



Geothermie – Erdwärme für Nordrhein-Westfalen

Inhalt

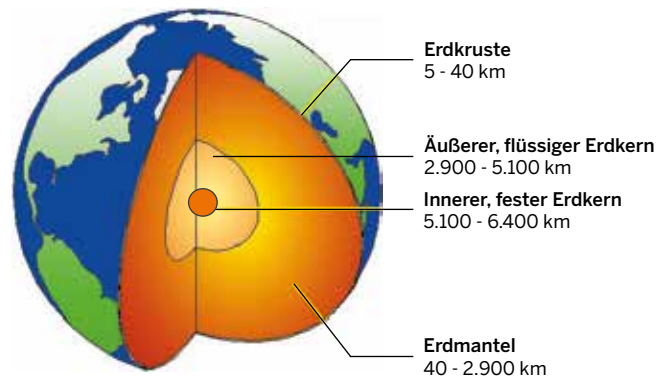
Was ist Geothermie	4
Nutzungsverfahren.....	5
Potenziale.....	8
Geothermie in NRW.....	9
Das Netzwerk Geothermie.....	10
Projekte	11
„Online-Geothermie-Portal NRW“	11
Potentialstudie zur Tiefengeothermie im Ruhrgebiet	12
Internationales Geothermiezentrum – Verbundforschungseinrichtung von Wirtschaft und Wissenschaft.....	13
Geostarbohrungen des GZB	14
Grubenwassernutzung Schacht Auguste-Viktoria in Marl	15
„Robert Müser“ – Grubenwassernutzung in Bochum.....	16
„Exzenterhaus“ – Heizen und Kühlen eines Bürogebäudes	17
Berufskolleg Duisburg.....	18
Geothermische Wärme aus 2835 m Tiefe für des Freizeitbad NASS in Arnsberg	19
Wohnressort „monastere“ in Düsseldorf.....	20
Alternative Wärmeversorgung mittels Sumpfungswasser	21
Energiekonzept für Kameha Grand Bonn	22
Wärmeversorgung mittels Eisspeicher.....	23

Was ist Geothermie?

Der Begriff „Geothermie“ stammt aus dem Griechischen und bedeutet Erdwärme. Die geothermische Energie ist die in Form von Wärme gespeicherte Energie unterhalb der Oberfläche der festen Erde. Soweit sie entzogen und genutzt werden kann zählt sie zu den erneuerbaren Energien.

Der Wärmehalt der Erde würde unseren heutigen Weltenergiebedarf für 30 Millionen Jahre decken. Mit menschlichen Maßstäben gerechnet sind also die in der Erde gespeicherten Energievorräte genauso unerschöpflich wie die der Sonne.

Unsere Erde ist schalenförmig aufgebaut (siehe Abb. rechts). Unter der sehr dünnen Erdkruste folgt der Erdmantel und innen befindet sich der Erdkern, außen flüssig und innen fest. In Mitteleuropa nimmt die Temperatur in der obersten Erdschicht durchschnittlich um 3 °C pro 100 m zu. Im obersten Erdmantel herrschen etwa 1.200 °C, im Erdkern sind es nach heutigen Erkenntnissen Temperaturen von über 5.000 °C. Unmittelbar an der Erdoberfläche werden Temperaturen fast ausschließlich durch die Sonne bestimmt. Da der Boden die Wärme jedoch schlecht leitet, ist spätestens unterhalb von 15 bis 20 m Tiefe kein Einfluss der Sonne mehr festzustellen.



	Temperatur in °C	Druck in kbar	Dichte in g/cm ³
Obere Kruste	< 25	> 0	< 3,0
Untere Kruste	< 900	~ 9	3,3
Oberer Mantel	900 - 1.400	~ 15	4,6
Unterer Mantel	1.400 - 2.500	~ 400	5,7
Äußerer Kern	2.500 - 3.000	> 1.300	9,4
Innerer Kern	3.000 - 6.000	> 3.500	11 - 13,5

Aufbau und physikalische Struktur des Erdinneren



Die Nutzung von geothermischer Energie hat viele Vorteile: Sie ist weder von klimatischen Bedingungen noch von den tages- und jahreszeitlichen Schwankungen abhängig und damit grundlastfähig, zuverlässig und dann verfügbar, wenn eine entsprechende Energienachfrage gegeben ist. Zudem haben geothermische Anlagen zur Wärme- und/oder Stromerzeugung einen geringen oberirdischen Platzbedarf, so dass sie sich gut in das Landschafts- oder Stadtbild einpassen lassen. Zusammen mit dem hohen Maß an Umweltfreundlichkeit und der Nutzung regionaler (und damit unabhängig von politischen Risiken verfügbar) Energien sind dies hervorragende Voraussetzungen für einen Ausbau der Nutzung. Durch die vielen Projekte und Erfahrungen im Bereich der oberflächennahen Geothermie gehören diese Verfahren mittlerweile zum „Stand der Technik“. Bei der tiefen Geothermie ist man auf einem guten Wege dorthin.

Nutzungsverfahren

Oberflächennahe Geothermie

Auch die ersten hundert Meter Tiefe lassen sich bereits geothermisch nutzen, obwohl dort nur Temperaturen von 8 bis 12 °C herrschen. Man benötigt zusätzlich nur eine Wärmepumpe, um die für die Wärmeversorgung notwendigen höheren Temperaturen zu erzeugen. Erdgekoppelte Wärmepumpen sparen Primärenergie ein und schonen so Umwelt und Klima.

Zur Wärmeerzeugung in der oberflächennahen Geothermie stehen folgende Nutzungsverfahren zur Verfügung:

Erdwärmesonden mit Wärmepumpe:

Die Sonden sind senkrechte, meist 30 bis 100 m, selten auch tiefere Bohrungen, in die gewöhnlich Kunststoffrohre installiert werden. Sie bilden in Mittel und Nordeuropa die häufigsten Anlagentypen. Die mit einer Wärmeträgerflüssigkeit gefüllten Sonden heizen oder kühlen in Verbindung mit einer Wärmepumpe einzelne Wohngebäude, Büro- und Gewerbebauten oder sogar ganze Wohnanlagen.

Erdwärmekollektoren mit Wärmepumpe:

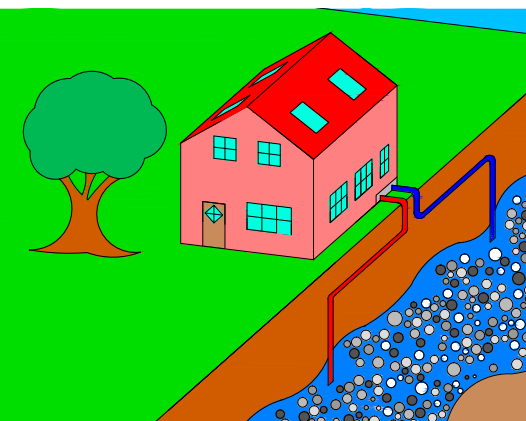
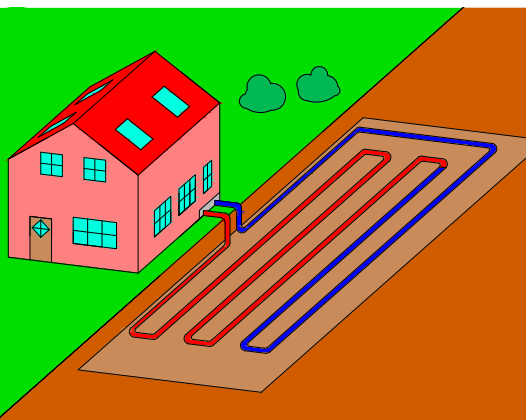
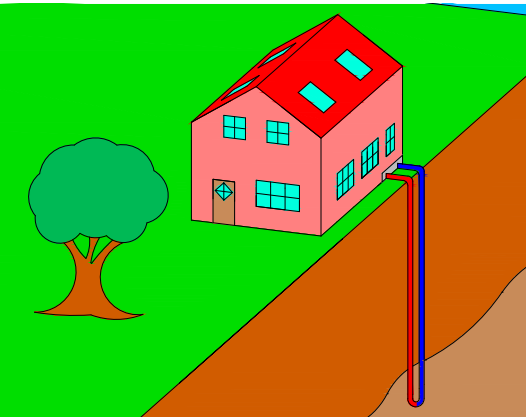
In einer Tiefe von etwa 80-160 cm werden Wärmetauscherrohre aus Kunststoff horizontal im Boden verlegt. Über eine zirkulierende Wärmeträgerflüssigkeit wird dem Boden die Wärme entzogen und mittels einer Wärmepumpe auf das benötigte Temperaturniveau angehoben.

Grundwasserwärmepumpen:

An geeigneten Standorten lässt sich Grundwasser über Brunnen entnehmen und direkt zur Wärmepumpe bringen. Es muss jedoch wieder in den Untergrund eingeleitet werden, so dass neben Förderbrunnen auch sogenannte Schluckbrunnen einzurichten sind.

Erdberührte Betonbauteile, Energiepfähle mit Wärmepumpe:

Dabei handelt es sich um statisch notwendige Bauteile und/oder Gründungspfähle sowie Schlitzwände. Bei Neubauten kann man diese mit Wärmetauscherrohren ausrüsten und sie in Verbindung mit einer Wärmepumpe wirtschaftlich zum Heizen und Kühlen des Gebäudes einsetzen.



