hannover	Anwendungsmöglichkeiten geophysikalischer Unter- suchungsverfahren bei Vor- haben der Energiegewinnung aus heissen trockenen Gesteinen (Los Alamos)	1976
11	Preussag AG 3000 Hannover	Mitwirkung eines Preussag- Mitarbeiters beim FE- Vorhaben Gewinnung geo- thermischer Energie in Los Alamos (USA)	1975
12	Stadt Urach 7417 Urach	Gewinnung von Erdwärme aus dem Kristallin	1976-79
13	TU Braunschweig 3300 Braunschweig Inst. für Geophysik und Meteorologie der TU Braunschweig 3300 Braunschweig	Mitwirkung an dem Projekt Gewinnung geothermischer Energie aus Hot Dry Rocks in Los Alamos	1976
14	TU Braunschweig 3300 Braunschweig Inst. für Geophysik und Meteorologie der TU Braunschweig 3300 Braunschweig	Entwicklung und Erprobung geophysikalischer Explora- tionsmethoden zur Bestimmung der Temperaturverteilung in größeren Tiefen (Phase 1). Phase 2: Erkundung des Temperaturfeldes bis in größere Tiefen im Bereich der Eifel oder des Rhein- grabens	1976-79
15	Universität Bochum 4630 Bochum Inst. für Geophysik der Universität Bochum 4630 Bochum	Teilnahme an Hydraulic- Fracturing Messungen im Hot Dry Rock Projekt in Los Alamos	1976

	<u>Forschungsstelle</u>	<u>Projekt</u>	<u>Laufzeit</u>
16	Universität Bochum 4630 Bochum 1 Inst. für Mineralogie der Uni Bochum 4630 Bochum 1	Form, Volumen und Magmainhalt der ca. 10 000 Jahre alten Magmakammer des Laacher Vulkans (Eifel). Der aus diesen Daten er- rechnete Wärmeinhalt der Magmakammer de- finiert ihr geother- misches Potential	1977-78
17	Universität Göttingen 3400 Göttingen Inst. für Geophysik der Uni Göttingen 3400 Göttingen	Erdmagnetische und magnetotellurische Sondierungen im Gebiet des mittel- europäischen Rift- systems, insbesondere Rheingraben, im Hin- blick auf geothermische Energiequellen	1976-79

DÄNEMARK

1976 forderte das dänische Handelsministerium eine Untersuchung der geologischen Voraussetzungen für die eventuelle Gewinnung geothermischer Energie aus dem Erdinneren in Dänemark an. U.a. auf Grund dieser Untersuchung erarbeitete eine vom Handelsministerium eingesetzte Arbeitsgruppe einen Bericht über "Nutzung geothermischer Energie in Dänemark", der im Februar 1977 veröffentlicht wurde.

In Fortsetzung dieses Berichts wurde inzwischen ein Forschungsvorhaben mit dem Ziel einer regionalen Untersuchung der Möglichkeiten zur Nutzung geothermischer Energie eingeleitet, und obwohl dieses Vorhaben, das vom Geophysikalischen Labor der Universität Århus in Zusammenarbeit mit der Dänischen Geologischen Forschungsgesellschaft durchgeführt wird, noch nicht abgeschlossen ist, steht doch schon jetzt mit einiger Sicherheit fest, daß an mehreren Stellen in Dänemark aus Erdwärme Energie gewonnen werden kann. Es handelt sich um drei Gebiete in Nordjütland, nämlich Års, Salling und Skive; dort ist ein ausreichend hoher geothermischer Gradient vorhanden; gleichzeitig gibt es potentielle Energieabnehmer in unmittelbarer Nähe der Vorkommen. Auch an anderen Stellen in Jütland sind hohe Gradienten

festgestellt worden; in diesen Fällen besteht das Problem jedoch darin, daß sich in unmittelbarer Nähe keine geeigneten Abnehmer finden, also solche vom Typ Fernheizwerke in mittelgroßen städtischen Ballungszentren. Da sich die Forschung zunächst auf die Gebiete in Nordjütland konzentriert, ist nicht auszuschließen, daß später auch in anderen Teilen Dänemarks zur Energiegewinnung geeignete Temperaturfelder gefunden werden.

FRANKREICH (1)

1. Geothermische Energievorkommen

Die geothermischen Energievorkommen in Frankreich bestehen aus den mitunter sehr tief liegenden wasserspeichernden Schichten - im wesentlichen den Sedimentbecken und den tektonischen Gräben - sowie aus den zahlreichen Heißwasserquellen.

In den beiden großen französischen Sedimentbecken wurden 1976 und 1977 eingehende Untersuchungen durchgeführt (2), die zum einen den Zweck verfolgten, für staatliche Stellen oder etwaige sonstige Interessenten die Gebiete zu ermitteln, wo eine Nutzung geothermischer Energie in Betracht kommt und mit deren Hilfe zum andern eine möglichst umfassende Datensammlung zusammengetragen werden sollte, auf deren Grundlage praktische Durchführungsstudien eingeleitet werden könnten. Diese Arbeiten sollen im Elsässischen Graben fortgesetzt werden, wofür bereits 1974 ein kurzer Forschungskatalog erstellt worden ist. Anschließend sollen die Ergebnisse für jede dieser drei Regionen und für jede wasserspeichernde Schicht unter Verwendung der gebräuchlichen stratigrafischen Bezeichnungen dargelegt werden.

Die weiteren Becken oder Gräben - von weitaus geringerer Dimension - sind die Limagne, die Bresse, das Rhônetal, die Provence und das Roussillon. In diesen Regionen sind Einzelheiten der tieferen geologischen Formationen kaum bekannt, und der komplexe tektonische Aufbau verhindert einen umfassenden Überblick. Es können also keine Karten über mögliche Vorkommen wie bei den großen Sedimentbecken erstellt werden, und die Planung geothermischer Maßnahmen kann in diesen Gebieten allenfalls nach gezielten Untersuchungen in Betracht kommen.

Außer in diesen Becken finden sich Heißwasservorkommen auch in den Sedimentgesteinen der Faltengebirge, worauf Thermalquellen und Wassereintrüche bei Tiefbohrungen lediglich hinweisen; diese Vorkommen können jedoch nur von Fall zu Fall und normalerweise nur nach gezielten Untersuchungen geortet werden. In den älteren Massiven handelt es sich bei Thermalquellen fast ausschließlich um aufsteigende Quellen aufgrund tektonischer Störungen; hier kann eigentlich nicht von "Sammelbecken" gesprochen werden, und die Arbeiten bestehen lediglich in einem verbesserten Fassen der Quellen zur Erhöhung der Schüttung; gewisse Bruchzonen können jedoch ausgezeichnete Wasserspeicher darstellen. In den beiden genannten Fällen ist die Anwendung der Geothermik lediglich in unmittelbarer Nähe der bestehenden Fundstellen denkbar, die natürlich sein können oder auf die man bei Probebohrungen stieß. Ferner läßt die erzielbare Schüttung normalerweise keine ähnlich umfangreiche Nutzung wie bei dem Sedimentbecken zu.

In Gegenden mit jüngerer vulkanischer Tätigkeit sind vereinzelt Magmakammern in geringer Tiefe zu finden, die dann eine Wärmequelle bilden, welche auf ein vorhandenes Wasserspeichersystem einwirken kann. Es müssen erst noch geologische, geochemische und geophysikalische Forschungen zur Bestimmung von Heißwasserspeichern sowie der spezifischen Lagerungsverhältnisse abgeschlossen werden, bevor Probebohrungen durchgeführt werden können. Solche Forschungen laufen derzeit im Zentralmassiv, auf der Insel Réunion und auf den Antillen, wo auch bereits mit einem Bohrfeld experimentiert wird.

(1) Die Ausführungen in diesem Abschnitt sind der Dokumentation "La géothermie en France", herausgegeben vom Ministère de l'industrie, du commerce et de l'artisanat, 1978, entnommen.

(2) Étude DGRST: Potentiel géothermique du Bassin parisien (Geothermisches Potential im Pariser Becken) (BRGM, ELF AQUITAINE, 1976)

Étude DGRST: Potentiel géothermique du Bassin aquitain (Geothermisches Potential im Aquitanischen Becken) (BRGM, SNEA, Februar 1978)

a) Das Pariser Becken

In diesem weiten Sedimentbecken sind die geologischen Schichten ziemlich regelmäßig angeordnet, und zwar in einer Art Stufenbecken, dessen tiefste Zone unter der Brie liegt. Die wasserführenden Schichten bilden größere und voneinander unabhängige Einheiten, die einzeln dargestellt werden können.

Der geothermische Gradient weist erhebliche Schwankungen auf: während er zwischen Marne und Seine weniger als 3°C pro 100 m beträgt, erreicht er rechts des Cher 5°C pro 100 m.

