

Zeitschrift: bulletin.ch / Electrosuisse

Herausgeber: Electrosuisse

Band: 103 (2012)

Heft: 3

Artikel: Strom aus Geothermie

Autor: Rybach, Ladislaus

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-857278>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 07.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Strom aus Geothermie ✓

Status und Perspektiven weltweit und in der Schweiz

Die Geothermie bietet sich als saubere Energiequelle zur nachhaltigen Grundlast-Stromversorgung an. Die geothermische Stromproduktion belief sich 2010 weltweit auf rund 70 TWh, mit einer installierten elektrischen Produktionsleistung von 11 GW. Im Vergleich mit Photovoltaik und Windenergie hält sich ihr Wachstum aber in Grenzen. Woran liegt dies? Und wie sieht die weltweite und die Schweizer Perspektive für die Nutzung der Geothermie aus? Ein Blick auf Technologien und Potenziale.

Hydrothermale Ressourcen wie tiefe Aquifere enthalten reichlich geothermale Fluide; sie sind deshalb bei Weitem nicht überall anzutreffen. Ihre Nutzungstechnologie ist erprobt, je nach der Fluidtemperatur. Wirtschaftlich besonders günstig sind Anlagen der Wärme-Kraft-Kopplung.

Petrothermale Ressourcen sind theoretisch überall vorhanden, da die Temperatur mit zunehmender Erdtiefe zunimmt. Die Gesteinswärme muss durch künstlich erzeugte Zirkulationssysteme gewonnen werden, die dann in Strom umgewandelt wird.

Ladislaus Rybach

Das Potenzial der Geothermie (ausgedrückt in EJ/Jahr) wird unter den erneuerbaren Energien als das höchste bewertet: Geothermie 5000; Sonnenenergie 1600, Wind 650, Biomasse 275, Wasserkraft 50 [1]. Die geothermische Stromerzeugung ist unter den erneuerbaren Energien gut positioniert, insbesondere durch die hohe Verfügbarkeit: Generell sind geothermische Kraftwerke rund 80% der Zeit operationell. Mit 1,1% der weltweit installierten Stromerzeugung aus erneuerbaren Quellen liefert die Geothermie 1,5% der Elektrizität; die

jährliche Stromproduktion aus geothermischen Quellen war 2010 40% grösser als jene aus Solarenergie. Geothermie-Kraftwerke liefern durchwegs Bandenergie. **Tabelle 1** zeigt die installierte Kapazität sowie die Stromproduktion 2010 aus erneuerbaren Quellen, namentlich aus Wasserkraft, Biomasse, Wind, Geothermie und Sonnenenergie.

Bei den Ressourcen der Geothermie-Stromproduktion unterscheidet man zwei Hauptkategorien:

- Hydrothermale Ressourcen
- Petrothermale Ressourcen

Technologie	Elektrische Leistung		Jahresproduktion		Verfügbarkeit
	GW	%	TWh	%	
Wasserkraft	1010	76,4	3716	83,0	42
Biomasse	62	4,6	282	6,3	52
Wind	198	14,9	364	8,1	21
Geothermie	11	1,1	67	1,5	77
Fotovoltaik	40	3,0	49	1,1	14
Total	1321	100	4478	100	

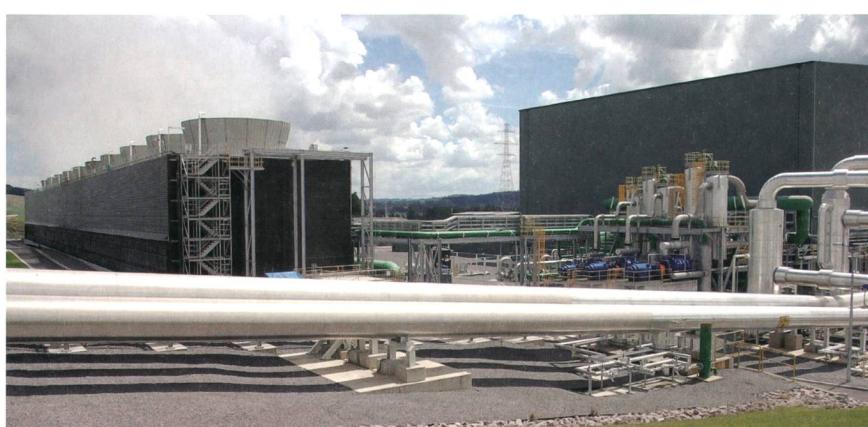
Tabelle 1 Elektrizität aus erneuerbaren Quellen weltweit im Jahr 2010 [2].

