

Werner Bußmann u.a.

Geothermie – Energie aus dem Innern der Erde



BINE-Fachbuch

Werner Bußmann, Stephanie Frick, Ralf Fritschen, Ernst Huenges, Reinhard Jung,
Frank Kabus, Martin Kaltschmitt, Oliver Kohlsch, Stefan Kranz, Inga Moeck,
Horst Rüter, Ali Saadat, Angela Spalek, Helmut Tenzer, Günter Zimmermann

Geothermie

BINE-Fachbuch

Geothermie

Energie aus dem Innern der Erde

Die Autoren:

Werner Bußmann

Stephanie Frick

Ralf Fritschen

Ernst Huenges

Reinhard Jung

Frank Kabus

Martin Kaltschmitt

Oliver Kohlsch

Stefan Kranz

Inga Moeck

Horst Rüter

Ali Saadat

Angela Spalek

Helmut Tenzer

Günter Zimmermann

Herausgeber

 **FIZ Karlsruhe**

Leibniz-Institut für
Informationsinfrastruktur

Fraunhofer IRB  **Verlag**

 **BINE**
Informationsdienst

BINE Informationsdienst berichtet über Themen der Energieforschung: Neue Materialien, Systeme und Komponenten, innovative Konzepte und Methoden. BINE-Leser werden so über Erfahrungen und Lerneffekte beim Einsatz neuer Technologien in der Praxis informiert. Denn erstklassige Informationen sind die Grundlage für richtungweisende Entscheidungen, sei es bei der Planung energetisch optimierter Gebäude, der Effizienzsteigerung industrieller Prozesse oder bei der Integration erneuerbarer Energien in bestehende Systeme.

Weitere Informationen finden Sie unter: www.bine.info

Für weitere Fragen stehen Ihnen zur Verfügung:

Uwe Milles

BINE Informationsdienst, FIZ Karlsruhe, Büro Bonn

Kaiserstr. 185–197, 53113 Bonn

Tel. 02 28 9 23 79-0, E-Mail: bine@fiz-karlsruhe.de, www.bine.info

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

ISBN: 978-3-8167-8321-3

ISBN Printausgabe: 978-3-8167-8321-3 | ISBN E-Book: 978-3-8167-8363-3

Layout: Dietmar Zimmermann | Umschlaggestaltung: Martin Kjer | Herstellung: Katharina Kimmerle
Satz: Mediendesign Späth, Birenbach | Druck: DZA Druckerei zu Altenburg GmbH, Altenburg

Für den Druck des Buches wurde chlor- und säurefreies Papier verwendet.

Alle Rechte vorbehalten

Dieses Werk ist einschließlich aller seiner Teile urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die über die engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes hinausgeht, ist ohne schriftliche Zustimmung des Fraunhofer IRB Verlages unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen sowie die Speicherung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen und Handelsnamen in diesem Buch berechtigt nicht zu der Annahme, dass solche Bezeichnungen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und deshalb von jedermann benutzt werden dürften.

Sollte in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien (z. B. DIN, VDI, VDE) Bezug genommen oder aus ihnen zitiert werden, kann der Verlag keine Gewähr für Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen. Es empfiehlt sich, gegebenenfalls für die eigenen Arbeiten die vollständigen Vorschriften oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung hinzuzuziehen.

Titelbild: BMU-Bilddatenbank

© by FIZ Karlsruhe

Verlag und Vertrieb:

