

# Geothermie für Wohngebäude in Rotenburg und Celle

2014 erwarb die Deutsche Geothermische Immobilien P 1 GmbH ein Immobilienportfolio in Rotenburg (Wümme) und Celle. In Rotenburg handelt es sich um 20 Gebäude mit 112 Wohneinheiten und in Celle um 52 Gebäude mit 270 Wohneinheiten. Nach dem Ausbau der Dachgeschosse sind insgesamt 509 Wohneinheiten mittels oberflächennaher Geothermie zu beheizen bzw. mit Warmwasser zu versorgen. Hierzu werden in Rotenburg 14 Wärmepumpen und 72 Bohrungen à 100 m installiert. In Celle sind es 38 Wärmepumpen und 186 Bohrungen à 100 m.

**Viele große Mietshäuser** müssen dringend energetisch saniert werden. Dabei stellt sich für Investoren oder Eigentümer jedoch die Frage, inwiefern sich diese Sanierung im jeweiligen Marktumfeld rechnen kann. Die Immobilienpreise sind an vielen Stellen bereits relativ hoch

und Mieten sind dagegen nicht oder nur schwer zu erhöhen. Außerdem ist jeder Vermieter bestrebt, seine bisherigen verlässlichen und langjährigen Mieter zu behalten. Hinter dem Kauf des Immobilienportfolios in Rotenburg (Wümme) und Celle steckt eine klare Strategie der

Deutsche Geothermische Immobilien P 1 GmbH, einer über die DGI Holding GmbH gehaltenen 100%igen Tochtergesellschaft der an der Düsseldorfer Börse gelisteten Deutschen Geothermischen Immobilien AG (DGI), die auf diese Ausgangslage abgestimmt ist. Die gefundene Lösung ist



Abbildung: Deutsche Geothermische Immobilien AG

Abb. 1 – Zwei Bohrmannschaften beim Abteufen von Erdwärmesonden auf dem Cluster Celle

das vom Management der DGI AG bereits mehrfach umgesetzte Konzept aus energetischer Sanierung mit Mitteln der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) und garantierten Wohnungs-Energiekosten.

Die Sanierung und gleichzeitige komplette Umstellung auf Erdwärme (Abb. 1) ermöglicht es der Gesellschaft, die Energiekosten auf einem Niveau festzuschreiben und dem Mieter als Flatrate zu garantieren („Trautsch-Modell“). Vor Erwerb werden die Immobilien einer eingehenden Untersuchung hinsichtlich der Eignung unterzogen.

### Trautsch-Inden-Analyse

Es müssen mehrere Parameter betrachtet und miteinander verglichen werden, um die wirtschaftliche Umsetzbarkeit einer Immobilien-Modernisierung auf Basis der Erdwärmenutzung prüfen zu können.

Sobald anhand von Grundlagenparametern wie geothermische Ergiebigkeit am Objektstandort, Geschossigkeit, unbebaute Grundfläche und Höhe der aktuellen Energiekosten ein Portfolio als aus-

## Die Sanierung und gleichzeitige komplette Umstellung auf Erdwärme ermöglicht es, die Energiekosten auf einem Niveau festzuschreiben.

sichtsreich gilt, erfolgt eine Objektbegehung. Dabei wird geklärt, ob die Objekte mit vertretbarem Aufwand zu Effizienzhäusern saniert werden können. Mit einer anschließenden Berechnung des Energiebedarfs werden die umzusetzenden Modernisierungsmaßnahmen festgelegt und der im Spitzenlastfall benötigte Energiebedarf berechnet. Für den Energiebedarf im Spitzenlastfall erfolgt dann die Wärmepumpenauslegung und die EWS-Felddimensionierung mit vorgegebenen Sondenabständen.

