

GEOTHERMISCHE INSELN IM ATLANTIK - DIE AZOREN

Dr. Burkhard Sanner, Gießen*

Die Inselgruppe der Azoren besteht aus neun Inseln, deren erste (Santa Maria und Sao Miguel) 1427 von Portugiesen entdeckt wurden. Die gesamte Landfläche beträgt 2333 km², wobei die größte und bevölkerungsreichste Insel Sao Miguel mit der Hauptstadt Ponta Delgada allein 747 km² umfaßt. Insgesamt leben knapp 240.000 Menschen auf den Inseln.

Die vulkanischen Inseln sind geologisch recht jung. Die Insel Santa Maria liegt am weitesten vom mittelatlantischen Rücken entfernt und ist mit etwa 80 Mio. Jahren auch am ältesten; auf Sao Miguel sind die ältesten Gesteine (Basalt) mit 4,2 Mio. Jahren datiert, doch reichen die Vulkanausbrüche bis in unserer Zeit. Allein im 20. Jahrhundert wurden 9 Vulkanausbrüche gezählt, die meisten jedoch im Meer in der direkten Umgebung der Inseln, 1958 aber auch auf der Insel Faial (Forjáz, 1997). Die Inseln liegen nahe dem mittelatlantischen Rücken etwa am Tripelpunkt der Nordamerikanischen, Eurasischen und Afrikanischen Platte. Für die Azoren wird eine „Mikro-Platte der Azoren“ postuliert (s. Abb. 1). Somit liegen genau genommen zwei Inseln in Nordamerika (Flores und Corvo), eine

Nutzung geothermischer Energie untersucht, zuerst auf der Hauptinsel Sao Miguel. Schon 1972/73 hatte eine wissenschaftliche Kernbohrung bei Pico Vermelho Temperaturen von 200 °C in 500 m Tiefe vorgefunden und eine Grabenstruktur nachgewiesen (Trota, 1998). Im diesem Gebiet südlich von Ribeira Grande sind Fumarolen und heiße Quellen bekannt. 1978-81 wurden dann insgesamt 5 Explorationsbohrungen mit Tiefen von 811 bis 1501 m im Sektor Pico Vermelho abgeteuft. Nur die Bohrung PV1 wurde schließlich 1980 an eine atmosphärische Turbine von Mitsubishi angeschlossen (d.h. eine Kondensation des Abdampfes erfolgt nicht). Zwar hat die Turbine eine Nennleistung von 3 MW, wegen der relativ geringen Dampfmenge wurden aber 0,8 MW nie überschritten. Trotzdem ist das Kraftwerk nach wie vor in Betrieb (Abb. 2), mit seit etwa 1990 recht stabiler



Abb. 3: Geothermische Zentrale Ribeira Grande (Cachaços Lombadas) auf der Azoren-Insel Sao Miguel; links Produktionsbohrung CLI, rechts das Kraftwerk



Abb. 4: Geothermische Zentrale Ribeira Grande, Blick auf die zwei Turbinen der Ausbaustufe A von 1994 (je 2,5 MWe); vorne links eine Feuerlöschkanone



Abb. 1: Plattentektonische Lage der Inseln, aus Forjáz (1997)

ganz auf der Azorenmikroplatte (Santa Maria), fünf im Gebiet von Transversalstörungen am Nordrand dieser Platte (Faial, Pico, Sao Jorge, Graciosa und Terceira) und eine überwiegend in Europa (Sao Miguel).

Die vulkanische Entstehung der Inseln zeigt sich auch heute noch in vielen Erscheinungen, wie Fumarolen, Thermalquellen, Kraterseen oder dem wunderschön gleichmäßigen Kegel des Vulkans Pico auf der Insel Pico. Dieser letztgenannte Berg, in dessen Umgebung es 1718-20 zu einer Reihe von Ausbrüchen kam, ist mit 2351 m Höhe gleichzeitig der höchste Berg Portugals. Bereits mit der Ölpreiskrise 1973 wurde die



Abb. 2: Geothermisches Kraftwerk Pico Vermelho auf der Azoren-Insel Sao Miguel, 800 kW elektrische Leistung

jährlicher Stromerzeugung von 4-5 GWh (Bicudo da Ponte, 1998). Wegen der starken Kalkverkrustungen muß die Bohrung PV1 jeden Monat gereinigt werden.