Status Geothermie-Strom weltweit

Schon seit über 100 Jahren wird geothermisch Strom produziert. Begonnen hat die Stromproduktion 1904 bei Larderello/Italien. Zunächst wurden Reservoirs erbohrt, die Trockendampf führen, später auch solche mit Wasser/Dampf-Gemisch. Solche hydrothermalen Hochtemperatur-Lagerstätten ($>200^{\circ}\text{C}$ in Tiefen unter 2 km) befinden sich meist in vulkanischen Gebieten, d.h., sie sind relativ selten.

Die Geothermie-Kraftwerke verteilen sich über die gesamte Erde; im sog. «zirkumpazifischen Feuergürtel» sind sie jedoch häufiger anzutreffen (Indonesien, Japan, Neuseeland, West-USA). Die durchschnittliche elektrische Produktion solcher Kraftwerke liegt bei rund 50 MW. Das gegenwärtig grösste Geothermie-Kraftwerk Nga Awa Purua (Neuseeland) produziert eine elektrische Leistung von 140 MW mit einer Turbine, die mit Dampf aus bloss 6 Produktionsbohrungen betrieben wird (**Bild 1**).

Mit fortschreitender Technologie kann Strom schon bei Fördertemperaturen um $100 - 120^{\circ}\text{C}$ über ein «Binärsystem» generiert werden, wobei die niedrig temperierten geothermischen Fluide ihre Wärme an ein meist organisches Sekundärfluid mit niedriger Verdampfungstemperatur abgeben. Allerdings ist der Wirkungsgrad der Umwandlung von Wärme in Strom bei diesen Temperaturen bescheiden (einige %) und die Kraftwerksgrösse ebenfalls (elektrische Leistung: einige bis einige 10 MW). Den «Kälterekord» hält heute mit 74°C Vorlauftemperatur eine ORC-Anlage (Sekundärfluid: R-134a) mit 200 kW elektrischer Leistung in Chena Hot Springs,



Jürg Weistein, Basel

Bild 1 Das Geotheriekraftwerk Nga Awa Purua, Neuseeland (140 MW elektrische Leistung).

Land	TWh
USA	16,6
Philippinen	10,3
Indonesien	9,6
Mexiko	7,0
Italien	5,5
Island	4,6
Neuseeland	4,1
Japan	3,1
Kenia	1,4
El Salvador	1,4
Total in 24 Ländern	67,2
Total elektrische Leistung	10,7 GW

Tabelle 2 Jährliche geothermische Stromerzeugung weltweit 2010 [3]. Die Geothermie liefert 0,3 % der globalen Stromproduktion.

Alaska/USA. Gegenwärtig wird in 24 Ländern Strom produziert; die führenden Länder sind in **Tabelle 2** aufgelistet.

In jüngster Zeit besteht in Europa ein starkes Interesse an geothermischer Stromerzeugung, dank den in vielen Ländern eingeführten kostendeckenden Einspeisevergütungen für erneuerbare Energien (darunter auch Geothermie). Allein im Oberrheingraben (d.h. zwischen Basel und Frankfurt) sind dadurch Dutzende von Erschliessungsprojekten angestossen worden; dasselbe gilt für das Gebiet um München. Auch in der Schweiz wurden, auf dem Verordnungsweg (KEV nach EnG Art. 7a), solche Vergütungssätze festgeschrieben.

Nachhaltigkeit, Wirtschaftlichkeit, Umweltrelevanz

Geothermische Ressourcen können dann auf nachhaltige Weise genutzt werden, wenn das verwendete Produktionsystem es ermöglicht, das Förderniveau über lange Zeit aufrechtzuerhalten [4]. Die Langlebigkeit der Produktion kann durch moderate Förderraten gesichert werden; diese müssen den jeweiligen Ressource-Eigenschaften (lokale Reservoirgrösse, natürliche Fluid-/Wärme-Nachlieferung usw.) Rechnung tragen.

Gemäss der Statistik des World Energy Assessment [5] schneiden die geothermischen Stromproduktionskosten gegenüber anderen erneuerbaren Energiequellen gut ab (**Tabelle 3**). Gegenwärtig liegt der Installationspreis für Geothermie-Kraftwerke bei 3,0–4,5 M€/MW (elektrisch), die Produktionskosten liegen bei 40–100 €/MWh [6].

