Abb. 1 Visualisierung der Fassade (Blick aus Richtung Kunstmuseum Bonn)

Quelle: Pareto GmbH

Energetische Grundwassernutzung im städtischen Bereich – Planung bei konkurrierenden Nutzungen

Hydrothermische Simulation ■ Die Grundwassernutzung im Bereich der Bonner Rheinaue hat Tradition. Schon als Bonn noch Regierungshauptstadt war, wurden im Wasserwerk Plittersdorf und im Alten Wasserwerk in der Nähe des ehemaligen Plenarsaals jährlich bis zu 5 Mio. m³ Grundwasser gefördert. In Zeiten hoher Energiepreise und der Notwendigkeit, CO_2-Emissionen zu reduzieren, liegt es nahe, die Ressource Grundwasser zum Heizen und Kühlen von Gebäuden zu nutzen. Mit einer übergreifenden Planung kann dies auf nachhaltige und wirtschaftliche Weise geschehen.

Bei dem hier vorgestellten Projekt handelt es sich um den Neubau eines mehrgeschossigen Büro- und Verwaltungsgebäudes an der Heussallee in Bonn (Abb. 1). Ein großer Teil des Heiz- und Kühlenergiebedarfes wird über eine energetische Grundwassernutzung gedeckt. Hierfür wird aus einem Entnahmebrunnen Grundwasser gefördert und in zwei Schluckbrunnen versickert. Im Gebäude wird das im Grundwasser enthaltene Energiepotenzial im Heizfall mit Hilfe einer Wärmepumpe nutzbar gemacht. Die Kühlung erfolgt ohne den Einsatz einer Kältemaschine über die Decken des Gebäudes (Betonkernaktivierung) und zeichnet sich damit durch einen besonders geringen Verbrauch an Primärenergie aus.

Der vorliegende Beitrag gibt neben einer Beschreibung der Ausführung der Anlage auch einen Einblick in die Planung größerer Wasser-Wasser-Anlagen zu Kühl- und Heizzwecken. Insbesondere werden Ergebnisse numerischer Simulationen der sich einstellenden Temperaturverteilungen im Umfeld der Brunnen vorgestellt. Weiterhin wird die komplexe Erlaubnissituation im Falle konkurrierender Nutzungen, die die Berücksichtigung weiterer, bereits im Umfeld vorhandener Anlagen (Abb. 2) notwendig macht, beleuchtet.

Das Bauvorhaben

Geplant und realisiert wird der „brandtelf" getaufte Neubau von den Kölner Unternehmen PARETO und Art-Invest Real

Abb. 2 Luftbild mit Standort des Neubaus und weiteren Anlagen zur energetischen Grundwassernutzung

Quelle: KGC auf Basis Pareto GmbH/Stadt Bonn

Estate. Am Standort der ehemaligen Landesvertretung Baden-Württembergs entsteht auf einer Fläche von ca. 7.700 Quadratmetern ein modernes, fünfgeschossiges Büro- und Verwaltungsgebäude. Die Projektentwickler haben dazu das Grundstück der ehemaligen Landesvertretung sowie ein benachbartes Areal erworben. Die Fläche liegt direkt an der Bonner Museumsmeile. Der Baubeginn erfolgte Ende 2010. Bereits 2012 sollen die Mieter in das Gebäude einziehen. Die Mietfläche wird rund 12.000 Quadratmeter betragen, zudem sind 140 Tiefgaragen-Stellplätze vorgesehen. Die Bauherren orientieren sich konsequent an den Prinzipien des nachhaltigen Bauens und streben das Deutsche Gütesiegel Nachhaltiges Bauen (DGNB-Zertifikat) an.

Hydrogeologische Randbedingungen

Die Planungsgrundlage jeder größeren Anlage zur energetischen Grundwassernutzung stellt die umfangreiche Recherche bereits vorhandener Daten dar. Hierzu gehörten die Auswertung von Bohrprofilen und Wasserständen von Grundwassermessstellen aus dem Umfeld sowie von (hydro-)geologischen Karten. Die oberen Bodenschichten im Bereich des Bauvorhabens bauen sich aus Auffüllungsmaterial und feinkörnigen Hochflutablagerungen auf. Darunter folgt der Kieskörper des eigentlichen Grundwasserleiters. Dieser besitzt in Rheinnähe Mächtigkeiten von 20 bis über 25 m. Bei den Kiesen handelt es sich um Ablagerungen des Rheins, die während der letzten Eiszeit entstanden sind.

