



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit

NUTZUNGSMÖGLICHKEITEN DER TIEFEN GEOTHERMIE IN DEUTSCHLAND



IMPRESSUM

- Herausgeber:** Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU)
Referat Öffentlichkeitsarbeit · 11055 Berlin
E-Mail: service@bmu.bund.de · Internet: www.bmu.de
- Autoren:** Ingrid Stober, Regierungspräsidium Freiburg, Abt. 5, Schwendistr. 12, 79102 Freiburg i. Br.
Thomas Fritzer, Bayerisches Landesamt für Umwelt, Lazarettstraße 67, 80636 München
Karsten Obst, Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern,
Goldbergerstr. 12, 18273 Güstrow
Rüdiger Schulz, Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik, Stilleweg 2, 30655 Hannover
- Gestaltung:** design_idee, büro_für_gestaltung, Erfurt
Druck: Silber Druck, Niestetal
- Titelbild:** Geothermiekraftwerk Landau (Foto: I. Stober)

- Stand:** Januar 2009
1. Auflage: 5.000 Exemplare

	Vorwort	4
1	Einführung	6
2	Grundlagen der tiefen Geothermie	7
	2.1 Einige Begriffsbestimmungen	7
	2.2 Thermophysikalische Eigenschaften	10
	2.3 Hydraulische Eigenschaften	11
	2.4 Untersuchungsmethoden zur Bestimmung geothermischer Parameter	13
3	Nutzungssysteme der tiefen Geothermie	15
	3.1 Hydrothermale Systeme mit niedriger Enthalpie: Aquifere	15
	3.1.1 Dublette	15
	3.1.2 Fündigkeit	17
	3.1.3 Bohrungsabstand	18
	3.1.4 Wirtschaftlichkeit	19
	3.1.5 Projektierung einer hydrothermalen Anlage	20
	3.2 Hydrothermale Systeme mit niedriger Enthalpie: Störungen	22
	3.3 Petrothermale Systeme: HDR-Technik	23
	3.3.1 Grundprinzip	23
	3.3.2 Voraussetzungen	24
	3.3.3 Vorerkundungen	26
	3.3.4 Langzeitverhalten	27
	3.3.5 Projektierung von HDR-Anlagen	28
	3.4 Petrothermale Systeme: Tiefe Erdwärmesonde	30
	3.5 Tunnel, Kavernen, Bergwerke	31
4	Für geothermische Nutzungen relevante Kenngrößen	32
	4.1 Thermophysikalische Parameter	33
	4.1.1 Temperatur T , Temperaturgradient $\text{grad } T$ (temperature, temperature gradient)	34
	4.1.2 Wärmestromdichte q (heat flow density)	35
	4.1.3 Wärmeleitfähigkeit λ (thermal conductivity)	35
	4.1.4 Gesteinsdichte ρ (rock density)	35
	4.1.5 Wärmekapazität c (heat capacity)	36
	4.2 Hydraulische Parameter	37
	4.2.1 Hydrostatischer Druck p_g (hydrostatic pressure)	38
	4.2.2 Permeabilität K , Durchlässigkeitsbeiwert k_f (permeability, hydraulic conductivity)	39
	4.2.3 Transmissivität T , Transmissibilität T^* (transmissivity, transmissibility)	40
	4.2.4 Porosität Φ (porosity)	41
	4.2.5 Speicherkoeffizient S , spezifischer Speicherkoeffizient S_s (storage coefficient)	41
	4.2.6 Produktivitätsindex PI , Injektivitätsindex II (production index, injection index)	42
	4.2.7 Weitere Parameter	43
	4.3 Physikalisch-chemische Fluideigenschaften	44
	4.3.1 Dichte des Fluids ρ_f (fluid density)	44
	4.3.2 Dynamische und kinematische Viskosität μ bzw. ν (dynamic / kinematic viscosity)	44
	4.3.3 Kompressibilität c (compressibility)	45
	4.3.4 pH -Wert	45
	4.3.5 E^H -Wert (Redoxpotential), p_e -Wert	45
	4.3.6 Elektrische Leitfähigkeit, Salinität (electric conductivity, salinity)	46
	4.3.7 Gelöste Stoffe in einem Fluid	46
	4.3.8 Gase, Gasgehalt eines Fluids	47
5	Testverfahren und Reservoirmodellierung	49
	5.1 Hydraulische Tests	49
	5.1.1 Einbohrlochverfahren	49
	5.1.2 Testprinzip	51
	5.1.3 Testverfahren	52
	5.2 Reservoirmodellierung	55
6	Gebiete für hydrogeothermische Nutzungen in Deutschland	57
	6.1 Nordost-Deutschland	58
	6.2 Oberrheingraben	62
	6.3 Süddeutsches Molassebecken	64
	6.3.1 Der westliche Teil des Beckens	64
	6.3.2 Der Obere Jura im bayerischen Teils des Molassebeckens	66
7	Literaturliste, Regelwerke, Quellen, Links	69
	7.1 Verwendete Literatur	69
	7.2 Verwendete Regelwerke	71
	7.3 Atlanten und Karten	72
	7.4 Links	73