Geothermische Technologien arbeiten ohne Verbrennung und verursachen damit wenig bis keine Treibhausgas-Emissi-

onen. Der CO₂-Ausstoss heutiger Geothermie-Kraftwerke liegt um 120 g/kWh; es wird erwartet, dass dies mit verbesserter Technologie künftig auf 10 g/kWh reduziert werden kann. Die für 2050 geschätzte jährliche Stromproduktion von 1000 TWh könnte die Emission von mehreren 100 Mio. t CO₂ pro Jahr einsparen, je nachdem, was substituiert wird (**Bild 2**, aus [6]).

Entwicklungstrends und Perspektiven weltweit

Gegenwärtig sind vor allem die folgenden Entwicklungstendenzen evident:

- Errichtung von konventionellen Geothermie-Kraftwerken in geologisch besonders geeigneten Gebieten (mit hydrothermalen Ressourcen), vor allem in Entwicklungsländern wie Indonesien und Philippinen.
- Verbreitung von Wärme-Kraft-Koppellungsanlagen.
- Zukunftsträchtige Technologien wie die Enhanced Geothermal Systems (EGS, [7]) könnten sich weltweit rasch verbreiten, sofern die grossen Erwartungen durch positive Betriebserfahrungen bestätigt werden können.

Quantitative Wachstumstrends in kommenden Jahrzehnten können nur geschätzt werden. Voraussichtlich kann bis 2050 die weltweite geothermische Stromproduktion von gegenwärtigen 10 GW auf 70 GW mittels konventioneller Technologie gesteigert werden [6], mit innovativer Technologie wie EGS auf etwa 200 GW elektrischer Leistung [8].

Ein Wachstumsproblem der geothermischen Stromproduktion besteht darin, dass die Fotovoltaik und die Windenergie seit Jahren starke jährliche Zuwachsraten aufweisen (40 bzw. 25 %), während die Geothermie (gegenwärtig nur aus hydrothermalen Quellen) bloss mit etwa 4 % wächst [9]. Starkes, künftiges Wachstum kann wohl nur mittels EGS-Verbreitung erreicht werden.

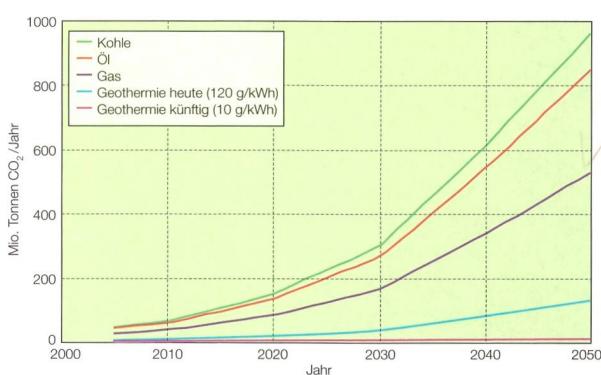
Petrothermale EGS – die Zukunftsmusik

Die bisherige geothermischen Kraftwerke nutzen «hydrothermale» Ressourcen. Solche Vorkommen sind an besondere geologische Bedingungen geknüpft und deshalb nicht überall vorhanden. Wie oben ausgeführt, kann die prognostizierte Zunahme nur mittels EGS-Anlagen realisiert werden. Diese nutzen die allgegenwärtigen «petrothermalen» Ressourcen: heiße Tiefengesteine. Das theoretische petrothermale Potenzial ist riesig.

«EGS» steht für den englischen Ausdruck «Enhanced Geothermal System». Gebräuchliche Bezeichnungen sind auch HDR (Hot Dry Rock), HWR (Hot Wet Rock), HFR (Hot Fractured Rock), SGS (Stimulated Geothermal System), DHM (Deep Heat Mining). Gemeinsam ist das Bestreben, den tieferen Untergrund als Wärmequelle zu nutzen. Das Prinzip ist einfach: Im tiefen Gesteinsuntergrund, wo genügend hohe Temperaturen herrschen, wird ein Kluftreservoir erstellt. Durch diesen Wärmetauscher («Durchlauferhitzer») schickt man Wasser zur Aufnahme der Gesteinswärme. Injektions- und Förderbohrungen sowie oberflächliche Nutzungsanlagen vervollständigen das Zirkulationssystem. Die geförderte Wärmeenergie kann direkt genutzt (z.B. für Raumheizung) bzw. zur Stromgeneration eingesetzt werden. Allerdings sind noch etliche Realisierungsprobleme zu lösen (Näheres siehe z.B. in [10]); die EGS-Technologie ist noch im Erprobungsstadium («proof of concept»). Insbesondere in Australien sind zahlreiche Erschliessungsprojekte am Laufen [11].

