

**Zeitschrift:** Bulletin Electrosuisse  
**Herausgeber:** Electrosuisse, Verband für Elektro-, Energie- und Informationstechnik  
**Band:** 96 (2005)  
**Heft:** 8

**Artikel:** Die Geothermie in Italien  
**Autor:** Berger, Wolfgang  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-857791>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 30.03.2025

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

# Die Geothermie in Italien

## Bedeutung, Potenziale, Projekte

Die Nutzung der Erdwärme (Geothermie) steht bei der Öffentlichkeit im Unterschied zu anderen erneuerbaren Energiequellen wie Sonne, Wind und Wasser bislang nicht im Zentrum der Aufmerksamkeit. Dies obwohl die Ressource im Gegensatz zu den genannten stets verfügbar ist und zudem ein beachtliches Potenzial aufweist. Der Beitrag beschreibt die Lage in Italien, das in Europa bei der geothermischen Stromerzeugung mit weitem Abstand führend ist.

■ Wolfgang Berger

### Allgemeine Gesichtspunkte der Geothermie

Die geothermische Energie geht auf die endogene Wärme der Erde zurück, wie sie sich etwa in Vulkanen und Thermalquellen bemerkbar macht. Die Wärme beruht hauptsächlich auf dem Zerfall radioaktiver, vor allem im Erdmantel auftretender Isotope. Die Temperatur erhöht sich dabei mit zunehmender Tiefe gemäss eines Gradienten von etwa 3 °C je 100 m.

Wasser, das in tiefere Schichten eindringt, erhitzt sich durch Wärmeübertragung zum Teil bis auf einige hundert Grad Celsius und kann so durch Brüche oder künstlich angebrachte Bohrungen wieder nach oben steigen.

Man unterscheidet eine Reihe geothermischer Systeme, zwei sollen hier kurz erwähnt sein: Erstens die relativ seltenen Vorkommen auf der Basis von trockenem, heissem Dampf. Dieser unter hohem Druck vorliegende Dampf kann direkt zur Stromgewinnung genutzt werden, indem man ihn auf eine Turbine leitet. Unter diese Rubrik fällt auch der bedeutendste geothermische Bezirk in Italien, Larderello.

Ein zweites interessantes System, im Stadium fortgeschrittener Erforschung, wird bei heissen, trockenen Gesteinsmassen eingesetzt («HDR»; Hot Dry Rock), in denen grosse Wärmereserven liegen.

Dabei wird künstlich ein geothermisches Reservoir geschaffen, in das mittels eines Bohrlochs kaltes Wasser eingepumpt wird. Es erhitzt sich durch Kontakt mit dem heissen Gestein, wird dadurch wieder zum Aufstieg gebracht und zur energetischen Nutzung geführt. Mit diesem System hofft man künftig vom räumlich begrenzten Auftreten heisser Aquifere unabhängig zu werden. Generell unterscheidet man zwei Anwendungsgebiete der Geothermie:

- Den Bereich der hohen Enthalpie, in welchem das Trägermedium Temperaturen von mehr als 150 °C aufweist.

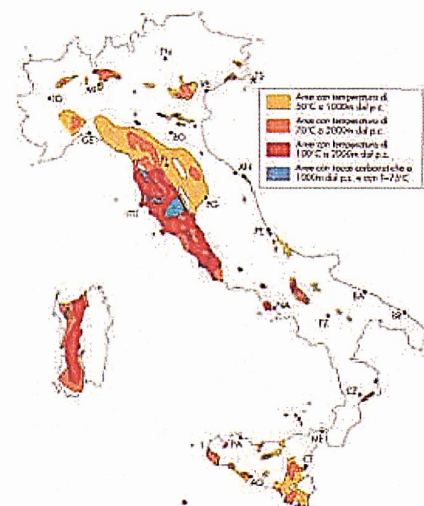


Bild 1 Italien ist geologisch, gerade was Vorkommen mit hoher Enthalpie angeht, sehr begünstigt. Das Gebiet Larderello in der Toskana ist umgeben von einer längs gestreckten Zone, die über etwa 300 km von Pisa im Norden bis nach Latina südlich von Rom reicht. Günstige Voraussetzungen hat auch die Zone im westlichen Sardinien, die eine Nord-Süderstreckung von etwa 190 km, also fast die ganze Länge der Insel, aufweist (Bild Energoclub).

