

# Die Nutzung der oberflächennahen Erdwärme (oberflächennahe Geothermie) in Mecklenburg Vorpommern

## Oberflächennahe Geothermie

Die in den vergangenen Jahren deutlich gestiegenen Betriebskosten für die konventionelle Wärmeversorgung bzw. Kühlung von Gebäuden haben in der Bundesrepublik Deutschland zu einer erhöhten Nachfrage wirtschaftlicher und umweltfreundlicher Alternativen zur konventionellen Gebäudeklimatisierung geführt. Für das Gebiet der Bundesrepublik Deutschland ist wegen des Klimawandels voraussichtlich von einem langfristig steigenden Kühlbedarf für den Gebäudebestand auszugehen. Daraus lassen sich perspektivisch auch erhöhte Kosten bzw. Umweltbelastungen durch konventionelle Kühlung (Kompressionskältemaschine) ableiten.

Aufgrund der Verteuerung der Primärenergieträger, einer umfangreichen Förderung regenerativer Energien und des deutlich veränderten Umweltbewusstseins ist die Zahl der Neuinstallationen von Erdwärmeanlagen zum Heizen und Kühlen von Gebäuden in Mecklenburg-Vorpommern in den vergangenen 2 Jahren deutlich angestiegen.

Die Erdwärme der oberflächennahen Schichten der Erde bis ca. 400 m Tiefe (Oberflächennahe Geothermie) wird mit Hilfe einer Wärmepumpe nutzbar gemacht. Die über das Jahr relativ konstanten Erdreich- und Grundwassertemperaturen von ca. 8,5 bis 12 °C bieten optimale Voraussetzungen der Wärme- bzw. Kältegewinnung für die umweltgerechte und wirtschaftliche Klimatisierung von Gebäuden.

Erdwärmesonden, Energiepfähle oder Brunnen gewinnen die Erdwärme, die dann in der Geothermischen Heizzentrale mit Hilfe der Wärmepumpe auf ein Temperatur-

niveau von ca. 28-35 °C „veredelt“ wird. Niedertemperaturheizsysteme (Fußbodenheizungen, Wand- und Deckenheizungen bzw. Bauteilaktivierung) geben diese Wärme vorrangig als angenehm empfundene Strahlungswärme in die Gebäude ab.

## Energiepfähle

Bauwerke müssen bei schwierigen Baugrundbedingungen häufig tiefgegründet werden. Überall dort, wo eine Pfahlgründung erforderlich wird, bietet sich eine Überprüfung an, ob die zusätzliche geothermische Nutzung des Untergrunds durch Energiepfähle (geothermisch aktivierte Ort beton- oder Fertigpfähle) möglich ist. Erste wissenschaftlich begleitete Praxisanwendungen von Energiepfahlsystemen wurden in den 70-er Jahren in der Schweiz erfolgreich realisiert. Mittlerweile hat sich die innovative Energietechnik in der Schweiz, Österreich und Deutschland etabliert (u.a. Kapp & Morath, 1998, Scheuss, 1997, Felder, 1997, Preg, 1997, Brandt et al. 2003).

Energiepfähle nutzen das geothermische Potential unmittelbar unter der Oberfläche zum Heizen und/oder Kühlen. Nur wenn vorrangiger Wärmeentzug gegeben ist, wird tatsächlich die oberflächennahe Erdwärme (oberflächennahe Geothermie) genutzt. Bei wechselseitigem Kühl- und Heizbetrieb und ausgeglichener Bilanz zwischen Wärmeentzug und Wärmeeintrag funktionieren Energiepfähle und das sie umgebende Erdreich als saisonaler Kälte- und Wärmespeicher.

Das Funktionsprinzip von Energiepfählen ist analog dem von Erdwärmesonden. Eine

umschaltbare Wärmepumpe entzieht dem in den Energiepfählen zirkulierenden Wasser Wärme, die dann für die Beheizung des Gebäudes zur Verfügung steht, oder gibt wahlweise die dem Gebäude entzogene Wärme an den Energiepfahlkreislauf ab (Kühlbetrieb). Die durch Wärmeentnahme bzw. Wärmebeaufschlagung am Energiepfahl zum „Gebirge“ hin erzeugten Temperaturgradienten bewirken einen gerichteten Wärmestrom. Die Kosten für die Herstellung des erdbürtigen Wärmetauschers „Energiepfahl“ sind im Vergleich zur herkömmlichen Erdwärmesonde erfahrungsgemäß um ca. 40-50 % geringer.

