

Bürgerinitiative



Informationen zur Geothermie

Eine kritische Analyse

Das folgende Dokument wurde zusammengefasst von

Dipl.-Ing. Werner F. Striegl

Dr. Luisa F. Jiménez-Soto

Mit Unterstützung von

Dipl.-Ing.(FH) Andreas Nützel

Teil der Informationsinitiative der

Bürgerinitiative für umweltverträgliche und nachhaltige Nutzung alternativer Energiequellen (BIF UN²AE)



Eine Organisation, die als Antwort auf die Planung der größten Geothermieanlage Mitteleuropas mit einem vorgeschlagenen Standort im bzw. am Landschaftsschutzgebiet Hardtlandschaft und Eberfinger Drumlinfelder gegründet wurde.

Dezember 2009

www.alternative-energiequellen.info

Inhaltsverzeichnis

<u>INHALTSVERZEICHNIS</u>	<u>2</u>
<u>HAFTUNGSAUSSCHLUß</u>	<u>5</u>
<u>VORWORT</u>	<u>6</u>
<u>1 GEOTHERMIE – GRUNDSÄTZLICHE METHODEN ZUR NUTZUNG UND UNTERSCHIEDUNGSMERKMALE</u>	<u>7</u>
1.1 OBERFLÄCHENNAHE GEOTHERMIENUTZUNG	7
1.1.1 ERDKOLLEKTOR	7
1.1.2 ERDSONDE	8
1.1.3 WÄRMEPUMPE – DER SCHLÜSSEL DER OBERFLÄCHENNAHEN GEOTHERMIE	8
1.2 TIEFE GEOTHERMIE	9
1.2.1 GEOTHERMIE ZUM BETRIEB EINES THERMALBADES	9
1.2.2 GEOTHERMIE ZUR FERNWÄRMENUTZUNG	9
1.2.3 GEOTHERMIE ZUR STROMERZEUGUNG	10
1.2.4 KRAFT-WÄRME KOPPLUNG IN DER GEOTHERMIE	10
<u>2 MANGELNDE NACHHALTIGKEIT</u>	<u>12</u>
2.1 DEFINITION UND GRUNDLAGEN	12
2.2 NUTZUNGSDAUER VON GEOTHERMIESTANDORTEN	13
2.3 BEISPIELE FÜR ERFAHRUNGEN MIT HYDROTHERMALER GEOTHERMIE	14
2.3.1 PARISER BECKEN (WÄRME NUTZUNG)	14
2.3.2 ISLAND: DAS „MUTTERLAND“ DER GEOTHERMIE	15
2.4 ZUSAMMENFASSUNG	16
2.5 REFERENZEN	16

<u>3</u>	<u>WIE UMWELTFREUNDLICH IST GEOTHERMISCHE STROMERZEUGUNG?</u>	17
3.1	WISSENSCHAFTLICHE GRUNDLAGEN	17
3.2	WIE GLAUBWÜRDIG SIND DIESE AUSSAGEN?	19
3.3	WO IST DIE PUBLIKATION „KALTSCHMITT ET AL. 2002“?	21
3.4	KORRIGIERTE CO ₂ ÄQUIVALENTE UND PRIMÄRENERGIEBEDARFE	22
3.5	ERSCHÖPFLICHE ENERGIEQUELLE GEOTHERMIE	26
3.6	SCHLUSSFOLGERUNG	27
3.7	REFERENZEN	28
<u>4</u>	<u>NEGATIVE AUSWIRKUNGEN, RISIKEN, BISHERIGE ZWISCHEN-FÄLLE UND SCHÄDEN DURCH GEOTHERMIE-PROJEKTE</u>	30
4.1	MÖGLICHE AUSWIRKUNGEN UND RISIKEN AUS DER FACHLITERATUR	30
4.1.1	UMWELTEFFEKTE „ÜBERTAGE“	30
4.1.2	LOKALE UMWELTEFFEKTE UNTERTAGE	31
4.2	NEGATIVE AUSWIRKUNGEN UND RISIKEN AUS DER FACHLITERATUR	31
4.2.1	WÄHREND DER ANLAGENERRICHTUNG	31
4.2.1.1	Auswirkungen im Regelfall	31
4.2.1.2	Zusätzlich mögliche Risiken	31
4.2.2	IM NORMALBETRIEB (UNTERTAGE)	31
4.2.3	IM NORMALBETRIEB (ÜBERTAGE)	32
4.2.4	BEI STÖRFALL	32
4.2.5	NACH BETRIEBSSENDE	33
4.3	BISHERIGE ZWISCHENFÄLLE UND SCHÄDEN DURCH GEOTHERMIE	33
4.4	SCHLUSSKOMMENTAR	34
4.5	REFERENZEN	34
<u>5</u>	<u>STANDORTVERGLEICHE</u>	36
<u>6</u>	<u>VERGLEICH DER STROM-GESTEHUNGSKOSTEN</u>	41



Inhaltsverzeichnis

6.1	SCHLUSSFOLGERUNG	42
6.2	REFERENZEN	43
7	<u>ABSCHLUSSKOMMENTAR</u>	<u>44</u>
8	<u>DANKSAGUNG</u>	<u>45</u>

Haftungsausschluß

Die nachfolgenden Informationen wurden nach bestem Wissen und Gewissen recherchiert und zusammengestellt. Sie sollen einen Überblick über die Aspekte der Geothermie geben, die von Geothermie-Investorensseite nicht genannt werden. Die Unterlage hat keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Allerdings wurden die aus unserer Sicht wichtigsten Themenfelder dargestellt.

Wir verstehen diese Unterlage auch als unsere rechtlich zugesicherte, freie Meinungsäußerung.

Wir weisen ausdrücklich darauf hin und versichern, dass wir kein wirtschaftliches oder finanzielles Interesse mit dieser Veröffentlichung verfolgen.

Unser Ziel ist der Schutz unserer Häuser und unserer Umwelt.

Vorwort

Die Idee für dieses Dokument, entstand aus unseren Erlebnissen der letzte vier Monate. Seit unserer Anfrage im August 2009 über die Geothermie-Kraftwerkspläne haben wir einige Informationen von der BE Geothermal GmbH und der Gemeinde Bernried erhalten. Die Quintessenz aus all diesen Informationen war, dass nur die „positiven“ Aspekte der Geothermie genannt wurden. Bestehende Risiken und Nachteile wurden heruntergespielt oder geleugnet.

Bevor wir uns im Detail mit dem Thema tiefe Geothermie beschäftigt haben, glaubten wir (wie die meisten Bürger) an die Erneuerbarkeit und Nachhaltigkeit der tiefen Geothermie in Deutschland. Unsere Recherche hat aber gezeigt, dass diese Aussagen, ebenso wie Angaben zur Umweltverträglichkeit dieser Technologie, nicht richtig sind.

Wir möchten hiermit die Ergebnisse unserer Recherche für interessierte Leser zusammenfassen. Nach einer Einführung in die Grundlagen der Geothermie, werden Hintergründe zur Nachhaltigkeit, Umweltfreundlichkeit und den Risiken dieser Technologie dargestellt. Abschließend folgt ein Vergleich von verschiedenen Geothermiekraftwerks-Standorten so wie eine Abschätzung der volkswirtschaftlichen Kosten der geothermischen Stromerzeugung.

In zukünftigen Dokumenten werden wir über die Themen Umweltauswirkung und Kraftwerkstechnik informieren.

Wir möchten mit dieser Unterlage Politiker und Bürger einladen, ihre Sichtweise über die Stromerzeugung aus Geothermie neu zu bewerten.

1 Geothermie – Grundsätzliche Methoden zur Nutzung und Unterscheidungsmerkmale

Wichtiger Hinweis: folgende Darstellung soll die Grundzüge und wesentlichen Merkmale behandeln und hat weder Anspruch auf Vollständigkeit, noch sind alle feinen technischen Details der Konzepte enthalten. Allerdings zeigen Sie wichtige Eckdaten, Grundsätze und Probleme, die den wesentlichen Charakter der technischen Prozesse darstellen.

Als **Geothermie** bezeichnet man im Allgemeinen die Nutzung der Wärme unserer Erdkruste, die im Gegensatz zum Oberflächenklima und den damit verbundenen Temperaturschwankungen, konstant im Bereich der Plusgrade der Celsiusscala liegt. Durch den heißen Erdkern von bis ca. 6000°C wird auch die Erdkruste erwärmt. Generell gilt für Mitteleuropa je 100 m Bohrtiefe ein Temperaturanstieg um 3°Celsius. Man rechnet in Mitteleuropa zum Beispiel bei 30 Meter Tiefe mit ca. 15°C. Die genaue Temperatur in den Schichten der Erdkruste hängt aber ebenfalls von der Art der Erdschichten ab, in die man beim Bohren oder Graben vordringt. Daher ist eine genaue Vorhersage der zu erwartenden Temperatur besonders bei der tiefen Geothermie schwierig vorausbestimmbar.

Um die Energie, die als Wärme in der Erdkruste vorliegt zu nutzen, muss man in die Tiefe bohren oder graben. Man unterscheidet dazu sinnvoll in **oberflächennahe Geothermie** und **tiefe Geothermie**.

1.1 Oberflächennahe Geothermienutzung

Die Aufnahme der Wärme aus dem Boden kann über verschiedene technische Konzepte erfolgen – hier einige der gängigen Systeme:

1.1.1 Erdkollektor

Ein Rohrsystem, ähnlich einer Heizschleife bei einer Fußbodenheizung. Diese wird waagrecht in der Erde verlegt, in Tiefen von ca. 2 bis max. 4 Metern (je nach Region und Tiefenrostgefahr). Im Flächenrohrsystem zirkuliert eine Flüssigkeit, welche die Temperatur in der entsprechenden Verlegetiefe aufnimmt und nach oben in eine

Wärmepumpe fördert. Der Erdkollektor lebt hauptsächlich von der Sonneneinstrahlung auf die Erdoberfläche, die vom Mutterboden gespeichert wird und ist damit keine „echte Geothermie“.

1.1.2 Erdsonde

Eine Bohrung bis in etwa 100 Meter Tiefe, die in zwei Rohren Zu- und Rücklauf beinhaltet. Hier wird ebenfalls ein Hilfsmedium (z.B. Propan) in der Tiefe erwärmt und in eine Wärmepumpe zurückgefördert.

Daneben gibt es auch Begriffe Grundwasserbohrung oder Energiepfähle, die ebenfalls als Medium zur Wärmeenergieentnahme aus der Erdkruste dienen.