Hier ist die Möglichkeit zur *Verstromung* und zu einigen *industriellen Anwendungen* gegeben.

- Den Bereich mittlerer (100 °C bis 150 °C des Trägermediums) und geringer Enthalpie (< 100 °C) zur di-



Geothermische Dampfleitungen bei Larderello (Fotos Enel).

Adresse des Autors  
Dr. Wolfgang Berger  
Orizzonti per l'energia, l'ambiente e la tecnologia  
Corticella San Paolo 4,  
I-37129 Verona, Italia  
e-mail: orizzonti\_italia@libero.it



Landschaft bei Larderello: Erdaustritt von Dämpfen.

rekten Wärmenutzung im häuslichen, landwirtschaftlichen und industriellen Sektor.

Es handelt sich bei der Geothermie zwar um eine erneuerbare Quelle, doch ist ihre Nutzung nicht frei von Umweltauswirkungen. In letzter Zeit wurde durch Rückführung des Kondensats in den Untergrund die Emission aus den Kraftwerken deutlich verringert (Bacci, 2004). Der nicht-kondensierbare Gasanteil enthält jedoch luftbelastende Stoffe, vor allem das Wasserstoffsulfid. Der Stromkonzern Enel gibt vor, mit dem so genannten AMIS-Prozess eine patentierte Technik zur Verminderung von Wasserstoffsulfid- und Quecksilber-Emissionen einzuführen (Baldacci, 2004). Nach Bacci (2004) würden geothermische Kraftwerke im Blick auf CO<sub>2</sub>-, NO<sub>x</sub>- und Partikelemissionen niedrigere Umweltkosten verursachen als Anlagen, die fossile Energieträger verfeuern.

## Die Vorkommen in Italien

Italien ist geologisch, gerade was Vorkommen mit hoher Enthalpie angeht, sehr begünstigt (Bild 1). Im Gebiet Larderello in der Toskana finden sich bereits in 1000 m Tiefe Aquifere mit Heissdampf, deren Temperatur hoch genug ist, um damit wirtschaftlich Strom zu erzeugen (energoclub, 2004). Der Bezirk Larderello ist umgeben von einer längs gestreckten Zone, die über etwa 300 km von Pisa im Norden bis nach Latina südlich von Rom reicht. In diesem Gebiet, das vom Tyrrhenischen Meer landeinwärts eine Breite von bis zu 90 km er-

reicht, genügt eine Tiefe von 2000 m, um auf Aquifere zu stossen, die für die Stromproduktion ausreichend heiss sind. Dasselbe gilt für eine Zone im westlichen Sardinien, die eine Nord-Süderstreckung von etwa 190 km, also fast die ganze Länge der Insel, aufweist. Bei den genannten handelt es sich um die geothermischen Vorzugsgebiete mit der grössten räumlichen Ausdehnung in Italien. Darüber hinaus gibt es eine Reihe weiterer Bezirke etwa in der Gegend von Neapel, die interessante Perspektiven für die Stromgewinnung bieten.

## Energiewirtschaftliche Bedeutung

Nach Angaben des nationalen Netzwerksbetreibers GRTN (2004) belief sich die Bruttostromerzeugung in geothermi-

schen Kraftwerken im Jahr 2002 auf 1,98% und im Jahr 2003 auf 2,15% der gesamten thermoelektrischen Stromproduktion des Landes.

Nach der Wasserkraftnutzung rangiert die Geothermie in Italien beim aus erneuerbaren Energieträgern erzeugten Strom an zweiter Stelle. So gingen 11% des 2003 aus regenerativen Quellen produzierten Stroms auf die Geothermie zurück. Dies entsprach einer Menge von 5341 GWh, während hydroelektrisch aus Anlagen mit weniger als 10 MW Leistung 7192 GWh resultierten (Bild 2). Im Gegensatz zur Wasserkraft, die in den letzten Jahren wegen niederschlagsarmen Wetters Produktionseinbussen verzeichnete, entwickelte sich die Geothermie durch Renovierung und Neubau von Anlagen gut: Zwischen 1995 und 2003 wuchs die Stromproduktion hier um 55%, die Erzeugung aus regenerativen Quellen insgesamt stieg dagegen im gleichen Zeitraum nur um 15% an. Im «Aufwind» befinden sich auch die Anwendung von Windturbinen sowie die Stromerzeugung aus Müllheizkraftwerken. Holz sowie Biogas registrierten seit 1995 gleichfalls starke Zuwächse.