Prinzipschema Gebäude mit erdgekoppelter Wärmepumpe (von oben nach unten)

- Erdwärmesonde
- Erdwärmekollektoren
- Grundwasser-Wärmepumpe



Erdbohrung für ein Einfamilienhaus

Tiefe Geothermie

Für den Bereich der tiefen Geothermie wird generell zwischen drei Arten der Wärmeentnahme unterschieden:

- Tiefe Erdwärmesonden
- Hydrothermale Systeme
- Petrothermale Systeme

Die Frage, welches der drei Verfahren eingesetzt werden soll, hängt von den geologischen Voraussetzungen am Standort ab, von der benötigten Energiemenge und vom Temperaturniveau der Wärmenutzung.

Tiefe Erdwärmesonden:

Die tiefen Erdwärmesonden bestehen meistens aus einer 2.000 bis 3.000 m tiefen Bohrung mit einem geschlossenem Kreislauf in dem ein Fluid zirkuliert. Es handelt sich um ein geschlossenes System zur Erdwärmennutzung. In einem konzentrischen Rohr (Außenrohr mit innenliegendem zweiten Rohr) fließt das kalte Wärmeträgermedium im äußeren Rohr nach unten, erwärmt sich hierbei und steigt anschließend durch das dünnere Innenrohr wieder nach oben. Es besteht kein Kontakt mit dem Grundwasser und die tiefen Erdwärmesonden können standortunabhängig überall eingesetzt werden. Im Vergleich zu den offenen Systemen ist ihre Leistung geringer. Die tiefen Erdwärmesonden dienen überwiegend zur Beheizung von größeren Gebäuden, Krankenhäusern oder Schwimmbädern.

Erste Erfahrungen in NRW wurden im Projekt Super C der RWTH Aachen gesammelt. In Arnsberg ist auf diese Weise die Wärmeversorgung für ein Freizeitbad aus ca. 2.800m Tiefe realisiert worden.



Tiefenbohrung in Aachen

Hydrothermale Systeme:

In Deutschland entstanden geothermische Heizwerke zuerst dort, wo es im Untergrund Thermalwasser gibt. Größere Vorkommen finden sich z.B. in der Norddeutschen Tiefebene, in der Süddeutschen Molasse und im Oberrheingraben. Bei diesen hydrothermalen Systemen wird das warme oder heiße Grundwasser über eine Tiefbohrung an die Oberflächen gefördert, energetisch genutzt und über eine weitere Bohrung wieder in den Untergrund zurückgeleitet, und zwar in die Schicht, aus der es auch entnommen wurde. Auf diese Weise wird das hydraulische Gleichgewicht im Untergrund erhalten und das Thermalwasservorkommen nicht „leergepumpt“. Solche Systeme mit zwei Bohrungen nennt man geothermische Dublette.

Für die reine Wärmenutzung sind schon Temperaturen von bis zu ca. 100 °C geeignet (Strom lässt sich in diesen Temperaturbereichen noch nicht effizient nutzen). Für diese Wärme gibt es eine Vielzahl von Nutzungsmöglichkeiten, wie zum Beispiel die Versorgung von großen Gebäudekomplexen sowie die Nah- oder Fernwärmenutzung.

Bei höheren Temperaturen ist eine Strom- und Wärmenutzung möglich. Für die Stromerzeugung steht die ORC-Technik (Organic Rankine Cycle) oder die Kalina-Technik zur Verfügung. Geothermische Kraftwerke dieser Art gibt es z.B. in Unterhaching, Insheim, Dürrnhaar oder Sauerlach. Weitere Kraftwerke sind in Bau und Planung.



Erdwärmekraftwerk in Insheim



Petrothermale Systeme:

In vielen Regionen Deutschlands liegen keine hydrothermalen Verhältnisse vor. Deshalb sind für die zukünftige Nutzung der tiefen Geothermie die Enhanced Geothermal Systems (EGS, oder auch Hot Dry Rock, HDR, genannt) von besonderer Bedeutung. Hierbei werden trockene Gesteinsformationen mit produktivitätssteigernden Maßnahmen zur Wirtschaftlichkeit geführt.

Das grundlegende Verfahrensprinzip klingt relativ einfach: Das in der Tiefe vorhandene heiße Gestein wird über mindestens zwei Bohrungen erschlossen. Zwischen den Bohrungen werden mit Wasserdruck, also hydraulisch, Fließwege erschlossen oder vorhandene aufgeweitet. So wird eine Art unterirdischer Wärmetauscher erzeugt, in dem sich von der Oberfläche über eine Injektionsleitung eingepresstes Wasser erhitzen kann und über die Produktionsbohrung an die Oberfläche zum Verbraucher gepumpt wird, um nach dem Wärmeentzug wieder nach unten gefördert zu werden. Die Zirkulation erfolgt in einem Kreislauf.



Mit dem Forschungsprojekt Soultz-sous-Forêts (Oberrheingraben) ist ein geothermisches Kraftwerk in Betrieb, das die in Tiefengestein gespeicherte Wärme nutzt. In dieser Anlage wurden in 5.000 m Tiefe vorhandene Risse und Spalten im 200 °C heißen Granit durch Wasserinjektion erweitert und zu einem geologischen Wärmetauscher verbunden. Die gewonnene Wärmeenergie wird obertägig zur Stromerzeugung und Wärmeversorgung genutzt. So lassen sich zukünftig auch geologisch Wärmereservoirs zur Energieversorgung nutzen, die bislang wegen fehlender oder unzureichender Thermalwasserzirkulation für die Energieversorgung nicht oder nur mit Einschränkungen in Betracht kamen.



Anlage des Forschungsprojekts Soultz-sous-Forêts (Oberrheingraben)



Potenziale

Zukünftige Entwicklung der Geothermie in Deutschland

Die zukünftigen Entwicklungen der Geothermie und der erneuerbaren Energien in Deutschland werden in zielorientierten Langfristszenarien dargestellt. Sie stellen keine Prognose dar, sondern sie liefern im Wesentlichen Rahmenbedingungen für die Ausgestaltung der Energiewende in Deutschland.

Der Anteil der geothermisch erzeugten Wärme betrug in 2013 rund 9,5 Mrd. kWh. Hiervon steuerte die Tiefengeothermie 0,8 Mrd. kWh und die oberflächennahe Geothermie den Hauptanteil von rd. 4,7 Mrd. kWh bei. Wie bei der Stromerzeugung, wird auch der Anteil der Wärmeerzeugung aus tiefer Geothermie zukünftig deutlich ansteigen.

Der Anteil der Stromerzeugung aus Geothermie betrug in 2013 ca. 40 Mio. kWh. Der weitere Ausbau der Tiefengeothermie-Projekte wird zuerst in den südlichen Bundesländern Bayern, Baden-Württemberg und Rheinland-Pfalz stattfinden. Nach 2020 wird sich der Ausbau auf weitere Bundesländer mit petrothermalen Standorten ausdehnen. Dann ist auch mit deutlichen Steigerungsraten zu rechnen.

Betrachtet man die Endenergiebereitstellung (Strom, Wärme, Kraftstoffe) so kommt das Bundesumweltministerium im Langfristszenarium von März 2012 zu dem Ergebnis, dass die Erneuerbaren Energien bis 2050 in allen Bereich stetig ansteigen werden. Der Beitrag der Geothermie steigt nach diesen Szenarien bis 2050 auf ca. 13% an. Auch wenn dieses Szenario aufgrund der vielfältigen Hemmnisse, sich als optimistisch darstellt, wird doch deutlich, dass die Geothermie in Zukunft spürbar mehr zur heimischen Energieversorgung beitragen kann als bisher.

Grundsätzlich kann die oberflächennahe Geothermie in Deutschland fast überall eingesetzt werden. Tiefe Geothermie für die großformatige Wärmenutzung in Fernwärmesystemen ist ebenfalls an vielen Orten in Deutschland nutzbar. Die Stromerzeugung wird zurzeit nur an hydrothermalen Standorten umgesetzt. Durch die weitere Entwicklung und Erforschung der EGS-Technologie wird zukünftig auch an petrothermalen Standorten in Deutschland Strom und Wärme geothermisch gewonnen werden.

	Oberflächennahe Geothermie Wärme	Tiefe Geothermie Strom/Wärme
Theoretische Potentiale	Groß, fast überall machbar	Groß, fast überall machbar
Technische Umsetzungspotentiale	Groß, Stand der Technik	ca. 20 Projekte (hydrothermal) sind bereits umgesetzt, ca. 20 in Bau, weitere 40 in Planung (2013), große Entwicklungspotentiale bei EGS-Projekten
Marktpotentiale	Groß, Einsatz jetzt schon bei ca. 15% aller Neubauten Kombination mit Gebäudekühlung	Vorhanden, noch nicht abschätzbar
Akzeptanz	groß	Im Süddeutschland groß, teilw. Hemmnisse aufgrund Bürgerbefindlichkeiten
Einschätzung	Oberflächennahe Geothermie in Verbindung mit Wärmepumpen ist eine Erfolgsgeschichte mit großen Zuwachsraten	Noch hohes Entwicklungspotential, die Kostensenkungspotentiale müssen ausgeschöpft werden. Bei EGS-Pilotprojekten muss exemplarisch die Funktionalität aufgezeigt werden und die Akzeptanz muss verbessert werden.