In Rotenburg (Wümme), einer Mittelstadt und Kreisstadt des Landkreises Rotenburg im nordöstlichen Niedersachsen mit ca. 21.000 Einwohnern, wurden 20 Gebäude mit 112 Wohneinheiten erworben. Hierbei handelt es sich um Anfang der sechziger Jahre in dreigeschossiger Bauweise errichtete Häuser. Durch die

homogene Bauweise sowie die weitläufige Anordnung der Gebäude weist der Bestand einen geschlossenen Siedlungscharakter mit großzügigen Grünflächen auf (Abb. 2). Die Gebäude liegen agglomeriert rund 2,5 km von der Innenstadt entfernt in einem von hochwertigen Einfamilienhäusern geprägten Wohngebiet.

In Celle, einer selbstständigen Stadt und Kreisstadt des Landkreises Celle in Niedersachsen, ca. 35 km nordöstlich von Hannover, mit ca. 70.000 Einwohnern, wurden 52 Gebäude mit 270 Wohneinheiten erworben, verteilt auf zwei zusammenhängende Cluster im beliebten Stadtteil Klein-Hehlen. Hierbei handelt es sich um zwei- bis dreigeschossige Häuser aus den Baujahren 1963 bis 1967 sowie um ein achtgeschossiges Gebäude. Ähnlich wie in Rotenburg sind großflächige Grünareale zwischen den Häusern vorhanden.

**Abb. 2** – In Rotenburg (Wümme) wurden 72 EWS mit 99 m Tiefe errichtet.



Abbildung: Popp

**Abb. 3** – Eine von über 50 Wärmepumpen, die im Zuge der Sanierungsmaßnahmen in die jeweiligen Technikräume verbaut wurden.