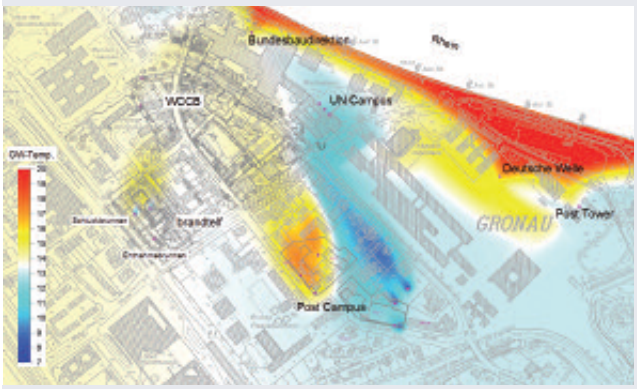
Die Grundwasserstände werden stark von den Pegelständen des Rheins beeinflusst und können um mehrere Meter schwanken. Bei Mittelwasserständen treten Flurabstände von ca. 15 m auf. Die Basis des Grundwasserleiters liegt im Bereich des Bauvorhabens bei ca. 25 m unter der Geländeoberkante. Um die aus der Recherche abgeleiteten hydrogeologischen Randbedingungen für die lokale Situation zu überprüfen, wurde ein Versuchsbrunnen erstellt. Diese Vorgehensweise hat sich bei einer Vielzahl von Projekten bewährt und reduziert das Risiko von „Überraschungen“ wie Ton- und Schlufflinsen, die aufgrund der Entstehungsgeschichte der Sedimente nie ausgeschlossen werden können.

Neben dem Einblick in den Aufbau des Grundwasserleiters dient der Versuchsbrunnen auch dazu, einen Pumpversuch durchzuführen. Mit Hilfe des Versuchs kann die lokal wirksame Durchlässigkeit des Aquifers genauer bestimmt werden, als dies aus Kornverteilungskurven möglich wäre. Ein weiterer Vorteil besteht in der Möglichkeit, während des Versuches Grundwasser für chemische Analysen zu entnehmen. Auf diese Weise kann bereits in diesem Planungsstadium – quasi unter späteren Produktionsbedingungen – der Grundwasserchemismus überprüft werden.

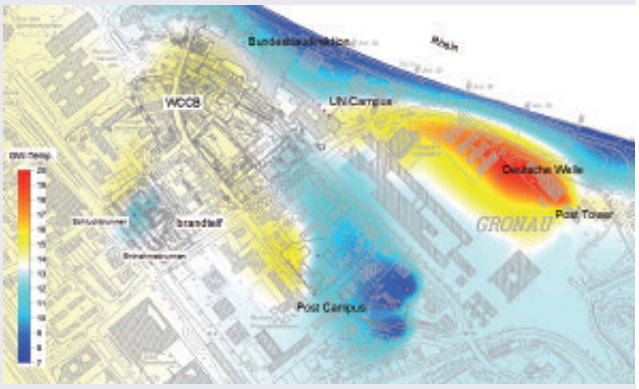
Grundwassertemperaturen

Im Versuchsbrunnen wurde über einen Zeitraum von mehreren Wochen die Grundwassertemperatur gemessen. Die Grundwassertemperaturen werden unter natürlichen Bedingungen durch versickerndes Niederschlagswasser und Zuflüsse vom Talrand beeinflusst. In Rheinnähe kommt es durch infiltriertes Rheinwasser zu ausgeprägteren Veränderungen der Temperaturen im Grundwasserleiter. Das natürliche Temperaturniveau des Grundwassers liegt bei ca. 10 bis 12 °C. Allerdings sind die Grundwassertemperaturen im städtischen Bereich in den letzten 30 bis 40 Jahren um ca. 2 bis 4 °C angestiegen. Entsprechend wurden im Umfeld des Neubaus Temperaturen von ca. 13 bis 14 °C gemessen. Dies spiegelt den Einfluss der städtischen Infrastrukturen auf die Temperaturbilanz des Untergrundes wider.

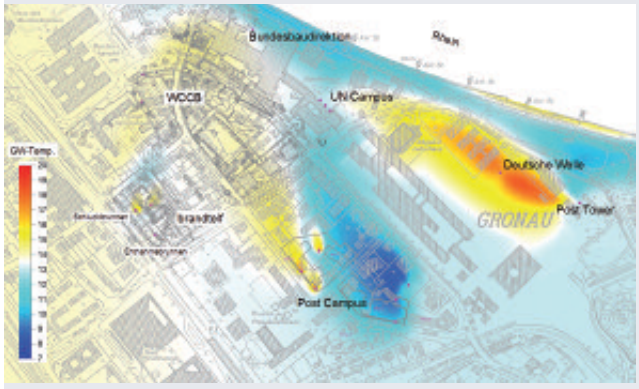
Abb. 3 Simulationsergebnisse, Verteilung der Grundwassertemperaturen jeweils im 10. Betriebsjahr ...



