

Robert Grzebiela

Das Einbringen von Erdsonden zur Nutzung der Erdwärme als Unternehmensmodell in der Baubranche



Robert Grzebiela

Das Einbringen von Erdsonden zur Nutzung der Erdwärme als Unternehmensmodell in der Baubranche

ISBN: 978-3-8366-1608-9

Druck Diplomica® Verlag GmbH, Hamburg, 2008

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtes.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Die Informationen in diesem Werk wurden mit Sorgfalt erarbeitet. Dennoch können Fehler nicht vollständig ausgeschlossen werden und der Verlag, die Autoren oder Übersetzer übernehmen keine juristische Verantwortung oder irgendeine Haftung für evtl. verbliebene fehlerhafte Angaben und deren Folgen.

© Diplomica Verlag GmbH

<http://www.diplomica.de>, Hamburg 2008

Printed in Germany

Inhaltsverzeichnis

Seite

Abkürzungsverzeichnis	3
1 Einleitung.....	5
2 Erdwärmenutzung für Deutschland.....	6
2.1 Energiequellen, Erscheinungsformen und Nutzung	6
2.1.1 Solarenergie	7
2.1.2 Erdwärme	7
2.1.3 Planetenbewegung	7
2.2 Potential der Erdwärmenutzung in Deutschland	7
2.3 Begünstigte Heizungsanlagen der EnEV	8
2.4 Vergleich mit anderen Heizungssystemen	9
2.5 Partizipieren am Markt	11
2.6 Die Wärmepumpe	13
2.6.1 Funktionsweise von Wärmepumpe	13
2.6.2 Effizienz von Wärmepumpen	14
2.6.3 Wärmequellen für Wärmepumpen	15
3 Geothermie	16
3.1 Wärmequelle im Erdinneren	16
3.2 Temperatur- Tiefenverteilung und Wärmefluss	17
3.2.1 Wärmefluss aus dem Erdinneren	17
3.2.2 Wärmeeintragung durch die Sonne	18
3.2.3 Bedeutung des Grundwassers für geothermische Nutzungen	18
3.2.4 Wärmeregime im Untergrund	19
3.3 Nutzungsmöglichkeiten der Erdwärme	20
3.3.1 Grundwasserwärmenutzung	20
3.3.2 Horizontal und Vertikal verlegte Erdreichwärmeüberträger	21
3.3.3 Gruben und Tunnelwasser	23
3.3.4 hydrothermale Tiefenerdwärmenutzung	23
3.3.5 Nutzung trockener, heißer Gesteinsformationen	24
3.4 Erdwärmesonden	25
3.4.1 Auslegung	26
3.4.1.1 Auslegung kleiner Anlagen bis 30 kW Heizleistung	26
3.4.1.2 Auslegung großer Anlagen über 30 kW Heizleistung	29
4 Bauverfahrenstechnik und Installation der Erdwärmesonden	30
4.1 Organisatorische Maßnahmen vor Bohrbeginn	30
4.2 Bohrarbeiten	31
4.2.1 Bohrverfahren	31
4.2.2 Spülbohrtechnik	31
4.2.2.1 Spülmittel	33
4.2.2.2 Drehbohrverfahren	36
4.2.2.3 Drehschlagbohrverfahren	42
4.2.3 Trockenbohren zum Setzen des Standrohres	45
4.2.4 Überlagerungsbohren	45
4.2.5 Probenentnahmen	46
4.2.6 Bohrlochdurchmesser	46
4.2.7 Bohrgeräteausrüstung	48
4.3 Herstellung und Prüfung von Erdwärmesonden	50