## Nutzung der oberflächennahen Geothermie im Raum Rostock

Dank des intensiven Engagements regionaler Investoren und Generalplaner (u.a. DEUTSCHE IMMOBILIEN GmbH, ICR GmbH Roggentin, Finanzministerium Mecklenburg-Vorpommern, INROS Planungsgesellschaft mbH), sowie der zügigen Durchführung der Genehmigungsverfahren (Umweltministerium und LUNG, Umweltamt Rostock) hat der Großraum Rostock bei der Etablierung dieser innovativen Technologie eine Vorreiterrolle in den neuen Bundesländern eingenommen.

Es kann davon ausgegangen werden, dass im Jahr 2004 die gesamte installierte Leistung der Anlagen zur Nutzung der oberflächennahen Geothermie für den Großraum Rostock die Grenze von 1 MW überschreiten wird. Weitere Großprojekte von Erdwärmennutzungen bzw. geothermischer Nutzungen des Untergrunds befinden sich in der Planung bzw. stehen kurz vor der Realisierung.

Die erfolgreiche Initiierung von Referenzobjekten der Nutzung der oberflächennahen Geothermie bzw. der geothermischen Nutzung des Untergrunds hat es den in Mecklenburg-Vorpommern ansässigen spezialisierten Fachfirmen ermöglicht, über die Grenzen des Landes Mecklenburg-Vorpommern hinaus Dienstleistungen im Bereich der Planung und Ausführung von Anlagen zur Nutzung der oberflächennahen Geothermie anzubieten. Die H.S.W. GmbH Rostock konnte bereits mehrere Planungsleistungen im Bereich der Erdwärmennutzungen für verschiedene Objekte in den alten Bundesländern erbringen.

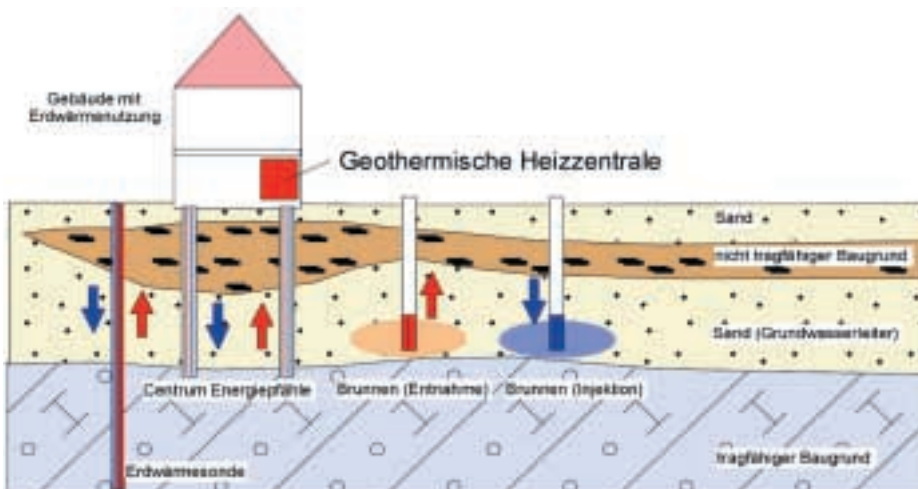


Abb. 1: Mögliche Varianten der Quellenanlagen für Geothermische Nutzung des Untergrunds



Abb. 2: Ansicht des neuen Businesscenters am Stadthafen Rostock im Entwurf

(Quelle: DIAG Rostock)

**Projektbeispiel: Die große Energiepfahlanlage des Businesscenters am Stadthafen der Hansestadt Rostock (DEUTSCHE IMMOBILIEN AG)**

enthält Auszüge der Veröffentlichung von Brandt et al. (2001) „Große Energiepfahlanlage in der Hansestadt Rostock (Mecklenburg-Vorpommern) in der Realisierung“, *Geothermische Energie, Mitteilungsblatt der Geothermischen Vereinigung e.V. Nr. 40, 10. Jahrgang/Heft 1, Januar/März 2003*