Der Abfluß aus den tieferen wasserführenden Horizonten geht äußerst langsam vor sich, der Wasseraustausch ist nur sehr gering. Daher ist das Wasser ab Tiefen von etwa 1000 m sehr salzhaltig. Aus diesem Grunde ist das Wiedereinpresse des Wassers in das angezapfte Vorkommen erforderlich, zum einen, um den hydrostatischen Druck in gleicher Höhe zu halten - und somit auch die Schüttung -, zum andern, weil das Austreten zu salzhaltigen Wassers an der Erdoberfläche wegen der Umweltverschmutzung nicht zulässig wäre.

Man unterscheidet vier große wasserspeichernde Formationen, aus denen Wasser von über 30°C gewonnen werden könnte: die Alb-Neokom-Stufe, Malm (Lusitanien), Dogger und Trias. Unerwähnt bleiben die wasserspeichernden Schichten in Oberflächennähe, wo die Wassertemperatur zu niedrig ist und die im Pariser Becken nur sehr begrenzt anzutreffen sind.

Alb-Neokom

Die Sandsteine der Alb-Stufe bilden ein bedeutendes und wohlbekanntes Süßwasserbecken. Unter dem Pariser Ballungsraum weist das eingesickerte Wasser eine Temperatur von 30°C auf; im Zentrum der Brie, wo die Sandsteinschichten am tiefsten liegen und die positivsten Eigenschaften besitzen, beträgt die Temperatur $40-45^{\circ}\text{C}$.

Seit der "Bohrung von Grenelle" im Jahre 1841 wird das Wasser aus dem Sandgestein durch zahlreiche Brunnenwerke erschlossen und zu vielerlei Zwecken, darunter auch zu Versorgung von Freibädern und Klimaanlage, verwendet. Die intensive Nutzung dieser unter dem Boden von Paris vorhandenen Wasservorräte führte jedoch zu einem erheblichen Absinken des Grundwasserspiegels; in jüngster Zeit wurde die weitere Errichtung von Brunnenwerken durch strenge Vorschriften stark eingeschränkt.

Es gibt noch weitere Sandsteinhorizonte, die 100 bis 200 m tiefer liegen (Neokom-Sandstein); hier liegen die Temperaturen unter der Brie noch unter 50°C ; über diesen Wasserspeicher weiß man noch nicht sehr viel, und dem Anschein nach weist er nur sehr vereinzelt günstige Eigenschaften auf.

Malm (Lusitanien)

Im oberen Jura ist eine mächtige, vorwiegend kalkhaltige Schicht besonders ausgeprägt, die man stratigrafisch gemeinhin als Malm (Lusitanien) bezeichnet und die zahlreiche wasserdurchlässige Horizonte enthält.

Im Nordwesten des Pariser Beckens bestehen die Speicher aus einer Folge von Sandstein- und porösen Kalkschichten, die "lauwarmes" (zwischen 30° bei Rouen und 50°C bei Pontoise) und salzhaltiges (über 5 g/l) Wasser liefern.

Im Zentrum und im Süden des Beckens werden die Speicher ausschließlich durch poröses Kalkgestein gebildet. Die günstigsten Bedingungen finden sich in der Gegend von Meaux nahe der tiefsten Zone, wo 60°C warmes und kaum salzhaltiges Wasser gewonnen werden kann.

Dieses Wasserspeichersystem ist jedoch noch sehr schlecht erforscht, und es wäre sehr gewagt, genaue Aussagen über die mögliche Schüttung an einem bestimmten Punkt machen zu wollen. Die Wasserspeicher in Malm (Lusitanien) sollten jedoch getestet werden, wenn sie bei Bohrungen, deren Ziele tiefer liegen, durchstoßen werden, denn es handelt sich dabei um die einzige wasserspeichernde Schicht, in der sich Heißwasser mit geringem Salzgehalt findet.

Dogger

Die geologischen Horizonte des mittleren Jura (Dogger) enthalten mehrere poröse Kalkschichten, deren oberste gegenwärtig das Hauptziel geothermischer Untersuchungen im Pariser Becken bildet. Diese Formationen sind auf Grund der umfangreichen Tätigkeit der Erdölsuchtrupps, die bisher zur Entdeckung einiger kleinerer Vorkommen führte, ziemlich gut erforscht; das geologische Risiko ist hier also geringer als bei allen anderen Schichten.

Nach einem Versuch im Jahre 1962 in Carrières-sur-Seine gelang 1969 bei Melun die erste geothermische Nutzung; nach dem Auftrieb, den die Verwertung der geothermischen Energie nach der "Energiekrise" von 1973 erfuhr, wurde dieses Vorkommen 1975 bei Creil und Villeneuve-la-Garenne und 1977 bei Mée-sur-Seine angezapft.

Der Hauptspeicher der Dogger-Formation erstreckt sich unter der Brie in der Nähe von Coulommiers bis in etwa 2 000 m Tiefe; demnach läge dort die Temperatur über 75° C. Die sehr ergiebigen Bereiche, in denen etwas über 150 m³ /h entnommen werden können und wo die Wassertemperatur über 50° liegt, haben eine Ausdehnung von 15 000 km² und umfassen auch den Pariser Ballungsraum; grössere Schüttungen können ausserdem ohne Einsatz von Pumpen in den Haupttälern erzielt werden (Creil, 140 m³ /h; Mée-sur-Seine, 160 m³ /h).

Das Wasser der Dogger-Formation ist salzhaltig (über 30 g/l im Zentralbereich); dabei handelt es sich um Natriumchloride, und sehr häufig enthält es auch gelöstes Gas, insbesondere Schwefelwasserstoff und Kohlensäure. Das Wasser kann also, je nach den Nutzungsmethoden, die Anlagen angreifen. Ferner muß es wieder eingepreßt werden, was bei allen Entnahmen aus der Dogger-Formation eine "geothermische Doppelrohrleitung" erforderlich macht.

Trias

Die Trias-Sandsteine bilden am Rand der alten Gebirgsmassive ausgezeichnete Speicher. Man unterscheidet zwei große Einheiten:

- . die untere Trias in der Nähe der Vogesen;
- . die Perm-Trias-Stufe beim Zentralmassiv und beim Armorikanischen Massiv.

Im Osten bilden die Trias-Sandsteine eine gut erforschte Speicherzone; während die Schichten dort, wo sie anstehen, sehr mächtig und porös sind - und auch Süßwasser enthalten - werden sie mit dem Einfallen nach Westen qualitativ minderwertiger, und am äußersten Ende des Speichers ist das Wasser bei einer Temperatur von 70-80°C äußerst salzhaltig. Die Möglichkeiten der Nutzung dieses Wassers sind sehr vielfältig und hängen von dessen Temperatur ab: sie reichen von der Trinkwasserversorgung im Osten über die Versorgung von Freibädern im Moselgebiet bis hin zur Nutzung für Heizungszwecke im äußersten Westen.

Im Westen sind die Sandsteinschichten auf Grund ihrer Süßwasserfazies sehr viel uneinheitlicher und treten im Westen mehr und mehr zurück, wo Schieferton vorherrscht. Außergewöhnliche Bedingungen bestehen südlich der Loire, wo Sandsteinschichten von hoher Mächtigkeit und Porosität und ein besonders hoher geothermischer Gradient anzutreffen sind; so kann man bei Romorant in Wasser fassen, dessen Temperatur in einer Tiefe zwischen 1 000 und 2 600 m zwischen 60°C und mehr als 120°C schwanken soll. Die Trias-Sandsteine in der Nähe von Mantes an der unteren Seine besitzen offenbar günstige Eigenschaften; da dieser Speicher bislang jedoch ungenügend erforscht ist, sind Aussagen über seine Ergiebigkeit derzeit noch nicht möglich.

Weitere wasserführende Schichten

Es gibt noch weitere wasserführende Formationen, die zwar von geringerer Bedeutung sind, jedoch unter gewissen Voraussetzungen ebenfalls geothermisch erschlossen werden könnten. Es handelt sich dabei um die Lias-Kalke nordwestlich von Paris und nördlich von Orléans sowie um die rätischen Sandsteine unter der Champagne.

In der Gegend von Arras und Cambrai erwiesen sich sehr alte Karbonatgesteinsschichten aus dem Dévon als in großer Tiefe wasserführend, wobei das Wasser stellenweise Temperaturen von über 90°C erreicht. Der tektonische Bau dieser Formationen ist jedoch sehr kompliziert, weshalb sich keine näheren Angaben über das Potential dieser Gegend machen lassen.

b) Das Aquitanische Becken

Drei typische Merkmale zeichnen das Aquitanische Becken besonders aus: die verbreitete Ausbildung von Speichern in Form von Karsthöhlen (oder ausgeprägten Verwerfungen), die Ergiebigkeit der Süßwasservorkommen und das Vorhandensein sehr heißen Wassers.