4.4	Einbau Erdwärmesonden und Verfüllung des Bohrloches	51
4.5	Verlegen der Leitungen, Druckabsicherung, Füllen, Entlüften und Inbetriebnahme ..	53
5	baubetriebliche Durchführung	53
5.1	Standardfall für die weitere Auslegung	54
5.2	Bohrausrüstung	55
5.3	Bauablauf	57
5.4	Arbeitskräftebedarf und Qualifizierung	58
5.5	Bohrgeschwindigkeit	58
5.6	Bauzeitenplan	59
6	Bauwirtschaft.....	61
6.1	Ausschreibungstext und Bohrpreis	61
6.2	Unternehmensstruktur	62
6.3	Bestimmung der Herstellungskosten einer Erdwärmesondenanlage	62
6.3.1	Kosten der Ausrüstung	63
6.3.2	Lohnkosten	65
6.3.3	Materialkosten	66
6.3.4	Herstellungskosten	67
6.4	Geschäftskosten	68
6.5	Bohrpreis und Kostendeckung	69
7	rechtliche Bestimmungen.....	70
7.1	Bergrecht	70
7.2	Wasserrecht	71
7.3	Anforderungen an das Bohrunternehmen	74
8	Fazit	74
9	Anhang	76
9.1	Gerätetammkarten	76
9.1.1	Bohrgerät	76
9.1.2	Bohrgestänge	77
9.1.3	Verpressgerät	78
9.1.4	Minibagger	79
9.1.5	Lkw	80
9.1.6	Ladekran	81
9.1.7	Anhänger zum Bohrgerätetransport	82
9.1.8	Kleintransporter für Hilfsarbeiter	83
9.1.9	Anhänger für Minibagger	84
9.2	Herstellungskosten einer Erdwärmesondenanlage nach Standardfall	85
9.3	Diagramm Druckverlust	87
	Literaturverzeichnis.....	88
	Abbildungsverzeichnis.....	90

Abkürzungsverzeichnis

A ₀	Fläche des Bohrlochringraums
ABC	Ausbildungszentrum
A _{Bohrloch}	Querschnittsfläche des Bohrloches
API	American Petroleum Institute
BBergG	Bundesberggesetz vom 13. August 1980 (BGBl. I S. 1310), zuletzt geändert durch Artikel 11 des Gesetzes vom Dezember 2006 (BGBl. I S. 2833)
BGL	Baugeräteliste
BOP	blow - out - Preventer
bzw.	beziehungsweise
ca.	cirka
cm ³	Kubikzentimeter
CMC	Carboxy-Methyl-Cellulose-Polymer
CO	Kohlenmonoxid
CO ₂	Kohlendioxid
DTH	Down – the – hole
DVGW	Deutsche Vereinigung des Gas und Wasserfaches
DVS	Deutschen Verbandes für Schweißtechnik
EED	Earth Energy Designer
EnEV	Energieeinsparverordnung
g	Gramm
Gew. %	Gewichts Prozent
HDR	Hot Dry Rock
HGB	Handelsgesetzbuch vom 10 Mai 1897 (RGrB. S. 219) zuletzt geänd. durch Art. 1 Vorstandsvergütungs-OffenlegungsG v. 3.8.2005 (BGBl. I S. 2267)
H _v	Reibungsverlusthöhe
HwO	Gesetz zur Ordnung des Handwerks (Handwerkskammerord- nung) vom 17.09.1953, zuletzt geändert durch Artikel 146 der Verordnung vom 31. Oktober 2006 (BGBl. I S. 2407)
hydr	hydraulisch
HDPE	High – Density – Polyethylen
IADC	International Association of Drilling Contractors
J	Joule
K	Kelvin
KDK	Kraftdrehkopf
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattstunden

LagerstG	Gesetz über die Durchforschung des Reichsgebietes nach nutzbaren Lagerstätten vom 4 Dezember 1934, zuletzt geänd. durch Artikel 22 der Gesetzes vom 10. November 2001 (BGBl. I S. 2992)
l	Liter
LUNG	Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern
m	Meter
mm	Millimeter
m ²	Quadratmeter
max	maximal
mbar	Millibar
min	Minute
Mio	Million
M-V	Mecklenburg - Vorpommern
NO ₂	Stickstoffoxid
Nr	Nummer
PA	Polyacrylamat
PJ	Petajoule
P _p	Nebenverbraucher
PPA	Polyacrylamid
Q	Pumprate
Q _H	Gesamtwärmebedarf
S	Seite
SO ₂	Schwefeldioxid
Q _{wp}	Jahresnutzwärme
U	Umdrehung
UV	Ultraviolett
v _{auf}	Aufstiegsgeschwindigkeit
UWB	Untere Wasserbehörde
W	Watt
W _{el}	elektrischen Energie Wärmepumpe
WHG	Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts, zuletzt geändert durch Artikel 2 des Gesetzes vom 10. Mai 2007 (BGBl. I S.666)
WSchV`95	Wärmeschutzverordnung von 1995
z.B.	zum Beispiel
°C	Grad Celsius
ε	Leistungszahl Wärmepumpe
β	Jahresarbeitszahl
ΔT	Temperaturdifferenz
%	Prozent
€	Euro