Auf der Silohalbinsel des Stadthafens der Hansestadt Rostock (Mecklenburg-Vorpommern) entsteht bis Ende 2003 durch Neubau bzw. Modernisierung der ehemaligen Speichergebäude (Silo 4 und 5) das architektonisch sowie energietechnisch innovative Businesscenter der Deutschen Immobilien Verwaltungsgesellschaft mbH & Co. KG (DEUTSCHE IMMOBILIEN AG [DIAG], Rostock). Federführend ist das Architekturbüro Beyer & Partner, Rostock (Entwurf des Businesscenters siehe Abb. 2).

Die Planer hatten schon in den ersten Entwürfen eine Bauteilaktivierung des Businesscenters vorgesehen und damit die Voraussetzung für eine wirtschaftliche thermische Nutzung des Untergrunds geschaffen. Ein Großteil des Wärmebedarfs und der gesamte Kühlbedarf werden zukünftig durch das innovative Heiz- bzw.

Kühlsystem in das Gebäude gebracht.

Durch die H.S.W. GmbH Rostock wurden für den Standort Möglichkeiten der thermischen Nutzung des Untergrundes zur Bereitstellung von Wärme und Kälte untersucht. Die Nutzung von Grundwasser zur direkten Kühlung des Businesscenters war aus geohydraulischen und bautechnischen Gründen nicht möglich [1].

Die schwierigen Baugrundverhältnisse am Standort (organische Weichschichten bis ca. 15 m Mächtigkeit) erforderten die Realisierung der Gründung von notwendigen peripheren Bauwerken (u.a. Tiefgarage) als Pfahlgründung. Hier schlug die H.S.W. GmbH Rostock eine geothermische Aktivierung der Gründungspfähle zu Energiepfählen vor. Durch die geothermische Nutzung der ohnehin aus statischen Gründen erforderlichen Pfähle konnte auf die Errichtung eines Erdwärmesondenfeldes verzichtet werden, was mit erheblichen Kosteneinsparungen verbunden ist.

Aus Wirtschaftlichkeitsgründen und der vom Bauherren geforderten erfolgreichen (geo-)thermischen Aktivierung aller Energiepfähle wurden spezielle werksgeprüfte Stahlbeton-Fertigpfähle (System Centrum Energiepfahl) eingesetzt. Die ca. 300 jeweils 19 m langen Stahlbetonfertigpfähle wurden mit Rohrleitungen belegt und dienen als Energiepfähle (EPF) zur saisonal wechselnden Gewinnung von Wärme bzw.

Kälte aus den oberflächennahen „angefahrenen“ Schichten.

Ergänzend zur Nutzung von Energiepfählen wird in optimierten Temperatur- und Zeitintervallen Oberflächenwasser aus dem Hafenbecken thermisch genutzt. Durch die Kombination von reversibler Wärmepumpenanlage und Bauteilaktivierung wird das Businesscenter auf dieser Grundlage zu jedem Zeitpunkt des Jahres sehr effizient und umweltschonend mit Wärme oder Kälte versorgt [9]. Durch die Nutzung der Energiepfahlanlage zur Bereitstellung von Kälte und Wärme ergeben sich erhebliche Einsparungen bei den Betriebskosten.

**Projektentwicklung**

Die erklärte Absicht des Bauherrn zur Entwicklung einer wirtschaftlichen und nachhaltigen Energieversorgung war Ende 2001 Anlass für die Aufnahme von Untersuchungen zur Machbarkeit der Nutzung Oberflächennaher Geothermie zum Heizen und Kühlen des Gebäudekomplexes [1], [2], [3], [4] und [7]. Die Notwendigkeit der Tiefgründung der zusätzlichen peripheren Gebäudebereiche auf Pfählen zeigte sehr rasch, dass eine geothermische Aktivierung der Pfähle zu so genannten Energiepfählen unter energetischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten Erfolg versprechend ist.