Abbildung: Deutsche Geothermische Immobilien AG

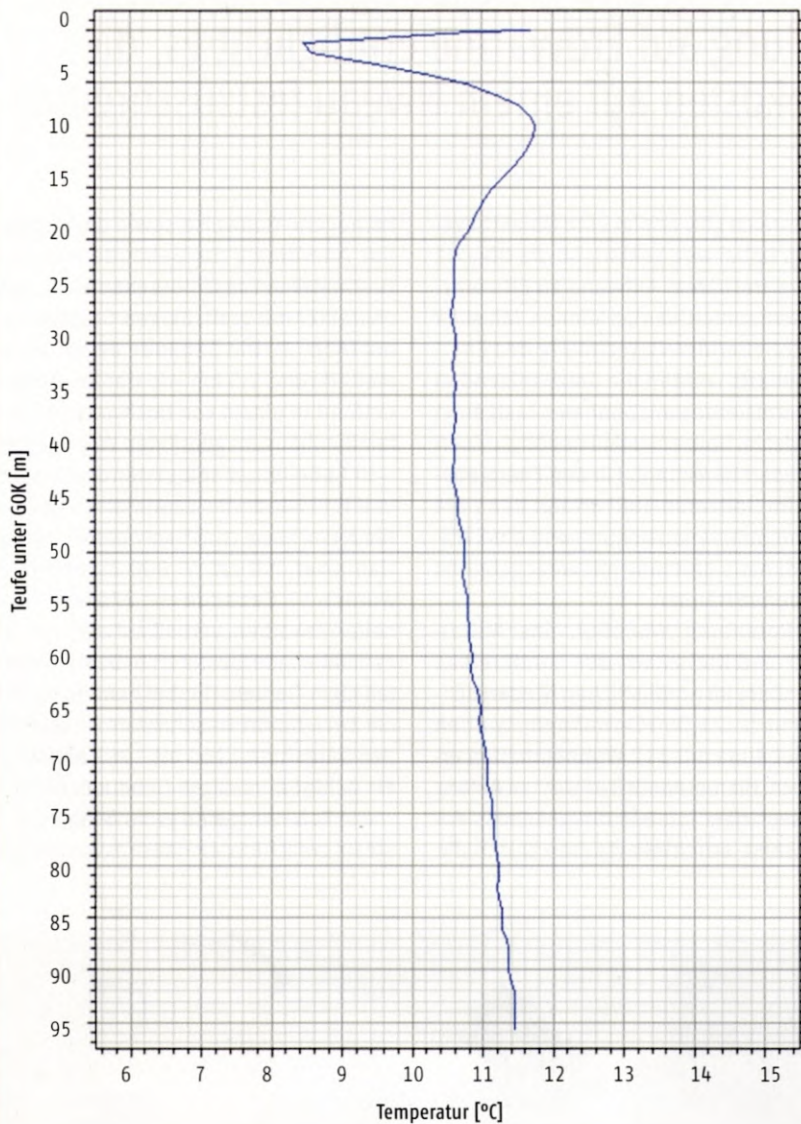


Abbildung: Deutsche Geothermische Immobilien AG

Abb. 4 – Ungestörtes Temperaturprofil der Pilotbohrung in Celle

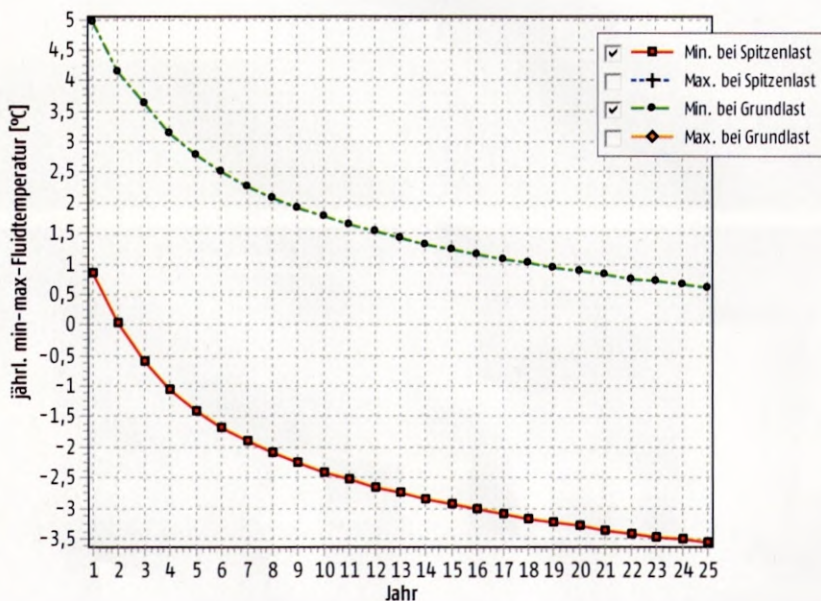


Abbildung: Deutsche Geothermische Immobilien AG

Abb. 5 – Detailliert berechnet wurde z. B. die EWS-Fluidtemperatur bei Grund- bzw. Spitzenlast

Nach dem Ausbau der Dachgeschosse sind insgesamt 509 Wohneinheiten mittels oberflächennaher Geothermie zu beheizen bzw. mit Warmwasser zu versorgen. Hierzu werden in Rotenburg 14 Wärmepumpen mit einer Gesamtleistung von 437 kW installiert (Abb. 3). In Celle sind es 38 Wärmepumpen mit zusammen 1.133 kW. Die Investitionssumme wird insgesamt bei rund 26 Millionen Euro liegen. „Damit ist diese Baumaßnahme das größte uns bekannte oberflächennahe Geothermieprojekt im deutschen Wohnungsmarkt“, so Gregor Dilger, der Pressesprecher des GtV-Bundesverbandes Geothermie e. V.

Direkt nach dem Erwerb wurde die Otto Schubert GmbH als Generalübernehmer für die Erstellung der Sondenfelder beauftragt. Die 1988 gegründete Firma mit Hauptsitz in Bocholt ist ein mittelständisches Unternehmen mit zurzeit ca. 150 Mitarbeitern. Der Unternehmensschwerpunkt ist der Tief- und Rohrleitungsbau sowie die Bohrtechnik (HDD und Erdwärmeh Bohrungen).