Neben all den technologischen Kenntnislücken besteht noch ein finanzielles und organisatorisches Aufwandproblem. Die EGEC (European Geothermal Energy Council, Brüssel) definiert als EGS-Ziel für Europa eine Stromerzeugung von 3 GW elektrischer Leistung für 2020. Dies

Bild 2 Einsparung (Differenz Fossil – Geothermie) von CO₂-Emissionen durch Substitution von Kohle-/Erdöl-/Erdgas-basierten Technologien durch heutigen und künftigen Geothermie-strom.



Nach [6].

würde ein Investitionsvolumen von mehreren 10 Mia. € benötigen, mit etwa 350 simultan operierenden Tiefbohranlagen.

Status und Perspektiven in der Schweiz

Das Geothermie-Strompotenzial der Schweiz wird als signifikant eingeschätzt (**Bild 3**).

Im Gegensatz zu den Nachbarländern Frankreich, Deutschland, Österreich und Italien wird hierzulande bislang noch kein Geothermie-Strom generiert. Es existieren jedoch zahlreiche Projekte der Tiefen-Geothermie in verschiedenen Entwicklungsstadien (Thônex, La Côte, Lavay-les-Baines, Brigerbad, St. Gallen ...), angestossen durch Fördermassnahmen des Bundes wie die kostendeckende Einspeisevergütung KEV oder die Bürgschaft zur Risikoabsicherung für geothermische Stromerzeugungsanlagen. Nachfolgend soll auf einige Besonderheiten und geologische Gegebenheiten eingegangen werden, die für die Perspektiven der geothermischen Stromproduktion in der Schweiz relevant sein können.

Hydrothermale Geothermie

Das Ziel ist hier die Erschliessung von ergiebigen Warmwasservorkommen für Raumheizung und/oder Wärme-Kraft-Kopplung. Das Problem ist, dass nach wie vor keine Methode existiert, welche aufgrund von Messungen an der Erdoberfläche eine Bestimmung der Wasserführung bzw. der Durchlässigkeitsverhältnisse in der Tiefe ermöglichen würde. Nur eine Bohrung (inkl. Fördertests) kann die Frage nach der Eignung eines Standortes samt Untergrund schlüssig beantworten. Damit besteht ein z.T. beträchtliches Fündigkeitsrisiko.

Eine Risikodeckung für Geothermie-Bohrungen in der Schweiz wurde (weltweit eine der ersten) 1986 vom Parlament beschlossen und vom Bund 1987 eingerichtet, mit einem Finanzvolumen von 15 Mio. CHF für 10 Jahre. Das System kam 1988–1998 bei insgesamt 13 Bohrprojekten mit Bohrtiefen von 655–2690 m zur Anwendung, mit gemischem Erfolg: 5 Erfolge, 1 Teilerfolg, 7 Misserfolge. An Risikodeckungsbeiträgen wurden insgesamt 8,7 Mio. CHF ausbezahlt; dazu kamen ab 1991 noch Förderbeiträge des Bundes von insgesamt 3,6 Mio. CHF (weitere Details in [12]). Neuerdings existiert, wie schon erwähnt, ein Förderfonds des Bundes für Bürgschaften zur Risikoabsicherung für geothermische Stromerzeugungsanlagen (150 Mio. CHF).

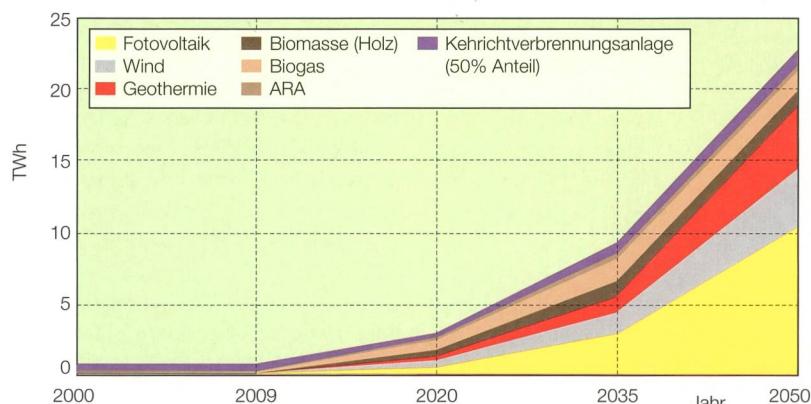


Bild 3 Künftige Stromproduktionbeiträge gemäss Energiestrategie der Bundesrates.