Nach der Inbetriebnahme von Pico Vermelho 1980 wurde es erst einmal still um weitere Projekte, bis Ende 1988 die Bohrung CL1 im Gebiet Cachaços Lombadas begonnen wurde, südlich des bisherigen Areals und weiter oben am Nordabhang des Vulkans Fogo (Abb. 3). Bis 1994 wurden dort insgesamt 4 Bohrungen erstellt und die erste Stufe eines binären Kraftwerks (2 ORC-Module mit je 2,5 MWe Nennleistung) der Fa. Ormat mit 4,4 MW elektrischer Leistung aufgebaut (Abb. 4). Sie werden von den beiden Bohrungen CL 1 und CL 2 mit Dampf versorgt, während Bohrung CL 3 als Reserve dient. Das Arbeitsmittel für den ORC-Kreislauf ist Pentan,

und entsprechend sind Vorkehrungen für Brand- und Explosionsschutz zu treffen (s.a. Abb. 4). Die Rückkühlung der Pentan-Kondensatoren erfolgt über große Lüfterfelder (Abb. 5).

Seit März 1994 ist das Kraftwerk (Central Geotermica da Ribeira Grande) in Betrieb, und nach anfänglichen Problemen mit Inkrustationen in den Förderbohrungen, die

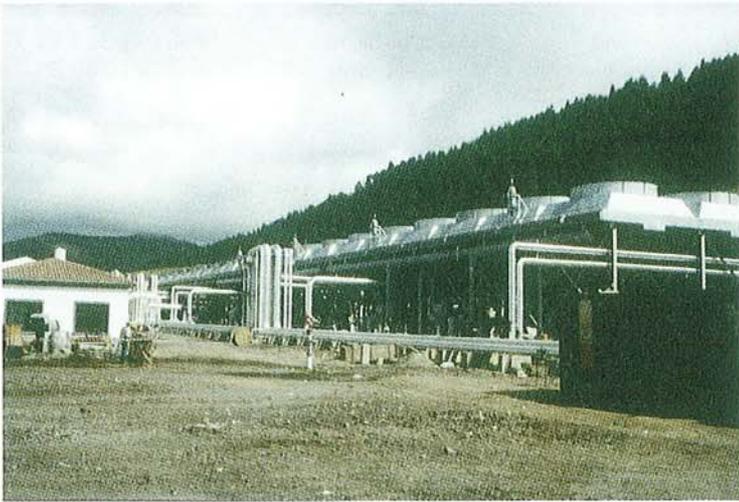


Abb. 5: Geothermische Zentrale Ribeira Grande, Lüfterfelder für die Kühlung der Kondensatoren, Ausbaustufe B im Aufbau

1995 zweimal beseitigt werden mußten und danach zum Einsatz eines Inhibitorsystems für beide Bohrungen führten, wurde 1997 die außerordentlich hohe Betriebsbereitschaft von 99,5 % erreicht. Die in den ersten vier Betriebsjahren erzeugte Strommenge ist aus Abb. 6 ersichtlich.

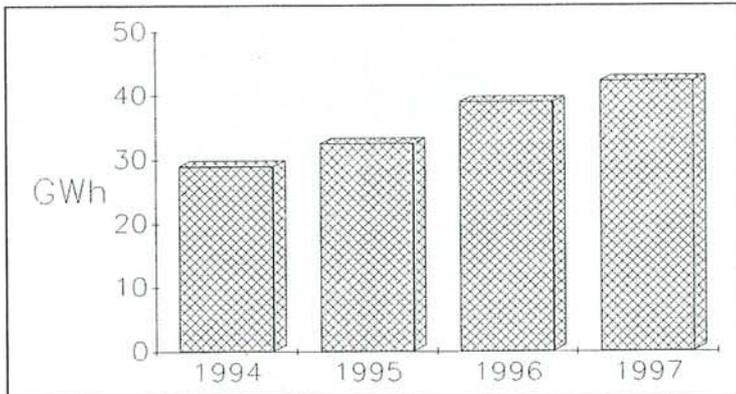


Abb. 6: Stromerzeugung der Geothermischen Zentrale Ribeira Grande, Ausbaustufe A (nach Daten von Bicudo da Ponte, 1998)

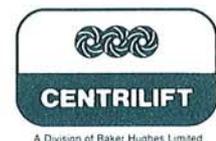
Mit den beiden genannten Kraftwerken wird etwa 20 % des Strombedarfs der Insel Sao Miguel gedeckt (Bicudo da Ponte, 1998). Ende 1998 wird eine zweite Ausbaustufe des Kraftwerks an den Cachaços Lombadas in Betrieb gehen. Sie besteht aus zwei weiteren ORC-Turbinen, diesmal mit je 4 MW Nennleistung, und man hofft insgesamt knapp 13 MW elektrische Leistung für das Geothermiekraftwerk Ribeira Grande zu erreichen. Um das anfallende heiße Geothermiewasser zu entsorgen, und um den Reservoirdruck zu erhalten, wurde Bohrung CL 4 als Injektionsbohrung vorgesehen (Trota, 1998). Entsprechende Tests mit der ca. 90 m tiefer als das Kraftwerk gelegenen Bohrung (Abb. 7) waren erfolgreich und ergaben eine maximale Injektionsmenge von bis zu 400 t/h.