1 Einleitung

Für die privaten Haushalte hat sich der Verbraucherpreis für Heizöl von 26,38 €/100 l im Jahr 1991 auf 53,59 €/100 l im Jahr 2005 mehr als verdoppelt¹. Der Preis für Erdgas stieg im selben Zeitraum um 50,6 %. Die Kosten zum Beheizen der Wohnung mit konventionellen Verbrennungsanlagen stiegen dem entsprechend. In Zeiten der hohen Energiepreise und der wachsenden Unsicherheit hinsichtlich der Energieversorgung suchten immer mehr Hausbesitzer nach Alternativen zu Öl und Gas. Besonders herausstechend ist dabei die Entwicklung und Verbreitung der Wärmepumpentechnik. In der Schweiz, in Österreich, den Niederlanden und den Skandinavischen Ländern hat sich das System bereits etabliert. Nun erfolgt seit einigen Jahren der Durchbruch auf dem Deutschen Markt, dabei zeigt sich, dass der Großteil der Wärmepumpen als Wärmequelle das Erdreich mit Hilfe von Erdwärmesonden nutzt. Für den Heizungsbauer spielt es keine Rolle, ob er eine Wärmepumpe oder eine Gasheizung installiert. Die erzielbaren Gewinne differenzieren kaum von einander. Um von dieser Entwicklung dennoch zu profitieren, ohne selbes Wärmepumpen herzustellen und zu verkaufen, besteht die Möglichkeit Erdwärmesonden einzubauen. Die Herstellungskosten der Erdwärmesonden belaufen sich auf ca. die Hälfte der Gesamtinvestition der Heizungsanlage. Mit dem Erfolg der Wärmepumpe, entsteht ein völlig neuer Markt für Unternehmen die Erdwärmesonden einbringen können. Innerhalb von zehn Jahren ist der Verkauf von Wärmepumpenanlagen mit Erdwärmesonden als Wärmequelle von 100 Stück im Jahr 1996 auf 10000 Stück im Jahr 2006 gestiegen. Der größte absolute Anstieg wurde von ca. 12000 Neuanlagen 2005 auf ca. 28600 zum Jahr 2006, mit ca. 16600 verkauften Wärmepumpen erzielt². Darin enthalten sind allerdings mit ca. 30 % auch die Wärmepumpen enthalten, die nicht als Wärmequelle Erdwärmesonden verwenden. Von diesem Anstieg profitieren besonders die wenigen Bohrunternehmen, die in der Vergangenheit ihr Tätigkeitsfeld in Aufschlussbohrungen für geologische Untersuchungen oder im Brunnenbau vorfanden und nun einer Überflutung von Anfragen für Erdwärmesondenbohrungen ausgesetzt sind. Dadurch werden weiterhin Wartezeiten und Kosten für die Bauherren ansteigen sowie die Gewinne der Bohrunternehmen.

Das Thema dieser Arbeit „Einbringen von Erdwärmesonden zur Nutzung der Erdwärme als Unternehmensmodell in der Baubranche“ ist dieser Situation geschuldet und soll Anforderungen und Voraussetzungen aufzuzeigen, die an ein Unternehmen gestellt sind, welches als Kerngeschäft hat, Erdwärmesonden zur Nutzung der Erdwärme einzubringen und klären, ob sich der Einstieg in dieses neue Marktsegment der Baubranche als gewinnbringende Unternehmung herausstellt.

Als Grundlage wird zunächst im 2. Kapitel die Erdwärme neben anderen möglichen Energiequellen für Deutschland betrachtet und hervorgehoben. Dazu werden die aktuellen ökologischen, ökonomischen und politischen Veränderungen dieser Zeit miteingebunden sowie der Markt analysiert, um das Potential der Erdwärmennutzung und des Erdwärmesondeneinbringens darzustellen. Im darauf folgenden Kapitel werden die geothermischen Aspekte erläutert und die Bestimmung der Sondenlänge ausführlich beschrieben. Das 4. Kapitel wird die bauverfahrenstechnischen Vorgänge und die dazu benötigte Ausrüstung zum Erstellen der Bohrungen und zum Einbau der Sonden aufzeigen. Im 5. Kapitel erfolgt die Zusammenstellung einer Bohranlage für einen definierten Standardfall einer Erdwärmesondenanlage sowie die Festlegung von Arbeitszeiten und Bauablauf eines Bohrunternehmens. Darauf basierend werden im 6. Kapitel die Herstellungskosten einer Erdwärmesondenanlage aufgezeigt und in Verbindung mit den derzeit üblichen Bohrpreisen eine Gewinnprognose für ein entsprechendes Unternehmen getätigt. Abschließend werden die im 7. Kapitel die rechtlichen Bestimmungen

¹ Vgl.: BMWi, (2007.): Energiedaten, Tabelle 26.