Als Zielobjekte dienen regionale Tiefengrundwasserträger (tiefe, ausgedehnte Schichtaquifere) wie der Malmkalk oder der Obere Muschelkalk. Während in anderen Ländern echte regionale Tiefenquifere existieren (Dogger-Kalke im Pariser Becken, Pannonische Sandsteine in der Ungarischen Tiefebene), welche an vielen Orten ohne viel Vorarbeit erfolgreich angebohrt werden können, sind die Schweizer Tiefenaquifere wenig regional ausgebildet (die praktisch trockenen Geothermie-Bohrungen Reinach/BL, Thoney/Genf, Triemli/ZH, und Yverdon/VD belegen diesen Sachverhalt).

Kluftaquifere (natürliche Störungszonen mit Bruchstrukturen) sind vermutlich mancherorts vorhanden, ihre Aufsuchung ist jedoch aufwendig (am besten mittels 3-D-Seismik). Solche Strukturen sind oft steilstehend und nicht flächendeckend, da ihre laterale Ausdehnung und Tiefenverstreckung oft beschränkt ist [13]. Auch hier kann nur eine Bohrung (samt Produktionstests) eine schlüssige Antwort liefern. Das Projekt der Stadtwerke St. Gallen hat eine solche Störungszone im Visier.

Petrothermale Geothermie

Aus den obigen Gründen ist eine weit verbreitete hydrothermale Nutzung der Erdwärme in der Schweiz in grossem Stil wenig wahrscheinlich. Eine signifikante Nutzung kann wohl nur auf der Basis von petrothermalen Systemen (konkret EGS) ins Auge gefasst werden. Hier sind jedoch noch etliche grundlegende Fragen zu klären.

An sich ist es bekannt, welche Eigenschaften ein EGS-Wärmetauscher in geeigneter Tiefe aufweisen muss (u.a. die totale, räumlich gut verteilte Wärmeaus tauschfläche, der Fließwiderstand). Eine Technologie, um solche Gebilde unab-

hängig von lokalen Tiefenverhältnissen zu erstellen, ist noch nicht in Sicht. Gesicherte Daten hinsichtlich Gewinnungsfaktoren (Verhältnis gewinnbare Wärme/total vorhandene Wärme im Gestein) fehlen genauso wie Erfahrungen mit dem Langzeitverhalten von EGS-Wärmetauschern. Weitere Einzelheiten in [10].

Der Abbruch des bislang höchstdotierten Schweizer Geothermie-Projektes Deep Heat Mining Basel zeigt, dass es noch viel zu tun gibt. Die Schweizerische Vereinigung für Geothermie (SVG, bekannt auch unter Geothermie.CH) hat ein Strategiepapier «Forschungs- und Entwicklungsprogramm zur geothermischen Stromerzeugung in der Schweiz» erarbeitet [14]. Darin wird ein vierphasiges, gezieltes Vorgehen definiert und zur Ausführung die Bildung einer nationalen Gesellschaft vorgeschlagen. Angesichts der Aufgabengrösse ist ein Schulterschluss aller Akteure in der Schweiz, koordiniert mit internationaler Kooperation, unerlässlich.

Rahmenbedingungen

Im Gegensatz zu andern Ländern ist in der Schweiz die Erlangung einer Konzession für Exploration und Entwicklung von Tiefengeothermie-Vorhaben bislang nicht möglich. Auch fehlt generell eine «dreidimensionale Raumplanung», welche für die Raum- und Ressourcennutzung Richt

Kraftwerktyp	US-Cent/kWh
Wasserkraft	2 – 10
Geothermie	2 – 10
Wind	4 – 8
Biomasse	3 – 12
Solar Fotovoltaik	25 – 160
Solar konzentriert	12 – 34

Tabelle 3 Stromproduktionskosten [6].