- In den Bruch- und Karstzonen sind ergiebige Horizonte nur zufällig auszumachen, und die Schüttung ist deshalb kaum abzuschätzen; bei den beiden geothermischen Bohrungen bei Mont-de-Marsan bzw. Sébastopol wird jedoch bei geringer Grundwasserabsenkung eine sehr hohe Schüttung erreicht.
- Es finden sich im Aquitanischen Becken zahlreiche sehr ausgedehnte Süßwasserspeicher, und südlich einer Linie, die etwa zwischen Mont-de-Marsan und Toulouse verläuft werden stellenweise Temperaturen von über 60°C gemessen. Diese Vorkommen können ohne Wiedereinpressen genutzt werden, sofern allein Umweltschutzmaßstäbe zugrunde gelegt werden, was hier bislang bei der geothermischen Nutzung der Fall war, so daß gegenüber den Anlagen im Pariser Becken eine Bohrung eingespart werden konnte.
- Wasservorkommen mit sehr hohen Temperaturen finden sich im Pyrenäenvorland in der Nähe von Pau, wo sich über einen Bereich von 10 km in den tiefsten Gräben Ablagerungen gebildet haben. Bei Erdölbohrungen wurden bereits Temperaturen von über 200°C gemessen; da jedoch der geothermische Gradient relativ gering ist (unter 3°C pro 100 m), müßten Produktionsbohrungen beträchtliche Tiefen erreichen.

Das Aquitanische Becken ist demnach sehr reich an Grundwasserleitern, und die geothermischen Nutzungsmöglichkeiten sind, je nach Gegend, sehr vielfältig, was auf die chemische Zusammensetzung des Wassers und die mitunter hohen Temperaturen zurückzuführen ist.

c) Elsaß

Das wesentliche Merkmal des Elsässischen Grabens ist, geothermisch gesehen, die Schwankungsbreite des geothermischen Gradienten; dessen Werte liegen häufig sehr hoch und können im Unterelsaß pro 100 m über 10°C erreichen.

Unter den Sedimentgesteinen des Elsaß wollen wir zwei wasserführende Schichten herausgreifen: die oolithischen Doggerkalke und die Sandsteine der unteren Trias.

- Die Doggerkalke finden sich südlich von Straßburg; die Wassertemperatur erreicht dort 50°C. Im "Kali-Becken" zwischen Colmar und Mühlhausen liegt die Wassertemperatur möglicherweise bei über 100°C. Der Salzgehalt ist sehr hoch und liegt im Durchschnitt bei 100 g/l.
- Die Sandsteine der unteren Trias nehmen von Süden nach Norden immer günstigere Eigenschaften an, und zwar sowohl in bezug auf die Hydrodynamik als auch auf Tiefe und Mächtigkeit. In der Gegend um Straßburg und im Unterelsaß kann man sich daher Hoffnungen auf eine hohe Schüttung machen, wobei die Wassertemperatur örtlich über 150°C liegen kann. Auch hier ist das Wasser in der gesamten wasserspeichernden Schicht salzhaltig, wobei im nördlichen Elsaß Chloridhöchstwerte von über 100 g/l erreicht werden.

d) Die Bresse

Der Boden unter der Bresse wurde durch zahlreiche Probebohrungen zur Ermittlung von Erdöl-, Kohle-, Kali- oder Salzlagern erforscht. Die Ausdehnung und die Fazies der tertiären Schichten sind ziemlich gut bekannt; sieht man einmal von dem nicht sehr tief liegenden Miozän ab, so sind die Grundwasserbecken häufig linsenförmig, wodurch sich ihre Eigenschaften sehr rasch verändern.

Die darunter liegenden Kreide- und Juraformationen enthalten einige Speicher (z.B. oberer und mittlerer Jurakalk) mit Salzwasser, dessen Temperatur möglicherweise im tiefsten Teil des Beckens, d.h. in der Gegend um Bourg-en-Bresse, 70° C übersteigt.

e) Rhonetal, Mittelmeergebiet

Für den Südosten Frankreichs ist eine Gesamtbeurteilung bei so unterschiedlichen Gegenden wie der Rhonetal-Senke, den Furchen am Rande der Cevennen, der oberen Provence, der Camargue, dem Languedoc und dem Roussillon nicht möglich.

Gute Speicher sind kaum anzutreffen: erwähnenswert wären jedoch die Speicher im Kalk oder Dolomit des Jura oder des unteren Lias und vereinzelt die Sandstein- oder Dolomitspeicher der Trias. Aufgrund der tektonischen Gliederung dieser Gegenden sind sie jedoch in ihrer Ausdehnung oft sehr begrenzt. Dies bedeutet, daß jedes Vorhaben eine besondere Untersuchung erforderlich macht und daß jede neue Probebohrung die nicht zu unterschätzende Gefahr eines Mißerfolgs in sich birgt.

f) die Limagne

Die Daten über die Limagne entstammen den seit Beginn des Jahrhunderts laufenden Erdölprobebohrungen. Bei zwei solcher Bohrungen in der Gegend von Riom wurden besonders hohe Gradienten ermittelt (zwischen 6 und 9° C pro 100 m), die auf eine örtlich begrenzte geothermische Anomalie hindeuten.

Die oligozänen Schichtfolgen, die die Auffüllmasse des Beckens bilden, weisen an der Sohle am Westrand in der Gegend von Riom in Tiefen um 2 000 m eine besonders mächtige detritische Schicht auf, deren Temperatur möglicherweise über 100° C liegt. Leider sind die genauen Eigenschaften dieser wasserspeichernden Schicht schlecht erforscht, doch lassen die hohen Temperaturen in großen Teilen der Limagne und insbesondere bei den Städten Riom und Clermont-Ferrand diese Schicht als lohnendes Objekt für eine Probebohrung erscheinen.

2. Gegenwärtige Nutzung geothermischer Energie

In bezug auf die praktische Nutzung der geothermischen Energie in größerem Maßstab gehört Frankreich zu den führenden Ländern: 12 000 Wohnungen werden bereits heute durch Erdwärme beheizt, und dieselbe Energiequelle soll 12 000 noch im Bau befindliche Wohnungen später ebenfalls mit Wärme versorgen.

Folgende große Anlagen sind derzeit in Frankreich in Betrieb:

Creil

Diese Anlage wurde 1975-1976 für die OPIHLM von Creil errichtet. Sie soll in der Endphase 4 000 Wohnungen versorgen:

- 2 000 Altbauwohnungen mit Fußbodenheizung,
- 2 000 im Bau befindliche Wohnungen mit Heizkörpern und zentraler Warmwasserversorgung.

Das Vorkommen wird durch 2 Bohrungspaare ausgebeutet (2 Förderbrunnen, 2 Rückführungsbohrlöcher):

- Gesamttiefe jeder Bohrung: 1 650 Meter;
- Temperatur am Brunnenkopf: 57° C (59° C im Vorkommen);
- derzeit genutzter Wärme fluß im Winterbetrieb: 220 m³/h (höchst-möglicher Durchfluß: 300 m³/h).

Durch die Verwendung einer Wärmepumpe zwischen den Stationen "Heizfliesen" und den Heizkörpern wird eine bessere Ausnutzung der geothermischen Wärme gewährleistet (mittlere Wiedereinleitungstemperatur: etwa 25° C).

Die Wärmezufuhr erfolgt:

- bei der Versorgung mit warmem Nutzwasser: das ganze Jahr zu 100 % durch Erdwärme;
- bei der Heizung:
 - . zu 100 % durch Erdwärme bei Außentemperaturen über 11° C,
 - . zu 100 % durch Erdwärme plus Wärmepumpe bei Außentemperaturen zwischen 8 und 11° C,
 - . durch Erdwärme plus Wärmepumpe plus Unterstützung durch herkömmliche Heizkessel bei Außentemperaturen unter 8° C.

Die Einsparungen an Primärenergie werden dank der Erdwärme jährlich auf rund 4 000 bis 4 500 RÖE veranschlagt.

Melun l'almont

Ähnliche Anlagen wurden im Dezember 1970 in Betrieb genommen und können im Endstadium 3 000 Wohnungen versorgen.

Das Vorkommen im Dogger wird in 1 800 Meter Tiefe durch ein schräggeführtes doppeltes Bohrloch (20° Ableitungswinkel zur Senkrechten) genutzt.

Die Anlage gestattet einen Durchfluß von 90 m³/h nach dem Prinzip des artesischen Brunnens bei einer Brunnenkopftemperatur von rund 70° C.

Der größte Teil der Wohnungen wird mit Heizkörpern beheizt, die restlichen Wohnungen haben Fußbodenheizung.

Das geothermische Medium liefert die erforderliche Wärme für die zentrale Warmwasserversorgung und trägt zur Beheizung der Wohnungen durch Aufwärmung der Rückleitungen des Fußbodenkreislaufs bei.