Ab Mitte Februar 2014 wurden in Celle drei Pilotbohrungen von 99 m Teufe gebohrt. Im größeren Teilgebiet Celle I (Goerdelerstraße/Witzlebenstraße/Beckstraße) zwei Bohrungen für einen Enhanced Geothermal Response Test (EGRT) und einen Geothermal Response Test (GRT) sowie eine Bohrung im kleineren Cluster Celle II (Lorzingstraße/Händelstraße) für einen weiteren GRT (Abb. 4). Nach Umsetzen des Bohrgerätes nach Rotenburg wurde dort in zentraler Lage des Immobilienportfolios eine ebenfalls 99 m tiefe Pilotbohrung für einen EGRT ausgeführt. Zur Ausführung kamen weiterhin im vermuteten Grundwasseran- und -abstrom jeweils eine weitere Pilotbohrung von 99 m Teufe zur Ermittlung der Grundwasserstände. Die Versuchsdurchführung der Geothermal Response Tests oblag der CDM Smith GmbH aus Bochum.

Nachdem aufgrund der Trautsch-Inden-Analyse zwecks einer groben Kostenfassung der zu investierenden Mittel bereits eine Sondenanzahl vorgegeben wurde, müssen die hierfür angenommenen Parameter durch GRT/EGRT-Messungen des Untergrundes verifiziert werden. Mit den aus diesen Messungen gewonnenen Erkenntnissen und den aus der Energiebedarfsberechnung jedes Hauses entwickelten Energieprofilen wurde mittels EED/EWS durch CDM-Smith nachgerechnet, ob die Vorgaben zu Sondenanzahl und -menge ausreichend ist, um den Energiebedarf jedes einzelnen Gebäudes abzu-

decken (Abb. 5). Dabei wurden die Annahmen aus der Trautsch-Inden-Analyse bestätigt. Eine weitergehende Optimierung der Sondenfelder zur Einsparung von Bohrmeteren konnte aufgrund des vorgegebenen knappen Zeitrahmens leider nicht mehr durchgeführt werden.

Die Bohrarbeiten für die Sondenfelder in Rotenburg mit dann 72 Bohrungen à 99 m und in Celle (Abb. 6) mit 170 Bohrungen à 99 m begannen Ende Februar 2014. In Spitzenzeiten wurde mit vier

zelenen Sonden wurde zur Ermittlung der Untergrundtemperaturen ein Glasfasermesskabel mit dem Sondenbündel eingebaut.

Durch die jahrelangen, guten Erfahrungen, die die bauausführende Bohrfirma und den Verfüllbaustoffhersteller Fischer Spezialbaustoffe aus Heilsbronn verbinden, stand der Baustoff für die Hinterfüllung der Erdwärmesonden schnell und früh in der Projektphase fest. Bereits lange vor Bohrbeginn konnten mit der Unteren

sel-Beständigkeit nach DIN EN 12390-9 wurde das Produkt auf Salzwasser und kalklösliche Kohlensäure getestet. Ferner wurde das Produkt dem von den KED-Ingenieuren aus Hamburg entwickelten Test für die Senatsverwaltung der Hansestadt zur Eignung bei Frost-Tau-Wechsel-Einflüssen unterzogen.

Das Anmischen erfolgte jeweils mit einem Kolloidal-Chargenmischer IEC-40-H der Firma Misch- und Anlagentechnik (MAT) aus Immenstadt nach Angaben des

## Die EGRT-Ergebnisse ermöglichen es, die Bohrtiefen für die EWS im Verlaufe der Planung an die Untergrundverhältnisse anzupassen. «


Bohrgeräten gearbeitet, um den Gesamtfertigstellungstermin 30.07.2014 einzuhalten.