Einschätzung des Umsetzungspotentials für oberflächennahe und tiefe Geothermie in Deutschland

Geothermie in NRW

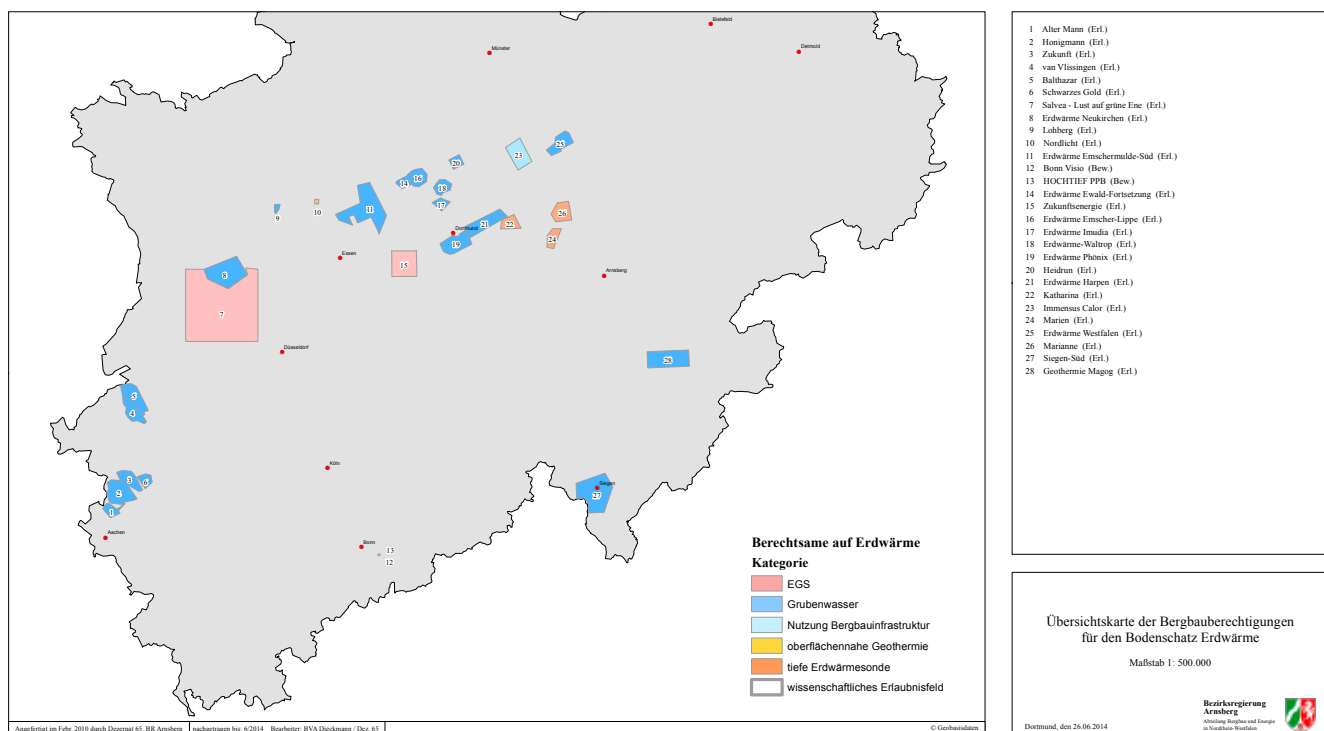
Hinsichtlich der tiefen Erdwärmenutzung in Kombination mit geothermischen Kraftwerken weist Nordrhein-Westfalen verglichen mit anderen Bundesländern wie zum Beispiel Bayern, Baden-Württemberg oder Rheinland-Pfalz, geologisch nicht so gute Bedingungen auf. Da NRW über keine großen, heißen und ergiebigen Thermalwasserquellen verfügt, müssen die geothermischen Potenziale in hydraulisch durchlässigen tiefen Schichten gesucht werden oder über EGS-Techniken erschlossen werden.

Die Übersichtskarte zeigt die in Nordrhein-Westfalen erteilten Bergrechte für das Aufsuchen und Gewinnen von Erdwärme, wobei die geplanten unterschiedlichen Vorhabensarten verschieden farbig dargestellt sind. Zu den beschriebenen Potenzialen wird auch Nordrhein-Westfalen einen Beitrag leisten, da die theoretischen Potenziale groß sind und die innovativen Techniken nicht vom Vorhandensein von Thermalwasser im Untergrund abhängig sind.

Das Thema Wärme aus Geothermie gewinnt in Nordrhein-Westfalen gegenwärtig zunehmend an Bedeutung. Rund 100.000 Wärmepumpen sorgen in Nordrhein-Westfalen inzwischen für umweltfreundliche Wärmeerzeugung, das entspricht etwa einem Fünftel der heute 500.000 bundesweit installierten Wärmepumpen. Laut Wärmepumpenbranche sind ca. 40 bis 50 % der installierten Wärmepumpen erdwärmegebundene Wärmepumpen. Mehr als zehn Prozent der Neubauten hier im Lande, aber auch viele Bestandsgebäude, werden mittlerweile

mit Wärmepumpen beheizt - und teilweise im Sommer auch gekühlt. Ihre Zahl soll bis zum Jahr 2020 auf über 200.000 steigen.

Eine für Geothermie Nutzung sehr erfreuliche Besonderheit zeichnet NRW aus. Durch den Steinkohlenbergbau der vergangenen Jahrzehnte und die entstandenen Grubenräume besitzt das Land mit warmen Grubenwässern ein kaum erschlossenes geothermisches Potential. Wenn hier Angebot (Grubenwasser aus alten Schächten oder Strecken) und Nachfrage (Verbraucher) räumlich übereinstimmen, kann dieses geothermisch erwärmte Grubenwasser Verbrauchern mit geringerem finanziellem Aufwand zur Verfügung gestellt werden. Erste Projektvorhaben dieser Art sind in Nordrhein-Westfalen bereits realisiert (siehe auch Projekt Zeche Robert Müser).



Netzwerk Geothermie

Im Netzwerk Geothermie NRW werden die Aktivitäten zum Thema Geothermie in Nordrhein-Westfalen gebündelt. Das Netzwerk Geothermie ist eingebunden in die Struktur des Energiewirtschaftsclusters EnergieRegion.NRW. Begleitet wird das Netzwerk von über 1.250 Mitgliedern, die gleichzeitig die Basis für die Aktivitäten des Netzwerkes Geothermie bilden.

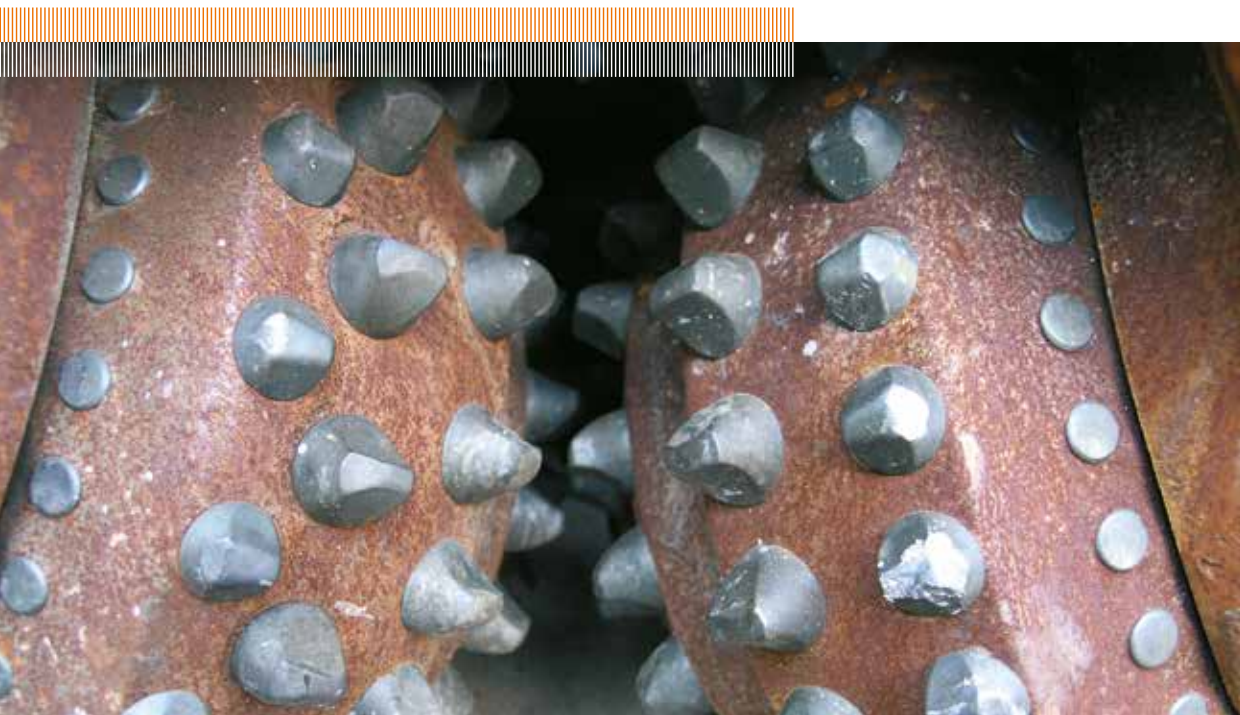
Das Netzwerk Geothermie NRW ist zentrale Informations- und Anlaufstelle in Nordrhein-Westfalen für Wirtschaft, Wissenschaft, Verwaltung und Öffentlichkeit. Das Netzwerk entwickelt Strategien zur weiteren Bekanntmachung und zum intensiven Ausbau der Geothermienutzung. Darüber hinaus sollen bestehende Arbeitsplätze gesichert und neue Arbeitsplätze geschaffen werden. Der Einsatz geothermischer Technologien und die Gewinnung von Erdwärme setzt eine enge Zusammenarbeit zwischen Geowissenschaftlern, Verfahrenstechnikern und Ingenieuren voraus.