Vorwort

Der Weltenergieverbrauch ist in den letzten 50 Jahren dramatisch angestiegen. In dieser Zeit hat die Weltbevölkerung beschleunigt zugenommen.

Für die nächsten 50 Jahre wird ein Anstieg des Energieverbrauchs auf das 3-fache prognostiziert, bei gleichzeitig starker Zunahme der Bevölkerung von 6 auf 10 Milliarden Menschen. Unsere bisher überwiegend genutzten fossilen bzw. nuklearen Energieträger – Kohle, Erdöl/ Erdgas, Kernkraft – werden auch bei Ressourcen schonendem Umgang mittelfristig aufgebraucht sein. Für eine zukunftsfähige, sichere und insbesondere emissionsarme Energieversorgung müssen daher verstärkt alternative und insbesondere regenerative Energien genutzt werden.



Gleichzeitig wird eine globale Klimaveränderung, insbesondere eine Erwärmung der Atmosphäre, beobachtet. Die durch die Verbrennung fossiler Energieträger entstehenden CO₂-Emissionen sind ganz wesentlich für die Verstärkung des Treibhauseffektes verantwortlich, der zu einem Anstieg der weltweiten Durchschnittstemperatur führt. Kraftwerke tragen erheblich zu diesen Emissionen bei. Der Betrieb von Stromerzeugungsanlagen aus Erneuerbaren Energien, wie der Fotovoltaik, Wasserkraft oder der Geothermie, ist dagegen völlig oder nahezu emissionsfrei. Die Bedeutung der Erneuerbaren Energien liegt somit nicht nur in der Schonung der natürlichen fossilen Ressourcen, sondern auch in einem sorgsamem Umgang mit der Umwelt und im Erreichen der dafür notwendigen Klimaschutzziele.

Die Bundesregierung hat anspruchsvolle Klimaschutzziele definiert und die Entwicklung einer zukunftsfähigen Energieversorgung unter Berücksichtigung der Belange der Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Wirtschaft verabschiedet. Der Anteil der



Erneuerbaren Energien soll neben der Versorgung mit elektrischem Strom insbesondere auch im Wärmemarkt ausgebaut werden. Gezielt werden die Nutzung der Erneuerbaren Energien und die Energieeinsparung gefördert, beispielsweise durch das novellierte Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG), durch ein erweitertes Marktanzreizprogramm für die Förderung der Erneuerbaren Energien im Wärmemarkt, durch Investitionsanreize oder durch einen Bohrkostenzuschuss für Projekte der Tiefen Geothermie. Energiepolitische Zielsetzung der Bundesregierung ist es, im Jahre 2020 mindestens 40 % des Stromverbrauchs und 14 % des Wärmeverbrauchs durch Erneuerbare Energien bereit zu stellen.

Neben der Nutzung von Wasserkraft, Biomasse, Solar- und Windenergie kommt hierbei auch der Nutzung der Erdwärme eine zunehmende Bedeutung zu. Der Geothermie-Markt wächst schnell, so dass derzeit ein Nebeneinander von professioneller Planung auf der einen und Informationsbedarf auf der anderen Seite besteht. Mit dieser Broschüre werden fachliche Hinweise und Handlungsempfehlungen für Investitionsentscheidungen zugunsten tiefengeothermischer Anwendungen gegeben. Die Broschüre stellt dafür verständlich physikalische und systemtechnische Grundlagen und Zusammenhänge dar. Damit wird ein nachhaltiger Beitrag zum Qualitätsmanagement bei Projekten der Tiefen Geothermie geleistet.

Es ist zu hoffen, dass diese Broschüre eine weite Verbreitung findet und weitere Betreiber und Investoren ermutigt, sich mit dieser faszinierenden Technologie auseinanderzusetzen.



Prof. Dr. Horst Rüter
Vize-Präsident
Geothermische Vereinigung – Bundesverband Geothermie e.V.