Abb. 7: Geothermische Zentrale Ribeira Grande, Blick von der Kraftwerksterasse nach Norden auf die tieferliegende Bohrung CL 4 (vorgesehen zur Reinjektion)

FLOW FLOW QUICK QUICK FLOW

The Complete Integrated
Electrical Submersible Pumping Solution



CREATING PARTNERSHIPS FOR LONGER LIFE

CENTRILIFT, DUIVELAND 2A, 1948 RB BEVERWIJK, HOLLAND.
TELEPHONE: (31) 251 215656. FAX: (31) 251 215894.

CENTRILIFT, KOPERNIKUSSTRASSE 18, D-49377 VECHTA, GERMANY.
TELEPHONE: (49) 44 41 84041. FAX: (49) 44 41 83421.

HEAD OFFICE: ABERDEEN TELEPHONE: (44) 1224 772233.

Die Bewirtschaftung der Kraftwerke am Pico Vermelho und bei Cachacos Lombadas muß die Herkunft der heißen Fluide berücksichtigen. Diese werden vermutlich durch Infiltration von Wasser aus dem Kratersee des Vulkans Fogo und von Meerwasser an der nahen Küste ergänzt (Abb. 8). Nach Inbetriebnahme der neuen Ausbaustufe soll die Geothermie ca. 45 % des auf der Insel Sao Miguel verbrauchten Stromes erzeugen (Bicudo da Ponte, 1998); der Strombedarf dieser Insel allein beträgt etwa die Hälfte desjenigen aller Azoreninseln.

RIBEIRA GRANDE GEOTHERMAL AREA
GEOLOGICAL SKETCH (INTERPRETATION)
V. H. FORJÁZ (1998)

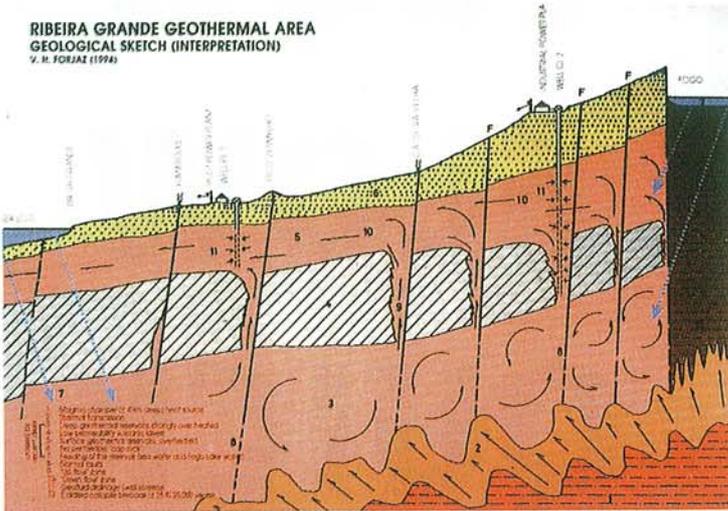


Abb. 8: Geologisches Profil durch das Geothermiefeld von Ribeira Grande; links der Atlantik (Norden), rechts der Vulkankrater des Fogo mit dem See Lagoa de Fogo (Süden); aus Forjáz (1997)

Mit den Erfahrungen aus der bestehenden Geothermienutzung hat Forjáz (1998) die möglichen geothermischen Ressourcen der Azoreninseln hochgerechnet (Tab. 1). Auf Sao Miguel, der geothermisch interessantesten Insel, die gleichzeitig die meisten Einwohner hat, sind die Ressourcen mit den Calderen der Vulkane Fogo und Furnas sowie mit Grabenstrukturen am Nordrand des Fogo, bei Seite Cidades und Ribeira Quente verbunden. Der zentrale Basaltkomplex hat dagegen relativ geringe Temperaturen.