Das Netzwerk stellt sich folgende Aufgaben:

- Identifikation und Aufarbeitung von zukünftigen Trends und Fragestellungen
- Koordination des Wissens- und Technologietransfers
- Initiierung von Projekten
- Schnittstelle zwischen Wirtschaft, Wissenschaft, Politik und Verwaltung
- Erschließung neuer Märkte
- Sicherung und nachhaltige Schaffung von Arbeitsplätzen
- Öffentlichkeitsarbeit
- Weiterentwicklung der nationalen und internationalen Zusammenarbeit

Zu den Mitgliedern des Netzwerkes zählen Unternehmen, Institutionen der Wissenschaft und Forschung sowie die öffentliche Verwaltung. Die Experten und Spezialisten arbeiten entlang der Wertschöpfungskette an Strategien und Lösungen für innovative geothermische Anlagen.

Der Branche steht mit dem Netzwerk eine Plattform zur Verfügung, auf der sich Fachleute und Experten themenbezogen und lösungsorientiert austauschen können.





Online-Geothermieportal NRW

Das Geothermieportal von Nordrhein-Westfalen (www.geothermie.nrw.de) ermöglicht einen schnellen und umfassenden Zugriff auf Informationen zur Planung von erdgekoppelten Wärmepumpenanlagen. Für die Nutzung der Erdwärme wurden hierzu für jeden Standort in Nordrhein-Westfalen die geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse bewertet. Dies gilt sowohl für flach verlegte Erdwärmekollektoren als auch für Erdwärmesonden bis 100 m Tiefe. Neben Angaben zur Effizienz der beiden Systeme gibt das Onlineportal zudem Auskunft über hydrogeologisch kritische Bereiche, in denen zum Schutz des Grundwassers ein besonderes Augenmerk auf die bohrtechnische Umsetzung und den nachhaltigen Betrieb von Anlagen Wert gelegt werden muss. Ein „Profizugang“ des Geothermieportals ermöglicht Fachleuten wie Bohrunternehmen, Architekten und Planern den Zugriff auf über 30 000 Schichtenverzeichnisse.

In dem neuen digitalen Informationssystem sind u.a. die „Karte der Standorteignung der Böden zum Einsatz horizontaler Erdwärmekollektoren“, die „Geothermische Karte für Erdwärmesonden NRW“ sowie die Karte „Standortbeurteilung für den Einbau und Betrieb von Erdwärmesonden aus hydrogeologischer Sicht“ abfragbar.

Um die Planung und Dimensionierung von Erdwärmekollektoren und Erdwärmesonden zu ermöglichen, sind über 280 000 Schichtverzeichnisse unterschiedlicher Tiefen und Herkunft ausgewertet worden. Entstanden ist ein geologisch-geothermisches Modell des Untergrundes von Nordrhein-Westfalen bis 100 Meter Tiefe. Mit Angaben zu spez. Wärmeleitfähigkeiten gemäß der technischen Richtlinie 4640 des Vereins Deutscher Ingenieure (VDI). Die Angaben werden laufend entweder über eigene Messungen an Bohrkernen oder über die Auswertung von Bohrlochmessungen (Thermal-Response-Tests) regionalisiert bzw. spezifiziert. Hierdurch wird die Aussagegenauigkeit des Portals stets weiter verbessert.

Die Effizienz geothermischer Heizsysteme, gleich ob Erdwärmekollektoren oder Erdwärmesonden, wird also ent-

scheidend von den (hydro)geologischen Gegebenheiten bestimmt. Die Machbarkeit eines konkreten Projektes hängt zusätzlich von der rechtlichen Genehmigungsfähigkeit sowie von der bohrtechnischen Umsetzbarkeit am jeweiligen Standort ab.

Unterstützend für die Planung stellt das Geothermieportal daher Daten zu hydrogeologisch sensiblen Bereichen zur Verfügung. Hierzu gehören neben ausgewiesenen oder geplanten Wasserschutzgebieten die Darstellung von Vorkommen verkarstungsfähiger und quellfähiger Gesteine, dauerhaft oder zeitweise artesisch gespannt auftretenden Grundwassers, hydrologisch sensiblen Stockwerksbau sowie bekannten oder vermuteten CO₂-Aufstieg.

Das Portal enthält zusätzlich einen kostenpflichtigen Zugang mit über 30 000 Schichtenverzeichnissen für Fachleute wie Planer, Bohrunternehmer, Installateure oder Architekten. Die prognostischen Vorprofile enthalten Angaben zur Mächtigkeit und Stratigrafie der Gesteinsschichten, die Klassifikation der Gesteine in Grundwasserleiter und Grundwassergeringleiter, den mittleren Grundwasserstand in Lockergesteinen sowie die grafische Darstellung der „spezifischen geothermischen Ergiebigkeit [kWh/(ma)]“ für 40 m, 60 m, 80 m und 100 m lange Sonden. Nach einer einmaligen Registrierung ist die „Profiversion“ für einen Zeitraum von 24 Monaten mit der Option der jährlichen Verlängerung um 12 Monate uneingeschränkt nutzbar.

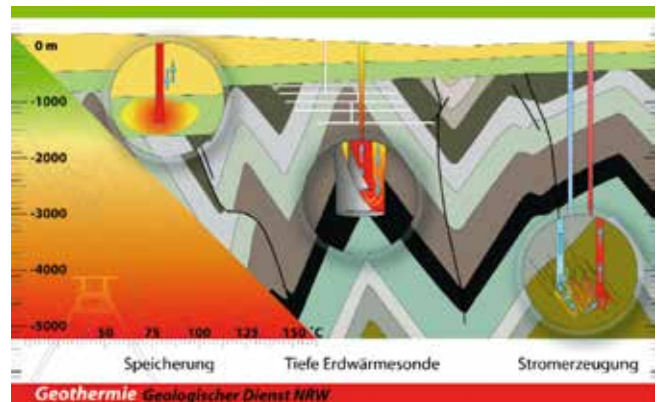
Das Geothermieportal NRW wurde technisch vom Landesbetrieb Information und Technik NRW umgesetzt. Für alle, die auf der Suche nach einem neuen Heizsystem sind, gleich ob für einen Neubau oder im Zuge von Renovierungsmaßnahmen, ob im privaten oder im gewerblichen Bereich, bieten die EnergieAgentur.NRW und der Geologische Dienst NRW mit dem Geothermieportal NRW einen stets aktuellen, unabhängigen und gefragten Service im Onlinebetrieb an.

Potenzialstudie zur Tiefengeothermie im Ruhrgebiet

Das Ruhrgebiet als größter Energieabsatzmarkt Deutschlands und als hochindustrialisierter, im Strukturwandel befindlicher Ballungsraum ist in besonderem Maße prädestiniert, den Einsatz geothermischer Energiegewinnung zu forcieren. Voraussetzung ist die Kenntnis des Schichtenaufbaus und der Temperaturverteilung im Untergrund des Ruhrgebietes bis zu einer realen Nutzungstiefe von 5.000 m. Daher hat der Geologische Dienst NRW für die gesamte Region ein geothermisches Informationssystem aufgebaut, welches zur Realisierung tiefengeothermischer Anlagen zur Wärme- und Stromproduktion beitragen kann.

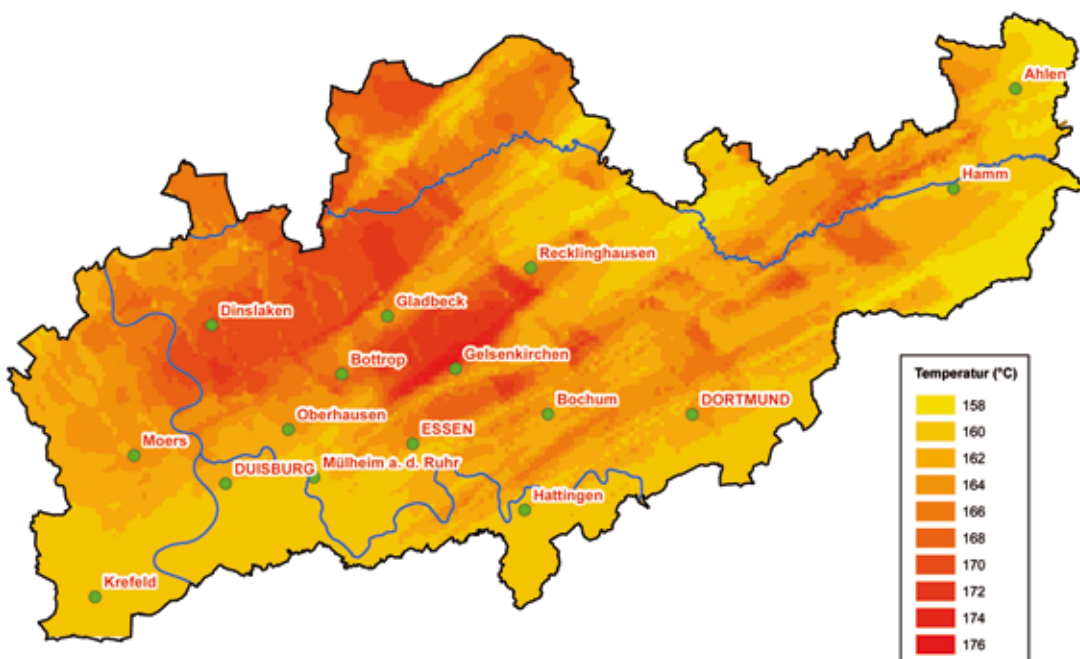
Im Rahmen der von der EU geförderten Geothermie-Studie Ruhrgebiet werden die zahlreichen über den Untergrund des Ruhrgebietes zur Verfügung stehenden geowissenschaftlichen Daten unterschiedlichster Herkunft, Aktualität und Detailschärfe neu interpretiert, in einem modernen, einheitlichen Untergrundmodell zusammengefasst und für einen schnellen und verbesserten Zugriff in moderne Geoinformationssysteme überführt. Des Weiteren werden geothermische Gesteinsparameter der für das Ruhrgebiet typischen Untergrundgesteine ermittelt und unter Berücksichtigung der auftretenden Gesteinsverbreitung und der geothermischen Gesteinsparameter die zu erwartenden Temperaturen bis 5.000 m Tiefe flächendeckend modelliert.