1.1.3 Wärmepumpe – der Schlüssel der oberflächennahen Geothermie

Das entscheidende Element zur Nutzung der sog. oberflächennahen Geothermie ist die Wärmepumpe. Das wesentliche technische Prinzip kennen wir aus einem Kühlschrank. Mittels Verdichtung wird das im Erdreich verdampfte Medium in der Wärmepumpe kondensiert und gibt dabei Wärme, die zuvor im Erdreich aufgenommen wurde, wieder ab. Die Kondensationswärme kann dann mittels Wärmetauscher auf ein Heizmedium (Wasser oder Sole) mit nutzbarem Temperaturniveau gebracht werden. Über einen Speicherkessel kann die damit erzeugte Wärme sogar eine Zeit lang zwischengespeichert werden – genau wie beim Warmwasserspeicher einer zentralen Gas- oder Ölheizung. Der Antrieb der Wärmepumpe bzw. des Verdichters ist elektrisch (alternativ auch Verbrennungsmotor), d.h. es wird zunächst Energie benötigt, um die Wärmeenergie nutzen zu können. Niedertemperatur Heizsysteme sind die beste Voraussetzung zur Nutzung. Man kalkuliert in etwa 1kWh Strom Verbrauch der Wärmepumpe bei Erzeugung von 3 bis 5 kWh Wärmeleistung und spricht deshalb von einer positiven Energiebilanz. Auch Gebäudekühlung ist nach diesem Prinzip möglich.

Als Nachteil dieses Prozesses werden oft die relativ hohen Anschaffungs- und Installationskosten (Bohrungen oder Erdaushub) bzw. der evtl. Betrieb eines zusätzlichen Niedertemperaturkessels oder einer Elektroheizung bei Spitzenlasten genannt.

1.2 Tiefe Geothermie

Auch bei der tiefen Geothermie werden verschiedenen Konzepte seitens der Energienutzung durch den Abnehmer unterschieden:

1.2.1 Geothermie zum Betrieb eines Thermalbades

Diese Idee basiert auf der Vermutung oder Entdeckung unterirdischer Quellen oder Wasser-Läufe, die durch die Tiefe relativ hohe Fördertemperaturen aufweisen und als Nebeneffekt Mineralien oder Stoffe enthalten, denen heilende Wirkung nachgesagt wird. Als Beispiel sei hier die Therme Erding genannt, die auf eine Warmquellenentdeckung bei einer geplanten Ölbohrung 1982 zurückgeht. Erding fördert aus dieser Quelle in 2350 Metern Wasser mit 63°C Fördertemperatur.

1.2.2 Geothermie zur Fernwärmenutzung

Hierbei sind die Inhaltsstoffe des gefördertem Wassers nebensächlich. Entscheidend ist hierbei, die Bohrung in ausreichender Tiefe zu platzieren, um die Fernwärme unmittelbar und mit unterschiedlichsten Heizkreisen nutzen zu können. Daneben spielt der Wassermengenfluss in der Bohrtiefe eine entscheidende Rolle, um die Bedarfsmenge des angeschlossenen Fernwärmenetzes auch langfristig und nachhaltig abzudecken. Bei allen neuen Konzepten wird das genutzte Wasser durch Reinjektion in die Erdkruste zurückgeführt. Die Effizienz eines Fernwärmenetzes hängt neben der Fördertemperatur auch von der Netzgröße ab, da die Entfernung der Nutzer zueinander bzw. zur Förderbohrung entscheidenden Einfluss auf die Effizienz haben. Auch die zu installierenden Förderstrecken zu den Abnehmern erzeugen Kosten durch Erstellung und Wartung. Beispiel für Fernwärmenutzung der Geothermie ist die Gemeinde Pullach mit Bohrtiefen von 3.300 und 3.443 Metern und Fördertemperatur-

ren von 93,8°C und 107°C und damit für Fernwärme durchaus guten Voraussetzungen. Die Bebauungsdichte und Anzahl größerer Firmenkomplexe in direkter Reichweite machen die Nutzung in Pullach zum Vorzeigeobjekt. Ob solche Anlagen tatsächlich nachhaltig sind, kann erst in einigen Jahrzehnten überprüft werden.

1.2.3 Geothermie zur Stromerzeugung

Grundvoraussetzung ist in diesem Fall eine Temperatur von mindestens 100°C und (besser) mehr, um mittels eines Zweitkreislaufs mit Hilfsmedium, wie z.B. Pentan, nutzbaren Dampf zum Betrieb einer Turbine zu erzeugen. Die Turbine treibt einen Generator an, der wiederum Strom erzeugt. Entscheidend für einen erfolgreichen Betrieb ist eine noch tiefere Bohrung oder ein idealerer Standort wie z. B. an sog. „Hot spots“, an denen die Fördertemperatur eine bessere Effizienz bewirkt oder sogar den Verzicht auf Hilfsmedien möglich macht. In unserer Region ist keine vertretbare Nutzung möglich, d.h. die erwartete Fördertemperatur reduziert den Wirkungsgrad auf Werte zwischen 9 und 13% und macht den Einsatz von bedenklichen Hilfsmedien notwendig, um Stromerzeugung überhaupt betreiben zu können.

1.2.4 Kraft-Wärme Kopplung in der Geothermie

Der Wirkungsgrad der Kombination von Stromerzeugung und Fernwärme stellt eine Möglichkeit dar, den Wirkungsgrad einer solchen Anlage zu steigern. Der Gesamtnutzen der Anlage hängt im Wesentlichen davon ab, wie hoch die Fördertemperatur und die Temperatur nach der Turbine bzw. im Kondensator sind. Daraus ergibt sich die in Folge nutzbare Wärmeenergie für Fernwärme.¹

Die angewandte Form der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) bei Geothermiekraftwerken unterscheidet sich grundlegend von der bekannten Technik der KWK bei Verbrennungskraftwerken (Erdgas, Biomasse, Kohle). Die erreichbaren Gesamtwirkungsgra-

¹ Die Funktionsweise der Kraft Wärme Kopplung wird in einer späteren Veröffentlichung zur Kraftwerkstechnik noch genauer erläutert werden.

de der KWK bei Geothermiekraftwerken (bis ca.25%) liegen deutlich unter denen von Verbrennungskraftwerken mit KWK (bis ca.90%).

Die Nachteile bei Geothermiekraftwerken mit KWK ergeben sich aus den Nachteilen beider Konzepte und beeinflussen sich zum Teil gegenseitig. Z.B. bewirkt eine Optimierung des Stromkreislaufes eine Effizienzminderung der Fernwärmenutzung durch reduzierte nutzbare Temperaturen. Ein sog. „Zuheizen“ mit Unterstützungskraftwerken, betrieben mit fossilen Brennstoffen ist unumgänglich (ebenfalls als Notfall-Heizkraftwerk) und führt zu Zusatzbaumaßnahmen bzw. erheblichen Kosten.

2 Mangelnde Nachhaltigkeit

2.1 Definition und Grundlagen

Nachhaltigkeit bedeutet ein natürliches System ausschließlich so zu nutzen, dass es in seinen wesentlichen Eigenschaften dauerhaft erhalten bleibt.

Kraftwerke zur Stromerzeugung aus tiefer Geothermie sind in unserer Region nicht nachhaltig, da sie um ein Vielfaches mehr Energie aus der Erdkruste entnehmen als natürlich nachströmen kann. Dieses Konzept ist der Bundesregierung seit langem bekannt.

Die aktuelle finanzielle Förderung der Stromproduktion aus Geothermie basiert auf einem Dokument genannt „TAB - Arbeitsbericht Nr. 84“.

In diesem Dokument wird folgendes erklärt:

1. Örtliche Wärmeproduktion und natürlicher Wärmestrom sind nicht genug um bei geothermischer Stromproduktion die entnommene Energie auszugleichen.
2. Wörtlich sagt der Bericht: „In diesem Sinne steht eine Erdwärmennutzung immer für „lokalen Abbau“ der gespeicherten Wärmeenergie. **Geothermische Energie kann also nur in einem weiteren Sinne zu den regenerativen Energien gerechnet werden.**“(1)

Außerdem ist bekannt, dass die Nutzungsdauer von hydrothermalen Geothermie-Anlagen und -Standorten begrenzt ist. Sowohl in der Literatur als auch in den Kreisen der Geothermie Industrie wird dies anerkannt:

1. Gegenwärtige Analysen rechnen mit 20-30 Jahren Nutzbarkeit (2, 3)
2. Die Haltbarkeit der Bohrungen ist auf ca. 15-20 Jahre begrenzt (4)
→ Bohrungen verstopfen oder korrodieren nach einiger Zeit

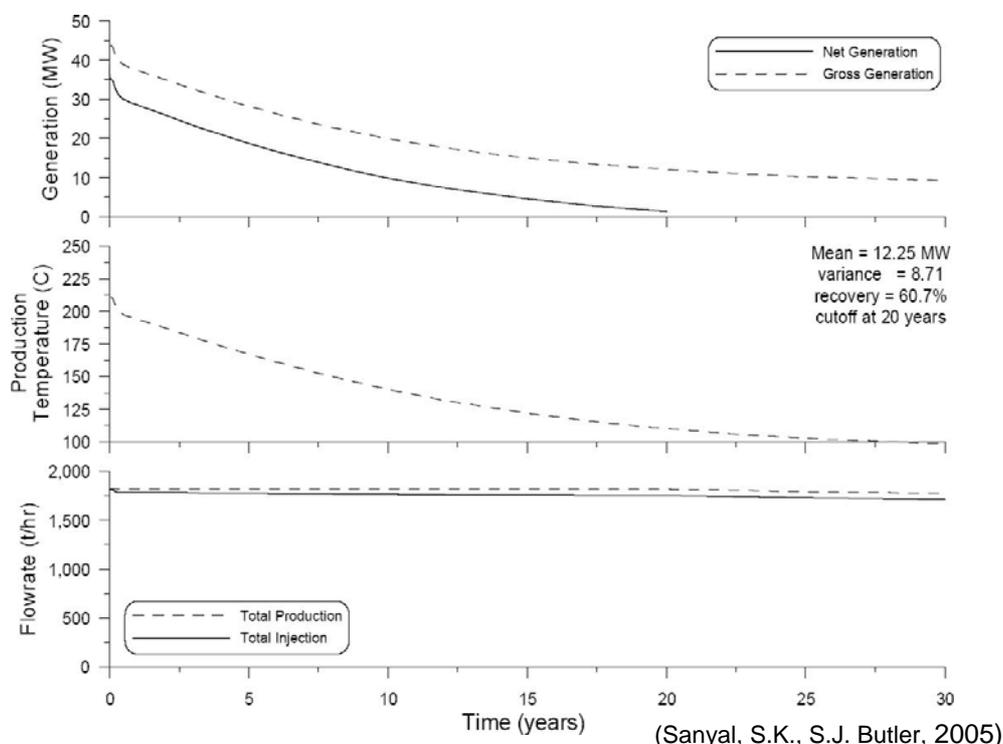
→ Danach muss neu gebohrt werden. Das bedeutet, in 20 Jahren müssen wir uns noch mal mit diesen Problemen beschäftigen: wieder Bohrlärm, wieder Baustelle, noch mal hohe Kosten und Energieverbrauch

Die Bundesregierung hat im Erneuerbaren-Energien-Gesetz (EEG) die Förderung für den Betreiber auf 20 Jahre festgeschrieben. Unter diesen Bedingungen werden die Betreiber versuchen ihren Gewinn aus Subventionen in den ersten 20 Jahren zu erwirtschaften. Danach besteht wahrscheinlich kein Interesse mehr am weiteren Betrieb der Anlage.