Fraunhofer IRB Verlag

Fraunhofer-Informationszentrum

Raum und Bau IRB

Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart

Telefon (0711) 9 70-25 00

Telefax (0711) 9 70-25 08

E-Mail: irb@irb.fraunhofer.de

<http://www.baufachinformation.de>

Hinweis zu den Abbildungen: Soweit nachfolgend keine anderen Quellen genannt werden, stammen die Abbildungen von den Autoren.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	9
1 Ein Planet voller Energie	11
<i>Werner Bußmann</i>	
2 Ideen – Innovationen – Technologien: Es gibt viele Möglichkeiten, geothermische Energie zu nutzen	16
<i>Werner Bußmann</i>	
2.1 Weltweit ein Hoffnungsträger	19
2.2 Den Vulkan anzapfen: heißer Dampf und heißes Wasser	23
2.3 Geothermische Potenziale in Deutschland	26
3 Geologische Rahmenbedingungen und untertägige Erschließung	35
<i>Helmut Tenzer</i>	
3.1 Generelle Abfolge der Vorerkundung und Erschließungsarbeiten	36
3.2 Durchführung einer Machbarkeitsstudie und geologische Vorerkundung	38
3.3 Geophysikalische Vorerkundung	39
3.4 Erschließung mittels Bohrung	40
3.5 Erkundung mittels Bohrlochmessungen	43
3.6 Hydraulischer Anschluss der Bohrung an das Reservoir	46
3.7 Erschließung über Doubletten und Tripletten	47
3.8 Innovative Erschließungsmethoden tiefer heißer Gesteine	49
4 Hydrothermale Energie – Wärme und Strom aus Thermalwasser	51
<i>Werner Bußmann</i>	
4.1 Aquifertypen	51
4.2 Der Untergrund ist heiß	52
4.3 Rückblick	53
4.4 Thermalwasserregionen in Deutschland	55
4.5 Strom und Wärme aus Thermalwasser	60
4.6 ORC-Turbinen und Kalina-Maschinen	66
4.7 Hydrothermale Geothermie und Fernwärme: Konkurrenzfähig? <i>Frank Kabus</i> ..	68
4.8 GeotIS	78
5 Petrothermale Geothermie	80
<i>Reinhard Jung, Helmut Tenzer</i>	
5.1 Petrothermale Ressourcen in Deutschland	80
5.1.1 Geologie-Tektonik	83
5.1.2 Untergrundtemperaturen	85

5.1.3	Gebirgsspannungen und Seismizität	86
5.1.4	Formationsfluide	87
5.2	Erschließungstechnik und Forschungsprojekte	88
5.2.1	Schlüsseltechniken: Risserzeugung, seismische Rissortung und Richtbohrverfahren	89
5.2.2	Projekte	90
5.3	Installation eines petrothermalen Systems	93
5.3.1	Bohren	94
5.3.2	Bohrlochmessungen	95
5.3.3	Schaffung des untertägigen Wärmetauschers	96
5.3.4	Untersuchung des untertägigen Wärmetauschers	97
5.4	Betrieb	98
5.5	Anlagenbeispiel – Europäisches Forschungsprojekt Soultz-sous-Forêts	100
6	Umweltbilanz tiefer Geothermie	105
	<i>Horst Rüter, Martin Kaltschmitt, Stephanie Frick</i>	
6.1	Methodik	105
6.2	Untersuchte Referenzanlagen	106
6.3	Bilanzergebnisse	108
7	Exkurs Seismizität	114
	<i>Horst Rüter, Ralf Fritschen</i>	
7.1	Erdbeben – Skalen und Begriffe	115
7.2	Natürliche Seismizität, Statistik der Erdbeben, Makroseismizität, Erdbebenzonen, Spannungsfeld der Erdkruste	116
7.3	Induzierte Seismizität	120
7.4	Induzierte Seismizität in der Geothermie	122
7.5	Zusammenhang mit Betriebsparametern	123
7.6	Schadenswirkung und seismisches Risiko	123
7.7	Seismologische Gutachten	125
7.8	Handlungsvorschläge	126
8	Forschungsbedarf Tiefe Geothermie	128
	<i>Ernst Huenges, Inga Moeck, Günter Zimmermann, Ali Saadat, Stephanie Frick, Stefan Kranz und Angela Spalek</i>	
8.1	Ziele der Forschung	129
8.2	Fündigkeit, Reservoirgestaltung, Systemverlässlichkeit – Hauptkriterien auf dem Weg zur Wirtschaftlichkeit geothermischer Systeme	129
8.3	Effiziente Systemlösungen – Von der Erkundung des Reservoirs bis zur Energiewandlung im Kraftwerk	131
8.3.1	Fündigkeitsprognose: Für oder Wider ein Projekt	131