Die Ergebnisse des geothermischen Informationssystems, vor allem die Verbreitung der für eine geothermische Nutzung geeigneten geologischen Horizonte sowie die



Schematische Darstellung „Speicherung, Tiefe Erdwärmesonde und Stromerzeugung.“

Prognosen zur Temperaturtiefenentwicklung erlauben es, die Möglichkeiten einer geothermischen Nutzung an jedem Standort im Ruhrgebiet abzuschätzen und mit Hilfe des GIS-gestützten digitalen Untergrundmodells regionale und lokale Standortbewertungen durchzuführen. Darüber hinaus können Vorranggebiete für einzelne Nutzungsarten ausgewiesen werden, so zum Beispiel für tiefe Erdwärmesonden, für thermische Untergrundspeicher, aber auch für die Möglichkeiten der geothermischen Wärme- und Stromerzeugung mittels der Enhanced-Geothermal-Systems Technik.



Temperaturverteilung in 5.000 m Tiefe im Ruhrgebiet. Quelle: Geologischer Dienst NRW

Internationales Geothermiezentrum – Verbundforschungseinrichtung von Wirtschaft und Wissenschaft

2006 wurde das Internationale Geothermiezentrum (GZB) als Verbundforschungseinrichtung der Wirtschaft und der Wissenschaft in Bochum gegründet. Rechtlich durch seinen Trägerverein vertreten, sind mittlerweile über 10 Universitäten weltweit im GZB Mitglied. Ergänzt werden Sie durch weitere Institutionen des öffentlichen Rechts (Stadt Bochum, IHK Mittleres Ruhrgebiet, Wirtschaftsförderung Metropol Ruhr, Bezirksregierung Arnsberg und die EnergieAgentur.NRW).

Die verschiedenen Universitäten

- Hochschule Bochum
- RWTH Aachen
- Ruhr Universität Bochum
- TU Darmstadt
- Hochschule Osnabrück
- Westfälische Hochschule Gelsenkirchen
- Hochschule Ostwestfalen-Lippe
- Aristotle University of Thessaloniki (Greece)
- University of Auckland (New Zealand)
- TU Istanbul (Turkey)
- Universidad Technica Federico Santa Maria (Chile)
- CEGA - Centro de Excelencia en Geotermia de los Andes, vertreten durch die Universidad de Chile (Chile)
- University of Zagreb (Croatia)

stellen gemeinsam das wissenschaftliche Board des Zentrums. Geothermie als Technologie mit vielfältigen, technologischen Ansätzen erfordert eine stark interdisziplinäre Fragestellung, dem durch die umfangreiche Expertise des Boards Rechnung getragen wird.

Durch dieses Netzwerk haben die Beteiligten die Möglichkeit mit ihren gemeinsamen Kompetenzen anwendungsorientierte Forschung bis zur marktnahen Produktentwicklung zu betreiben. Anlass- und fragebezogen arbeiten Wissenschaftler an gemeinsamen Projekten, oft

in Kooperation mit der Industrie. Die Forschungsfelder decken die ganze Facette der Geothermie und ihrer Frage- und Aufgabenstellung ab – von der Wärmepumpe zur Klimatisierung von Gebäuden über die Nutzung geothermischer Potentiale mittels binärer Kraftwerksprozesse bis zu weltweiten Hochenthalpie-Anwendungen.

2013 wurde – gefördert durch das Land NRW – an der Hochschule Bochum eine internationale Forschungsinfrastruktur geschaffen, die dem GZB Netzwerk als Anlaufstelle für vielfältigste geothermische Fragestellungen dient. Zentrale Ausstattungsmerkmale dieser einzigartigen Infrastruktur sind das Institutsgebäude mit Laboren für Geophysik, Geochemie, Bildgebende Verfahren, Gesteinshydraulik und Geomechanik, das Energetikum – die Wärmezentrale des Neubaus, mit Schulungs- und Ausbildungsmöglichkeiten rund um die Wärmepumpentechnologie -, das Geotechnikum, eine Großversuchshalle mit Schwerpunkt auf der Entwicklung innovativer Bohrtechnik sowie ein In-situ Labor für geothermische Anwendungen, welches ein 50 km² großes bergrechtliches Erlaubnisfeld und ein seismisches Observatorium beinhaltet.

Das GZB ist außerdem Sitz der Geschäftsstelle der International Geothermal Association (IGA), die die Geschicke ihrer 6.000 Mitglieder in über 65 Ländern weltweit vom Geothermiecampus Bochum aus leitet.



Internationales Geothermiezentrum

Geostarbohrungen des GZB

17 Sonden à 200 Meter versorgen das Internationale Geothermiezentrum (GZB) an der Hochschule Bochum mit klimafreundlicher Wärme und Kälte.

Die neue Forschungsinfrastruktur und das neue Instituts- und Laborgebäude des GZB werden dauerhaft mit Wärme aus dem Untergrund versorgt. In Verbindung mit vier Wärmepumpen wurde nicht nur eine zuverlässige und mit erneuerbarer Energie versorgte Heizung verwirklicht,

man hat außerdem die Möglichkeit die Bürogebäude mit derselben Energiequelle zu klimatisieren. Die Erstellung der Bohrungen und den Einbau der Sonden hat die Hochschule Bochum und das Team des GZB selbst erledigt. Bewährt hat sich dabei die hochschuleigene High-Tech-Bohranlage „BO.Rex - Bochum Research and Exploration Drilling Rig“, die zukünftig vor allem Forschungs- und Ausbildungszwecken dienen soll.

„GEOSTAR“ ist der Name des innovativen Bohr-Systems der Bochumer Forscher. Von einem zentralen Ansatzpunkt wurden die Bohrungen sternförmig und mit 10° bis 15° abgessägt bis 200m Tiefe abgeteuft und anschließend die Sonden eingebaut. Zum Einsatz kamen 200 m lange Doppel-U-Sonden aus hochdruckvernetztem Polyethylen der Firma Rehau, die den Aufbau des Zentrums in Bochum auch mit ihrer Wärmepumpentechnologie unterstützt. Im Gegensatz zur herkömmlichen Sondenanordnung, die klassischerweise eher einem Schachbrett gleicht, verspricht man sich durch den Geostar zwei Vorteile: Zum einen hat man eine Option für mitwachsende Anlagen z.B. für Neubaugebiete geschaffen. Wird ein größeres Baugelände nicht in einem Schritt gebaut und entwickelt, kann auch die Wärmequellenanlage den Bauabschnitten folgen und so insbesondere die Investitionen zeitlich strecken. Zum anderen wurden die 17 Sonden auf einer elipsenförmigen Grundfläche von lediglich ~60m² angeordnet, gegenüber einer klassischen Anordnung benötigt man so nur rund 1/10 der obertägigen Fläche für die Bohrungen, erschließt aber untertage ein ähnliches großes Volumen, aus dem die Erdwärme gewonnen werden kann. Gerade bei beengten Grundstücksverhältnisse, ergibt sich für die Geothermie hier zusätzliches Potential.

Um auch im laufenden Betrieb zu eruieren wie sich die neuartige Anordnung der Sonden auf die Heiz- und Kühlleistung in der Realität auswirkt – bisher wurde die Anlage nur umfangreich simuliert - , wurde die komplette Geothermieanlage von der Sonde bis zur Heizverteilung mit umfangreichen Messequipment ausgestattet.

Während die 17 Bohrungen schon bei der Errichtung gezielt vermessen und erfasst wurden – bestimmt wurden u.a. Verlauf, Winkel und Richtung, Temperaturverlauf und die natürliche Gammastrahlung zur Abbildung der geologischen Schichten – sind anschließend alle Sonden mit Glasfasermesskabeln ausgestattet worden. Die Heizverteilung kann mit Wärmemengenzählern und Temperaturfühlern im Betrieb monitort werden.



Bohrarbeiten Geostar



Bohrlochvermessung

Grubenwassernutzung Schacht Auguste Victoria in Marl

Als eine der möglichen Folgenutzungen für die stillgelegte Bergbauinfrastruktur steht die geothermische Nutzung schon seit langem im Focus. In Marl ist aus dieser Idee nun Wirklichkeit geworden. Beim Neubau von vier Mehrfamilienhäusern wird die Erdwärme innovativ aus einem alten, nicht mehr genutzten Schacht des benachbarten Bergwerks Auguste Victoria gewonnen. Im Vorfeld hat die Evonik Wohnen GmbH über ein spezialisiertes Planungsbüro die Machbarkeit der geothermischen Nachnutzung des Schachtes prüfen lassen. Die Ergebnisse der Untersuchung waren positiv, so dass die Umsetzung des Projektes eingeleitet werden konnte.

Dafür war es besonders wichtig, vor der Verfüllung der Förderschächte die Situation vor Ort zu analysieren und vorhandene Steigleitungen auf die Anforderungen der Geothermie zu untersuchen und gegebenenfalls anzupassen.