Insel:	Mögliche Stromerzeugung:
Sao Miguel	178 MWe
Terceira	25 MWe
Graciosa	5 MWe
Pico	15 MWe
Faial	12 MWe
Flores	2,5 MWe
Corvo	1 MWe?
Santa Maria	-
gesamt	238,5 MWe

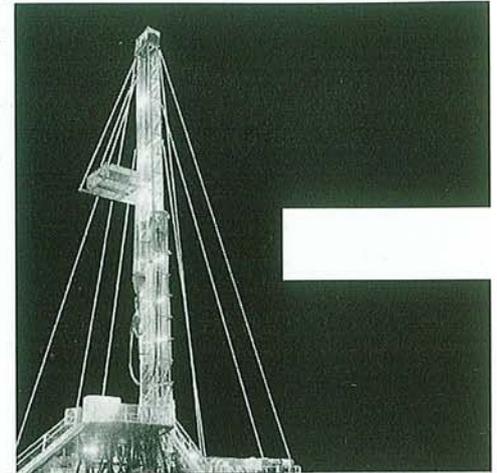
Tab. 1: Für die Stromerzeugung geeignete geothermische Ressourcen der Azoren (nach Daten von Forjáz, 1998)

Neben der Stromerzeugung gibt es noch weitere Nutzungsformen der Geothermie auf den Azoren. So wird das noch um 90 °C heiße Abwasser des Kraftwerks Pico Vermelho zur Beheizung von Gewächshäusern herangezogen. Zur Zeit dienen diese Versuche vor allem der Entwicklung geeigneter Regelungstechniken und dem Ausprobieren geeigneter Nutzpflanzen wie z.B. Bohnen (Abb. 9). Es stehen knapp 20 m³/h an heißem Wasser zur Verfügung, was bei den niedrigen Temperaturen des Verbrauchers von höchstens 25 °C eine thermische Leistung von mehr als 2 MW bedeutet. Zur Zeit werden allerdings maximal 12,6 m³/h verwendet (Rodrigues, 1998). Die Beheizung ist kaskadenförmig angelegt, mit einer höheren Temperatur für die Versorgung von Luftheizgeräten und einer niedrigeren Temperatur für die Fußbodenheizung.

Versuche mit „Cape Gooseberry“ (*Physalis peruviana*), Ananas (*Ananas comosus*) und Melonen (*Cucumis melo*) sind im letzten Jahr erfolg-

Bohr- und
Bergbautechnik

St.Galler Strasse 12 Telefon 071 388 89 29
CH-9201 Gossau SG Telefax 071 388 89 25



Heat mining™

1000 m

2000 m

3000 m

4000 m

Ein Schweizer Bohrunternehmen, das wirklich in die Tiefe geht, bis 4000 Meter.

- Bohrungen für Erforschung und Erkundung von Lagerstätten, Geothermie, Tiefengrundwasser; Produktionsbohrungen.
- Tiefbohrungen mit Seilkern- und Rotary-Verfahren.
- Zielgenaue Bohrungen auch für Kabelführung, Lüftung und Entwässerung, in sämtlichen Richtungen.
- Grossloch- und Raisebohrungen
- Schachtbau
- Dükerbohrungen für Werkleitungen aller Art zur Unterquerung von Hindernissen.
- Horizontalfilter-Brunnen, vertikale Grossfilter-Brunnen
- Beratung
- Planung
- Ausführung

reich verlaufen. Die Gewächshäuser sind sehr leicht gebaut und zielen darauf ab, eine Alternative auch für die bäuerlichen Familienbetriebe auf den Azoren zu werden. Das Projekt wird durch die EU im Rahmen des THERMIE-Programms unterstützt.

Nicht unerwähnt bleiben soll die Möglichkeit, mit Geothermie auch Energie bei der Zubereitung von Speisen einzusparen. Nahe der Fumarolen am Westrand der Caldera von Furnas ist der Boden in geringer Tiefe so heiß, daß er sich zum Kochen von z.B. Eintopfgerichten eignet. Die Töpfe werden in 1-2 m tiefe Löcher gestellt und wieder mit Erde abgedeckt; eine Schnur mit einer Holztafel hilft dem Koch, die richtigen Töpfe zur rechten Zeit wiederzufinden (Abb. 10). Ähnliche direkte Geothermienutzung ist z.B. auch von den Maoris in Neuseeland bekannt.

Insgesamt kann die Nutzung geothermischer Energie den Azoren helfen, die Abhängigkeit vom Import von Energierohstoffen zu verringern, und außerdem neue Erwerbsfelder etwa in der Landwirtschaft oder im Tourismus eröffnen.



Abb. 10: Geothermisches Kochen bei den Fumarolen am Rand der Caldera von Furnas

Agradecimento:

Muito obrigado por Victor Hugo Forjáz, Ana Catarina Rodrigues e Carlos Bicudo da Ponte para despoçar os informações valiosos.