8.3.2	Reservoiringenieurung – Schlüssel zur Wirtschaftlichkeit	133
8.3.3	Systemverlässlichkeit für einen nachhaltigen Anlagenbetrieb	134
9	Oberflächennahe Geothermie	138
	<i>Oliver Kohlsch</i>	
9.1	Allgemeine Systembeschreibung oberflächennaher Geothermiesysteme	138
9.2	Erdwärmesonden	139
9.2.1	Heizbetrieb	142
9.2.2	Heiz- und Kühlbetrieb	143
9.2.3	Dimensionierung einer Erdwärmesondenanlage	144
9.3	Erdwärmekollektoren	147
9.4	Brunnenanlagen	150
9.5	Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen	152
10	Zitierte und sonstige verwendete Literatur, Abbildungsverzeichnis	153
10.1	Zitierte Literatur	153
10.2	Sonstige verwendete Literatur	154
10.3	Abbildungsverzeichnis	155
11	Laufende und abgeschlossene Forschungsvorhaben aus der Energieforschung der Bundesregierung	157
11.1	Laufende und kürzlich abgeschlossene Forschungsvorhaben	157
11.2	Forschungsberichte	160
12	Weiterführende Literatur	163
12.1	Literatur	163
12.2	Zeitschriften	166
12.3	BINE Informationsdienst	167
13	Autoren	168

Vorwort

Die meisten erneuerbaren Energietechnologien nutzen direkt (Solarthermie, Photovoltaik und passive Systeme) oder indirekt (Windenergie, Wasserkraft, Biomassenutzung) die Sonnenenergie. Mit der Wärme der Erde, der Geothermie, existiert eine zweite erneuerbare Energiequelle unabhängig von der Sonne. Diese Wärme unter unseren Füßen kann zur Wärmeversorgung von Gebäuden und Siedlungen sowie für die geothermische Stromerzeugung genutzt werden. Ihr Vorteil: Sie steht unabhängig von Tages- und Jahreszeiten zur Verfügung.

In Deutschland spricht man von tiefer Geothermie, wenn Bohrungen geothermische Energie in einer Tiefe von über 400 m und einer Temperatur von über 20°C erschließen. Die tiefe Geothermie nutzt entweder natürliche Warmwasservorkommen (hydrothermale Anlagen) oder die im Gestein gespeicherte Wärme (petrothermale Anlagen). Beide können zur Wärmeversorgung und zur Stromerzeugung eingesetzt werden. Bislang sind in Deutschland (Stand: 2010) 17 größere Geothermieanlagen in Betrieb, darunter 4 Kraftwerke. Für 150 weitere geplante Projekte wurde eine bergrechtliche Aufsuchungserlaubnis erteilt.

Deutschland verfügt über weitaus mehr geothermische Ressourcen als bisher genutzt werden. Dieses BINE-Fachbuch stellt die geologischen Grundlagen und die Erschließungstechnologien vor, gibt einen Überblick über die hydrothermalen und petrothermalen Anlagenkonzepte und diskutiert die Umweltbilanz. Weitere Themen sind die aktuellen Forschungsziele und ein knapper Überblick über die oberflächennahe Geothermie. Diese wird in den BINE-Fachbüchern »Erdwärme für Bürogebäude nutzen« und »Wärmepumpen – Heizen mit Umweltenergie« ausführlicher vorgestellt. Beide Formen der Erdwärmennutzung werden in der künftigen Energieversorgung Deutschlands einen wachsenden Beitrag leisten.