2.2 Nutzungsdauer von Geothermiestandorten

Was Geothermie Experten wissen

In der folgenden Darstellung wird gezeigt, dass die Temperatur des geförderten Thermalwassers im Laufe des Kraftwerksbetriebs abnimmt.



Stromproduktion aus Geothermie braucht hohe Förderraten von Wasser. In der oben stehenden Abbildung² wird erklärt, wie wenig nachhaltig ein Geothermie-Standort mit einer hohen Förderrate (unteres Diagramm „Flowrate“) betrieben wird. Die Anfangstemperatur des geförderten Wassers wird für diesen Standort auf 210°C geschätzt. Die Temperatur des geförderten Wassers nimmt während des Betriebs ab (mittleres Diagramm „Production Temperature“).

Die Stromproduktion, welche von der Temperatur des geförderten Wassers direkt abhängig ist, geht im Laufe des Betriebs ebenfalls zurück (oberes Diagramm „Generation“). Die Abbildung zeigt auch, dass die Stromproduktion nach 20 Jahren enden muss. Der Grund ist, dass für die Stromproduktion Wassertemperaturen von mindestens 100°C benötigt werden.

Die gleichen Autoren empfehlen eine niedrigere Förderrate um die Energie-Quelle für längere Zeit nutzbar zu machen. Allerdings sagen sie nicht, dass dadurch ein dauerhafter Betrieb möglich wäre.

2.3 Beispiele für Erfahrungen mit Hydrothormaler Geothermie

2.3.1 Pariser Becken (Wärme Nutzung)

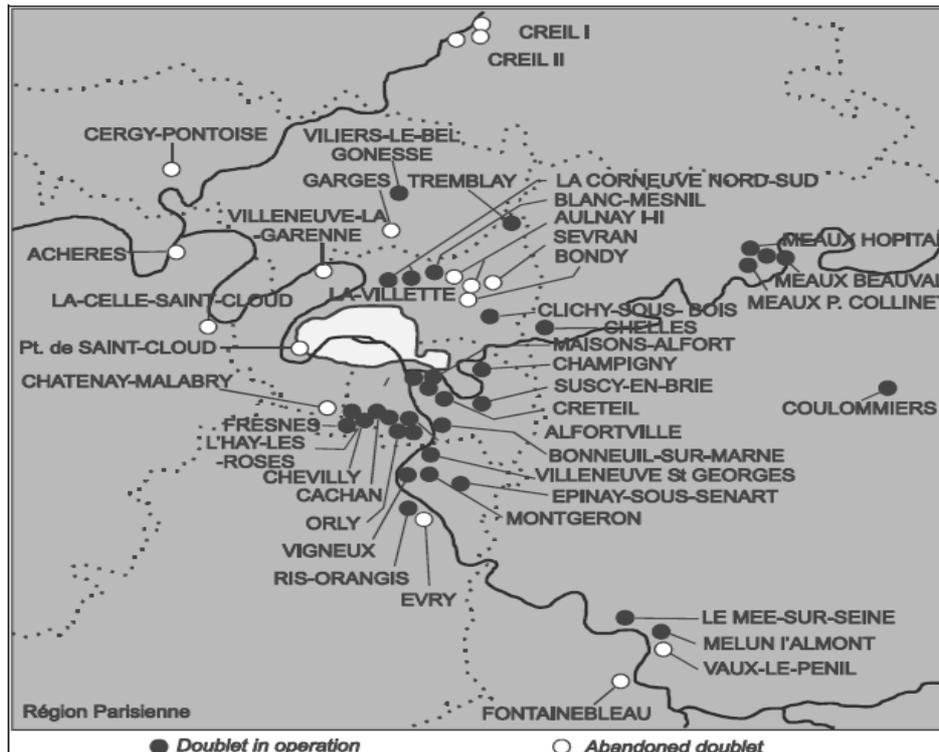
Als Antwort auf die Ölkrise in die 70er Jahren wurden zwischen 1969 und 1985 sukzessive 50 Geothermie Dubletten³ im Pariser Becken erstellt.

Die Anlagen wurden nur zu Heizzwecken (während der Heizperiode) und mit geringer Fördermenge genutzt. 20-36 Jahre später mussten davon bereits 16 Dubletten wegen Erschöpfung abgeschaltet werden (Stand 2005). Obwohl diese Quellen

² Dargestelltes System ist nicht Standort Bernried

³ Dublette = System aus Produktions- und Reinjektionsbohrung

hauptsächlich nur während der Wintermonate benutzt wurden, sind bereits **1/3 ausgefallen**.



Geothermal reservoir management. A 30 year practice in the Paris basin. (2006)

Ungemach, P. & Antics, M. Geoproduction Consultants (GPC)

2.3.2 Island: Das „Mutterland“ der Geothermie

Island befindet sich in einer Region, in der die Wärme des Erdinneren sehr oberflächlich zu finden ist. Die Nutzbarmachung dieser Energiequelle ist dort wirtschaftlich rentabel, da keine hohen Kosten für tiefe Bohrungen anfallen.

In Deutschland muss hingegen mehrere Kilometer tief gebohrt werden, um das Thermalwasser zu erreichen.

Trotz dieser scheinbar „ewigen“ Wärmequelle, hat man in Island bereits die Erfahrung gemacht, dass die Thermalquellen nicht ewig halten. Einige der ersten Standor-

te an denen die Stromproduktion durch Geothermie betrieben wurde, zeigen heute einen Rückgang der Temperatur des geförderten Wassers (5, 6).

Nachdem wir diese Erfahrungen kennen gelernt und analysiert haben, wissen wir was es für uns in Deutschland bedeutet, wenn wir die Stromerzeugung aus tiefer Geothermie betreiben: 100 Jahre Nutzungsdauer des Kraftwerks sind nicht möglich.

2.4 Zusammenfassung

1. In Deutschland wird nicht der natürliche Wärmestrom aus dem Erdinneren, sondern hauptsächlich die in der **Erdkruste gespeicherte Energie** genutzt. Diese wird wie ein Bodenschatz abgebaut, bis Sie schließlich erschöpft ist.
2. In unserer Region wird derzeit eine **Nutzungsdauer** geothermaler Kraftwerke zur Stromerzeugung von ca. **20-30 Jahren** vorhergesagt.
3. Geothermieranlagen an geologischen „Hot-Spots“ wie z.B. Island und Lardarello (Italien) sind nicht vergleichbar.

2.5 Referenzen

1. H. Paschen, D. Oertel, R. Grünwald – (2003). DEUTSCHER BUNDESTAG - Ausschuss für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung. TAB - Arbeitsbericht Nr. 84 - Möglichkeiten geothermischer Stromerzeugung in Deutschland – Sachstandsbericht.
2. Aussage von Bergdirektor, Bay.Wirtsch.Minist. R.Zimmer am 24.September 2009 (Haunshofen).
3. Frick,S.,Kaltschmitt,M (2009): Ökologische Aspekte einer geothermischen Stromerzeugung – Analyse und Bewertung der Umwelteffekte im Lebensweg.
4. Aussage von Erdwerk am 24. September 2009 (Haunshofen).
5. Professor Stefan Arnorsson, University of Iceland – IPS May 26 2009.
6. Rybach, L., Mongillo, M. Geothermal Sustainability- A Review with Identified Research Needs. GRC Transactions, Vol.30, 2006.

3 Wie umweltfreundlich ist Geothermische Stromerzeugung?

Oft wird im Zusammenhang mit den vielen derzeit geplanten Geothermie-Kraftwerken gefragt, wie umweltfreundlich solche Anlagen wirklich sind und wie deren Gesamtenergie- bzw. Ökobilanz ausfällt.

3.1 Wissenschaftliche Grundlagen

Auch wir haben der Betreiberfirma BE Geothermal GmbH diese Frage in Bezug auf ihr derzeit bei Bernried geplantes Kraftwerk gestellt. Bei der Antwort der BE Geothermal GmbH wurden wir auf eine Veröffentlichung von Professor Dr. Martin Kaltschmitt, einem Spezialisten für Geothermie, aus dem Jahre 2002 verwiesen.

In der genannten Veröffentlichung „Kaltschmitt et al. 2002“ wird die geothermische Stromerzeugung (mit und ohne Kraft-Wärme-Kopplung) mit anderen Energiequellen mittels der Ökobilanz Methodik verglichen. Die Ökobilanzmethode vergleicht die Wirkungsgrößen wie z.B. „von Menschen verursachter Treibhauseffekt“ oder „kumulierter Aufwand erschöpflicher Primärenergieträger“ für verschiedene Stromerzeugungsanlagen.

Aus dieser Untersuchung ergab sich, dass die geothermische Stromerzeugung mit Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) in den Umweltauswirkungen zusammen mit der Wasserkraft angeblich am besten abschneidet.

Von der BE Geothermal GmbH wurden uns zwei Diagramme aus der Studie „Kaltschmitt et al. 2002“ zugesandt, aus denen die oben genannte Aussage abgeleitet wurde. Wir haben uns die Mühe gemacht diese beiden Diagramme genauer zu untersuchen und sind dabei auf seltsame Aussagen gestoßen.

In Abbildung 3-1 sind die CO₂-Äquivalent-Emissionen (CO₂, CH₄, N₂O, SF₆ u.a.) für eine geothermische Stromerzeugungsanlage mit anderen Kraftwerkstypen vergli-

chen. Darin sind die Werte auf Bau, Betrieb und Rückbau sowie Brennstoff-Bereitstellung aufgeteilt. Unter CO₂-Äquivalent-Emissionen versteht man, die Menge von CO₂ (bzw. CH₄, N₂O, SF₆ u.a), die bei der Stromerzeugung von eine Gigawattstunde emittiert wird.