Die jährlich eingesparte Menge an Primärenergie beläuft sich auf 1 500 RÖE.

Mont-de-Marsan

Die 1976 durchgeführte Bohrung gestattet die Ausbeutung (ohne Wiedereinleitung) des Grundwassers in 1 850 Meter Tiefe mit einem regulierbaren Pumpdurchfluß von 120 - 300 m³/h.

Ein Wärmeverteilungsnetz aus Glasfaser versorgt regelmäßig den Fliegerhorst seit Juni 1977 (herkömmliche Anlagen, 85/65° C bei -5° C, Heizung plus Warmwasserversorgung) und seit Oktober 1977 die Résidence Hélène Boucher (384 Wohnungen mit Fußbodenheizung).

Die erforderliche zusätzliche Wärmezufuhr bei großer Kälte erfolgt durch die bestehenden betriebsbereiten Heizanlagen.

Geplant ist eine Ausdehnung des Netzes, um je nach den erzielten Ergebnissen das Psychotherapeutische Zentrum des Landes, die renovierte Kaserne Bosquet sowie Gewächshäuser, gegebenenfalls auch Fischteiche zu versorgen, so daß die niedrigen Wärmegrade optimal genutzt werden können, bevor das Wasser wieder in den natürlichen Kreislauf zurückgeleitet wird.

Die Nutzung der Anlagen ist der UTEC (Union Elf-Générale de Chauffe) übertragen worden.

In Anbetracht der ersten Erfahrungen mit der Wärmeverteilung an den Fliegerhorst und die Résidence Hélène Boucher kann man damit rechnen, daß die Erdwärme für die Benutzer insgesamt eine jährliche Einsparung von 2 000 - 3 000 RÖE bedeutet.

Luxeuil-les-Bains

Die Wärmanlage des "Maison des Arts et Loisirs" der Stadt Luxeuil-les-Bains wurde 1976 unter Nutzung des warmen Wassers der in der Brunnenanstalt befindlichen Quelle Bursaux eingerichtet.

Die Quelle hat eine Schüttung von 210 l/Min. bei einer Temperatur von 62° C, wobei das Warmwasser den Verbindungsrohren zwischen den betonierten Staubecken im Untergeschoß der Brunnenanstalt entnommen wird.

Die ursprüngliche Erdwärme wird den Innenanlagen mittels eines Wärmetauschers aus rostfreien Stahlplatten zugeführt.

Der Sekundärkreislauf speist die Stahlheizkörper, die für niedrige Temperaturen (59/30° C bei -10° C) ausgelegt und mit Thermostatreglern versehen sind. Die Leistung der Innanlagen beträgt 400 th/h.

Diese Anlage ermöglicht jährliche Energieeinsparungen von ca. 52 RÖE.

La maison de la radio (Funkhaus)

Die 1963 in Betrieb genommene thermodynamische Anlage der ehemaligen ORTF-Anstalt deckt den Bedarf von 5 Millionen Kalorien/Stunde und 4,5 Millionen Kcal/Stunde durch den Einsatz von 6 Kompressoren, die als Kältemaschine, als Wärmepumpe bzw. als Kälte-Wärmepumpe arbeiten. Die Temperatur für sämtliche Räumlichkeiten wird bei 21° C gehalten. Ein Bohrloch sammelt das Wasser der Albstufe in 600 m Tiefe - Temperatur 27° C - und wird als Kältequelle für die Wärmepumpen benutzt. Bei einer Wiedereinleitungstemperatur von 7° C beträgt die durch die Erdwärme zugeführte Leistung im Kondensator 4 Millionen Kcal./h.

3. Forschung und Entwicklung

Die Grundlagenforschung und Entwicklung zur Nutzung geothermischer Energie fand in Frankreich im Zeitraum 1968-1978 statt; das Jahr 1978 steht somit im Zeichen des Übergangs zur eigentlichen kommerziellen Nutzung dieser Energiequelle.

Die F&E-Tätigkeit erstreckt sich nunmehr in erster Linie auf die Auffindung zusätzlicher geothermischer Ressourcen und die Errichtung von Pilotanlagen. An geplanten Projekten wären zu nennen: Stromerzeugung auf der Grundlage von Wasser im Temperaturbereich 80-150° C mittels eines Wärmetauschers (ein Prototyp soll 1978 im Massif Central installiert werden), geothermische Beheizung eines kombinierten Hotel- und Kurbadkomplexes in Saint-Paul-les-Dax und geothermische Beheizung eines Gemeindegebäudes in Luxeuil-les-Bains.

IRLAND

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt sind in Irland keine geothermischen Energiequellen bekannt, die sich wirtschaftlich ausbeuten ließen. Es wurden auf diesem Gebiet auch noch keine Untersuchungen eingeleitet, doch wird zur Zeit ein Vorschlag der Irish Geological Survey, alle derzeit vorhandenen Daten über die geothermische Energie in Irland zu erfassen, im Ministerium für Industrie, Handel und Energie geprüft. Sollte der Vorschlag angenommen werden, so wird man sich darum bemühen, ihn in das diesbezügliche Forschungsprogramm der EG einzugliedern.

ITALIEN

1. Bekannte Erdwärmevorkommen in Italien

Auf italienischem Gebiet wurden die ersten Prospektionen zur Feststellung und Einschätzung der Erdwärmevorkommen von der italienischen staatlichen Elektrizitätsgesellschaft ENEL zwischen 1969 und 1973 in den drei geothermisch aussichtsreichsten Regionen Toskana, Latium und Kampanien vorgenommen.

Tabelle 1 enthält die interessantesten Erdwärmevorkommen dieser Regionen. Für die ersten drei Gebiete, in denen geothermische Energie durch Umwandlung in elektrische Energie genutzt wird, wird die installierte und die im Ausbau befindliche Leistung angegeben.

2. Gegenwärtige Nutzung der geothermischen Energie

Tabelle 2 enthält einige Angaben über die Elektrizitätserzeugung durch Erdwärme in den letzten zehn Jahren, während Tabelle 3 eine Bestandsaufnahme der am 31.12.1976 bestehenden Anlagen sowie einige statistische Angaben über ihren Betrieb umfaßt.

3. Bergarbeiten zur Nutzung der geothermischen Energie

Über und unter Tage laufen schon in fast allen der in Tabelle 1 genannten Gebiete Prospektions-, Erprobungs- und Entwicklungsarbeiten. Aus der Tabelle ergibt sich der gegenwärtige Stand der Arbeiten. Wo schon zur Phase der Erprobung oder Entwicklung übergegangen wurde, konnten nutzbare Vorkommen selbstverständlich zuvor schon festgestellt werden.

T A B E L L E 1

GEO THERMISCH INTERESSANTE GEBIETE

Nr.	Gebiet	Provinz	Stand- der Pro- spek- tion	Konzessions- fläche des prospektions- gebietes (km ²)	Elektrische Leistung (MW)		
					Instal- liert	Vorge- sehen 1978- 1982	Insge- samt
1	Larderello	Pisa	SV	337	380,6	19,6	400,2
2	Monte-Amatia	Siene und Grosseto	SV	348	22	23	45
3	Travale-Radi- condoli	Siena	SV	279	18	30	48
4	Orciatico	Pisa		758			
5	Roccastrada	Grosseto	ES	207			
6	Alfina	Viterbo	SP	298			
7	Latera	Viterbo	ES	375			
8	Monti Cimini	Viterbo	SP	620			
9	Cesano und Monti Sabatini	Roma und Viterbo	SP	423			
10	Colli Albani	Rom und Latina		375			
11	Roccamonfina	Caserta		281			
12	Vulture	Potenza		304			
13	Lago Patria	Neapel	ES	412			
14	Ottaviano	Neapel	ES	488			
		INSGESAMT:		5505	420,6	72,6	493,2

ES: Prospektion über oder unter Tage

SP: Erprobung

SV: Entwicklung

T A B E L L E 2

ELEKTRIZITÄT SERZEUGUNG AUS ERDWÄRME IN DEN LETZTEN ZEHN JAHREN

(GWh)

J A H R	G E B I E T			I N S G E S A M T
	L A R D E R E L L O	T R A V A L E	M o n t e A M I A T A	
1968	2545	-	149	2694
1969	2587	-	178	2765
1970	2550	-	175	2725
1971	2502	-	163	2665
1972	2426	-	156	2582
1973	2289	47	144	2480
1974	2237	128	137	2502
1975	2264	88	131	2483
1976	2292	108	123	2523
1977	2243	133	126	2502
I N S G E S A M T:	23935	504	1482	25921

TABELLE 3

Installierte Leistung und Arbeitsweise der mit Erdwärme betriebenen
italienischen Elektrizitätswerke