Interessant kann ein Vergleich zwischen Windturbinen und geothermischen Kraftwerken auch im Hinblick auf das Verhältnis von Anlagenzahl und produzierter Strommenge sein: So wurden die erwähnten 5341 GWh in nur 34 geothermischen Anlagen von zusammen 707 MW erzeugt, wogegen die 1458 GWh Windkraftstrom einer Bruttoleistung von 874 MW (ENEA, 2004) in etwa 1450 landschaftswirksamen Anlagen entsprachen.

Während bei der grosstechnischen Stromherstellung aus Erdwärme die Zeichen auf Wachstum stehen, stagniert die geothermische Wärmeerzeugung seit

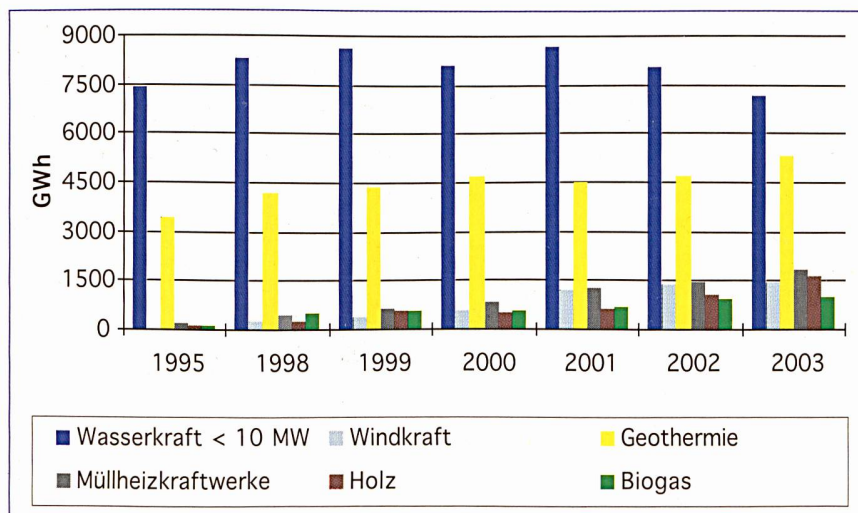
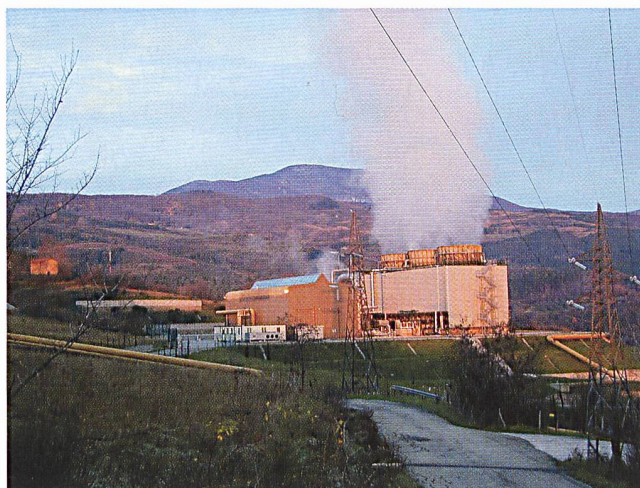


Bild 2 Entwicklung der Stromerzeugung aus regenerativen Quellen in Italien (Datenquelle: Enea/2004).



Anlage Travale im Gebiet Larderello.



Im Bezirk Larderello werden mehr als 30 geothermische Kraftwerke betrieben.

1995 auf einem Wert von 8916 TJ (ENEA, 2004).

## Energiepolitische Lage

Italien hat sich mit Billigung der EU-Direktive zur Förderung der Stromerzeugung aus regenerativen Quellen für eine spürbare Steigerung des Anteils erneuerbarer Energieträger am Stromverbrauch entschieden. Die derzeit 16% sollen im Jahr 2010 auf 22% angewachsen sein. Schon 1999 hatte das italienische Weissbuch zur Nutzung erneuerbarer Quellen, die Kyoto-Verpflichtungen im Visier, bestimmt, dass bis zum Zeitraum 2008 bis 2012 «grüner» Strom in einer jährlichen Menge von 76 TWh produziert werden solle.