linien festlegen würde. Es gibt nämlich unterschiedliche, z.T. konkurrierende Nutzungen des Untergrundes, einerseits für Infrastrukturbauten wie z.B. Verkehr oder Entsorgung (nukleare Abfälle, CO₂), anderseits für Ressourcennutzung wie z.B. Kohlenwasserstoffe oder Erdwärme. Da die einheitlichen Vorschriften zur Koordination der Nutzung des Untergrundes auf Bundesebene fehlen, ist das Konfliktpotenzial vorprogrammiert. Die Eidgenössische Geologische Fachkommission (EGK) hat auf diese Mängel ausdrücklich hingewiesen; auch wurden im Parlament bereits diesbezügliche Vorstösse eingebrochen. Es ist zu hoffen, dass hier in absehbarer Zeit eine Gesetzgebung entsteht, welche die gezielte Nutzung der Geothermie nicht nur ermöglicht, sondern auch erleichtert.

Schliesslich soll auf einen generellen Bedarf hingewiesen werden: bewusste Koordination. Selbst in einem kleinen Land wie der Schweiz gibt es viele Akteure mit z.T. unterschiedlichen Interessen. Es ist aber klar, dass die vielfältigen Aufgaben nur durch Bündelung der Kräfte, d.h. durch ein Zusammenspannen der massgebenden Players, gelöst werden können. Damit ist der Koordinationsbedarf gegeben: Der Bund, die Kantone, Städtische Werke wie in Zürich oder St.Gallen, Unternehmen wie Axpo oder Geo-Energie Suisse AG sowie weitere Akteure müssten zusammenspannen. Die verschiedenen Bestrebungen und Vorhaben sollten in ein generalisiertes Konzept und eine abgestimmte Vorgehensweise zusammengeführt werden, um die tiefe Geothermie in der Schweiz voranzubringen [15].

Schlussfolgerungen

Die weltweite geothermische Stromproduktion belief sich 2010 auf rund 70 TWh, mit einer installierten elektrischen Leistung von 11 GW. Es wird geschätzt, dass die Leistung bis 2050 auf über 200 GW anwachsen könnte, insbesondere mit künstlichen geothermischen Systemen (EGS – Enhanced Geothermal Systems). Geothermische Technologien arbeiten ohne Verbrennung und verursachen damit wenig bis keine Treibhausgas-Emissionen; 2050 könnte die Geothermie zur Vermeidung von CO₂-Emissionen aufgrund der geschätzten Ausbauzahlen etliche 100 Mio. t pro Jahr beitragen.

Gegenwärtig besteht ein Wachstumsproblem bei der globalen geothermischen Stromerzeugung. Während die solare Fotovoltaik und die Windenergie weltweit seit Jahren starke jährliche Zuwachs-

raten aufweisen (40 bzw. 25%), wächst die Geothermie (gegenwärtig nur aus hydrothermalen Quellen) bloss mit etwa 4% jährlich. Hier könnte nur die EGS-Technologie weiterhelfen; allerdings besteht dabei noch in vielen Fragen ein ausgewiesener, wesentlicher Forschungs- und Entwicklungsbedarf.

Hinsichtlich Geothermie-Strom aus Schweizer Quellen zeichnet sich ab, dass Lokalitäten mit ergiebigen hydrothermalen Ressourcen hierzulande relativ dünn gesät sind. Deshalb besteht gegenwärtig ein noch beträchtliches Fündigkeitsrisiko. Nur mit zahlreichen Tiefbohrungen kann das geothermische Bild der Schweiz weiter aufgehellt werden. Was die petrothermalen Möglichkeiten betrifft, so ist die Basis (der immense Wärmehinhalt der Tiefengesteine) zweifellos vorhanden; nur ist es noch nicht klar, wo, wie und zu welchem Preis genügend Wärme herausgeholt werden könnte.

Eines ist aber klar: Nur ein gezieltes, konzentriertes, intensives (finanziell breit abgestütztes) und gut koordiniertes Vorgehen wird die Geothermie – weltweit und in der Schweiz – in grossem Stil voranbringen können. Ein effizienter Schulterschluss möglichst aller Player ist deshalb dringend nötig!

Literatur

Über geothermische Stromerzeugung gibt es umfangreiche Literatur; man findet sie über die Suchmaschine des Geothermal Resources Council (GRC database): www.geothermal.org.