Erbohrt wurden die für die norddeutsche Tiefebene typischen quartären Ablagerungen aus Sanden und Kiesen, teilweise mit einzelnen Tonlagen. Ab einer Teufe zwischen 45 und 54 m waren durchgängig Tone erwartet worden. Hier hielt jedoch die Geologie einige kleinere Überraschungen bereit: Teilweise wurden ausgeprägte Kies- und Sandnester erbohrt, sodass ein Teil der Bohrungen (48) bis zur Endteufe mit einer 7"-Schutzverrohrung niedergebracht werden musste. Eingebaut wurden Duplex-Erdwärmesonden aus PE-100 RC der Firma Reha. Bei ein-

Wasserbehörde Fragen, wie z. B. die nach der Eignung in Bezug auf die angetroffenen Grundwasserverhältnisse, Frost-Tau-Wechsel etc. geklärt werden. Ferner stand ein Mitarbeiter des Herstellers bei der Pilotbohrung für Fragen zur Verfügung. Den Bohrtrupps und den Behörden wurden entsprechende Unterlagen und Prüfzeugnisse zur Einsicht bei Kontrollen überreicht.

Die Bohrlöcher wurden im Kontraktorverfahren (von unten nach oben) mittels PE-Leitung in den Ringraum gepumpt. Die Firma Otto Schubert Erdwärme setzt seit Jahren das Produkt GeoSolid 240 HS ein. Neben seiner Eignung für sulfataggressive Grundwässer und der Frost-Tau-Wech-

Herstellers (Abb. 7). Bei diesem Mischprozess wird der Baustoff besonders gut aufgeschlossen, optimal mit Wasser benetzt und erreicht dadurch eine besondere Homogenität. Vor dem Einpumpen der Suspension wurde das Gewicht mit einer Spülungswaage geprüft, eine Rückstellprobe erstellt und an den Auftraggeber zur Aufbewahrung übergeben. Bei der Pilotbohrung wurden weitergehende, baustellentaugliche Tests durchgeführt. So wurde z. B. die Marshzeit (72 Sek.) und das Wasserabsetzen (<2 %) ermittelt.

Im Anschluss an die Verfüllung wurden die einzelnen Sonden über mehrere Verteilerschächte an die jeweiligen Technikräume der einzelnen Gebäude 