KRAFTWERK	Zahl der Blöcke	Installierte Leistung am 31.12.		Jahresdurchschnitt (am 31.12.)						
		pro Block	Insgesamt	Zufluß				Verfügbare Leistung		Spezifischer Verbrauch <u>kg</u> (1) kWh netto
				Druck	Temperatur (°C)	Gasanteil Gewicht in %	Ausstoß (t/h)	brutto	netto	
1 Lardarello 2	1	14,5		4,1	181	7,0	424	39,2	36,3	11,7
2 Lardarello 3	3	26								
	1	24								
3 Grabbo	2	9	120	4,3	194	6,6	642	68,3	60,2	10,7
	1	15	15	7,2	219	10,9	107	12,0	11,4	8,4
4 Castelnuovo V.C.	1	26		4,5	178	13,5	172	27,2	23,7	13,5
	2	11		2,0	170	3,6	120			
5 Serrazzano	1	2	50	1,1	153	2,0	27			
	1	15								
6 Lago 2	2	12,5					253	38,8	36,4	8,7
	2	3,5	47	5,0	189	3,6				
7 Sasso Pisano 2	1	14,5		5,2	174	2,0	243	33,5	31,8	9,8
	1	12,5					70			
8 Monterotondo M.mo	1	6,5	33,5	2,0	146	1,7				
	1	12,5					171	17,8	17,1	10,0
Gesamtsumme bzw. Durchschnitt der nach dem Kondensationsverfahren arbeitenden Anlagen	1	3,2	15,7	5,1	182	2,8	125	13,3	12,6	9,9
	1	12,5	12,5	4,6	185	1,5				
9 Vallensordo	1	0,9	0,9	7,4	214	3,6	23	0,7	0,7	32,9
10 Lagoni Rossi 1	1	3,5	3,5	5,2	157	3,0	41	2,0	2,0	20,5
11 Lagoni Rossi 2	1	3	3	4,9	207	3,3	64	2,8	2,8	22,9
12 Sasso 1	1	3	3	4,9	207	3,3	64	2,8	2,8	22,9
13 Molinetto	2	3,5	7	5,1	183	2,7	55	2,3	2,3	23,9
14 Travale (2)	1	3,5	3,5	7,0	187	3,9	53	2,9	2,9	16,3
	1	15	18	11,4 (5,1)	210	9,6	170	12,3	11,9	19,3
(3)	1	3		3,8	157	85,0	60			
Gesamtsumme bzw. Durchschnitt der Anlagen mit atmosphärischem Abzug	6		35,8	7,6	193	16,0	466	23,0	22,6	20,6
Gesamtsumme bzw. Durchschnitt der Werke Lardarello und Travale	35		398,6	5,0	187	7,3	2920	273,1	252,1	11,6
15 Bagnore 1	1	3,5	3,5	2,8	131	9,5	44	1,1	1,1	40,0
16 Bagnore 2	1	3,5	3,5	3,2	139	6,9	49	1,7	1,7	28,8
17 Piancastagnano	1	15	15	8,2	184	21,0	207	11,3	11,1	18,6
Gesamtsumme bzw. Durchschnitt der Anlage Monte Amiata	3		22	6,6	169	17	300	14,1	13,9	21,6
GESAMTSUMME BZW. DURCHSCHNITT SÄMTLICHER WERKE	38		420,6	5,1	185	8,2	3220	267,2	266,0	12,1

- (1) Der spezifische Verbrauch wird nur zu statistischen Zwecken angegeben
(2) Wegen Störungen am Bohrloch konnte der 15-MW-Block bis April 1976 nur mit einem Druck von 5,1 atm arbeiten
(3) In Betrieb seit dem 10.3.1976

4 - Pilotprojekte zur geothermischen Energiegewinnung

Die Forschungstätigkeit der ENEL auf dem Gebiet der geothermischen Energiegewinnung umfaßt praktisch sämtliche Verfahren (hydrothermischer und magmatischer Art, "hot-dry-rock-Verfahren"). Sie findet ihren Niederschlag in zahlreichen Forschungsprojekten deren wichtigste im Folgenden beschrieben werden sollen.

a) Ermittlung der Vorkommen und Lagerstättenphysik

Ziel dieses Forschungsvorhabens ist die Verbesserung der Explorations- und Prospektionstechniken zur Ortung endogener Ressourcen sowie der Bestimmung ihrer Größe und ihrer potentiellen Energiekapazität. Weiterhin hat es zum Ziel, methodologische Verfahren zur Interpretation der bei der Verlagerung von Masse und Energie innerhalb der endogenen Vorkommen auftretenden Phänomene sowie zur Prognostizierung der Vorgänge eines gegebenen Systems bei verschiedenen Nutzungsarten zu entwickeln.

b) Verwendung von Solgewässern

Dieses Forschungsprogramm zielt darauf ab, Techniken zu entwickeln, durch die sich die geothermischen Solgewässer chemisch und physikalisch so behandeln lassen, daß ihre thermische Energie in elektrische Energie umgewandelt oder direkt zu Heizungszwecken verwandt werden kann. Weiterhin soll das Verhalten der hierbei verwendeten Werkstoffe untersucht werden.

c) Verwendung von Flüssigkeiten mit niedriger Enthalpie

Ziel des Programms ist es, ein neues Verfahren zur Umwandlung thermischer in mechanische Energie zu entwickeln, so daß auch Flüssigkeiten mit Temperaturen um 100°C zur Elektrizitätsgewinnung herangezogen werden können.

Das neue Verfahren sieht einen zweiphasigen thermogravimetrischen Kreislauf vor, bei dem sich als Trägerflüssigkeit Frigen oder eine andere Flüssigkeit mit niedrigem Verdampfungspunkt verwenden läßt. Auch diese Flüssigkeiten werden gegenwärtig auf ihre Verwendungsmöglichkeiten zu thermischen Zwecken hin untersucht.

d) Aufbrechen von trockenheißem Felsgestein

Durch dieses Programm soll herausgefunden werden, durch welche Techniken sich trockenheißes Felsgestein künstlich am besten wasser-durchlässig machen läßt, so daß sich durch Einpressen von Wasser die natürliche Wärme des Vorkommens nutzen läßt. Auf diesem Gebiet wird zusammengearbeitet mit der ERDA (Energy Research and Development Administration, jetzt zusammengelegt mit dem Department of Energy der Vereinigten Staaten).

e) Tiefbohrungen

Ziel des Forschungsvorhabens ist es, experimentell an Ort und Stelle die verschiedenen Tiefbohrtechniken - wie sie schon für die Kohlenwasserstoffgewinnung eingesetzt werden und durch die sich Tiefen zwischen 3 000 und 5 000 m erreichen lassen - kritisch und vergleichend zu prüfen.

f) Neue geothermische Meßinstrumente

Ziel des Forschungsvorhabens ist es, zur systematischen Erfassung chemisch-physikalischer Daten Meßinstrumente zu entwickeln, die sich unter äußerst ungünstigen Bedingungen wie sie in geothermisch genutzten Bohrlöchern bei hoher Temperatur und hohem Druck sowie bei hochreaktiven Stoffen auftreten können, einsetzen lassen.

Die Studien bestehen in der Weiterentwicklung der im Handel befindlichen Anlagen der Entwicklung und Planung von Prototypen zur Durchführung besonderer Messungen sowie ihrer Montage und Erprobung im Labor in situ. Die Aktionen werden in Zusammenarbeit mit der CISE (Centro Informazioni Studi et Esperienze), einer von der ENEL kontrollierten Forschungsanstalt, durchgeführt.

LUXEMBURG

Geothermische Energievorkommen sind in Luxemburg nicht bekannt. Es wurden auf diesem Gebiet auch keinerlei Forschungsprojekte eingeleitet.

DIE NIEDERLANDE

Derzeit sind keine geothermischen Energievorkommen in den Niederlanden bekannt, die sich wirtschaftlich ausbeuten ließen.