Eine ehemalige Steigleitung des Schachtes aus Stahl mit einer Nennweite von 350 mm wurde zur Erschließung



Einbringen der Schachtsonde zur Grubenwassernutzung am Schacht Auguste Victoria

des Wärmepotentials und somit zur zukünftigen Erdwärmegewinnung ausgewählt. Diese Steigleitung wurde für die geothermische Nutzung in eine 700 m tiefe Erdwärmesonde umfunktioniert. Die ursprüngliche Idee war, die bestehende Steigleitung als Casing und einen zentralen Steigstrang als sogenannte Koaxialsonde vorzusehen. Dabei wäre im Ringraum der Steigleitung die kalte Wärmeträgerflüssigkeit nach unten geströmt, erwärmt sich dabei und steigt anschließend im eingehängten Sondeninnenrohr wieder nach oben. Eine Kamerabefahrung zeigte jedoch Korrosionen und Ablösungen am Steigrohr, so dass ein störungsfreier Betrieb der Erdwärmesonde nicht gewährleistet werden konnte. Daher entschied man sich für eine Doppel-U-Sonde.

Das mit den Ausführungsarbeiten betraute Unternehmen Daldrup & Söhne hat für die Doppel-U-Sonde einen speziellen Sondenfuß mit entsprechenden Gewichten entwickelt, um die Sonde 700 m tief einzuführen. Eine spezielle wärmeleitende Bentonit-Zement-Suspension wurde anschließend über Injektionsleitungen eingepresst.

Die Entfernung zwischen dem Erdwärmesondensystem im Schacht bis zu den neuen Wohnhäusern in der Ziegelstraße beträgt ca. 300 m. Zwei der vier Gebäude können mit der Erdwärme aus dem früheren Schacht geheizt werden. Die für die beiden anderen Gebäude benötigte Wärme wird aus zusätzlichen, oberflächennahen Erdwärmesonden auf dem Baugrundstück gewonnen, die jeweils in rund 170 m Tiefe führen. Die finanziellen Aufwendungen sind im Vergleich zu anderen Tiefengeothermieprojekten gering und lassen einen wirtschaftlichen Betrieb der Anlage zu.



Einbringen der Schachtsonde zur Grubenwassernutzung am Schacht Auguste Victoria

„Robert Muser“ – Grubenwassernutzung in Bochum

Eine Voraussetzung für Bergbau ist das Wassermanagement. Dazu werden große Mengen Grubenwasser nach Übertrage gepumpt und abgeleitet. Dieses geothermisch erwärmte Wasser aus den Bereichen des aktiven und stillgelegten Bergbaus kann zur Beheizung von Wohn- und Gewerbegebäuden genutzt werden.

In dem gemeinsamen Projekt „Robert Muser“ der Stadtwerke Bochum und der RAG Aktiengesellschaft wird die Wärmenutzung aus Grubenwasser erfolgreich umgesetzt. Allein am Schacht Arnold der Zeche Robert Muser pumpt die RAG rund 10 Millionen Kubikmeter pro Jahr an Grubenwasser mit einer Temperatur von ca. 20 Grad ab. Theoretisch reicht dieses Wärmepotenzial aus, um das Einkaufszentrum am Ruhr-Park in Bochum vollständig mit Wärme zu versorgen.

Pünktlich zur Heizperiode 2012 startete die offizielle Wärmeversorgung der Willy-Brandt-Gesamtschule, der Von-Waldthausen-Grundschule und der angrenzenden Hauptwache der Bochumer Feuerwehr. Dank der Erdwärmenutzung mit 20 Grad warmem Grubenwasser werden mindestens 245 Tonnen Kohlendioxid pro Jahr gegenüber einer konventionellen Wärmeversorgung eingespart.

Ein Wärmetauscher überträgt die Wärme des aus 570 Metern Tiefe geförderten Grubenwassers an einen mit Wasser betriebenen zweiten Kreislauf. Der Wärmeinhalt dieses Wassers dient dann als Energiequelle für die Wärmepumpen. Technische Probleme waren vor allem beim Wärmetauscher zu lösen. Hier mussten hochwertige Materialien eingesetzt werden, die Korrosionsprobleme durch den hohen Salzgehalt des Grubenwassers ausschließen.

Wärmepumpen und ein Blockheizkraftwerk unterstützen die neue Technik, sodass je nach Bedarf eine Temperatur zwischen 50 Grad und 80 Grad bereitgestellt werden kann. Zudem versorgt das BHKW die Wärmepumpen mit elektrischer Energie.

Das vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie geförderte Pilotprojekt wird nach dem Betriebsstart eine vierjährige Phase der intensiven Projektbegleitung zur Überwachung, Optimierung und Auswertung durchlaufen. Es soll einen Einstieg in die Grubenwasser-Wärmenutzung an den anderen Standorten im Ruhrgebiet ermöglichen, an denen ebenfalls jährlich viele Millionen Kubikmeter Grubenwasser gehoben werden.



Prinzip der Grubenwassernutzung

„Exzenterhaus“ – Heizen und Kühlen des Bürogebäudes mittels geothermischer Energie

Nahe der Bochumer Innenstadt wurde ein Hochbunker aus dem Zweiten Weltkrieg zu einem modernen fünfzehngeschossigen Bürohochhaus umgebaut und 2013 eröffnet. Das architektonisch zukunftsweisende Gebäude deckt einen Großteil des anfallenden Heiz- und Kühlbedarfes über Geothermie ab. 33 Sonden à 130 Meter entziehen dem Erdreich jährlich 343 Megawattstunden Wärme und führen im Kühlfall 237 Megawattstunden Wärme zurück in den Untergrund.

Die Wärmeversorgung des Exzenterhauses basiert auf zwei Energieträgern, Geothermie und Fernwärme. Die Grundlast der Wärmeversorgung wird über eine geothermische Wärmepumpenanlage mit einer Gesamtheizleistung von 258 kW abgedeckt. Die Wärmequelle Erdreich wird über ein Erdwärme-Sondenfeld mit 33 Sonden à 130 m Tiefe erschlossen. Die restliche Wärmeenergie wird über einen Fernwärmeanschluss bereitgestellt.

Die Kälteversorgung erfolgt direkt über das Erdwärme-Sondenfeld. Die im Gebäude anfallenden Wärmelasten werden über die Sonden direkt in das Erdreich abgeleitet. Ein größerer Kältebedarf wird zusätzlich über drei reversible Wärmepumpen abgedeckt. Hierbei wird die überschüssige Wärme über die Sonden ins Erdreich oder wenn nötig über ein Rückkühlwerk abgeführt. Die Wärmepumpen besitzen eine Kühlleistung von 240 kW.

Über die vorhandenen Verteilungssysteme wie Lüftungsanlage (RLT), Betonkernaktivierung (BTA) und statische Heizung kann die Temperatur des Gebäudes optimal geregelt werden.

Die Auslegung des Sondenfeldes wurde von vielen Randbedingungen erschwert. Das schmale Baugrundstück grenzt unmittelbar an eine zweispurige Ausfallstraße, unter der nicht nur diverse Versorgungsleitungen verlaufen, sondern auch ein Tunnel der städtischen U-Bahn.

Trotz höherer Erstellungskosten erreicht die Versorgung mit Fernwärme und Geothermie in einem Zeitraum von 30 Jahren Kostenvorteile von 6,5-10% gegenüber Standardanlagen.



Exzenterhaus Bochum

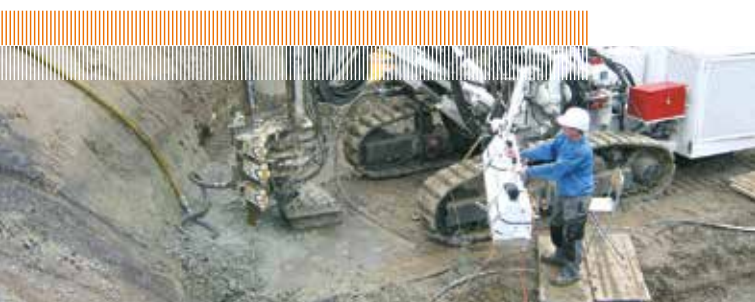
Heizverteilsysteme des Exzenterhauses

System	Heizleistung [kW]	Wärmequelle
Betonkernaktivierung (BKT)	3 x 39	Erdreich
Lüftungsanlage (RLT)	Vorerhitzung	3 x 46
	Nacherhitzung	3 x 50
Statische Heizkörper (Spitzenlast)	3 x 80	Fernwärme

Kühlsysteme des Exzenterhauses

System	Kühlleistung [kW]	Kältequelle
Betonkernaktivierung (BKT)	3 x 55	Erdreich
Lüftungsanlage (RLT)	Vorkühlung	3 x 38
	Nachkühlung	3 x 39
Serverraum-Kühlung	3 x 10	Wärmepumpe/Erdreich

Bohrarbeiten für das Exzenterhaus



Berufskolleg Duisburg – 180 Sonden für 2 600 SchülerInnen

Seit September 2011 genießen Lehrer und SchülerInnen Wärme im Winter und Kühlung im Sommer, die kostengünstig von der Erdwärme geliefert wird.

Auf 56 000 m² sind 3 Schulen in 250 Räumen untergebracht incl. einer Sporthalle, einer Mensa und einer Tiefgarage. Bei solchen Dimensionen wundert es nicht, dass hier einer der größten Erdwärmesonden -Anlagen Deutschlands entstanden ist.

Die GOLDBECK Public Partner GmbH aus Bielefeld erhielt den Zuschlag für das Public-Private-Partnership (PPP) Projekt in Duisburg. Für 25 Jahre ist sie für die Unterhaltung und Betrieb des Gebäudes zuständig, anschließend geht das Gebäude in den Besitz der Stadt Duisburg über.

Unter den Gesichtspunkten der Machbarkeit und der Wirtschaftlichkeit wurden mehrere Varianten zur Wärme- und Kälteversorgung untersucht. Die Klimatisierung mit Erdwärme zeichnete sich als beste Lösung ab. Neben der schnellen Amortisierung der Investitionskosten durch die Einsparung im laufenden Betrieb sprach, aus ökonomischer Sicht auch die bessere Planbarkeit der laufenden Kosten im Vergleich zu fossilen Brennstoffen, die Nutzung der Erdwärme.