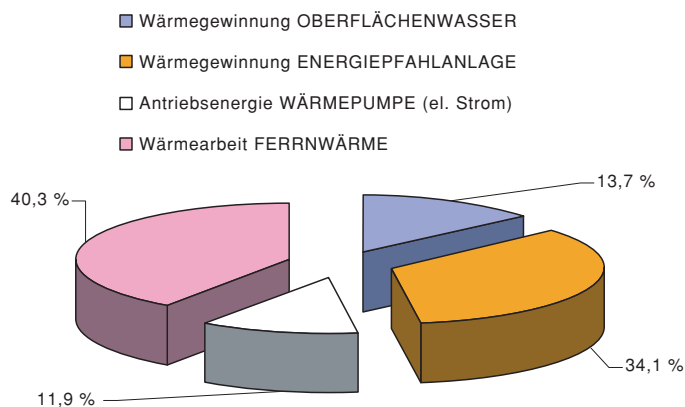


Abb. 3: Anteile der einzelnen Wärmequellen an der gesamten Wärmebedarfsdeckung

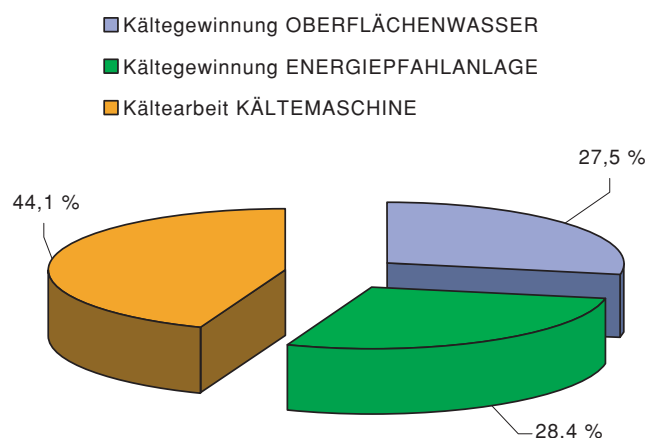


Abb. 4: Anteile der einzelnen Kältequellen an der gesamten Kältebedarfsdeckung

Grundlage aller weiterführenden Überlegungen war eine differenzierte Auswertung der geologischen und hydrogeologischen Standortbedingungen durch die H.S.W. GmbH [1]. Bestandteil der nachfolgend komplexen Untersuchungen waren u.a. die Durchführung eines (ersten) Geothermal Response Tests (AETNA Energiesysteme GmbH) sowie auf Basis der Ergebnisse des Tests durchgeführte analytische und numerische Modellrechnungen der H.S.W. GmbH.

Die Anzahl der Energiepfähle wurde ausschließlich durch die statischen Erfordernisse begrenzt. Im Ergebnis der Modellrechnungen von den geologisch-hydrogeologischen Bedingungen wurde die thermische Leistungsfähigkeit des Gesamtsystems festgelegt. Zur vollständigen Abdeckung des Wärme- bzw. Kältebedarfs erfolgt der thermische Nutzung von Oberflächenwasser.

Mit der Entscheidung des Bauherrn für diese innovative Versorgungslösung Ende Januar 2002 wurden die Planungsarbeiten durch die ARGE H.S.W. / AETNA aufgenommen. Mitte Mai konnte die Ausführungsplanung abgeschlossen und dem Generalauftragnehmer ARBEITSGEMEINSCHAFT Silo 4+5 Billfinger Berger AG/Aug. Prien übergeben werden. Die Bauarbeiten begannen im Frühjahr 2002.

### Anlagenkonzept

Die technische Anlage zur Beheizung und Kühlung des zukünftigen Businesscenters umfasst folgende Teilbereiche:

- Energiepfahlsystem (264 Stahlbetonfertigungspfähle System Centrum Energiepfahl, Einheitslänge:19 m)
- Oberflächenwassernutzung (max. 50 m³/h),
- Wärmepumpenanlage (reversibel, max. ca. 200 kW Kälteleistung).

Eine ergänzende Wärmeversorgung erfolgt

über den Anschluss an die Fernwärmeversorgung der Stadtwerke Rostock. Die Verteilung der Wärme und Kälte wird über eine thermische Baukernaktivierung (Betonkernentemperaturung) realisiert.