Um die Möglichkeiten einer Nutzung der geothermischen Energie zu prüfen, wurden 1977 Vorschläge für die Durchführung folgender Forschungsprogramme unterbreitet:

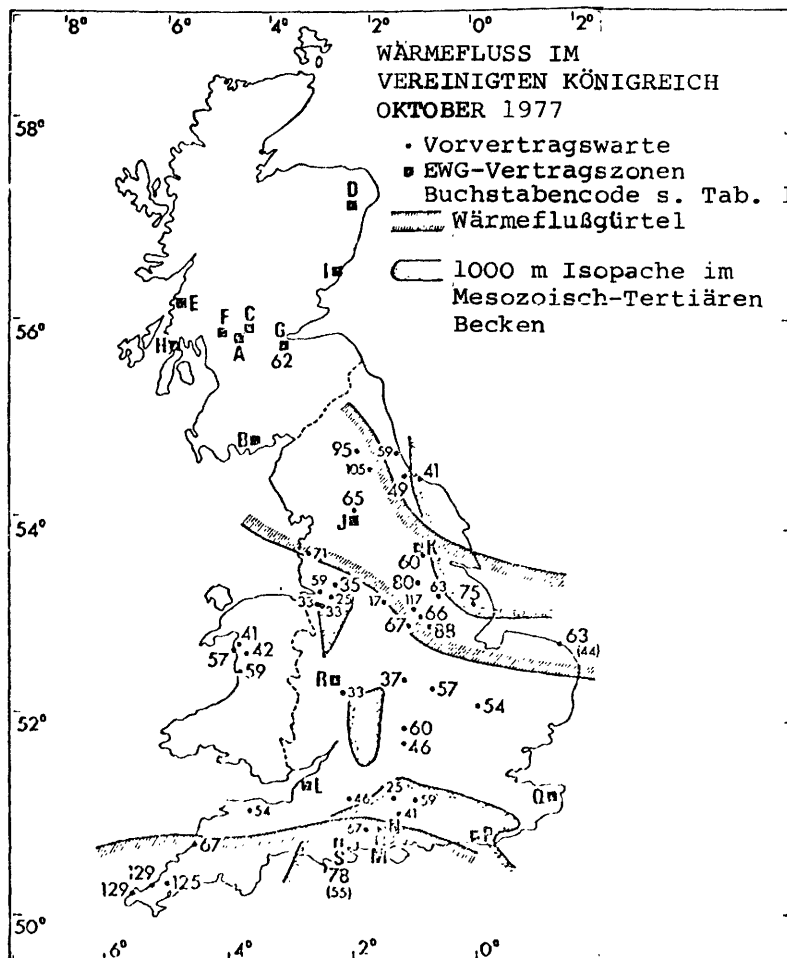
- I. Schätzung des geothermischen Potentials der Niederlande. Das Programm umfaßt 17 verschiedene Einzelprojekte über die technischen, wirtschaftlichen und umweltpolitischen Aspekte im Zusammenhang mit der Nutzung geothermischer Energie.
- II. Studie über die Möglichkeiten zur Ausbeutung der im mittelatlantischen Rücken vorhandenen geothermischen Energie. Dieses Programm umfaßt nur ein einziges Projekt.
- III. Unterirdische Lagerung und Wiedergewinnung von Energie. Dieses Programm umfaßt zwei Einzelprojekte.

DAS VEREINIGTE KÖNIGREICH ¹⁾

Die geothermischen Energievorkommen im Vereinigten Königreich sind noch nicht vollständig erfaßt. Die Forschungsarbeit konzentriert sich daher in erster Linie auf die Exploration der geothermisch interessanten Gebiete und die Entwicklung von Methoden zur Abschätzung des vorhandenen Potentials. Figur 1 zeigt die Gebiete, in denen Temperaturmessungen vorgenommen wurden. Die angegebenen Zahlen geben die Wärmeflußwerte in MW/m^2 wieder. Als geothermisch interessant gelten diejenigen Gebiete, wo ein kräftiger Wärmeflußgürtel ein mesozoisch-tertiäres Becken schneidet, was in Lincolnshire und Wessex der Fall ist.

Es gibt derzeit weder auf experimenteller noch auf kommerzieller Basis Anlagen zur Förderung geothermischer Energie.

Figur 1



1) Quelle: Kommission der Europäischen Gemeinschaften: Seminar on Geothermal Energy, 1977, EUR 5920

III Technische und finanzielle Probleme im Zusammenhang mit der Nutzung geothermischer Energie

Geothermische Anlagen, wie sie voraussichtlich in den nächsten 10 - 15 Jahren in den Mitgliedstaaten der Gemeinschaft verbreitet Anwendung finden dürften, werden im Regelfall mit Heißwasservorkommen mit einer Temperatur von 60 - 80°C aus 1 500 - 2 000 Meter Tiefe arbeiten.

Figur 2 zeigt das Grundprinzip einer solchen Anlage, die mit Wärmetauschern und der Wiedereinleitung von rückgeführtem Wasser arbeitet. Figur 3 stellt eine entsprechende Anlage mit zusätzlicher Wärmepumpe dar. Da man in erster Linie mit derartigen Wiedereinleitungsanlagen praktische Erfahrungen gesammelt hat, beziehen sich die nachstehenden Daten auf Anlagen dieser Art.

Fig. 2

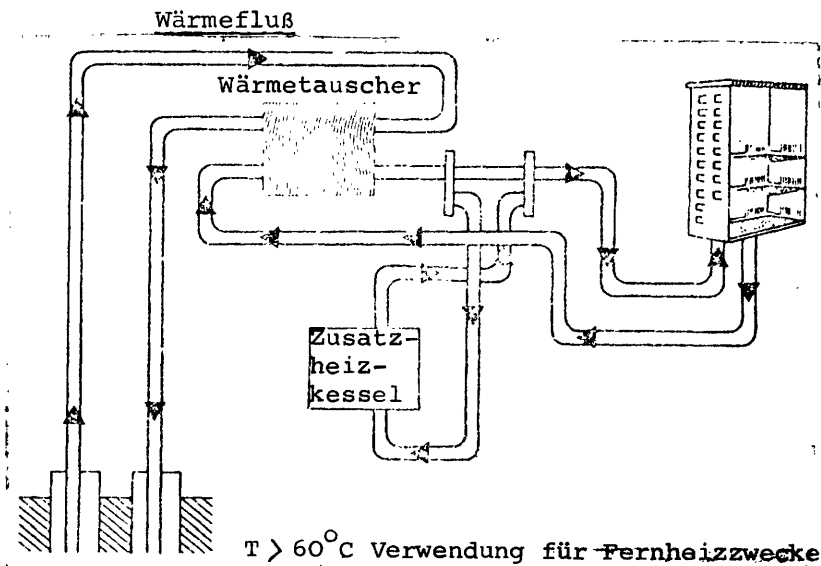
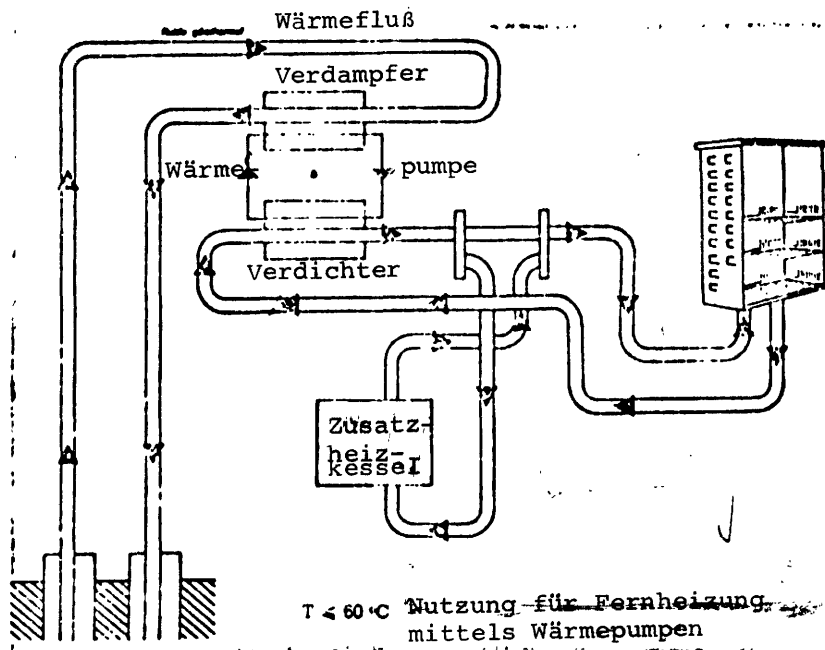


Fig. 3



A Technische Daten

Lebensdauer

Die "Lebensdauer" einer Doppelrohrleitung, d.h. die Zeit, während der mit konstanter Temperatur gefördert werden kann, hängt im wesentlichen ab :

- von der rückgeführten mittleren Fördermenge;
- von der Entfernung zwischen der Förderstelle und dem Punkt der Rückführung in den Speicher;
- von der "Nutzhöhe" des Speichers.

Die "Nutzhöhe" wird durch am Ende der ersten Bohrung angefertigte elektrische Diagraphien ermittelt. Insbesondere kann mit dem Durchflußmesser der Anteil der einzelnen Zonen des Speichers an der Gesamtleistung ermittelt werden. Man geht davon aus, daß diese Zonen die rückgeführten Mengen im gleichen Umfang wieder aufnehmen. Es läßt sich dann feststellen, ob der vorgesehene Standort für die Rückführleitung die für die Amortisierung der Anlage erforderliche Lebensdauer garantiert.

Korrosion

Das Verhalten der gebräuchlichen Stahlrohre bei der Förderung von hochreaktivem Wasser läßt sich über mehrer Jahrzehnte hinaus nur sehr schlecht abschätzen; zwei Lösungen sind denkbar:

- die regelmäßige Behandlung der Rohre mit Korrosionshemmern;
- die Verwendung von Glasfaserformrohren.