In Abbildung 3-2 ist der Verbrauch erschöpflicher Energieträger (oder Primärenergiebedarf) für eine geothermische Stromerzeugungsanlage und andere Kraftwerkstypen gegenübergestellt. Wie zu erwarten sind diese Werte ähnlich zu denen der CO₂ Äquivalente. Unter Primärenergiebedarf versteht man die Menge an nicht erneuerbarer Energie (z.B. fossile Brennstoffe), die notwendig ist um eine Gigawattstunde elektrischen Stroms zu erzeugen.

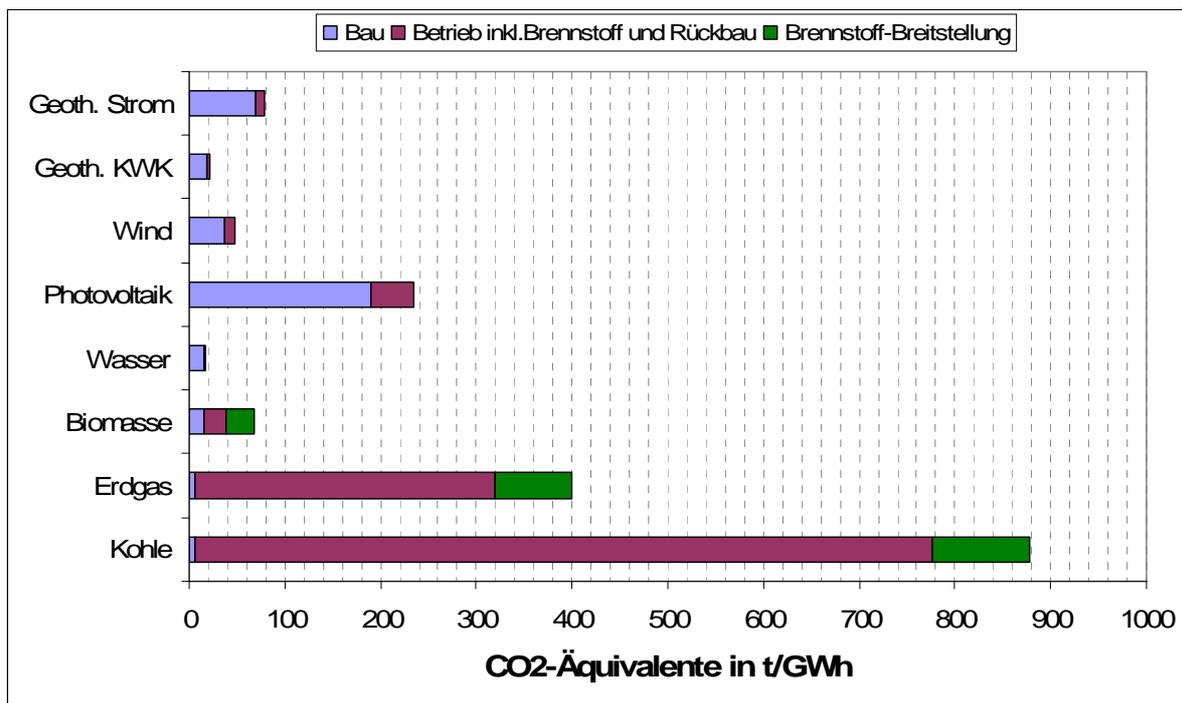


Abbildung 3-1 CO₂-Äquivalent-Emissionen. Abbildung mit Werten übernommen aus (2, 3, 4)

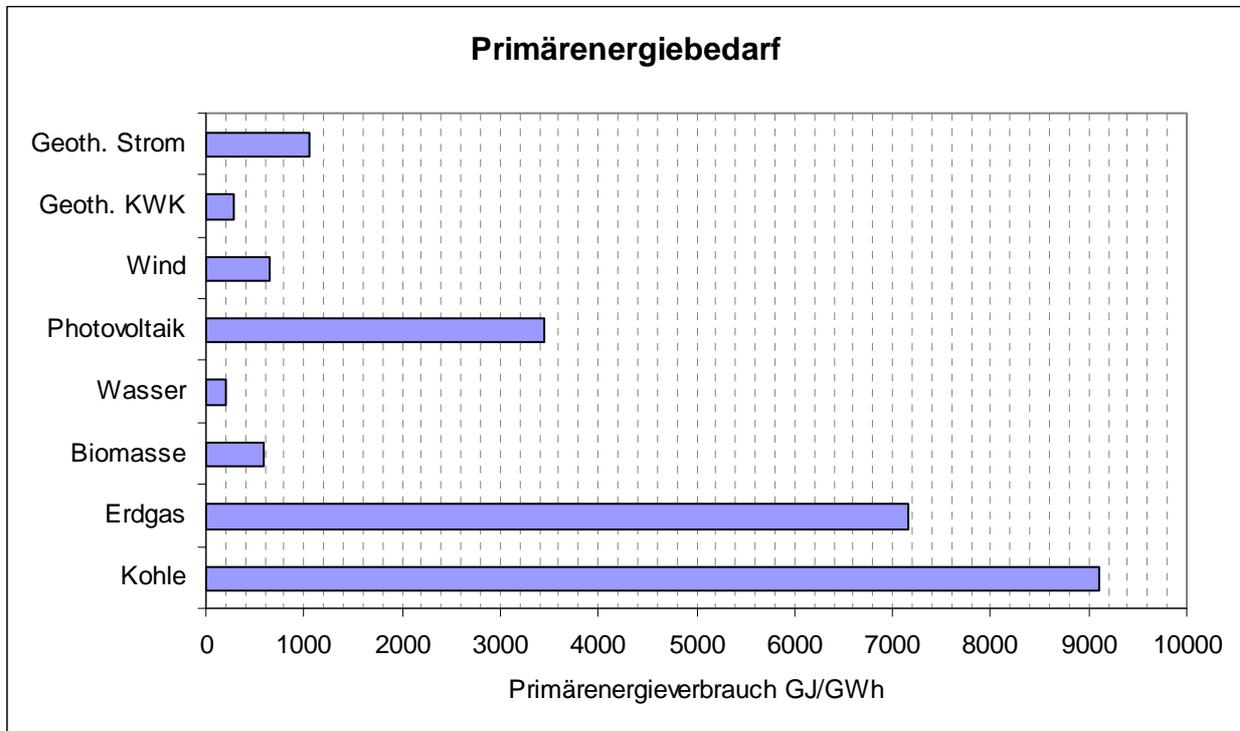


Abbildung 3-2 Primärenergiebedarf. Abbildung mit Werten übernommen aus (2, 3, 4)

3.2 Wie glaubwürdig sind diese Aussagen?

Es ist allgemein bekannt, dass Studien und Statistiken sehr stark von den zugrunde liegenden Annahmen und Randbedingungen abhängen und je nach deren Auswahl können die Ergebnisse variieren.

An den Diagrammen fallen auf den ersten Blick folgende Ungereimtheiten auf:

1. Die Kraft Wärme Kopplung (KWK) wurde nur für die Geothermie untersucht, nicht aber für die Energiequellen Biomasse, Erdgas und Kohle.
 - Im Gegensatz zur Geothermie können bei Biomasse-, Erdgas- und Kohlekraftwerken ca. 90% Gesamtwirkungsgrad (Geothermie KWK nur ca. 25%) erreicht werden, da Verbrennungs-Restwärme und Abwärme

aus der Kondensation des Arbeitsmediums im Stromerzeugungsprozess genutzt werden können.

- Die Anlagenstandorte von Biomasse-, Erdgas- und Kohlekraftwerken mit KWK können frei nach den Bedürfnissen der Fernwärmeabnehmer geplant werden, da keine Standort-Abhängigkeit von den geologischen Bedingungen wie bei der Geothermie besteht. Biomasse-, Erdgas- und Kohle Kraftwerke mit KWK werden daher dort gebaut, wo genügend Wärmeabnehmer vorhanden sind. Warum die KWK Option für Biomasse, Erdgas und Kohle nicht untersucht wurde, ist nicht nachvollziehbar.
2. Die angegebenen CO₂ Äquivalente und Primärenergiebedarfe für Fotovoltaik sind extrem hoch bzw. stark veraltet. In einer aktuelleren Veröffentlichung von Professor Dr. M. Kaltschmitt aus dem Jahr 2009 werden die Werte für diese Technik bei ca.100 tCO₂/kWh bzw. ca.1750 GJ/GWh angegeben (1). Die Werte für Windenergie und Biomasse sind in seiner Veröffentlichung aus 2009 ebenfalls deutlich niedriger angegeben. Die Werte für die Geothermie haben sich in den letzten 7 Jahren jedoch kaum verringert (vgl. (2, 3) mit (1)).
 3. Die Werte für die geothermische Stromerzeugung mit KWK⁴ setzen voraus, dass das Geothermie Kraftwerk nach dem momentanen Wärmebedarf gesteuert wird, d.h. dass nur so viel Thermalwasser gefördert wird, wie Heizenergie benötigt wird. Das dürfte nur für die wenigsten derzeit geplanten Stromerzeugungsanlagen zutreffen, da hierbei die Heizwärme nur ein Nebenprodukt der Stromerzeugung ist. Aus den dargestellten Werten ergäbe sich, dass ca. 3-mal mehr Heizwärmeenergie abgenommen würde als Strom produziert wird (anteilmäßige Aufteilung der Primärenergieverbräuche und CO₂-Äquivalente auf Strom- und Wärmeproduktion (4)). Bei einer Anlage wie der

⁴ 21 tCO₂/kWh bzw. 281 GJ/GWh

Wie umweltfreundlich ist geothermische Stromerzeugung?

Bernrieder, die ca. 10 MW elektrische Leistung liefern soll, müssten damit durchschnittlich 28 MW Wärmeleistung⁵ abgenommen werden. **Das entspricht dem Heizenergiebedarf von ca. 10.000 Haushalten.** Da bei Weitem nicht genügend Abnehmer für eine so große Wärmemenge vorhanden sind, kann diese Rechnung für das Bernrieder⁶ Kraftwerk nicht angewandt werden.

Wie genau sich diese Werte ergeben ist leider nicht nachvollziehbar, da die zitierte Studie Kaltschmitt et al. 2002 (bzw. Kaltschmitt et al. 2002a) nicht auffindbar ist.