Es kann grundsätzlich alternativ Wärme oder Kälte bereitgestellt und über die Baukernaktivierung (BKA) ins Gebäude eingebracht werden (kein gleichzeitiger Heiz- und Kühlbetrieb). Die Anteile der einzelnen Wärme- bzw. Kältequellen sind in Kreisdiagrammen dargestellt (Abb. 3 und 4).

Eine Besonderheit der in Ausführung befindlichen Energiepfahlanlage ist der Einsatz von Stahlbetonfertigungspfählen System Centrum (Centrum Pfähle GmbH, Hamburg). Der hohe Vorfertigungsgrad führte hier zu einem deutlich verminderten Montageaufwand auf der Baustelle und wirkte sich deutlich kostensenkend aus. Des weiteren entfällt die üblicherweise erforderliche Druckbeaufschlagung der Wärmetauscherrohre bei der Fertigung. Aufgrund der werksseitigen Prüfung der Centrum Energiepfähle und der schonen-

den Rammung mit modernen Hydrorammbären wurde erreicht, dass sämtliche der insgesamt 264 Stück Energiepfähle voll funktionsfähig sind.

### Geothermal Response Test und Systembemessung

Erdwärmesonden- und Energiepfahlanlagen erfordern eine standortbezogene Planung, um einen wirtschaftlich optimalen Anlagenbetrieb zu gewährleisten. Hierzu gehören u.a.

- Untersuchungen der geologischen bzw. hydrogeologischen Verhältnisse durch vor Ort erfahrene Hydrogeologen,
- Geothermal Response Test (GRT) an einer Erdwärmesonde oder an einem Energiepfahl zur Parameterbestimmung,
- numerische thermohydrodynamische Simulation des Wärme- und/oder Kälteentzugs aus dem Erdreich auf Basis der Ergebnisse des GRT (u.a. inverse numerische Parametrisierung) als Grundlage zur optimierten Dimensio-



Abb. 5: Baufeld mit eingebrachten Energiepfählen und Horizontalanbindung

Foto: HSW

nierung des Gesamtsystems bzw. zur Darstellung dynamischer Betriebszustände u.a. als Grundlage für das Genehmigungsverfahren und für größere Objekte als Basis einer Umweltverträglichkeitsbewertung.

Die Durchführung (und Auswertung) eines GRT hat sich in den vergangenen 3 Jahren in Deutschland als wichtiges Instrument zur Qualitätssicherung bei größeren Erdwärmesondenanlagen entwickelt [5] und ist inzwischen fester Bestandteil der Planung geworden. Sicherheitszuschläge (die zu einer unnötigen Verteuerung der Anlagen führen), aber auch Unterdimensionierungen gehören der Vergangenheit an. Eine um bis zu 25 % höhere Wärme- bzw. Kälteausbeute des untersuchten Energiepfahls ist u.a. auch Ergebnis energetisch motivierter Untersuchungen zu verschiedenen wirtschaftlichen Konfigurationen der Wärmetauscherrohre im Centrum Energiepfahl.

Als Resümee ist festzuhalten, dass der optimierte Centrum Energiepfahl sehr gute energetische Eigenschaften aufweist. Eine thermische Aktivierung der aus statischen Erfordernissen notwendigen Gründungspfähle zum Heizen und Kühlen sollte demnach in der Phase der Projektentwicklung grundsätzlich Berücksichtigung finden bzw. im Komplex der Gesamtversorgungsaufgabe bezüglich der technischen und wirtschaftlichen Machbarkeit geprüft werden.

#### Stand der Realisierung

Schon Ende September 2002 waren sämtliche 264 Energiepfähle problemlos eingebracht. Die Horizontalanbindung (siehe Abb. 5) der Energiepfähle wurde im November 2002 fertiggestellt und ist bereits von der Gründungsplatte über-

deckt. Im August diesen Jahres konnte bereits das Richtfest gefeiert werden. Der gesamte Bau wird voraussichtlich Mitte März 2004 fertiggestellt sein. Im September 2003 wird die Geoenergiezentrale im Haustechnikraum des Businesscenters installiert.