FIZ Karlsruhe
BINE Informationsdienst

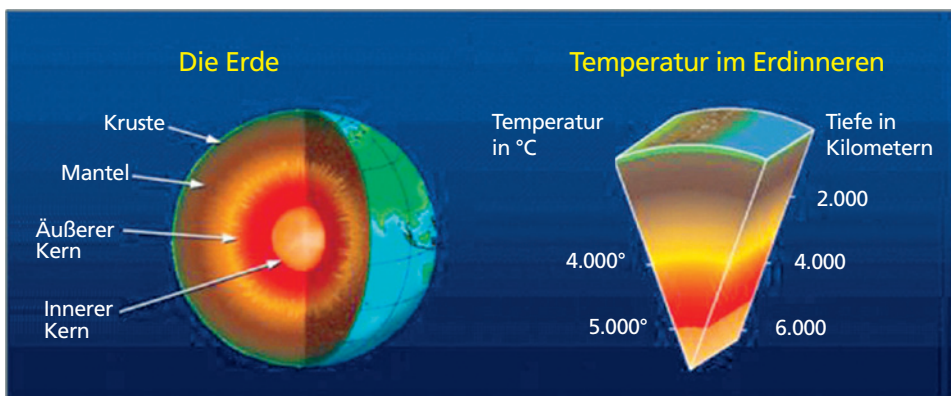
1 Ein Planet voller Energie

Wie alle Mitteleuropäer werden auch Sie sich über unser Wetter ärgern oder freuen. Sonnenschein, Wind und Regen oder das Wachstum der Pflanzen gehören zu unserem Alltag und bestimmen unser Dasein. Durch Hitzeperioden, Orkane oder Überschwemmungen erfahren wir es auch als existenzielle Bedrohung. Unser kleiner blauer Planet umkreist einen riesigen lebensfeindlichen Stern, der uns erst unser Leben ermöglicht. Ein winziger Teil der Energie, den dieser gigantische Feuerball ständig in den Weltraum abstrahlt, erreicht auch uns. Er ist verantwortlich für das Klima und treibt die Wettermaschine an. Ein kompliziertes Geschehen, in das wir uns unbedacht eingemischt haben, mit unabsehbaren Folgen.

Die Sonne haben wir Menschen schon immer als Energiequelle genutzt. Über unsere Nahrung hält sie unseren Körper in Gang. Ob beim Mahlen von Korn, beim Antrieb der Schiffe, als Futter für die Tiere, mit denen der Verkehr auf dem Land abgewickelt wurde, oder als Feuer, von Anfang an war die Sonne der Motor des Lebens und die Basis, auf der sich die Entwicklung der Menschen vollzog. Die Industrialisierung mit ihrer Nutzung fossiler Rohstoffe veränderte zwar das Gesicht unserer Welt und für ein, zwei Jahrhunderte sah es so aus, als wären die alten Gesetze außer Kraft. Inzwischen weiß man es besser. Vorräte sind immer endlich. Auch die Sonne wird eines Tages ausgebrannt sein. Nach menschlichen Maßstäben aber ist sie unerschöpflich. Das haben wir verstanden. Auf Dauer überleben können wir nur, wenn wir es schaffen, dieses sich immer wieder erneuernde Angebot immer besser zu nutzen. Das ist die Lektion, die wir gerade lernen müssen. Energie aus Wind, Wasser, Biomasse und direkter Sonneneinstrahlung erobert sich ihren Platz zurück.

Als Mitteleuropäer übersieht man aber gern, dass unser Planet auch ein sehr bewegtes Innenleben besitzt. Nur die wenigsten von uns verfügen über Erfahrungen mit den elementaren Gewalten unter unseren Füßen. Ohne aktive Vulkane in der Umgebung und nur sehr selten von Erdbeben heimgesucht, nimmt man kaum wahr, wie kräftig es in der Tiefe brodelte.

Nehmen sie ein Ei aus dem kochenden Wasser, schrecken sie es mit etwas kaltem ab, dann halten sie in der Hand, was Sie ein wenig mit der Welt vergleichen können, in die Sie hineingeboren wurden: innen heiß, außen gerade eben so, dass man sich die Finger nicht verbrennt. Übertrieben? Keineswegs. 99 % unseres Planeten sind heißer als 1.000 °C. Von dem einen Prozent, das übrig bleibt, sind 99 % heißer als 100 °C. Das sind die Fakten, mit denen wir auf unserer großen Eierschale zurechtkommen müssen.