Referenzen

- [1] WEA (2000): World Energy Assessment: Energy and the Challenge of Sustainability. Publisher: United Nations Development Programme / UN-DESA / World Energy Council, New York, 500 p.
- [2] REN21 (2011): Renewables 2011 Global Status Report. Paris: REN21 Secretariat, 116 p.
- [3] Bertani, R. (2010): Geothermal Power Generation in the World – 2005–2010 Update Report, In: Proc. World Geothermal Congress 2010, Nusa Dua/Indonesia, 41 p. (CD-ROM)
- [4] Rybach, L., Mongillo, M. (2006): Geothermal sustainability – a review with identified research needs. Geothermal Resources Council Transactions Vol. 30, 1083–1090.
- [5] WEA (2004): World Energy Assessment: Overview 2004 Update. Prepared by UNDP, UN-DESA and the World Energy Council. United Nations Development Programme, New York, 85 pp.
- [6] Fridleifsson, I.B., Bertani, R.E., Huenges, E., Lund, J.W., Ragnarsson, A., Rybach, L. (2008): The possible role and contribution of geothermal energy to the mitigation of climate change. In: O. Hohmeyer and T. Trittin (Eds.) IPCC Scoping Meeting on Renewable Energy Sources, Proceedings, Luebeck, Germany, 20-25 January 2008, 59–80.
- [7] Tester et al. (2006): The Future of Geothermal Energy – Impact of Enhanced Geothermal Systems (EGS) on the United States in the 21st Century. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, USA, 358 p. Available on www1.eere.energy.gov/geothermal/futuregeothermal.html.
- [8] IEA (2010): Technology Roadmap – Geothermal Energy. International Energy Agency, Paris, 45 p.
- [9] Rybach, L. (2011): Global Geothermal Development Growth Rates – In Relation To Other Renewables. Proc. World Engineering Convention 2011, Geneva, 9 p.
- [10] Rybach, L. (2010): The «Future of Geothermal Energy» and its challenge. In: Proc. World Geothermal Congress 2010 Nusa Dua/Bali, Indonesia, 4 p. (CD ROM)
- [11] Beardmore, G.R., Hill, A.J. (2010): Australia – Country Update. In: Proc. World Geothermal Congress 2010, Nusa Dua/Indonesia, 11 p. (CD-ROM)
- [12] Rybach, L. (2005): Die Schweizer Risikodeckung für Geothermiebohrungen 1987–1997 – Ausgestaltung und Erfahrungen im Rückblick. In: Tagungsband, GTv Jahrestagung 2005, S. 18–23, ISBN 3-932570-53-7
- [13] Williams, C.F., Reed, M.J., Mariner, R.H. (2008): A review of methods applied by the U.S. Geological Survey in the assessment of identified geothermal resources. USGS Open-File Report 2008-1296, 27 p.
- [14] Mégel, T., Wilhelm, J., Wyss, R. (2007): Forschungs- und Entwicklungsprogramm zur geothermischen Stromerzeugung in der Schweiz (FEGES) – Strategiepapier der Dachorganisation GEOTHERMIE.CH, 23 p.
- [15] Wyss, R., Rybach, L. (2010): Developing deep geothermal resources in Switzerland. In: Proc. World Geothermal Congress 2010, Nusa Dua, Bali/Indonesia, 4 p. (CD ROM)

Angaben zum Autor



Ladislaus Rybach, Dr. Dr. hc., Dipl. Ing ETH/SIA, ist emeritierter Geophysik-Professor ETHZ, Präsident der International Geothermal Association (IGA) 2007–2010, Mitgründer und VR-Präsident der Geowatt AG 2002–2011.
c/o Geowatt AG, 8050 Zürich, rybach@geowatt.ch

Résumé

Electricité produite à partir de la géothermie

Situation et perspectives à l'échelle mondiale et en Suisse

La production d'électricité géothermique s'est élevée en 2010 au niveau international à environ 70 TWh, avec une puissance de production électrique installée de 11 GW. Celle-ci pourrait d'ici 2050 atteindre un niveau supérieur à 200 GW, et ce, surtout grâce aux systèmes géothermiques stimulés (EGS – Enhanced Geothermal System). Les technologies géothermiques fonctionnent sans combustion et provoquent donc peu ou pas du tout d'émission de gaz à effet de serre; en 2050, la géothermie pourrait contribuer à éviter quelques 100 millions de tonnes d'émissions annuelles de CO₂. Le potentiel de production d'électricité géothermique de la Suisse est considéré comme comparable à celui des autres énergies renouvelables. En Suisse cependant, il n'existe pas encore de centrale géothermique; différents projets sont lancés.