In dieses Anforderungsprofil fügt sich die Nutzung der Geothermie passend ein. Es handelt sich um eine nationale, nach menschlichen Massstäben unerschöpfliche und zugleich reichlich vorhandene Ressource, deren Ausbau mithin gewollt ist, dies umso mehr als die Stromnachfrage galoppiert: Betrug der Verbrauch im Jahr 1993 noch 247 TWh, kletterte er bis 2000 auf 299 TWh, 2002 waren 310 TWh erreicht (GRTN, 2003), und für 2006 prognostiziert man 352 TWh (Bollino, 2003). Der Strombedarf ist zeitweise so hoch, dass die Versorgungssicherheit nicht kontinuierlich gewährleistet ist und es zu Lieferunterbrechungen kommt. Zudem ist man wie kein anderes Land der Europäischen Union von Stromimporten aus dem Ausland abhängig. Schliesslich basierten im Jahr 2003 gut 26% der thermoelektrischen Nettoerzeugung auf Erdöl (GRTN, 2004), einem Energieträger, bei dem es nicht nur zu deutlichen Preissteigerungen gekommen ist, sondern dessen schwindende Reserven sich auch überwiegend in politisch unsicheren Re-

gionen befinden. Es besteht also in Italien ein Spannungsverhältnis zwischen steigender Nachfrage und bislang nicht durchwegs zufrieden stellender Angebotslage.

## Finanzierung

In Italien gilt aufgrund des «Bersani-Dekrets» aus dem Jahr 1999 eine Quote für erneuerbare Energieträger. Der Satz betrug ursprünglich 2%, nun wird er zwischen 2004 und 2006 jährlich noch jeweils um 0,35% erhöht. Später sind weitere Anhebungen geplant. Konkret sind damit Unternehmen, die mindestens 100 GWh Strom pro Jahr aus nicht-erneuerbaren Quellen erzeugen oder importieren, verpflichtet, diese «grüne Quote» für die über 100 GWh liegende Menge selbst in das Netz zu speisen oder sie von anderen Erzeugern einzukaufen.

Vergütet wird dieser Strom durch sogenannte «Grüne Zertifikate», die vom Betreiber des nationalen Stromübertragungsnetzes GRTN mit achtjähriger Laufzeit ausgestellt werden und einer jährlichen Stromerzeugung von jeweils 50 MWh entsprechen. Die Erzeuger von «grünem Strom» veräussern dabei die ihnen zustehenden Zertifikate an diejenigen, welche die Erneuerbaren-Quote einhalten müssen und selbst nicht Strom aus regenerativen Quellen produzieren. Im Jahr 2002 belief sich der Verkaufspreis für ein «Grünes Zertifikat» auf maximal 8,418 ct/kWh. Zusätzlich erhalten die Erzeuger von «Regenerativstrom» diesen zum jeweiligen Marktpreis vergütet, der sich in den letzten Jahren zwischen 5 und 6 ct/kWh bewegte.

Für Unternehmen, die in die Geothermie investieren, besteht natürlich ein gewisses finanzielles Risiko bei den Probebohrungen, die je nach Standort bis in

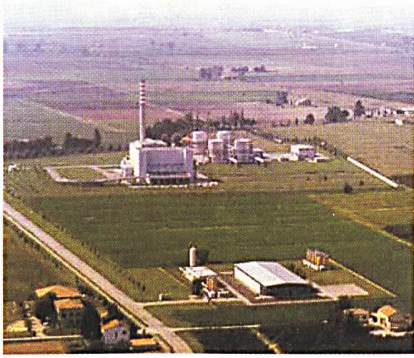
mehrere Kilometer Tiefe vorgetrieben werden müssen: Es könnte sich nämlich herausstellen, dass die im Untergrund tatsächlich vorliegenden Temperaturen nicht mit den Hinweisen vorangegangener geologischer Studien übereinstimmen. Man kann zwar mit fortgeschrittenen Techniken der Voruntersuchung entgegenwirken, doch ein Restrisiko bleibt.

## Projekte und Anlagen

In Italien kommt es bislang nur punktuell oder regional zur Nutzung der Geothermie. Die Stromerzeugung aus Quellen hoher Enthalpie konzentriert sich auf lediglich vier Felder. Das weitaus bedeutendste unter ihnen ist das toskanische Larderello mit einer installierten Leistung von 547 MW<sub>e</sub> (ISES, 2004). Etwa ein Viertel des Strombedarfs der Toskana wird mit geothermischen Zentralen abgedeckt. Die Kraftwerke für die direkte Wärmenutzung sind räumlich etwas breiter gestreut. Am wichtigsten ist hier aber wiederum Larderello mit 24,1 MW<sub>t</sub>.