■ **Abb. 1:** Das Erdinnere ist voller Energie

Die feste Kruste unseres Planeten wird Lithosphäre genannt. Sie reicht nicht einmal 100 km in die Tiefe. Verglichen mit den 12.756 km Durchmesser der Erde stellt sie eine mehr als dünne Hülle dar. Insofern passt also der Vergleich mit der Eierschale. Allerdings geht es auf der in Ihrer Hand weitaus ruhiger zu als bei derjenigen unter Ihren Füßen. Die ist von vielen Rissen durchzogen und in sechs große und viele kleine Platten zerbrochen. Diese befinden sich in ständiger Bewegung. Unter der Kruste schließt sich der Erdmantel an, 3.000 km dick und zähflüssig. Er umschließt die rund 6.000 km des Erdkerns, der, außen flüssig, innen fest, vor allem aus Eisen und Nickel besteht. So etwa stellt sich das Bild vom Innern der Erde nach dem heutigen Stand der Wissenschaft dar.

Es ist eine alte Erfahrung der Menschen, dass es, je tiefer man von der Oberfläche in das Innere unseres Planeten vordringt, umso wärmer wird. Das lernten auch die frühen Bergleute in jenen Regionen, in denen man weder Vulkane noch Thermalquellen kennt. Feuerspeiende Berge, heißes Wasser, das aus dem Boden dringt, das waren Phänomene, die schon immer einer Erklärung bedurften – und je nach Erkenntnismöglichkeiten unterschiedlichste Interpretationen fanden. Die Verortung des ewigen Höllenfeuers im Erdinneren war so eine und dem Teufel Schwefelgestank anzuhängen, eine weitere. Einige der Vorstellungen von Hölle und Fegefeuer, die der Toskaner Dante in seiner »Göttlichen Komödie« in kunstvolle Worte gesetzt hat, dürfte er wohl an den Schlamm- und Schwefelquellen seiner Heimat selbst erwandert und errochen haben.

Andere betrachteten die Dinge schon vor zweitausend Jahren durchaus nüchterner und kamen damit den tatsächlichen Verhältnissen bereits ziemlich nahe. Um das Jahr 360 wirkte ein Bischof Patricius in der kleinasiatischen Stadt Prusa, dem heutigen Bursa in der Türkei. In der Umgebung gab es seinerzeit und gibt es heute noch heiße, heilsame Quellen.

Deren Vorkommen interpretierte er so:

»Es befindet sich ... unter der Erde Feuer und Wasser ...; das unterhalb nennt man jenes der Abgründe, und von diesem quillt einiges, wie durch Röhren nach oben ergossen, zum Gebrauch des menschlichen Geschlechtes. Dieser Art sind die Thermen, von welchen einige, da sie dem Feuer entfernter liegen, durch die vorsichtige Anordnung Gottes gegen uns, kälter sind, während andere, die demselben näher liegen, heiß fließen ...«

Eine Ansicht, die er mit dem Leben bezahlte, denn sie missfiel dem römischen Prokonsul, der die Therapieerfolge lieber dem einen oder anderen seiner Götter zugeschustert hätte.

Patricius Erklärungsversuch der Geothermie hat den Bischof in die wissenschaftliche Literatur eingehen lassen, seitdem Alexander von Humboldt ihn 1823 in einem Vortrag zitierte – auch wenn er ihn dabei nach Nordafrika in die Gegend von Karthago verlagerte.

Zurück zu dem, was wir heute wissen:

Bei uns in Mitteleuropa nimmt die Temperatur im oberen Bereich der Erdkruste pro Kilometer in die Tiefe um rund 30°C zu. Würden wir bis in den Mittelpunkt vorstoßen wollen, bekämen wir es schließlich mit rund 6.000°C zu tun. Der komplette Energieinhalt der Erde wird auf schwer vorstellbare 1.011 Terawattjahre geschätzt. Um dennoch eine Ahnung zu erhalten, was sie bedeuten: Die Sonne bräuchte etliche Millionen Jahre, um uns die gleiche Menge zu schicken.