3.3 Wo ist die Publikation „Kaltschmitt et al. 2002“?

Auf der Suche nach den Annahmen und Randbedingungen der Studie, haben wir einige wissenschaftliche Datenbanken und das öffentliche Internet nach der so oft zitierten Veröffentlichung „Kaltschmitt et al. 2002“ (bzw. „Kaltschmitt et al. 2002a“) durchsucht. Leider konnten wir dieses Dokument nicht finden.

Wir entschieden uns also bei Professor Dr. M. Kaltschmitt selbst nachzufragen. In einer Email an seine Arbeitsstelle an der TU-Harburg fragten wir Prof. Dr. M. Kaltschmitt im Oktober 2009, wie wir das Dokument „Kaltschmitt et al. 2002“ erhalten könnten und baten ihn um genauere Informationen dazu.

Wenige Tage später erhielten wir die Antwort, dass er seit 2002 für eine andere Universität arbeiten würde und ihm die Unterlagen und Daten seiner Veröffentlichung „Kaltschmitt et al. 2002“ nicht mehr zugänglich seien. Die Studie „Kaltschmitt et al. 2002“ wurde vom deutschen Bundestag in Auftrag gegeben und durch Bundesmittel finanziert. Dass diese Studie nicht öffentlich zugänglich ist und der Autor selbst ebenfalls keinen Zugang mehr dazu hat, erscheint merkwürdig.

⁵ Spitzenleistung während Heizperiode noch deutlich höher

⁶ Bernried: 2194 Einwohner, 925 Haushalte, 503 Wohngebäude (5)

3.4 Korrigierte CO₂ Äquivalente und Primärenergiebedarfe

Im Folgenden haben wir versucht, die CO₂-Äquivalent-Emissionen und die Primärenergieverbräuche um die genannten Kritikpunkte zu korrigieren und erneut gegenübergestellt.

Die Werte in der Publikation von Prof. Dr. M. Kaltschmitt aus 2002 wurden mit seiner Publikation aus 2009 verglichen und entsprechend angepasst. Dafür haben wir die folgenden Annahmen getroffen:

1. Für die Erstellung von Geothermiekraftwerken wurde anscheinend angenommen, dass 100% aller Bohrungen erfolgreich wären. Das Risiko bei einer Geothermiebohrung nicht ausreichend fündig zu werden, ist jedoch nicht vernachlässigbar und wird auch von den Betreibern als Begründung für die Notwendigkeit von Fündigkeitsversicherungen angeführt. Für einen objektiven Vergleich der aufgeführten Stromerzeugungs-Optionen müsste also auch der Energieaufwand und CO₂ Ausstoß für nicht erfolgreiche Bohrarbeiten und abgebrochene Projekte mit eingerechnet werden. Das Risiko eines nicht erfolgreichen Projektes zur geothermischen Stromerzeugung wird aus der bisherigen Rate der vorzeitig abgebrochenen Projekte in Mitteleuropa mit ca. ¼ (25%) angenommen werden (6).
2. Zusätzlich müsste auch der Energieaufwand zur Behebung von möglichen Schäden durch die Geothermienutzung mit eingerechnet werden. Mangels verlässlicher Daten wurde dieser Aspekt in der nachfolgenden Betrachtung jedoch noch nicht berücksichtigt.
3. Die Lebensdauer des Geothermiekraftwerks wurde nach (2, 3, 4) mit 30 Jahren angenommen. Da die Haltbarkeit der Bohrungen in der Regel auf eine kürzere Lebensdauer (20 Jahre) begrenzt ist, müssen innerhalb der Kraftwerklaufzeit Ersatzbohrungen erstellt werden. Es wurde daher die Annahme

getroffen, dass ca. 50% der Bohrungen in der Laufzeit der Anlage (30 Jahre) neu erstellt werden müssen.

4. Wegen des begrenzten Wärmebedarfs in Bernried (2194 Einwohner, 925 Haushalte, 503 Wohngebäude (5)), wurde bei der Geothermie mit Kraft Wärme Kopplung (Geothermie-KWK) die abgenommene Wärmemenge für ein Kraftwerk auf 50% der Stromerzeugung reduziert. Dieser Wert entspricht dem Heizenergiebedarf von ca. 1500 Haushalten und dürfte für eine Anlage wie bei Bernried, die erreichbare Obergrenze an Fernwärmeabnehmern darstellen.
5. Für die Photovoltaik ebenso wie für Wind, Wasserkraft und Biomasse wurden die aktuellen Werte aus 2009 (1) übernommen.
6. Auch wenn sich die Werte für geothermische Stromerzeugung nur wenig geändert haben, wurden diese zur objektiven Vergleichbarkeit, ebenfalls an die aktuellen Daten aus 2009 und für einen Standort im süddeutschen Molassebecken angepasst (1).
7. Zusätzlich zur Stromerzeugung aus Biomasse wurde für diese Energiequelle eine Kraft-Wärme-Kopplung mit in den Vergleich aufgenommen⁷, wie dies in der Publikation aus 2002 (2, 3, 4) für Geothermie getan wurde.
8. Zur besseren Übersichtlichkeit wurden in den folgenden beiden Diagrammen nur nach EEG als erneuerbar eingestufte Energiequellen dargestellt. Die fossilen Energiequellen Erdgas und Kohle werden nur im letzten Abschnitt mit aufgeführt.

⁷ Die Standorte für Biomasse, Erdgas und Kohlekraftwerke können relativ frei nach dem Bedarf der Wärmeabnehmer gewählt werden. Dadurch können diese Kraftwerke optimiert nach Wärmebedarf gesteuert werden. Die Berechnung der KWK ergibt sich aus einer anteilmäßigen Aufteilung der CO₂ Äquivalente bzw. Primärenergiebedarfe auf die Stromerzeugung und die Wärmebereitstellung. Die Werte wurden hierbei gemäß den typischen Wirkungsgraden solcher Anlagen aufgeteilt.

Wie umweltfreundlich ist geothermische Stromerzeugung?

In Abbildung 3-3 (Seite 26) werden die korrigierten CO₂-Äquivalent-Emissionen (CO₂, CH₄, N₂O, SF₆ u.a.) für eine geothermische Stromerzeugungsanlage mit anderen Kraftwerkstypen verglichen.

In Abbildung 3-4 (Seite 26) ist der korrigierte Primärenergiebedarf für ein geothermische Stromerzeugungsanlage und andere Kraftwerkstypen gegenübergestellt.

Wie umweltfreundlich ist geothermische Stromerzeugung?

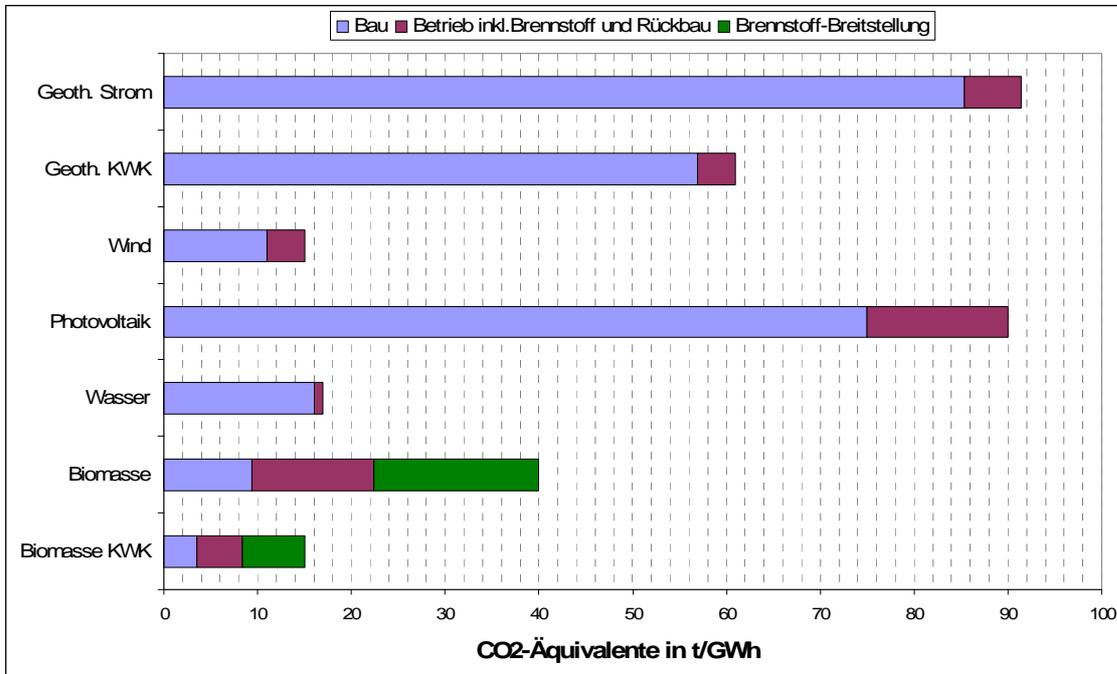


Abbildung 3-3. Korrigierte CO₂-Äquivalent-Emissionen

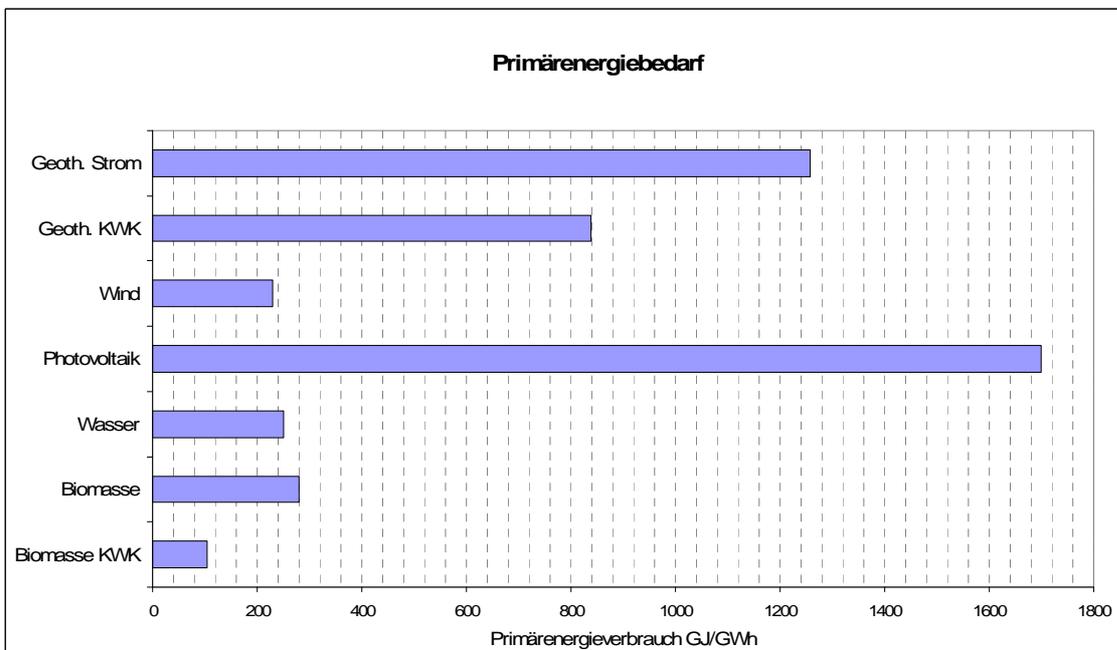


Abbildung 3-4. Korrigierter Primärenergiebedarf

3.5 Erschöpfliche Energiequelle Geothermie

Bei der Geothermienutzung zur Stromerzeugung wird weitaus mehr Wärmeenergie aus dem Untergrund entnommen als durch den natürlichen Wärmestrom aus dem Erdinneren nachgeliefert wird.