Die letztgenannte Lösung weist jedoch aufgrund der mechanischen Eigenschaften des verwendeten Werkstoffes erhebliche Nachteile auf:

- nach Einsetzung einer solchen Verrohrung ist ein Nachbohren im Rotaryverfahren unmöglich, insbesondere bei schräg angelegten Brunnen, da die Rohrwände hier durch das rotierende Gestänge, das wegen der Schwerkraft auf der Verrohrung aufliegt, in kürzester Zeit beschädigt würden;
- Kontrolle der Zementierung schwer zu deuten;
- Unmöglichkeit der Nachprüfung bei Vorfällen wie Öffnungen und Verschiebungen, die in einer Verrohrung durch Feststellung einer magnetischen Anomalie erkennbar sind;
- die hohen Materialkosten können eine Verteuerung der Bohrungen um 10 - 15 % nach sich ziehen.

Die fortschreitende Korrosion in der Stahlverrohrung läßt sich mit Hilfe elektrischer Diagramme berechnen.

In Rückführungsbohrlöchern ist mitunter eine stärkere Korrosion festzustellen als bei Förderbohrlöchern.

Gasbildung

Im oberen Teil der geothermischen Anlage kann eine Gasbildung stattfinden, die zu einem Hohlraum der Pumpen führt. Die Blasenbildung in einem geothermischen Flußmodell gibt darüber Aufschluß, welcher Mindestdruck in der Anlage beizubehalten ist, so daß dieses Problem gelöst werden kann.

Schutz der Wärmetauscher

Gegebenenfalls könnten oberhalb der Wärmetauscher in der Anlage Filter eingebaut werden, um diese Wärmetauscher vor Verschmutzung oder Beschädigung durch aus dem Vorkommen stammende Gesteinsteilchen zu schützen, die vorwiegend in der ersten Nutzungsphase auftreten.

Fertigstellung des Bohrlochs

Ein Grundwasserleiter aus Kalkstein macht eine Abdeckung und Auskleidung des Bohrloches überflüssig.

Bei sandigem Grundwasserleiter wäre das nicht möglich; hier könnten ein Sieb und eine Filterschicht erforderlich sein, worunter die Förderung möglicherweise leiden würde.

Verwendung in vorhandenen Bauten

Hier besteht oft das Problem, daß Heizkörper zur Raumbeheizung für eine höhere Wassertemperatur ausgelegt sind als diejenige, die sich bei optimaler Nutzung eines einzigen Kreislaufs ohne Wärmepumpe unmittelbar erzielen läßt. In der französischen Anlage in Creil wurde das Problem dadurch gelöst, daß man einen Teil des Wassers, der lediglich durch Wärmetauscher erwärmt wurde,

in einen sekundären Kreislauf (Fördertemperatur 55 ° C, Rücklauf­temperatur 30 ° C) für Neubauten mit Fußbodenheizung einleitet. Das rückgeführte Wasser wird danach durch eine Wärmepumpe zur Erwärmung von Wasser für einen Kreislauf (Fördertemperatur 60 ° C, Rücklauf­temperatur 40 ° C) für die älteren Bauten benutzt. Ob es sich nun um Alt- oder Neubauten handelt, so dürfte es immer das Wirtschaftlichste sein, dem geothermischen Wasser möglichst viel Wärme zu entnehmen, bevor es dem Wiedereinleitungsbohrloch zugeführt wird, so daß seine Temperatur zu diesem Zeitpunkt ungefähr auf 20 ° C abgesunken ist. Außer durch Wärmepumpen kann diese "Restwärme" durch zusätzliche Anwendung des rückgeführten Wassers für die Erwärmung von beispielsweise Treibhäusern oder Swimmingpools genutzt werden.

B Wirtschaftliche Aspekte

Auf Grund der französischen Erfahrungen läßt sich heute schon mit Sicherheit sagen, daß das geothermische Heizverfahren bereits jetzt (etwa im Gegensatz zur Sonnenenergie und Windenergie) im Vergleich zur Beheizung durch konventionelle ölbefeuerte Kraftwerke wirtschaftlich rentabel ist, sofern bestimmte Grundvoraussetzungen hinsichtlich des geothermischen Gradienten, der Förderleistung, der Entfernung zum Abnehmer usw. erfüllt sind - Voraussetzungen, die sich in mehreren Mitgliedstaaten der Gemeinschaft durchaus abzeichnen. Die untenstehenden drei Beispiele (1), die nach den französischen Erfahrungen zusammengestellt sind, zeigen dies deutlich:

Beispiel 1

RENTABILITÄTSRECHNUNG FÜR EINE "KLASSISCHE" GEOTHERMISCHE OPERATION

ZAHL DER ZU BEHEIZENDEN WOHNUNGEN	2 500
JÄHRLICHE ERFORDERLICHE GESAMTENERGIE	35 000 Kth
(14 Kth/Wohnung)	
AUS ERDWÄRME ERZEUGTE ENERGIE (Deckungsgrad 75 %)	25 000 Kth
DURCH DOPPELLEITUNG AUSGEBEUTETE GEOTHERMISCHE QUELLE	
in 1 800 Meter Tiefe:	
- SCHÜTTUNG (mit Pumpwerk)	200 m ³ /h
- TEMPERATUR	65 ° C

GEOTHERMISCHE MEHRKOSTEN (Doppelleitung, Wärmetauscher, Verteilernetz 10 Mio FF d.h. 4 000 FF je Wohnung

VERGLEICH DER BETRIEBSKOSTEN: HERKÖMMLICHE FERNHEIZUNG (Heizöl Nr. 2) und "GEOTHERMISCHE" LÖSUNG:

	GEOTHERMISCHE BEHEIZUNG	HERKÖMMLICHE BEHEIZUNG
Brennstof zu 60 F/Kth	0,540 Mio F	2,100 Mio F
Elektrische Energie für Bohrung	0,160 Mio F	-
250 kW während 150 Tagen		
100 kW während 80 Tagen		
Wartung Pumpen + Bohranlage	0,100 Mio F	
	<u>0,800 Mio F</u>	<u>2,100 Mio F</u>
Jährliche Rückzahlungsrate für geothermische Mehrkosten (bei gleichbleibender Rückzahlung in 20 Jahren zum Satz von 10 %)	1,175 Mio F	
INSGESAMT	<u>1,975 Mio F</u>	<u>2,100 Mio F</u>

EINSPARUNG DURCH NUTZUNG DER GEOTHERMISCHEN ENERGIE 6 %

1) Vgl. La géothermie en France. Ministère de l'industrie, du commerce et de artisanat, 1978, S. 54-56

Beispiel 2

RENTABILITÄTSRECHNUNG FÜR EIN KLEINERES VORHABEN, WIE ES IN MITTELFRAANKREICH MÖGLICH WÄRE

ZAHL DER ZU BEHEIZENDEN WOHNUNGEN 600
JÄHRLICH BENÖTIGTE GESAMTENERGIE 8 400 Kth
AUS DER ERDWÄRME ERZEUGTE ENERGIE 6 500 Kth

GEOtherMISCHE RESSOURCEN:

- DOPPELLEITUNG: Tiefe 1 100 m
- SCHÜTTUNG: 50 m³/h
- TEMPERATUR: 55°C (Gradient 4,5°C/100)

GEOtherMISCHE MEHRKOSTEN: 3 Mio F (das entspricht 5 000 F Wohnung)

VERGLEICH DER BETRIEBSKOSTEN: FERNHEIZUNG (Energieträger Leichtöl) und
"GEOtherMISCHE LÖSUNG"

	GEOtherMISCHE BEHEIZUNG	HERKÖMMLICHE BEHEIZUNG
Brennstoff zu 90 F/Kth	0,171 Mio F	0,756 Mio F
Elektrische Energie für Bohrung	0,060 Mio F	
Wartung Pumpen + Bohranlagen	<u>0,070 Mio F</u>	<u>0,756 Mio F</u>
	0,301 Mio F	0,756 Mio F
Jährliche Rückzahlungsrate für geothermische Mehrkosten	<u>0,352 Mio F</u>	<u>0,756 Mio F</u>
	0,653 Mio F	0,756 Mio F

EINSPARUNG DURCH NUTZUNG DER GEOtherMISCHEN ENERGIE 13,6 %

Beispiel 3

RENTABILITÄTSRECHNUNG FÜR EINE EINROHRLEITUNGSANLAGE DES TYPUS "AQUITANIEN"

ZAHL DER ZU BEHEIZENDEN WOHNUNGEN..... 1 500
JÄHRLICH BENÖTIGTE GESAMTENERGIE 21 000 Kth
ENERGIE AUS ERDWÄRME (Bedarfsdeckung 75 %)..... 15 500 Kth
GEOtherMISCHE ENERGIE, FÖRDERUNG DURCH EINROHRLEITUNG, TIEFE 1 800 m :
- SCHÜTTUNG MIT PUMPWERK 150 m³/h
- TEMPERATUR 65°C