² Vgl.: iwr-pressedienst, Geothermische Vereinigung e.V – Bundesverband Geothermie: Geothermie 24000 Anlagen in 2006.

für das Errichten einer Erdwärmesondenanlage dargestellt und die behördlichen Anforderungen an das Bohrunternehmen erläutert.

2 Erdwärmenutzung für Deutschland

Die folgenden Unterpunkte sollen in die Thematik der Erdwärme einführen und aufzeigen, in welcher Weise Unternehmen daran profitieren können. Dazu wird zunächst die Erdwärme neben den anderen Energiequellen auf der Erde eingeordnet, um einen Überblick über die vielfältigen Möglichkeiten der Energieerzeugung und Nutzung zu geben. Da es nicht Thema der Ausarbeitung sein soll, die Begrenztheit nichtregenerativer Energien aufzuzeigen, liegt der Schwerpunkt auf den Nutzungsmöglichkeiten regenerativer Energiequellen. Gliederungspunkt 2.2 „Potential der Erdwärmenutzung in Deutschland“ stellt die momentane Situation in Bezug auf Schadstoffausstoß in Deutschland dar und zeigt den zu leistenden Beitrag der Erdwärmetechnik zur Verringerung dessen. Zudem wird das in der Erdwärmenutzung steckende Potential zur Verringerung der Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen dargestellt. Gliederungspunkt 2.3 konkretisiert den Einsatz der Erdwärmenutzung auf den Bereich des Bauwesens in Verbindung mit der Energieeinsparverordnung und erläutert in dem Zusammenhang die Vorteile der Wärmepumpentechnik im Vergleich zu konventionellen Heiztechniken. Auf der einen Seite wird damit die Erdwärme mit Wärmepumpe durch diese gesetzliche Verordnung gefördert und auf der anderen Seite, wie unter Gliederungspunkt 2.4 ersichtlich wird, erweist sie sich im Vergleich mit anderen Heizungssystemen als wirtschaftlichste. Aus diesen Erkenntnissen heraus wird dann die Entwicklung des Wärmepumpenabsatzes der letzten zehn Jahre aufgezeigt und die Möglichkeit, als Bohrunternehmen an diesen rasant aufsteigendem Segment der Bauwirtschaft teilzuhaben, dargestellt. Einleitend für das darauf folgende Kapitel 3 „Geothermie“ wird unter Gliederungspunkt 2.6 die Wärmepumpentechnik ausführlich erklärt, da diese die Voraussetzung zur Nutzbarmachung der oberflächennahen Erdwärme darstellt.

2.1 Energiequellen, Erscheinungsformen und Nutzung

Alle sich auf der Erde befindliche Energie wird den drei Primärenergiequellen Sonne, Erdwärme, und Planetengravitation zugeordnet. Dessen Erscheinungsformen und Wirkungen lassen sich, einzeln und zusammen wirkend zuordnen. Die folgende Darstellung erläutert dies.

nuklear					nicht nuklear	Energie- vorräte bzw. - quellen
Atomkerne		Sonnenenergie		Erdwärme	Planeten- gravitation und - bewegung	
Fusion	Spaltung					
Licht Wärme		vergangene solare Strahlung	gegenwärtige solare Strahlung	Wärme	Gezeiten	Energieerscheinungsformen bzw. ihre Wir- kung
		Kohle Erdöl Erdgas sonst. fossil biogene Energieträger	Globalstrahlung Wärme der Atmosphäre Wärme der Meere Wärme in der Erdober- fläche Verdunstung und Niederschlag Wind Wellen Meeresströmung Biomasse			
nichtregenerative Energien bzw. - träger		regenerative Energien bzw. - träger				