Viel Energie also. Aber woher kommt sie? Ein Teil stammt noch aus der Entstehungszeit der Erde vor etwa 4,5 Milliarden Jahren. Damals verdichteten sich Gas, Staub, Gestein und Eis

durch ihre Anziehungskräfte untereinander (Gravitationsenergie) nach und nach zu jenem neuen Himmelskörper, auf dem wir heute leben. Rund 200 Millionen Jahre dauerte dieser Vorgang. Verglichen mit dem Gesamtalter der Erde hat er also nicht viel Zeit in Anspruch genommen. Der Zusammenprall der Massen machte aus der Gravitationsenergie Wärme, deren größter Teil gleich wieder in den Weltraum abgegeben wurde. Was übrig blieb, macht noch etwa ein Viertel des heutigen Wärmehalts unseres Planeten aus.

Zu den Stoffen, aus denen sich unsere Erde zusammensetzt, gehören auch große Mengen an natürlichen, langlebigen radioaktiven Isotopen. Sie finden sich vermutlich vor allem in den Tiefen der Kontinente und zerfallen nach und nach. Dabei entsteht Wärme. Und das in solch großem Umfang, dass aus ihr die restlichen drei Viertel des irdischen Energieinhalts gespeist werden können.

Innen heiß, vergleichsweise kühl an der Oberfläche und nur durch die Atmosphäre vor der tödlichen Kälte des Weltraums geschützt, so stellt sich uns also unsere Erde vor. Der Platz, der dem Leben bleibt, ist somit ziemlich schmal. Es empfiehlt sich, sorgsam damit umzugehen.

Wer in der Schule aufgepasst hat – und wer hat das nicht – weiß, Temperaturen suchen den Ausgleich. Wärme »fließt« von den höheren Celsiusgraden zu den niedrigeren. Diese Unterschiede treiben auch das Wettergeschehen auf unserem Planeten an. Im Innern einige Tausend Grad heiß, die Umgebung im Weltraum kalt bis zum absoluten Nullpunkt, dazwischen ein beständiger Strom aus Energie, der immer in eine Richtung fließt. Obwohl uns dieser Vorgang nicht bewusst ist, wird hier eine beträchtliche Menge transportiert: Mehr als das 2,5-fache des menschlichen Energiebedarfs geht sozusagen an uns vorbei, in den Weltraum davon. Das wissen wir nun. Wissen wir auch etwas damit anzufangen?

Eine ganze Menge, wie wir noch sehen werden. Aber immer noch viel zu wenig, argumentieren die einen. Die Gefahren sind viel zu groß, warnen die anderen. Auch damit werden wir uns befassen.

Solkollektoren oder Photovoltaikmodule auf den Dächern, Windturbinen draußen im Gelände, Pelletöfen, Biogasanlagen ... Man sieht die Erneuerbaren förmlich wachsen. Dass man die Energie von Sonne, Wind, Wasser und Biomasse ohne Gefährdung unserer Lebensgrundlagen, gleichzeitig aber für den Ausbau und Erhalt von Lebensqualität und Wohlstand und wirtschaftlichen Erfolg nutzen kann, wird bei uns täglich, immer mehr und sichtbar bewiesen.

Diese Vorteile bietet uns auch die Energie des Wärmestroms aus dem Innern der Erde, die geothermische Energie – oder Erdwärme. Geothermie oder Erdwärme, das sind übrigens zwei Namen für dieselbe Sache und definiert sich als

»Wärme unterhalb der Oberfläche der festen Erde«.

Solarwärme wäre dann folgerichtig diejenige oberhalb der Oberfläche.

Wer aber wissen will, wo und wie die Geothermie genutzt wird, muss schon genau hinsehen. Denn ihre Quelle liegt ja im Innern der Erde. Meist bringen Bohrungen die Energie punktgenau dorthin, wo sie genutzt wird, zur Wärmepumpe, ins Heizwerk, an die Turbine. Eine Wärmepumpe wird im Keller oder im Technikraum aufgestellt. Die Wärmeversorgung für eine ganze Stadt kann in einem relativ bescheidenen Gebäude untergebracht werden. Unsere geothermischen Kraftwerke sind klein, kompakt und unauffällig. In Neubaugebieten zum Beispiel erkennt man Gebäude, die Erdwärme nutzen, an dem was fehlt: der Schornstein nämlich.