Literatur:

Bicudo da Ponte, C.A. (1998): *Geothermal Electricity Production at Azores*. - Proc. Seminar Electricity Production from Geothermal Energy, Ponta Delgada, S. 12.1-12.5, Int. Summer School, Skopje

Forjáz, V.H. (1997): *Alguns Volcões da Ilha de S. Miguel*, 1. Parte. - 160 S., 3. Aufl. 1998, Observ. Vulc. Geoterm. dos Açores, Ponta Delgada.

Forjáz, V.H. (1998): *Azores Geothermal Reservoirs: An Overview*. - Proc. Seminar Electricity Production from Geothermal Energy, Ponta Delgada, S. 2.1-2.8, Int. Summer School, Skopje

Rodrigues, A.C. (1998): *Geothermally heated Greenhouses at Ribeira Grande* (Azores, Portugal). - Proc. Workshop on Heating Greenhouses with Geothermal Energy, Ponta Delgada, S. 433-441, Int. Summer School, Skopje

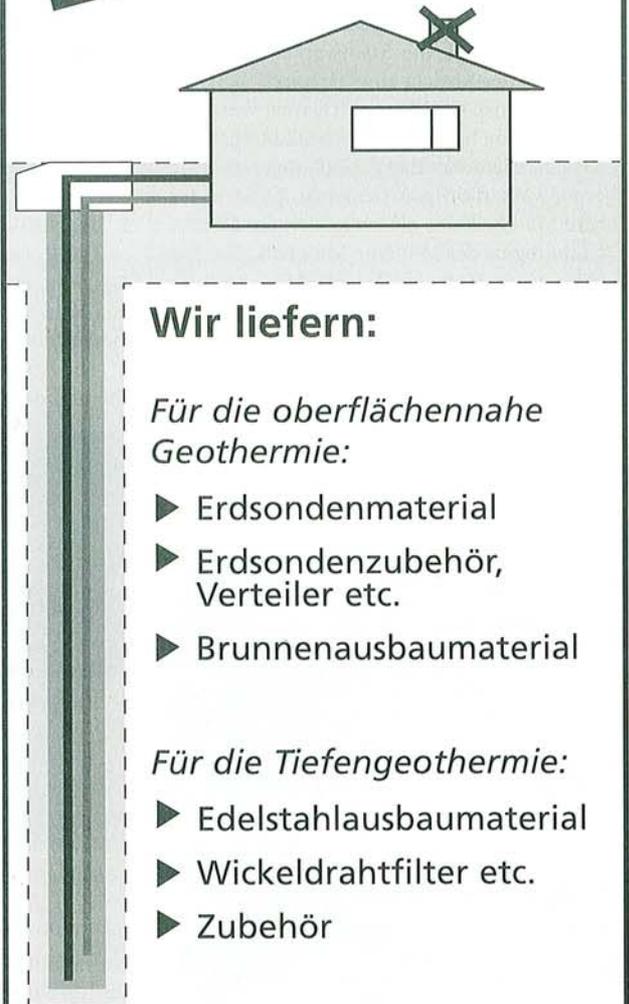
Trota, A.N. (1998): *Injection Test on Ribeira Grande Geothermal Field*. - Proc. Seminar Electricity Production from Geothermal Energy, Ponta Delgada, S. 9.1-9.14, Int. Summer School, Skopje

* Dr. Burkhard Sanner, Institut für Angewandte Geowissenschaften, Justus-Liebig-Universität Gießen



Abb. 9: Blick in eines der geothermisch beheizten Gewächshäuser bei Ribeira Grande; zu erkennen ist die leichte Bauart mit Kunststoffdach und die gezielte Bewässerung

Ausbaumaterial für geothermische Bohrungen



Wir liefern:

*Für die oberflächennahe
Geothermie:*

- ▶ Erdsondenmaterial
- ▶ Erdsondenzubehör,
Verteiler etc.
- ▶ Brunnenausbaumaterial

Für die Tiefengeothermie:

- ▶ Edelstahlausbaumaterial
- ▶ Wickeldrahtfilter etc.
- ▶ Zubehör

STÜWA
BRUNNENFILTER
BOHRBEDARF

STÜWA Konrad Stükerjürgen GmbH

Brunnenfilter • Bohrbedarf

Postfach 12 10 • 33384 Rietberg

Hammersweg 80 • 33397 Rietberg

Tel. 0 52 44/40 70 • Fax 0 52 44/16 70