### Larderello

Die Anfänge der Nutzung der Geothermie in Larderello reichen bis in das Jahr 1777 zurück. Das Vorhandensein geothermischer Energie war durch den Erdaustritt von Dämpfen offensichtlich, und so wurde bereits damals die Borsäure des warmen Wassers genutzt (ISES, 2004). Im Jahr 1827 wurde dann statt des Holzes erstmals die Erdwärme zur Verdampfung des Wassers bzw. zur Extraktion der Borsäure herangezogen. Vor rund hundert Jahren, 1904, fand die erste geothermische Stromgewinnung statt. Bis 1936 kam es mit einer Verbesserung der Bohrtechniken zu einem Anstieg der installierten Leistung auf 73 MW<sub>e</sub>. Im Jahr 1963 trat die gerade gegründete, da-



Fernheizwerk Ferrara mit geothermischer Quelle.

mals ganz staatliche Stromversorgungsgesellschaft Enel auf den Plan und übernahm sämtliche Tätigkeiten im Bereich Exploration und geothermischer Stromerzeugung. Dadurch erhielten die Aktivitäten neuen Aufschwung. Seit den Siebziger Jahren wurden beträchtliche Anstrengungen unternommen, Italien im Hinblick auf geothermische Quellen zu explorieren. Das Resultat war die Definition und beginnende Nutzung verschiedener geothermischer Zonen. Dabei ragt die Toskana und in ihr wiederum das Gebiet Larderello hervor. Heute werden in Larderello auf einer Fläche von etwa 400 km<sup>2</sup> mehr als 30 geothermische Kraftwerke betrieben und die Wasser- und Wasserdampfleitungen erstrecken sich auf eine Länge von rund 466 km.

#### Ferrara

Das Fernheizwerk Ferrara weist eine Leistung von total 86,4 MW<sub>t</sub> auf. Neben einem Müllheizkraftwerk und einem Erdgasheizwerk wird auch eine geothermische Quelle genutzt. Es gibt zwei Entnahmefrühen und einen zur Rückführung des Wassers. Die Leistung beträgt 14 MW<sub>t</sub> bzw. 400 m<sup>3</sup>/h. Die Quelle hat an der Entnahme eine Temperatur von 100 °C und wird mit 95 °C über einen Wärmetauscher an das städtische Fernwärmenetz abgegeben, wo sie im historischen Zentrum 14 000 Einwohner mit Wärme versorgt (Bottio, 2004).

#### Vicenza

Seit Oktober 1990 besteht eine Fernwärmanlage, welche die geothermische Energie eines Brunnens im Norden der Stadt nutzte. Der Brunnen lieferte 100 m<sup>3</sup> warmes Wasser je Stunde mit einer Temperatur von 67 °C. Die Wärme wurde in einem System aus Kraft-Wärme-Kopplung und Wärmepumpe eingesetzt. Seit 1996 gibt es nur noch drei Gruppen einer Kraft-Wärme-Kopplungsanlage mit insgesamt 4,66 MW<sub>e</sub> und 5,95 MW<sub>t</sub>, sowie drei Reservekessel mit in der Summe 17,43 MW<sub>t</sub> (Bottio, 2004).

#### Bagno di Romagna

Die von der Firma SO.G.GE.TEL betriebene Anlage befindet sich in kommunalem Besitz und läuft seit dem Jahr 1987. Sie nutzt eine geothermische Quelle von nur 37 °C in den Verdampfern von zwei Wärmepumpen. Diese können den Kondensator mit insgesamt 1,62 MW<sub>t</sub> beliefern. Die Wärmepumpen erhalten die Energie aus zwei Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen auf Erdgasbasis, die eine Gesamtleistung von 0,6 MW<sub>e</sub> und 1,02 MW<sub>t</sub> aufweisen. Ebenso sind drei integrierte Warmwasserkessel auf Erdgas/Erdölbasis installiert, die es auf 5,10 MW<sub>t</sub> bringen (Bottio, 2004).

### Perspektiven

Man geht davon aus, dass sich allein mit den geothermischen Feldern auf Basis von heissem Trockendampf, wie sie in der Toskana und in Lazio vorliegen, mehr als 5000 Milliarden kWh erzeugen ließen, eine Menge, die ausreichen würde, um den Strombedarf ganz Italiens über 70 Jahre hin zu decken (energoclub, 2004).