Geothermie ist immer da, wenn man sie braucht.

Der Wind weht, wo und wann er will. Diese sprichwörtlich gewordene Erkenntnis steht für die gesamte solare Energie: Wie viel man »ernten« kann, hängt, knapp gesagt, von Klima und Wetter, von den Jahres- und den Tageszeiten ab. Die Ausbeute an solaren Energien ist nicht immer so präzise planbar, wie man es gerne hätte. Für eine Industriegesellschaft ist aber von entscheidender Bedeutung, stets ausreichend Energie zur Verfügung zu haben. Intelligente Speicher- und Managementsysteme können diese Probleme entschärfen, aber ein Stück Unsicherheit bleibt immer. Diese gibt es mit der Geothermie nicht. Der Wärmestrom fließt ständig, unbeeindruckt von dem Geschehen draußen in der Atmosphäre. Erdwärme ist Grundlastenergie und kann praktisch überall angezapft werden. Man braucht dafür nur die richtige Technologie. Das macht sie unverzichtbar für eine Rundum-Versorgung mit erneuerbaren Energien.

Immer mehr Menschen wollen die Energiequelle Erde nutzen. Neue Technologien werden entwickelt, vorhandene verbessert. Nicht nur bei uns, weltweit nimmt ihre Bedeutung immer mehr zu. Sind wir dann nicht eines Tages soweit, dass wir unsere Erde abkühlen?

Machen wir also auf Dauer die Erde kalt?

Schauen wir noch einmal auf die Sonne. Wenn der solare Wärmestrom, wir nennen ihn gewöhnlich Sonnenstrahlen, über einen Kollektor auf dem Dach das Duschwasser im Haus erhitzt, wird es in der Umgebung darum nicht kälter. Selbst dann nicht, wenn im gesamten Ort alle Dächer mit Kollektoren oder Photovoltaikmodulen bedeckt wären. Die Sonnenstrahlen heizen nicht mehr die Dachpfannen auf, sondern die Solaranlagen. Den großen Sonnenofen draußen im Weltall beeindruckt das überhaupt nicht.

Mit der Wärme aus dem Innern des Planeten verhält es sich ähnlich. Auf dem Weg nach oben heizt sie das Gestein auf. Entnimmt man z. B. aus einem Bohrloch mit einigen Tausend Metern Tiefe Energie zum Heizen oder zum Antrieb einer Turbine, so kühlt das Gestein dort nach und nach aus, wenn wir oben mehr Energie verbrauchen, als von unten nachkommt. Es entsteht eine »Wärmesenke« in der es irgendwann so kühl geworden ist, dass die an der Oberfläche befindliche Anlage nicht mehr wirtschaftlich genutzt werden kann. Man könnte dann unweit des alten Lochs ein neues bohren. Die Wärmesenke füllt sich im Laufe der Zeit durch den Wärmestrom wieder auf, durch Energie also, die sich sonst in den Weltraum davon gemacht hätte. Auch den großen Ofen im Erdinnern interessiert es nicht, ob überhaupt und was wir weit oben so alles mit seiner Wärme anstellen.

Aber führt die Nutzung der Geothermie nicht zu Erdbeben?

Ein wichtiges Thema. Dieses Buch widmet ihm unter dem Titel »Exkurs Seismizität« – das sich mit den natürlichen und durch menschliche Eingriffe entstehenden Bewegungen im Untergrund beschäftigt – ein spannendes Kapitel.

»Vor der Hacke ist es duster«

Vor dem Bohrkopf auch. In dem alten Bergmannspruch von der Hacke steckt auch viel von den Problemen, mit denen sich alle Technologien auseinanderzusetzen haben, die Rohstoffe für die Energieversorgung aus dem Untergrund holen möchten, egal ob Kohle, Erdöl, Erdgas, oder Erdwärme. Je tiefer der Bohrmeißel vordringt, umso komplexer werden die Anforderungen, umso unbekannter ist das Terrain. Ein Glücksspiel ist die Erschließung solcher Ressourcen.