Umgesetzt wurden Sondenfelder unter und neben dem Gebäude mit 180 Sonden bis zu 130 m Tiefe. Im Winter bringen effiziente Wärmepumpen das Wärmeangebot der Sonden auf das nutzbare Temperaturniveau für die Einspeisung in das Heizsystem für Warmwasser, Lüftung und Flächenheizung. Die Wärmerückgewinnung und Einspeisung in das Erdreich fördert die Regeneration des Sondenfeldes.

Im Sommer sorgt die direkte Kühlung aus dem Erdreich für die Grundlastkühlung, reversible Wärmepumpen übernehmen weitere Kühllasten. Zur Abführung von Spitzenlasten aus Server- und EDV Räumen kann eine Kompressions -Kältemaschine eingesetzt werden.

Erste Betriebserfahrungen zeigen, dass der Bereich Heizung, Warmwasserbereitung und Kühlung fast vollständig ohne Verbrauch fossiler Energieträger auskommt. Es wird lediglich Hilfsenergie in Form von Strom für die Bereitstellung von regenerativer Energie benötigt. Die nachhaltige Nutzung der Geothermie mit Regeneration des Erdreiches durch die Nutzung des Pendelspeichers (wechselnde Be- und Entladung im Sommer- und Winterfall) ist sichergestellt.



Geothermische Wärme aus 2.835 m Tiefe für das Freizeitbad NASS in Arnsberg

Das Freizeitbad NASS in Arnsberg sichert seinen Besuchern mit geothermischer Wärme aus einer Tiefe von ca. 2.800m angenehme Temperaturen, ohne CO₂, ohne lange Transportwege und ständig erneuerbar.

Geplant und erfolgreich umgesetzt wurde eine Technologie, bei der in nur einer Bohrung ein Doppelrohr eingesetzt wird. Eine Wärmeträgerflüssigkeit (hier Wasser) wird in einem geschlossenen Kreislauf umgepumpt. Dabei nimmt die Trägerflüssigkeit über die Rohrwandung als Wärmetauscher Wärme aus der Tiefe auf. Diese Wärme wird dann in einem Wärmetauscher an der Oberfläche an den Verbraucher abgegeben.

Insbesondere die Sonden Technologie für solche Tiefen war eine innovative Herausforderung. Durch intensive Forschungs- und Entwicklungsarbeit konnten die technischen Herausforderungen gelöst werden. So hatte sich ein zuerst schon bis auf 2810 Meter Tiefe eingebautes Innenrohr als nicht praxistauglich erwiesen und das Projekt zeitlich zurückgeworfen. Danach wurde ein ganz neues Sonden -Förderrohr für die tiefe Erdwärmebohrung berechnet, simuliert und entwickelt. Die Auswahl fiel auf eine konzentrische Sonde also ein inneres Rohr, welches von einem Außenrohr umgeben wird. So können die hohen

statischen und energetischen Anforderungen getrennt werden. Die jetzt eingesetzte Sonde besteht aus einem Stahl –Außenrohr zur Aufnahme der Kräfte und einem Polypropylen –Innenrohr für erhöhte Wärmedämmung.

Das Ergebnis kann sich sehen lassen:

Das im Untergrund, in einer Tiefe von 2.835 m, erhitzte Wasser steht mit ca. 55° an der Oberfläche und einer Förderrate von 5,6 l/s zur Verfügung. Die Arnsberger Sonden -Anlage liefert bei einer Leistung von 0,35 MWtherm jährlich etwa 2,1 Millionen kWh zur Erwärmung von Raumluft, Becken- und Brauchwasser im Freizeitbad Nass. Mit CO₂ freier Geothermie werden so über 75% des Wärmebedarfs gedeckt.

Mit diesem heißen Wasser sichert das Freizeitbad Nass seinen Besuchern angenehme Temperaturen, ohne CO₂Emissionen, ohne lange Transportwege und ständig erneuerbar.



Freizeitbad NASS



Wohnressort „monastere“ in Düsseldorf

„An der Piwipp“ im Düsseldorfer Norden beeindruckt unter dem Projektnamen „monastere“ ein neues Wohnquartier mit außergewöhnlicher Wärmeversorgung. Bauträger ist die Düsseldorfer gentes Baumanagement GmbH (www.gentes-bau.de), das innovative Energiekonzept wurde von den Stadtwerken Düsseldorf entwickelt: eine Kombination aus Geothermie, Aquifer-Wärmespeicher und einer Klimawand, die Solarenergie absorbiert.

Zum einen besitzt jedes der 28 Einfamilienhäuser eine eigene, unabhängige Geothermieanlage mit Erdwärmesonde und Wärmepumpe. Aus buchstäblich gutem Grund: Unter dem Wohnquartier weist das tiefere Erdreich das ganze Jahr über gleichmäßige Temperaturen von etwa 11 °C auf. Mit Sole befüllte Erdwärmesonden nehmen die Erdwärme auf und mit Hilfe der Wärmepumpe wird die gewonnene Wärme an den Heizkreislauf der Wohngebäude abgegeben.

Zum anderen wird diese geothermische Lösung optimal ergänzt durch Aquifer-Wärmespeicherung. Denn im gleichen Maße, wie die Erdwärmesonden dem Erdreich und dem Grundwasser Wärme entziehen, kann diese bei einem Überangebot an Wärme dort auch wieder eingebracht werden: in die Aquifer genannte grundwasser-

führende Gesteinsschicht. Aquifere können die Wärme erheblich besser speichern als trockene Erdschichten. Der aus Kiesen und Sanden bestehende Aquifer unter „monastere“ wird im Sommer über die Erdwärmesonden mit überschüssiger Wärme beladen und stellt diese Wärme der Gebäudeversorgung in der Heizperiode wieder zur Verfügung.

Diese Überschusswärme stammt wiederum aus einer straßenseitigen, 50 m langen und 4,50 m hohen Klimawand, deren Solarabsorber Sonnenenergie für die Warmwasserversorgung des gesamten Wohngebäudekomplexes gewinnen. Die Solarabsorber bestehen aus Stahlplatten, die von der Sonneneinstrahlung erwärmt werden und die Wärme an Rohrleitungen auf ihrer Rückseite ableiten. Die Wärme wird von einem Wasser-Frostschutzmittel-Gemisch aufgenommen und in die Technikzentrale gepumpt.

Nach Berechnungen der Stadtwerke Düsseldorf können durch diesen umfangreichen Einsatz erneuerbarer Energien in dem neuen Wohnquartier insgesamt knapp 100 Tonnen CO₂ pro Jahr eingespart werden. Was gegenüber einer Wärmeversorgung mittels herkömmlicher Erdgas-Brennwerttechnik eine Heizkostensparnis von bis zu 40 Prozent bedeutet.

Alternative Wärmeversorgung mittels Sumpfungswasser

Nach rund sechs Monaten Bauzeit hat der Erftverband im April in Bergheim eine neue Heizungsanlage in Betrieb genommen. Herzstück der Anlage ist ein selbstreinigender Rohrbündel-Wärmetauscher. Die Wärmeenergie wird aus Sumpfungswasser gewonnen und durch eine Wärmepumpe auf das gewünschte höhere Temperaturniveau gebracht. Die Anlage mit einer Kapazität von 310 Kilowatt nutzt das warme Grundwasser aus dem Tagebau Hambach zur Wärmeversorgung der Gebäude am Standort Bergheim. Das Sumpfungswasser wird von RWE Power GmbH als Betreiber der Braunkohleförderstätten aus einer größeren Tiefe des Tagebaus gefördert und abgeleitet.

Die Nutzung von Wärme aus Sumpfungswasser ist im rheinischen Braunkohleabbaugebiet bisher immer wieder am hohen betrieblichen Aufwand, wie z.B. der Umgang mit Eisenverockerungen/Eisenablagerungen in den Wärmetauschern, (Standzeit ca. 2 Wochen und Leistungsabfall der Wärmetauscher), gescheitert. Die herkömmlich genutzten Wärmetauscher stoßen bei leicht verschmutzten Medien wie z.B. verockertes Sumpfungswasser schnell an ihre funktionellen Leistungsgrenzen. In diesem Projekt werden nunmehr spezielle Rohrbündelwärmetauscher eingesetzt. Diese werden durch innovative „Spezialmolche“ und eine spezielle Steuerung eingesetzt. Durch diese innovative Technik ist der Wärmetauscher selbstreinigend und die Leistungsfähigkeit bleibt erhalten.

Das gehobene Sumpfungswasser, mit einer Menge von ca. 35 m³ pro Stunde, liefert dem Wärmetauscher im Primärkreis eine Vorlauftemperatur von ca. 22°C. Die Rücklauftemperatur beträgt etwa 18°C. Durch Wärmepumpen wird die Systemtemperatur im Heizungskreislauf auf 65°C zur Beheizung der genannten Gebäude gebracht. Für die installierte Wärmepumpenanlage wurde ein neues Technikgebäude errichtet. Nach einer erfolgreichen Inbetriebnahmephase wird der Durchfluss des Sumpfungswasser auf rund 70 m³ pro Stunde erhöht und die Anlage erreicht eine Gesamtleistung von 620 Kilowatt. Dies ergibt bei einem jährlichen Gesamtbedarf von ca. 1,2 Mio. Kilowattstunden eine Einsparung von rund 58.000 Euro an Heizkosten im Jahr.