In Zukunft beabsichtigt die Region Toskana die direkte geothermische Wärmenutzung mittels einer Erweiterung von Nahwärmesystemen politisch zu unterstützen.

Enel, wichtigster Stromerzeuger aus geothermischen Quellen, hat einen Investitionsplan in Höhe von 65 Millionen Euro auf den Weg gebracht, um bis zum Jahr 2008 zwölf neue Explorationsbohrungen durchzuführen (EURAC, 2004). Von 2002 auf 2003 war in Italien durch Renovierung bestehender und den Bau neuer Anlagen eine Steigerung der Stromgewinnung aus Geothermie um 14,9% zu verzeichnen. Die gesamte thermoelektrische Erzeugung wuchs dagegen mit 7,5% schwächer (GRTN, 2004). Die Zeichen stehen also auf Ausbau der Geothermie. Das fügt sich gut zum Konversionsplan, den Enel mit seinem Kraftwerkspark umsetzt. Mit einem Aufwand von 4 Milliarden Euro soll bis 2008 die

Erzeugung aus Kraftwerken, die Erdöl und Erdgas mit niedrigem Wirkungsgrad verstromen, von 45% (2002) auf 1% der Gesamtproduktion verringert werden. Der Beitrag von regenerativen Quellen soll hingegen von 24% auf 30%, der von Kohle von 22% auf 50% und der von hocheffizienten Erdgastechniken von 9% auf 19% gesteigert werden.

Interessante Weiterentwicklungen in der Kraftwerkstechnik, etwa das so genannte ORC-Verfahren (Organic Rankine Cycle), deuten darauf hin, dass künftig die Verstromung auch bei Quellen wirtschaftlich werden könnte, die auf einem Temperaturniveau von nur 100 °C liegen.

Mittel- bis langfristig will man in Italien auch auf die Entwicklung der HDR-Technik setzen. Das erste kommerziell betriebene HDR-Kraftwerk wird, mit einer Leistung von 4 MW<sub>e</sub>, derzeit in Basel geplant und soll ab 2009 Strom liefern (Janzing, 2004).

### Bibliografie

- Bacci, E. (2004): Sustainability and Energy Use: The Role of Geothermal Energy. International Conference «Geothermal Energy and Territory», Abstracts, 29-30 January 2004, Pomorance.
- Baldacci, A. (2004): Le soluzioni tecnologiche attuate e attuabili. International Conference «Geothermal Energy and Territory», Abstracts, 29-30 January 2004, Pomorance.
- Bollino, C.A. (2003): Il ruolo del gestore della rete per far fronte all'emergenza elettrica. Intervento del Presidente del GRTN al Convegno AIEE, Roma 30 ottobre 2003.
- Bottio, L.F. (2004): Il riscaldamento urbano in Italia nel 2003. Nuove iniziative e conferma del trend positivo. Segretario Generale dell'Associazione Italiana Riscaldamento Urbano. Milano.
- ENEA (2004): Rapporto Energia Ambiente 2004. Roma.
- Energoclub (2004): [www.energoclub.it](http://www.energoclub.it).
- EURAC (2004): [www.eurac.edu](http://www.eurac.edu).
- GRTN (2003): Dati provvisori di esercizio del sistema elettrico. Roma.
- GRTN (2004): [www.grtn.it](http://www.grtn.it). Roma.
- ISES (2004): Energia geotermica. [www.isesitalia.it/tec](http://www.isesitalia.it/tec).
- ISES (2004a): L'Osservatorio delle fonti rinnovabili in Italia 2004. Roma.
- Janzing, B. (2004): Es beginnt in Basel. Wärme aus trockenem Gestein soll zur «Schlüsseltechnologie des Jahrhunderts» werden. In: Photon 9/2004: 60-63.

## La géothermie en Italie

### Importance, potentiels, projets

Contrairement aux autres énergies renouvelables telles que le solaire, l'énergie éolienne et la force hydraulique, l'utilisation de la chaleur terrestre (géothermie) n'a plus été sous les feux de la rampe depuis longtemps. Et ce, bien que les ressources soient constamment disponibles, contrairement aux énergies susmentionnées et que le potentiel soit considérable. L'article décrit la situation en Italie, pays de loin chef de file en Europe pour la production d'électricité géothermique.