Laut der TAB Studie des Deutschen Bundestages aus 2003 *„steht eine Erdwärmennutzung immer für lokalen Abbau der gespeicherten Wärmeenergie. Geothermische Energie kann also nur in einem weiteren Sinne zu den regenerativen Energien gerechnet werden“* (4).

Einmal abgebaute Wärmeenergie aus dem Erdinneren wird sich nach Beendigung der Kraftwerkslaufzeit erst nach viele Tausend Jahren (7) wieder voll regenerieren. Die Regenerierung ist zwar schneller als bei fossilen Energieträgern, allerdings nicht nachhaltig wie bei den wirklich erneuerbaren Energiequellen Sonne, Wind, Wasser und Biomasse, die nicht abgebaut werden und theoretisch unendlich⁸ zur Verfügung stehen.

Daher kann die abgebaute Wärmeenergie aus der Geothermienutzung ebenfalls zum Verbrauch der „erschöpflichen Energieträger“ hinzugezählt werden. Aufgrund des schlechten Wirkungsgrades der Energieausnutzung bei geothermischer Stromerzeugung ergibt sich damit das folgende Bild:

In Abbildung 3-5 ist der korrigierte Verbrauch erschöpflicher Energieträger, unter Einbeziehung der abgebauten Erdwärme für eine geothermische Stromerzeugungsanlage und andere Kraftwerkstypen gegenübergestellt. Zu Vergleichszwecken wurden hier auch die fossilen Energiequellen Erdgas und Kohle mit und ohne Kraft-Wärme-Kopplung aufgeführt.

⁸ Unendlich bezeichnet hier den Zeitraum bis zum Ende der natürlichen Lebensdauer unserer Sonne und des Planeten Erde.

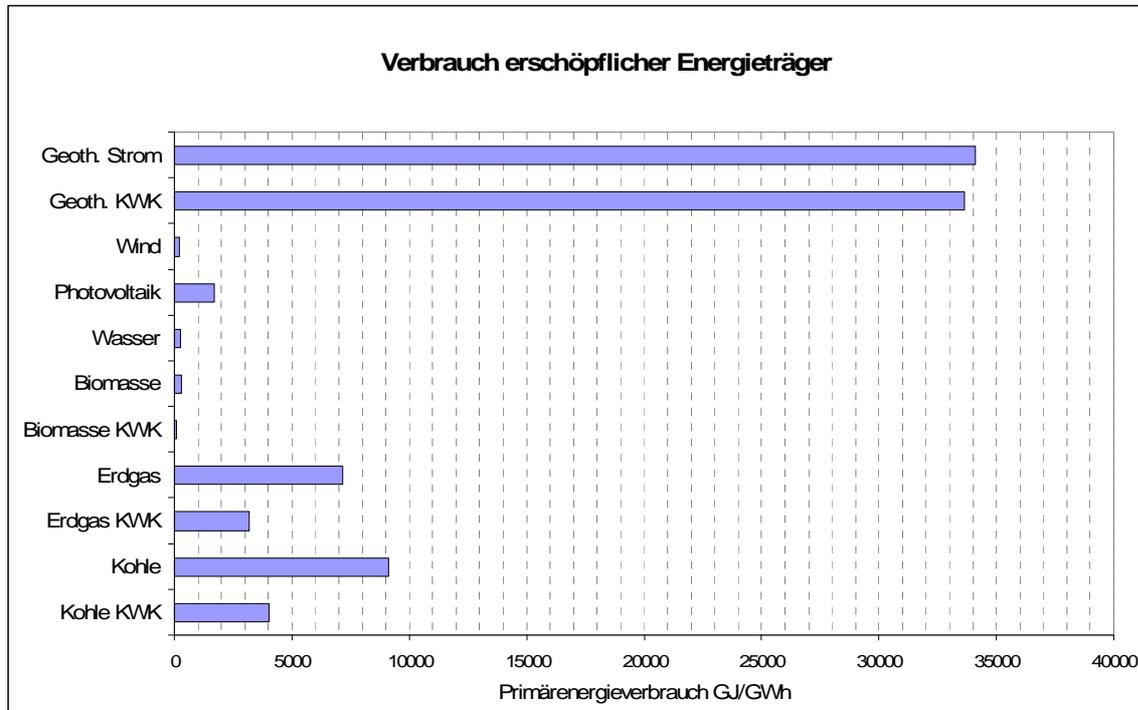


Abbildung 3-5. Korrigierter Primärenergiebedarf mit Erdwärme als erschöpflicher Energieträger

3.6 Schlussfolgerung

Die Tatsache, dass das Dokument Kaltschmitt et al. 2002 nicht eingesehen werden kann und auch beim Autor selbst nicht verfügbar ist, deutet darauf hin, dass die Ergebnisse nicht mehr aktuell sind. Dieses Dokument sollte fortan nicht mehr als Begründung für die Umweltverträglichkeit geothermischer Stromerzeugung angeführt werden.

Die aktuellen Vergleichswerte für die untersuchten Energiequellen im Kapitel „Korrigierte CO₂ Äquivalente und Primärenergieverbräuche“ zeigen, dass Wasser, Wind und Biomasse (insbesondere mit KWK) die besten Energie- und CO₂ Bilanzen aller untersuchten Energiequellen aufweisen.

Die Geothermie schneidet bei diesem Vergleich zusammen mit der Photovoltaik deutlich schlechter ab. Allerdings hat die Entwicklung der Photovoltaik in den letzten

Jahren große Fortschritte gemacht. Darf man den Werten der Veröffentlichungen von Prof. Dr. M. Kaltschmitt aus 2002 und 2009 (1, 2, 3, 4) glauben, dann hat sich die Photovoltaik in ihren Umweltauswirkungen in nur 7 Jahren auf weniger als 50% reduziert. Die Geothermie hingegen stagnierte im gleichen Zeitraum auf demselben Niveau.

Es ist also davon auszugehen, dass bald auch die Photovoltaik weit unter dem Niveau der Geothermie liegen wird.

Berücksichtigt man noch, dass bei der geothermischen Stromerzeugung Wärmeenergie aus der Erdkruste nicht nachhaltig abgebaut wird, verschlechtert sich die Geothermie im Primärenergieverbrauch sogar noch weit hinter die fossilen Energiequellen Erdgas und Kohle. Da die Geothermie relativ effizient für reine Wärmeengewinnung als Fernwärme genutzt werden könnte und durch die ineffiziente Stromerzeugung „verschwendet“ wird, sollte der nicht nachhaltige Verbrauch der Erdwärme bei geothermischer Stromerzeugung ebenfalls als erschöpflicher Energieträger mit berücksichtigt werden.

3.7 Referenzen

1. Frick, S., Kaltschmitt, M. (2009): Ökologische Aspekte einer geothermischen Stromerzeugung - Analyse und Bewertung der Umwelteffekte im Lebensweg. - Erdöl, Erdgas, Kohle, 125, 1, 37-42.
2. Kaltschmitt, M., Schröder, G., Rogge, S. (2002): Zur geothermischen Stromerzeugung in Deutschland. Gutachten im Auftrag des TAB (nur referenziert in anderen Dokumenten).
3. Kaltschmitt, M., Nill, M., Schröder, G., Rogge, S. (2002a): „Geothermische Stromerzeugung – Umweltaspekte im Vergleich zu anderen Optionen einer Stromerzeugung aus regenerativen Energien sowie Marktchancen.“ VDI-Berichte 1703, Tagung Potsdam 17./18.10.2002, „Geothermische (nur referenziert in anderen Dokumenten).
4. H. Paschen, D. Oertel, R. Grünwald – (2003). DEUTSCHER BUNDESTAG - Ausschuss für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung. TAB - Arbeitsbericht Nr. 84 - Möglichkeiten geothermischer Stromerzeugung in Deutschland – Sachstandsbericht.
5. www.bernried.de Stand November 2009.

Wie umweltfreundlich ist geothermische Stromerzeugung?

6. Wikipedia, Artikel Geothermie, Tabelle „geplante und realisierte Geothermieanlagen (Stromerzeugung) in Mitteleuropa (Stand November 2009).
7. Wenderoth F. et al. Geothermische Energie 48/2005. Numerische 3D-Modellierung eines geohydrothermalen Dublettenbetriebs im Malmkarst.

4 Negative Auswirkungen, Risiken, bisherige Zwischenfälle und Schäden durch Geothermie-Projekte

„Die Nutzung der Geothermie stellt einen Eingriff in das natürliche Gleichgewicht der oberen Erdkruste dar.“ (1)

Die folgenden Informationen sind Geowissenschaftlern⁹ und Geothermie Unternehmen seit Langem bekannt.

Die nachfolgende Auflistung wurde in Publikationen aus 2008(2), 2006(3) und aus 2003(4) genannt. Alle enthaltenen Gefahren sind im Zusammenhang mit Geothermie Abbau anerkannt.

Gemäß den im ersten Teil dieses Dokuments aufgeführten Risiken wurden im zweiten Teil einige der bisher durch Geothermie-Anlagen verursachten Ereignisse aufgeführt.