Die notwendige elektrische Energie zum Betrieb der Wärmepumpen soll zukünftig durch eine neu zu errichtende

Photovoltaikanlage bereitgestellt werden. Die Regelung des kleinen Nahwärmenetzes erfolgt zentral und wird mit einer Außentemperaturabhängigen Vorlauftemperaturregelung ausgestattet. Der Erftverband beabsichtigt, dieses System, bestehend aus Wärmeerzeugung mittels Sumpfungswasser, unterstützt durch Photovoltaik, bei Nachweis der Funktionalität auf weiteren Standorten auszuweiten.



Rohrbündel-Wärmetauscher



Energiekonzept für Kameha Grand Bonn

Das futuristische und architektonisch spektakuläre Hotel am Bonner Bogen wurde im Frühjahr mit dem renommierten MIPIM Award der internationalen Immobilienwirtschaft ausgezeichnet. Neben der Architektur hat dazu auch das vorbildliche Energiekonzept des gesamten Gebäudekomplexes beigetragen. Mit einer Symbiose aus passiver Sonnenenergie, intelligenten Kühlsystemen und Ressourcen schonendem Klimakonzept auf Geothermiebasis erfüllt das Kameha Grand Bonn die Ansprüche eines modernen und innovativen Gebäudes.

Das Hotel wird über eine Geothermieanlage mit einem Akquifer-Speichersystem mit Wärme und Kälte versorgt, das die Energieausbeute durch eine Trennung zwischen Sommer und Winterbetrieb optimiert. Die Energiezentrale, die 80 Prozent der Gebäude des „Bonner Bogens“ versorgen wird, ist im Tiefgeschoss des Hotels untergebracht. Die Grundlastversorgung wird über eine Betonkernaktivierung in den Deckensystemen sichergestellt. Bodenkonvektoren mit einer Frischluftzufuhr decken den Zusatzbedarf ab. In der Glashalle sorgt ein Klimaboden für ganzjährig angenehme Temperaturen. Die Hohlprofile der Metallkonstruktion werden mit Wasser gefüllt und als Heiz- bzw. Kühlflächen genutzt.

Das Klimapaket mit Frischluftzufuhr sorgt für ein angenehmes Raumklima und ermöglicht hochwertige Raum-in-Raum-Lösungen ohne störende Deckenabhängungen für die ansonsten üblichen Klimaanlage. Andererseits wirkt die Glasarchitektur als passiver Sonnenkollektor.

Für die Nutzung des Grundwassers sind acht Brunnen angelegt. Sie arbeiten im Pendelbetrieb zwischen Sommer- und Winternutzung. Über dieses System werden bis zu 70 Prozent des Kältebedarfs gedeckt. Der Einsatz einer Kältemaschine ist nur für kurze Zeiträume im Hochsommer notwendig. Im Winter liegt der Deckungsgrad über das Grundwasser zwischen 60 bis 80 Prozent.



Die Geothermieanlage mit dem effizienten Akquiferspeicher-System gehört zu den größten Anlagen dieser Art in Europa. Gegenüber einer konventionellen Energieversorgung können so jährlich rund 1.700 MWh Primärenergieaufwand sowie ca. 400 Tonnen CO₂ vermieden werden. Diese Einsparungen resultieren aus der Energieeffizienz der Geothermieanlage, aus der Gebäudearchitektur sowie einer modernen Gebäudeleittechnik mit einer individuellen Raumsteuerung.



Klimazentrale auf Geothermiebasis des Kameha Grand Bonn



Energiezaun

Wärmeversorgung mittels Eisspeicher

Im Oktober 2011 wurde das Industriedenkmal „Alte Pumpstation Haan“ vor den Toren Düsseldorfs als Kulturstätte und Bürogebäude eingeweiht. Äußerlich nicht zu erkennen ist das zukunftsweisende Energiekonzept mit einem Solar-Eisspeicher.

Überlegungen im Vorfeld, die Wärmeversorgung mit einem geothermischen Sondenfeld sicherzustellen mussten verworfen werden. Grund waren die ungünstigen geologischen Gegebenheiten vor Ort. Trotzdem sind bei solchen ungünstigen Randbedingungen innovative Energieversorgungen möglich, wie bei der alten Pumpstation Haan gezeigt wurde. Hier liegen die Heizkosten heute statt bei konventionell 1,20 Euro/m² bei 54 Cent/m².

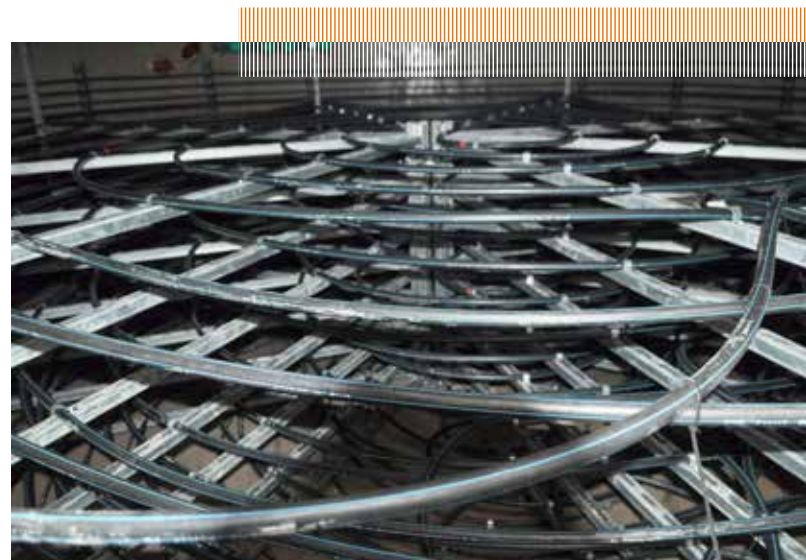
In der warmen Jahreszeit wird von Solar Kollektoren (Energiezaun und Dachkollektoren) Sonnenenergie in einem großen Solar –Eisspeicher (Wasservolumen in Haan 120m³) auf niedrigem Temperaturniveau gespeichert. Die umgebende Erdwärme ermöglicht die Speicherung der Energie über längere Zeit und ohne aufwändige Isolierung.

In der kalten Jahreszeit nutzt eine Wärmepumpe die gespeicherte Energie zur Heizung des Gebäudes. Gleichzeitig wird der Speicher vom Energiezaun und den Dachkollektoren nachgeladen. Erst so etwa im März wird die „Solarenergie“ abgeschaltet. Ab dann wird zugelassen, dass die Wärmepumpe bis in den Gefrierpunkt hinein den Wasserpuffer entlädt, damit an den Wärmetauscherrohren im Betonspeicherbecken Eis anwachsen kann. Dieses Eis wird dann bis in den Juli zur Kühlung genutzt, bevor die Wärmepumpe im restlichen Sommer aktiv (aber teuer) die Temperatur in den Büroräumen senkt. Die Eisbildung ist deshalb von großem Vorteil, weil der Phasenübergang von Wasser zu Eis oder umgekehrt einen erheblichen Energiezuwachs des Speichers darstellt. Der Energieinhalt des Speichers in Haan wird bei gleichem Speichervolumen durch die Vereisung von ca. 2.400 kWh um 11.600 kWh auf 14.000 kWh vergrößert.

Die individuell für das System entwickelte Steuerung kontrolliert die einzelnen Komponenten des Gesamtsystems. Sie legt beispielsweise fest, ob die Wärme des Absorbers für die direkte Beheizung verwendet, oder im Speicher eingelagert wird.

Von der Steuerung wird die Wärmepumpe (vor allem zum Ende der Heizperiode) so geregelt, dass dem Speicher so viel Wärme entzogen wird, dass er vereist.

Das Optimieren der Steuerung und Regelung entscheidet über den Erfolg und ist ein Taktieren, ganz besonders im Hinblick auf die Prognose zum Jahrestemperaturverlauf. Wann soll die Vereisung einsetzen? Je später, desto preiswerter wird die Kühlsaison. Sollte die Vereisung zu spät zugelassen werden, wird sich kaum noch Eisvolumen aufbauen.



Eisspeicher

Impressum

EnergieAgentur.NRW
Roßstraße 92
40476 Düsseldorf

Telefon: 0211/8371930
hotline@energieagentur.nrw.de
www.energieagentur.nrw.de

© EnergieAgentur.NRW/EA318

Gestaltung

www.wiedemeier-kommunikation.de

Abbildungen/Fotografien

Dr. Arnd Heumann (Titel), Bezirksregierung
Arnsberg, Freizeitbad NASS, Klaus Gahlen,
Geologischer Dienst NRW, Internationales
Geothermiezentrum, Vivawest Wohnen
GmbH, Sadurski GmbH, Stadtwerke Bochum

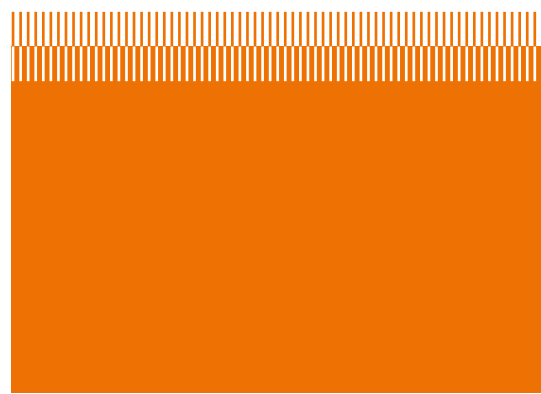
Stand

10/2014

Informationen zum Thema

EnergieAgentur.NRW
c/o Hochschule Bochum
Lennerhofstraße 140
44801 Bochum

Telefon: 0234/3210717
geothermie@energieagentur.nrw.de
www.energieagentur.nrw.de



EUROPÄISCHE UNION
Investition in unsere Zukunft
Europäischer Fonds
für regionale Entwicklung