GEOtherMISCHE MEHRKOSTEN (Bohrung, Wärmetauscher, Verteilernetz):
5,5 Mio F (4 000 F pro Wohnung)

VERGLEICH DER BETRIEBSKOSTEN:

HERKÖMMLICHE SCHWERÖLHEIZUNG UND GEOtherMISCHE LÖSUNG

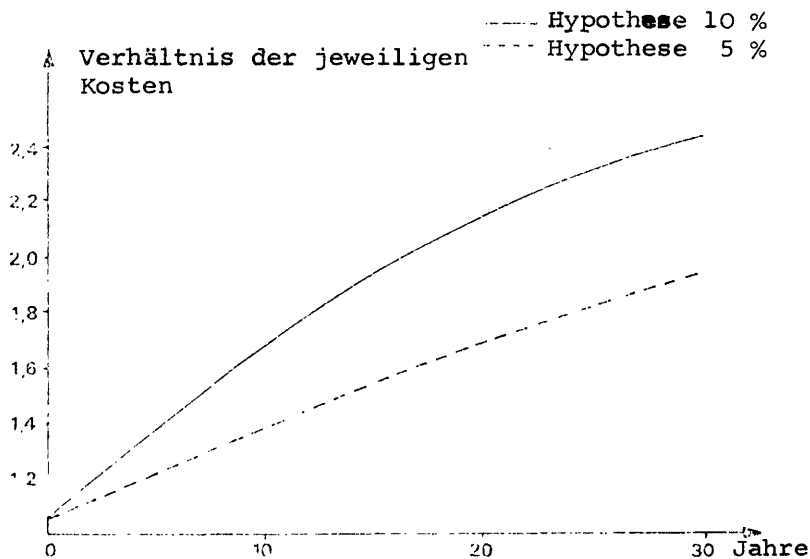
	GEOtherMISCHE BEHEIZUNG	HERKÖMMLICHE BEHEIZUNG
Brennstoff zu 60 F/Kth	0,330 Mio F	1,260 Mio F
Elektrische Energie für Bohrung	0,080 Mio F	
Wartung Pumpen + Bohranlage.....	<u>0,070 Mio F</u>	<u>1,260 Mio F</u>
	0,480 Mio F	1,260 Mio F
Jährliche Rückzahlungsrate für geothermische Mehrkosten	0,646 Mio F	
(bei gleichbleibender Rückzahlung in 20 Jahren zum Satz von 10 %)	<u>1,126 Mio F</u>	<u>1,260 Mio F</u>

EINSPARUNG DURCH NUTZUNG DER GEOtherMISCHEN ENERGIE 10,6 %

Hinzu kommt, daß diese Beispiele auf der Voraussetzung unveränderter Preise für alternative Energiequellen beruhen, weshalb die Einsparungen in der Praxis noch wesentlich umfangreicher sein werden. Die Höhe dieser Einsparungen geht aus folgendem Diagramm hervor:

KOSTENPROGNOSE:

VERHÄLTNIS DER NUTZUNGSKOSTEN BEI TRADITIONELLER LÖSUNG/
KOSTEN BEI KLASSISCHER GEOTHERMISCHER LÖSUNG (BEI EINEM
 HYPOTHETISCHEN JÄHRLICHEN ENERGIEPREISANSTIEG VON 10 bzw. 5 %)



Erdwärme stellt deshalb wie einige andere neue Energieformen ein Beispiel dar für die Notwendigkeit, uns von den Denkschablonen der letzten 30 Jahre zu lösen: Statt verhältnismäßig niedriger Erschließungskosten und hoher Betriebskosten sind die neuen Energieformen zum Teil durch sehr hohe Erschließungskosten, dagegen oft sehr niedrige Betriebskosten gekennzeichnet. In bestimmten Fällen kann dies Initiativen der öffentlichen Hand in Form von Investitionsbeihilfen erforderlich machen, damit nicht reine Liquiditätsprobleme Lösungen verhindern, die langfristig gesehen sowohl privatwirtschaftlich als auch gesamtwirtschaftlich am günstigsten sind.

IV Schlußfolgerungen

Bis jetzt liegt noch keine Gesamtübersicht über das geothermische Potential in den Mitgliedstaaten der Gemeinschaft vor. Nur Frankreich und bis zu einem gewissen Grad Italien haben Untersuchungen durchgeführt, die als Grundlage einer einigermaßen sicheren Vorausschätzung des Potentials dieser Länder dienen können. In den übrigen Mitgliedstaaten sind die Untersuchungen immer noch so wenig weit fortgeschritten, daß es verfrüht wäre, sich zu den dort bestehenden Möglichkeiten zur Nutzung geothermischer Energie zu äußern. Aufgrund der bisher gewonnenen Erkenntnisse über die geologischen Voraussetzungen kann man jedoch sagen, daß die Form geothermischer Energie, deren Nutzung angesichts der augenblicklichen Wirtschaftsverhältnisse und mit der heute bekannten Technologie am günstigsten wäre, nämlich Heißwasservorkommen in 1500 bis 2000 m Tiefe, in den Mitgliedstaaten der Gemeinschaft nur in sehr begrenztem Umfang zur Verfügung steht und infolgedessen nur ausnahmsweise andere Energiequellen ersetzen kann. So kam geothermische Energie nach Schätzungen in dem Bericht einer vom britischen Energieministerium eingesetzten Arbeitsgruppe von 1975 aller Voraussicht nach höchstens 0,8 % des Energieverbrauchs im Vereinigten Königreich bis Ende dieses Jahrhunderts decken. Ob dieser Ansatz auch für die übrigen Mitgliedstaaten gilt, bleibt offen, da man in keinem dieser Mitgliedstaaten versucht hat, die Bedeutung der geothermischen Energie für die Energieversorgung in den nächsten Jahrzehnten absolut zu berechnen.

Auch wenn die geothermische Energie zur gesamten Energieversorgung der Gemeinschaft nie mehr als 1 % beitragen sollte (wobei derzeit entsprechende Schätzungen noch durchaus verfrüht scheinen), sollte dies doch nicht dazu führen, daß man die Bedeutung der Nutzung der wirklich gegebenen Möglichkeiten unterschätzt. Die in Frankreich gemachten Erfahrungen bei der Nutzung geothermischer Energie zu Fernheizwecken haben gezeigt, daß die Verwendung dieser Energiequelle schon unter privatwirtschaftlichen Gesichtspunkten äußerst günstig ist. Hinzu kommt, daß die Erschließungs- und Betriebskosten die Zahlungsbilanz des einzelnen Landes in den wenigsten Fällen belasten werden und daß die Energiezufuhr über einen Zeitraum

von mindestens 30-40 Jahren, unabhängig von Tageszeiten und Witterungsverhältnissen, stabil sein wird. Von den derzeitigen Energiequellen bietet offensichtlich nur Kohle eine entsprechende Versorgungssicherheit. Deshalb ist geothermische Energie auch vom gesamtwirtschaftlichen Standpunkt aus außerordentlich günstig.

Eine genaue Bestandsaufnahme des geothermischen Potentials in den einzelnen Mitgliedstaaten ist deshalb offenbar, soweit dies noch nicht geschehen ist, eine Forderung, der hohe Priorität beizumessen ist. Gleiches gilt für Forschungen über die Nutzung der verschiedenen Arten geothermischer Energie, insbesondere Hot rock, eine der weitestverbreiteten Formen geothermischer Energievorkommen. Falls die Versuche zur Frakturierung solchen Gesteins zu praktikablen Ergebnissen führen sollten, könnte dies zu einer wesentlichen Erhöhung des geothermischen Potentials in den Mitgliedstaaten der Gemeinschaft führen.

Der Bereich geothermischer Energie scheint besonders geeignet für Forschungsinitiativen auf Gemeinschaftsebene und ist deshalb auch in das laufende Forschungs- und Entwicklungsprogramm auf dem Gebiet der Energie (1) (Indirekte Aktion 1975-1979) aufgenommen worden, in dem 13 Mio RE zu Forschungszwecken über geothermische Energie vorgesehen sind. Das Programm "geothermische Energie" umfaßt fünf Einzelprojekte, nämlich Erfassung und Zusammenstellung verfügbarer und neuer geothermischer Daten, Verbesserung der Explorationsmethoden, Heißwasservorkommen (niedrige Enthalpie), Dampfvorkommen (hohe Enthalpie) und heißes Gestein sowie schließlich Ausbildung von Fachleuten.

(1) Beschluß des Rates 75/510/EWG vom 22.8.1975

ABl. Nr. L 231 vom 2.9.1975