4.1 Mögliche Auswirkungen und Risiken aus der Fachliteratur (2)

4.1.1 Umwelteffekte „Übertage“

- ✓ Erderschütterungen
- ✓ Luftgetragene Stofffreisetzungen (z.B. CH₄, NH₃, H₂S, CO₂)
- ✓ Lärmwirkung
- ✓ Beeinflussung des Mikroklimas
- ✓ Flächeninanspruchnahme
- ✓ Visuelle Beeinträchtigung
- ✓ Bohrlochausbruch
- ✓ Thermischer Eintrag in Oberflächengewässer
- ✓ Wasserverbrauch
- ✓ Abfälle

⁹ Geophysiker und Geologen

4.1.2 Lokale Umwelteffekte Untertage

- ✓ Hydraulische Veränderungen
- ✓ Thermische Beeinflussungen
- ✓ Geomechanische Veränderungen
- ✓ Stoffliche Einträge

4.2 Negative Auswirkungen und Risiken aus der Fachliteratur (3,4)

4.2.1 Während der Anlagenerrichtung

4.2.1.1 Auswirkungen im Regelfall

- ✓ Erhöhter Energiebedarf sowie CO₂ Ausstoß durch Vermessungen, Bohrungen und Baumaßnahmen.
- ✓ Austritt von schädlichen Gasen (CH₄, NH₃, H₂S, CO₂)
- ✓ Lärmwirkungen durch das Abteufen der Bohrung (24h Bohrlärm)
- ✓ Baustellenverkehr (Schwerlastverkehr für Bohrgeräte & Abtransport von Bohrklein. (*Oberhaching: 90 Schwerlastwagen für Bohrturmeinrichtung(5), Je Bohrung ca. 50 Schwerlastwagen für Bohrkleinentsorgung*))
- ✓ Bohrflächenbelegung (ca. 1ha/Bohrung)
- ✓ Zwischenlagerung von Bohrklein und Spülung
- ✓ Auslösen von Erdstößen durch hydraulische Spannungen

4.2.1.2 Zusätzlich mögliche Risiken

- ✓ Gefahr eines hydraulischen Kurzschlusses unterschiedlicher Schichten im Untergrund
- ✓ Absenkung durch Bildung von Hohlräumen im Untergrund
- ✓ Auslösen von Erdbeben durch hydraulische Spannungen bzw. durch Destabilisierung von Störungszonen
- ✓ Austritt von schädlichem Thermalwasser bzw. Dampf

4.2.2 Im Normalbetrieb (Untertage)

- ✓ Thermische Beeinflussung des Aquifers¹⁰ und benachbarter Gesteinsschichten durch Injektion des kalten Abwassers
 - kontinuierliche Abnahme der Speichertemperaturen
 - Temperaturunterschiede zu Umgebungsschichten
 - Erdstöße durch thermisch induzierte Spannungen

¹⁰ Als Aquifer wird eine wasserführende Schicht bezeichnet

- ✓ Ausbildung Kaltwasserbereich im Aquifer
 - Kontraktion der Speicherschichten
 - Reduzierung der Schichtmächtigkeit möglich
 - Absenkung der Erdoberfläche
- ✓ Mögliche Störung des Wasserhaushalts im Untergrund
 - mögliche Veränderungen des Porendrucks
 - seismische Erscheinungen
 - Auslösung von Erdbeben
- ✓ Abkühlung des Untergrunds kann zu möglichen Veränderungen der Chemie im Reservoir führen.

4.2.3 Im Normalbetrieb (Übertage)

- ✓ Flächenverbrauch durch Kraftwerk, Zufahrtsstrassen, Pumpenhäuser, Leitungen und Pipelines
- ✓ Lärmemission durch Kühlung des Kraftwerksmediums
- ✓ Abwärme durch Kraftwerkskühlung und Beeinflussung des Mikroklimas
- ✓ Endlagerung von in Filtern abgeschiedenen festen Ausfällungen
- ✓ Emissionen aus den mit fossilen Brennstoffen befeuerten Zusatz- bzw. Spitzenlastanlagen
- ✓ Emissionen von Gasen (CH₄, NH₃, H₂S, CO₂ usw.) und Freisetzungen von Mineralien die im Untergrund bei der Wasserzirkulation gelöst werden
- ✓ Thermische Beeinflussung der Bohrumgebung
- ✓ Die Bohrung gibt Wärme an die Umgebung ab.
Nach mehreren Betriebsjahren kann Erwärmung in größerem Abstand um Bohrung gemessen werden → mögliche Auswirkungen auf Flora und Fauna

4.2.4 Bei Störfall

- ✓ Austreten des heißen und schädlichen Tiefenwassers an die Erdoberfläche. Schädigung von Flora und Fauna
- ✓ Umweltbeeinflussungen durch umweltschädigende Chemikalien zur Beseitigung der Ausfällungen und Verstopfungen der Rohrleistungssysteme
- ✓ Stofffreisetzungen durch Brände an den elektrischen Anlagenteilen (z. B. Kabel)
- ✓ Austritt von umweltschädlichem Arbeitsmedium (z.B. Pentan, Ammoniak)

4.2.5 Nach Betriebsende

- ✓ Bohrabdichtung notwendig
 - gegen Schadstoffeinträge von der Erdoberfläche in die Bohrung
 - zur Vermeidung hydraulischer Kurzschlüsse unterschiedlicher Schichten
- ✓ Entsorgung der eingesetzten Anlagenkomponenten
- ✓ Renaturierung versiegelter Oberflächen
- ✓ Verbleib von Industrieruinen

4.3 Bisherige Zwischenfälle und Schäden durch Geothermie

- ✓ Erdstöße & Erdbeben
 - Unterhaching – Zwei Erdbeben durch Kraftwerk im Januar 2009 (bestätigt durch Erdbebendienst Bayern)
 - Landau in der Pfalz – Zwei Erdbeben durch Kraftwerksbetrieb im August und September 2009
 - Basel (Schweiz) - Schadensbeben durch Geothermie-Bohrung in 2007
 - The Geysers Geothermiefeld, Anderson Springs (California, USA) - tägliche Erdbeben (6)
- ✓ Landabsenkungen
 - *Neuseeland:*
 - Waikerei - 125mm bis 400mm Absenkung pro Jahr; Bis 2003 15m Gesamtabenkung
 - Tauhara - 75 mm Absenkung pro Jahr
 - Lake Taupo Geothermiefeld -15 m Absenkung in 50 Jahren Betrieb (7, 8)
 - *Italien:*
 - Larderello - 250mm Absenkung pro Jahr (8),
 - Euganean Geothermal Basin - 10mm Absenkung pro Jahr bis 1991, 3 mm/Jahr zwischen 1991 und 1995 (9)
 - Travale Geothermal Area - 2,5 mm Absenkung pro Jahr bis 1995 (10))
 - *Island:*
 - Svartsengi -10mm Absenkung pro Jahr (8))
 - *Mexiko:*
 - Cerro Prieto, Baja California - Schäden an Straßen, Bahngleisen, Wasserversorgungskanälen und landwirtschaftlichen Flächen durch Absenkungen bis 2009 (11)
 - *Deutschland:*
 - Kamen-Wasserkurl (NRW): Schwere Schäden an mehreren Wohngebäuden im June 2009 durch Absenkung nach Geothermiebohrung.

- ✓ Hydraulische Kurzschlüsse
 - Staufen im Breisgau – Millionenschäden an historischer Altstadt durch Hebungen im Untergrund
 - Wiesbaden – Überschwemmungen nach Anbohrung einer Wasserschicht mit hohem Druck

- ✓ Umwelt-Verseuchung durch Thermalwasser, -Dampf Austritt
 - Larderello, *Italien*
 - El Tatio, *Chile* (12)
 - Hellisheidi Geothermie-Kraftwerk, *Island* (13)

4.4 Schlusskommentar

Die Geologie ist bis heute keine exakt berechenbare Wissenschaft. Die Inhomogenität der Erdkruste macht eine verlässliche Vorhersage dessen was man in der Tiefe findet sehr schwierig. Der Bergdirektor des bayrischen Wirtschaftsministeriums hat diese Unsicherheit mit dem alten Bergbau Spruch „vor der Hacke ist es duster“ auf den Punkt gebracht.

Alle genannten Ereignisse zeigen, dass immer wieder ein neues Unglück aus Bergbau-Aktivitäten wie Geothermiebohrungen resultieren kann, mit dem vorher niemand rechnen konnte (oder wollte). Man muss bedenken, dass bei all diesen Ereignissen die Verantwortlichen vorab jedes Risiko ausgeschlossen haben, und beteuerten, dass ihnen die Fehler Ihrer Kollegen nicht unterlaufen werden. Vielleicht werden ihnen nicht genau dieselben Fehler unterlaufen, denn Sie sind ja angeblich klüger als ihre Kollegen. Trotzdem ist die Auswahl an möglichen Katastrophen sehr groß.

4.5 Referenzen

1. AG DLR/IFEU/WI (2004) Umweltpolitik - Ökologisch optimierter Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energie in Deutschland. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: 46 S.
2. Frick, S., Kaltschmitt, M. (2008): Ökologische Aspekte der tiefen Erdwärmenutzung. Analyse und Bewertung lokaler Umwelteffekte. - Erdöl, Erdgas, Kohle, 124, 7/8, 323-328
3. Kaltschmitt, M., Streicher, W., Wiese, A., Erneuerbare Energien-Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte. (2006), Springer-Verlag Berlin Heidelberg

4. H. Paschen, D. Oertel, R. Grünwald – (2003). DEUTSCHER BUNDESTAG - Ausschuss für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung. TAB - Arbeitsbericht Nr. 84 - Möglichkeiten geothermischer Stromerzeugung in Deutschland – Sachstandsbericht
5. Direktor Bohrungstelle in Oberhaching Hr.Achilles, November 20, 2009
6. Community Alliance from Anderson Springs. Jeffrey Gospe. www.andersonsprings.org
7. Kristmannsdottir, H., Armannsson H., Environmental aspects of geothermal energy utilization. Geothermics 32 (2003) 451-461.
8. Chang H., Ge, L., Rizos, C. Radar Interferometry for monitoring land subsidence due to underground water extraction. Proceedings of SSC 2005. Spatial Intelligence, innovation and Praxis: The national biennial Conference of the spatial Sciences Institute, September 2005. Melbourne: Spatial Science Institute. ISBN 0-9581366-2-9
9. Strozzi, T., Wegmüller, U., Tosi, L., Bitelli, G., Spreckels. Land Subsidence Monitoring with Differential SAR Interferometry. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing. Vol.67, No. 11, November 2001, pp.1261-1270.
10. Beinat, A., Machesini, C., Rossi, A., Dini, I. Recent Crustal movements of the travale geothermal area measured by classical geodetic control network. J.Geodynamics. Vol 20. No.1 pp 77-84, 1995.
11. Glowacka E. Sarychikhina, O., Suarez, F., Nava A.F., Mellors, R. Anthropogenic subsidence in the Mexicalli Valley, Baja California, Mexico, and slip on the Saltillo fault. Environ Earth Sci. 2009.
12. Organization "Salvemos el Tatio". www.eltatio.org
13. IPS News <http://ipsnews.net/print.asp?idnews=46969>

5 Standortvergleiche

Die nachfolgenden Abbildungen (Abb. 5-1, 5-2, 5-3, 5-4) zeigen einen Vergleich von Standorten für einige in Betrieb oder fortgeschrittener Bauphase befindliche Geothermianlagen in Südbayern, mit dem bei Bernried geplanten Kraftwerk (Abb.5-5).