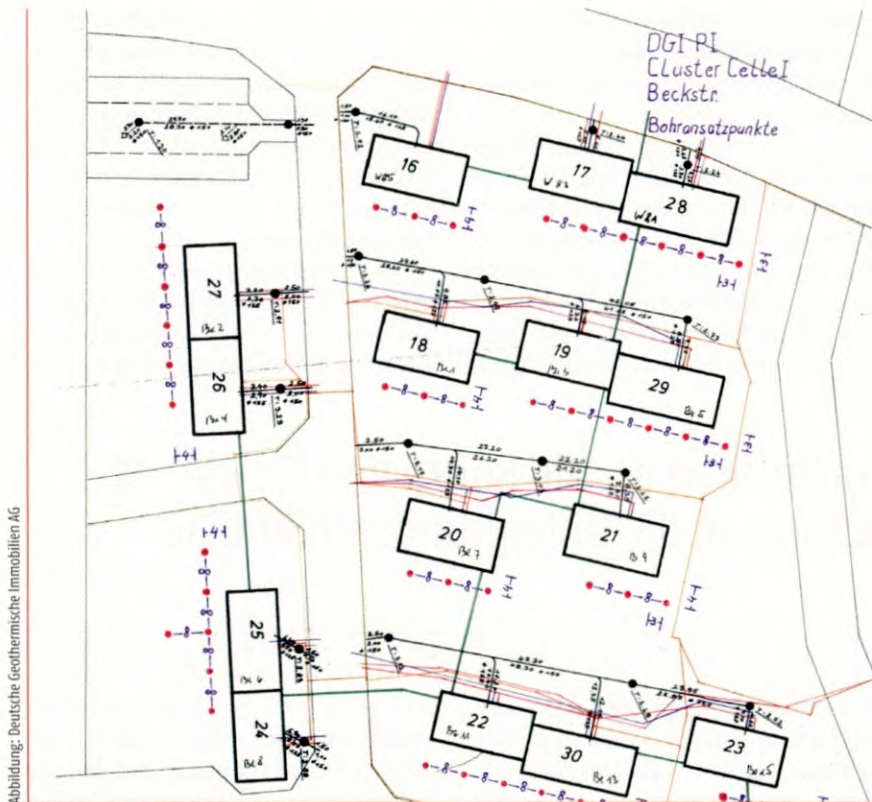


Abbildung: Deutsche Geothermische Immobilien AG

Abb. 6 – Lageplan für das EWS-Feld in Celle

angeschlossen. Wegen der räumlichen Nähe der EWS-Felder wurde durch die genehmigenden Behörden des Weiteren eine 2D-Simulation des Untergrundes gefordert, um klären zu können, ob nachbarschaftliche Interessen Dritter berührt werden. Von besonderem Interesse hierbei war das wassergefüllte Porenvolumen der norddeutschen Sande, welches durch den Grundwasserfluss an den Sonden vorbeistrebt und eine Abkühlungsfahne erzeugt.

Gleichzeitig transportiert das Grundwasser neben der Abkühlungsfahne auch Energie in die Abkühlungszonen, sodass die Ausbreitung der Fahne begrenzt wird.

Der Einfluss des EWS-Feldes auf den Untergrund insgesamt setzt sich aus dem lokal begrenzten Bereich im bindigen und dem grundwasserdurchströmten Bereich im körnigen Boden zusammen. Dabei überwiegt der Sondenbereich im bindigen Boden. Rechte Dritter wären tangiert, wenn diese durch den Betrieb der hier beantragten EWS-Felder nicht in der Lage wären, auf ihrem eigenen Grundstück ebenfalls eine funktionierende EWS-Anlage zu errichten.

### Geothermische Vorerkundung

Eine wesentliche Grundlage zur Planung der Erdwärmesondenfelder der Cluster

Celle I, Celle II und Rotenburg (Wümme) war die Erkundung der relevanten geothermischen Untergrundparameter. In enger Abstimmung mit den Behörden wurden zwei GRT und zwei EGRT geplant und durchgeführt. Der wesentliche Unterschied der beiden Methoden ist die profildgenaue Darstellung der Untergrundparameter (ungestörte Untergrundtemperatur, Wärmeleitfähigkeit) durch den EGRT. Mit dem GRT werden nur die Mittelwerte über die gesamte EWS-Tiefe ermittelt. Anhand der Auswertung des EGRT lassen sich Teufenbereiche mit besonderen geothermischen Eigenschaften identifizieren und für eine optimierte Planung der EWS-Teufe nutzen. Im Cluster Celle I wurde ein GRT und ein EGRT, im Cluster Celle II ein GRT und im Cluster Rotenburg ein EGRT durchgeführt.

Die Messungen ergaben, dass der Untergrund an den Standorten für eine geothermische Nutzung gut geeignet war. Die Wärmeleitfähigkeit lag im Bereich von 2,1 – 2,6 W/mK, für die ungestörte Untergrundtemperatur wurden Werte zwischen 10,5 und 12,3 °C gemessen.

### Planung

Aufgrund des knappen Zeitplans wurde auf eine optimierte Planung der EWS-Bohrtiefe verzichtet. Alle Bohrungen wurden bis 100 m abgeteuft und zu EWS ausgebaut. Die parallel zu den Bohrarbeiten verlaufende Planung stellte sicher, dass für jedes Gebäude die ausreichende Anzahl an Bohrungen erstellt wurde. Dazu wurden zunächst sinnvolle Felder definiert, denen jeweils eine bestimmte Anzahl an Gebäuden zugeordnet war. Es erfolgte nun eine mehrstufige Dimensionierungsberechnung dieser Felder.

Eine wesentliche Grundlage der Dimensionierungsberechnungen waren, neben den Ergebnissen der geothermischen Felderkundung, die ermittelten Energieprofile für die Gebäude von Seiten der TGA. Es wurden die monatlichen Heizlasten und die Heizarbeit ermittelt, auch der Bedarf für die Warmwasserbereitung wurde berücksichtigt und in die Berechnungen mit aufgenommen. Diese Energieprofile berücksichtigten bereits die durch die Dämmmaßnahmen möglichen Energieeinsparungen.