Abb. 1: Energiequellen

Die Abbildung verdeutlicht lediglich die wesentlichen Zusammenhänge, um einen Einstieg in die Thematik zu geben. Eine eindeutige Zuordnung ist aufgrund der Komplexität, der gegenseitigen Beeinflussung der Energiequellen nicht möglich. Die Erscheinungsform Wind, resultiert beispielsweise unter anderem aus Atmosphärenbewegung, die durch Planetenbewegung, Sonneneinstrahlung als auch von Wärmeenergie des Erdreiches hervorgerufen wird. Die Bezeichnung regenerative – bzw. nicht regenerative Energie ist abhängig vom betrachteten Zeitraum. So ist die solare Strahlung der Sonne irgendwann erschöpft, jedoch für menschliche Dimensionen unerschöpflich also regenerativ. Um die regenerativen Energiequellen und ihre Erscheinungsformen umzuwandeln in End- und Nutzenergie, kommen in Deutschland im Wesentlichen folgende Verfahren zur Anwendung.

2.1.1 Solarenergie

Von der Sonne geht Energie-Strahlung aus, die auf der Erde direkt oder indirekt genutzt werden kann. Direkt durch Sonnenkollektoren zur Bereitstellung von Wärme, oder durch Photovoltaikanlagen zur direkten Umwandlung in elektrischen Strom. Indirekt, durch den globalen Wasserkreislauf gespeiste Wasserkraftwerke, oder durch die Atmosphärenbewegung auftretende Winde mit dessen Bewegungsenergie Windkraftwerke arbeiten. Biomasse entsteht durch Prozess der Photosynthese, wofür Sonneneinstrahlung die Voraussetzung bildet. Daher ist Biomasse ebenfalls indirekt Solarenergie die durch Verbrennungs- oder Vergärungsanlagen mechanische, chemische, thermische und/oder elektrische Energie liefert³.

2.1.2 Erdwärme

Erdwärme wird genutzt zur Bereitstellung von thermischer, mechanischer oder elektrischer Energie. Aufgrund der Gegebenheiten in Deutschland hat sich vorerst die Nutzung von Wärme, die mit Hilfe von Wärmepumpen bereitgestellt wird, etabliert sowie eine großtechnische Nutzung der Tiefengeothermie zur Wärmebereitstellung für Fernwärme und Industriewärme aber auch Stromerzeugung durch Wärme-Kraft-Kopplung⁴.

2.1.3 Planetenbewegung

Durch die Planetenbewegung und -gravitation verursachten Gezeiten, wird mit Strömungskraftwerken bei Tidenhub Wasser aufgestaut, bei Niedrigwasser wieder abgelassen und mittels Turbinen elektrischer Strom erzeugt⁵. Diese Technik leidet jedoch unter hoher Korrosionsanfälligkeit und beeinträchtigt das Ökosystem. Außerdem sind diese Systeme, für Deutschland aufgrund der geringen Strömungsgeschwindigkeiten an Nord- und Ostsee für den Energiemarkt uninteressant⁶.

2.2 Potential der Erdwärmenutzung in Deutschland

Die von den zurzeit genutzten Primärenergieträgern in Deutschland ausgehenden Gefahren auf die Umwelt, bestehen zum einen aus deren ordnungsgemäßen Nutzung und den dadurch freigesetzten Stoffen und zum anderen aus Transport, Lagerung und Gewinnung der Rohstoffe. 2005 wurden 795 Mt (CO₂) Kohlendioxid, 1.263 kt (NO₂) Stickstoffoxide, 448 kt (SO₂) Schwefeldioxid, 3464 kt (CO) Kohlenmonoxid und 108 kt Staub freigesetzt⁷. Durch den Einsatz moderner Technik und dem Rück-

³ Vgl. Kaltschmitt, M.; W. Streicher; A. Wiese (Hrsg.): Erneuerbare Energien 2006, Kapitel 3 und 4.

⁴ Vgl. Kaltschmitt, M.; W. Streicher; A. Wiese (Hrsg.): Erneuerbare Energien 2006, Kapitel 8 und 9.

⁵ Vgl. Kaltschmitt, M.; W. Streicher; A. Wiese (Hrsg.): Erneuerbare Energien 2006, Anhang A.2.1 Gezeitenkraftwerke.

⁶ Vgl. Gailfuss, M.; BHKW - Infozentrum Rastatt: Meeresströmung, Rastatt.

⁷ Vgl. BMWi, (2007.): Energiedaten, Tabelle 9.