Auffällig ist, dass alle bestehenden Geothermianlagen in unmittelbarer Nähe der Fernwärmeabnehmer erstellt wurden, was aus energetischer und finanzieller Sicht auch notwendig ist.

Außerdem wurden die Anlagen in bzw. nahe zu bereits bebauten Gebieten errichtet. Die Kraftwerke zur Stromerzeugung in Unterhaching und Sauerlach wurden in Industriegebieten in Nachbarschaft zu Autobahnen oder Hauptverkehrsstrassen errichtet, wodurch die Beeinträchtigungen und Umweltzerstörungen durch den Kraftwerksbau minimiert werden.

Zur besseren Vergleichbarkeit wurden alle nachfolgenden Satellitenaufnahmen im gleichen Maßstab abgebildet.



Abbildung 5-1 Standort Unterhaching



Abbildung 5-2 Standort Sauerlach



Abbildung 5-3 Standort München-Riem



Abbildung 5-4 Standort Pullach

Das geplante Kraftwerk bei Bernried soll dagegen inmitten eines bislang unerschlossenen Waldgebietes in Nachbarschaft eines Landschafts- und Naturschutzgebietes errichtet werden.

Die Infrastruktur zum Kraftwerk im Wald mit Strassen, Pipelines und Leitungen müsste neu erstellt werden und eines der letzten noch unberührten Waldgebiete ginge verloren. Diese Umweltzerstörung passt nicht zum Anspruch der Geothermie als umweltfreundliche Energiequelle!



Abbildung 5-5 Standort Bernried

Die Fernwärmeleitungslängen bis zu den Abnehmern in Bernried betragen einfach 4 bis 8 km, was neben den Wärmeverlusten im Leitungsnetz zu hohen Investitionskosten für die Gemeinde Bernried führen wird.



Standortvergleiche

Wir fordern, dass der Fokus bei Geothermieprojekten auf der effizienteren Fernwärmegewinnung liegen muss und Umweltzerstörung bei der Standortwahl unter allen Umständen vermieden wird. Deshalb darf nur ein Standort in unmittelbarer Nähe der Wärmeabnehmer in Frage kommen.

6 Vergleich der Strom-Gestehungskosten

Im TAB - Arbeitsbericht Nr. 84 aus 2003 (1) wurde auch eine finanzielle Betrachtung mit einem Vergleich der Stromgestehungskosten verschiedener Stromerzeugungsoptionen durchgeführt.

Daraus ergibt sich, dass die Stromerzeugung aus Geothermie, vor allem wegen der hohen Tiefbohrkosten und der geringen Wirkungsgrade, die langfristig teuerste Stromerzeugungsmethode aller erneuerbarer Energien darstellt.

Abbildung 6-1 zeigt die Gestehungskosten einer Stromerzeugung aus als regenerativ bezeichneten Energien sowie Erdgas und Steinkohle

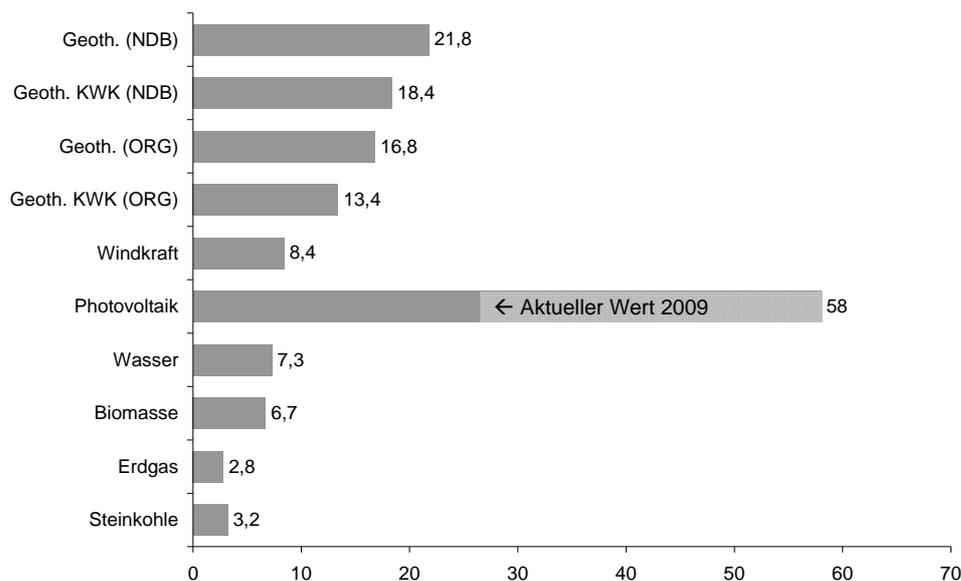


Abbildung 6-1¹¹. Gestehungskosten einer Stromerzeugung aus regenerativen Energien, Erdgas, Steinkohle (1) (modifiziert für aktuelle Photovoltaik-Werte (2))

¹¹ NDB = Norddeutsches Becken; ORG = Oberrheingraben

Die Gestehungskosten für die Photovoltaik wurden im Verhältnis zur Verbesserung des Primärenergieverbrauchs von 2003 bis 2009 als grober Richtwert angepasst. Da die Entwicklung der Photovoltaik in den letzten Jahren große Fortschritte gemacht hat und auf der Lernkurve¹² noch nicht als ausoptimiert gilt, ist davon auszugehen, dass bald auch die Photovoltaik weit unter dem Kostenniveau der Geothermie liegen wird. Die Geothermie ist hingegen mit Ihrem Kostentreiber, der Bohrtechnik, welche über die letzten Jahrzehnte von der Erdölindustrie ausoptimiert wurde, am Ende der Lernkurve angelangt. Es wurden in den letzten Jahren keine signifikanten Kostenreduzierungen mehr festgestellt und sind auch in Zukunft nicht zu erwarten.

Zu Bedenken ist auch, dass die geothermische Stromerzeugung im Gegensatz zur Photovoltaik nicht frei von Risiken ist und Schäden verursachen kann (z.B. Basel (CH), Staufen im Breisgau, Kamen-Wasserkurl etc.). Aufgrund der geringen Erfahrungswerte sind diese Risiken nur schwer kalkulierbar, müssten aber für eine objektive Bewertung der Gestehungskosten bei geothermischer Stromerzeugung zugerechnet werden (in Abbildung 6-1 sind keine Risiken berücksichtigt).

6.1 Schlussfolgerung

Durch die starke finanzielle Förderung aus dem Erneuerbaren-Energien-Gesetz verspricht die geothermische Stromerzeugung nach betriebswirtschaftlichen Gesichtspunkten hohe Renditen für einen Investor.

Da die Förderung jedoch von den Bürgern finanziert werden muss, ist die Stromerzeugung aus Geothermie volkswirtschaftlich gesehen die teuerste Option mit nur geringem Kostenreduzierungspotential.

¹² Lernkurve bezeichnet ein Optimierungspotential einer Technologie über die Zeit. Die Optimierung entwickelt sich Anfangs sehr schnell und nähert sich am Ende immer langsamer einem Grenzwert an. Man bezeichnet den späten Zustand auch als „ausgelernt“ oder „ausoptimiert“

6.2 Referenzen

1. H. Paschen, D. Oertel, R. Grünwald – (2003). DEUTSCHER BUNDESTAG - Ausschuss für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung. TAB - Arbeitsbericht Nr. 84 - Möglichkeiten geothermischer Stromerzeugung in Deutschland – Sachstandsbericht.
2. Frick, S., Kaltschmitt, M. (2009): Ökologische Aspekte einer geothermischen Stromerzeugung - Analyse und Bewertung der Umwelteffekte im Lebensweg. - Erdöl, Erdgas, Kohle, 125, 1, 37-42.

7 Abschlusskommentar

Bedingt durch die hohe Förderung nach dem EEG erlebte die Stromerzeugung aus tiefer Geothermie in den vergangenen Jahren einen wahren Boom. Erreicht wurde die hohe Förderung der Stromerzeugung aus Geothermie durch eine starke Lobbyarbeit der Geothermie- Unternehmen und -Organisationen. Viele der Argumente, die dabei benutzt wurden, entsprechen allerdings nicht der ganzen Wahrheit über diese Technologie. Nach dem Bekannt werden von einigen Zwischenfällen mit Geothermiebohrungen, setzt sich nun bei vielen Bürgern das Bewusstsein durch, dass andere wirklich erneuerbare Energien zur Stromerzeugung die bessere Option wären.

In der vorangegangenen Analyse hat sich gezeigt, dass die Stromerzeugung aus Geothermie in Deutschland unter den als erneuerbar eingestuften Energien die schlechteste Nachhaltigkeit aufweist und sich erst im Laufe von vielen Jahrtausenden regeneriert.

Unter den nach EEG geförderten Energien birgt die tiefe Geothermie die größten unkalkulierbaren Risiken und ist langfristig die volkswirtschaftlich teuerste Option.

Unabhängig von der Energiequelle ist die Umweltfreundlichkeit eines Kraftwerks stark abhängig von der Standortwahl. Im Falle von Bernried wurden Standorte vorgeschlagen, die einen starken Eingriff in unsere letzten noch verbliebenen Naturgebiete zur Folge hätten.

Der Anteil der Stromerzeugung aus hydrothermalen Geothermie in Deutschland ist im Vergleich zu anderen als erneuerbar eingestuften Energiequellen verschwindend gering und auch das langfristige Potential ist sehr klein. Laut dem TAB - Arbeitsbericht Nr. 84 aus 2003 ist die erreichbare Obergrenze für Stromerzeugung aus hydrothermalen Geothermie auf 0,5% des deutschen Strombedarfs begrenzt. Ob dieses geringe Potential die Kosten und Risiken dieser Technologie rechtfertigen ist fraglich.



Danksagung

8 Danksagung

Wir möchten an dieser Stelle allen Mitgliedern der „Bürgerinitiative für umweltverträgliche und nachhaltige Nutzung alternativer Energiequellen“ für ihre Unterstützung danken. Unser besonderer Dank gilt allen aktiven Mitgliedern unserer Arbeitsgruppen, die sich mit Ihrer gemeinnützigen Arbeit für eine objektive Information der Bevölkerung einsetzen.



© www.alternative-energiequellen.info

2009