Im ersten Schritt wurden die verschiedenen Gebäudetypen eines jeden Feldes einzeln betrachtet. Gebäude mit gleichem Energiebedarf (und auch gleicher Wärmepumpen-Ausstattung) wurden in diesem Schritt einzeln berechnet, um festzustellen, wie viele EWS für den Betrieb der jeweiligen Wärmepumpe notwendig sind.



Abb. 7 – Verfüllen der Erdwärmesonden im Kontraktorverfahren mit einem Chargen-Kolloidalmischer

Abbildung: Deutsche Geothermische Immobilien AG

Da diese erste Berechnung den Einfluss der zum Teil nahe stehenden Häuser untereinander nicht berücksichtigt, wurde in einem zweiten Schritt eine Dimensionierungsberechnung für das Gesamtfeld durchgeführt. Dabei wurden alle EWS sämtlicher Gebäude in einem solchen Feld mit der Dimensionierungssoftware durchgerechnet. Mit diesem Schritt der Berechnung wurde sichergestellt, dass die gegenseitige Beeinflussung der EWS untereinander nicht zu einem relevanten Leistungseinbruch der möglichen Entzugsleistung aus dem Untergrund führt.

Als Software wurden sowohl EED (Version 3.16), als auch EWS (Version 4.7) verwendet. Je nach geometrischer Anordnung der EWS wurde die am besten geeignete Software für die jeweilige Berechnung gewählt.

Um den thermischen Einfluss der Erdwärmesondenfelder auf die Grundwassertemperatur und damit auch auf umliegenden Liegenschaften darzustellen, wurde in einem dritten Schritt für jeden der drei Cluster eine numerische Modellierung der Kälteausbreitung durchgeführt. In Abstimmung mit den zuständigen Behörden wurde die Kälteausbreitung unter Berücksichtigung aller Erdwärmesonden in einem

Cluster für drei verschiedene Tiefen (entsprechend den geologischen Schichten) modelliert.

#### **Schlüsselfaktoren für die Planung**

Die Planung solcher komplexer EWS-Felder wie im Falle von Celle und Rotenburg erfordert ein sorgfältiges und fachgerechtes Vorgehen. Neben der Auswahl der am besten geeigneten Materialien, wie z. B. thermisch verbesserten Füllmaterials, ist eine möglichst gute Kenntnis der Untergrundparameter eine wesentliche Voraussetzung. Hier bietet der Einsatz eines EGRTs sogar die Möglichkeit, die Bohrtiefen für die EWS im weiteren Verlaufe der Planung sinnvoll an die Untergrundverhältnisse anzupassen und so eine Optimierung zu ermöglichen.

Eine dreistufige Dimensionierungsberechnung der EWS ermöglicht eine sichere und optimale Wärmeversorgung durch den umweltfreundlichen und kostengünstigen Einsatz von Erdwärme. Je nach Projektfortschritt kann im Laufe der Planung durch eine umfangreiche Variantenbetrachtung eine signifikante Kostensenkung der Umsetzung erreicht werden, indem die Tiefe, Anordnung und Geometrie der EWS-Felder optimiert werden.

#### **Autoren**

Martin Inden  
En-Go  
Energetische Gebäudeoptimierung  
Bausachverständiger Gebäudeenergie HWK  
Am Bug 9  
50170 Kerpen-Buir  
Tel.: 02275 237303  
www.en-go.de  
martin.inden@live.de

Frank Hermes  
Otto Schubert GmbH  
Gausebrink 41  
48607 Ochtrup  
Tel.: 02553 9357-0  
Fax: 02553 9357-26  
schubert-geothermie@t-online.de  
www.schubert-rohr.de

Thomas Popp  
Fischer Spezialbaustoffe GmbH  
Gutenbergstr. 4  
91560 Heilsbronn  
Tel.: 09872 95399-90  
Fax: 09872 95399-99  
t.popp@fischer-spezialbaustoffe.de  
www.fischer-spezialbaustoffe.de