#### Bauherr:

Deutsche Immobilien AG. 1. Verwaltungsgesellschaft mbH & Co. KG, Rostock, Am Seehafen 1. 18147 Rostock.

#### Architekten:

Beyer & Partner Architekten, Rostock, Lindenstraße 6, 18055 Rostock.

#### Planung und Fachbauleitung der Geothermischen Energieversorgung:

ARGE H.S.W. / AETNA  
H.S.W. Ingenieurbüro für Angewandte und Umweltgeologie, Rostock, Gerhart-Hauptmann Str. 19, 18055 Rostock,  
E-Mail: HSW.Ingbuero@t-online.de  
AETNA Energiesysteme GmbH,  
Karl-Marx-Str. 114, 15745 Wildau,  
E-Mail: aetna.es@t-online.de

#### geothermal response tests:

AETNA Energiesysteme GmbH, Karl-Marx-Str. 114, 15745 Wildau,  
E-Mail: aetna.es@t-online.de

#### Generalauftragnehmer:

ARBEITSGEMEINSCHAFT Silo 4+5 Billfinger Berger AG/Aug. Prien, Baustelle: Am Strande 3 D-E, 18055 Rostock.

#### Energiepfähle mit Leistungszertifikat (hier: geothermal response test):

Centrum Pfähle GmbH, Friedrich-Ebert-Damm 111, 22047 Hamburg.

#### werkseitige Aktivierung, Horizontalanbindung der Energiepfähle:

Fa. Rolf Keller, Alternativ Energie, Hauptstraße 34, CH 6287 Aesch

#### Realisierung der Bauteilaktivierung, Installation der Geoenergiezentrale:

Gebr. Wachs, Heizung, Sanitär, Bauklempnerei, Wiesenweg 11, 18119 Warnemünde

#### Literatur

- [1] *Geologisch-hydrogeologische Recherche Standortbereich Silohalbinsel Rostocker Stadthafen.* H.S.W. Ingenieurbüro GmbH, Rostock, 29.10.2001.
- [2] *Studie zur Versorgungsvariante „Energiepfahlanlage“.* H.S.W. Ingenieurbüro GmbH, Rostock 28.01.2002
- [3] *Konzept zur kombinierten Nutzung des Energiepfahlsystems/Oberflächenwasser.* H.S.W. GmbH, Rostock und AETNA Energiesysteme GmbH, Wildau, 28.02.2002.
- [4] *Planungsunterlagen Businesscenter Stadthafen Rostock.* H.S.W. GmbH, Rostock und AETNA Energiesysteme GmbH, Wildau. Januar-Mai 2002.
- [5] *Stand der Entwicklung und Anwendung des Thermal-Response-Tests.* Walter Eugster et al. 7. Geothermische Fachtagung in Waren (Müritz). 6.-8.11.02.
- [6] *Pfahlstatik und konstruktive Details des Centrum Energiepfahls.* Centrum Pfähle GmbH, Hamburg, 27. Mai 2002.
- [7] *Geothermal response test an einer Erdwärmesonde, Stadthafen Rostock.* Auftraggeber: H.S.W. Ingenieurbüro GmbH, Rostock. Unveröffentlichter Bericht. AETNA Energiesysteme GmbH. 14. Januar 2002.
- [8] *Geothermal response test an einem Centrum Energiepfahl, Stadthafen Rostock.* Unveröffentlichter Bericht. Auftraggeber: Centrum Pfähle GmbH, Hamburg. AETNA Energiesysteme GmbH. 14. Januar 2002.
- [9] *Ausführungsplanung Energiepfahlanlage + Oberflächenwassernutzung Silohalbinsel Rostock.* H.S.W. Ingenieurbüro GmbH Rostock und AETNA Energiesysteme GmbH, Wildau, 10.05.2002

Dipl.-Geol. Jürgen Hanschke,  
H.S.W. GmbH Rostock  
Ingenieurbüro für Angewandte und  
Umweltgeologie  
Gerhart-Hauptmann-Str. 19  
18055 Rostock  
E-Mail: HSW.Ingbuero@t-online.de