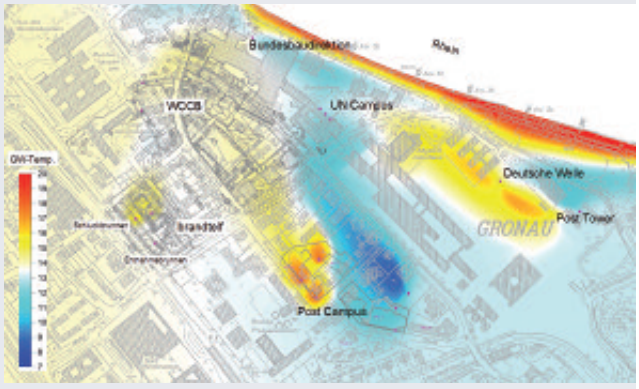
... zu Beginn der Heizperiode **(3a)**



... zum Ende der Heizperiode **(3b)**



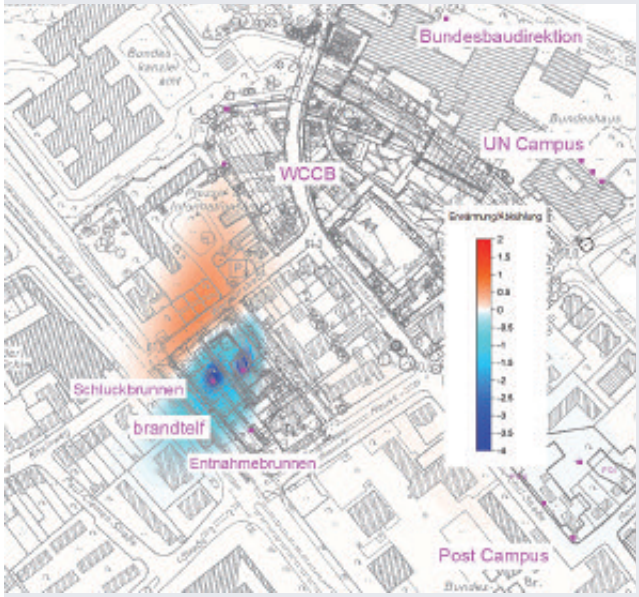
... zu Beginn der Kühlperiode **(3c)**



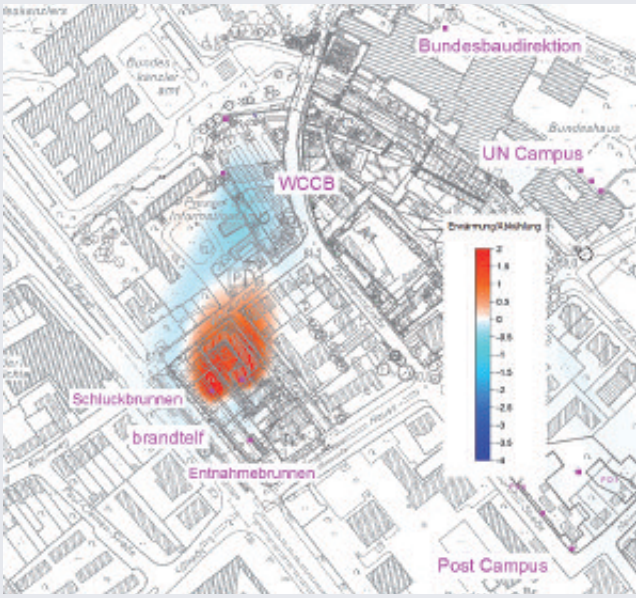
... zum Ende der Kühlperiode **(3d)**

Quelle: KGC

Abb. 4 Veränderungen der Grundwassertemperaturen durch die zusätzliche energetische Grundwassernutzung am Neubau brandtelf jeweils im 10. Betriebsjahr ...



... zum Ende der Heizperiode **(4a)**



... zum Ende der Kühlperiode **(4b)**

Quelle: KGC

Um die Eignung des Grundwassers hinsichtlich der Entnahme und Wiederversickerung zu überprüfen, wurden Grundwasserproben aus dem Versuchsbrunnen entnommen. Neben Eisen und Mangan wurden auch Parameter wie Redoxpotenzial und Sauerstoffgehalt untersucht. Aus einer Vielzahl weiterer Parameter wurde ein chemischer „Fingerabdruck" des Grundwassers erstellt, der zu einer Einschätzung des Verockerungsrisikos des Entnahme- und insbesondere der Versickerungsbrunnen und zur Auswahl des Wärmetauschermaterials genutzt werden kann. Die Messungen erfolgten in zwei Beprobungstiefen im unteren und oberen Teil des Grundwasserleiters. Hierfür war bereits bei der Planung des Versuchs-

brunnen die Filterstrecke durch ein Blindrohr in zwei jeweils fünf Meter lange Abschnitte unterteilt worden.

Modellierung

Die Modellierung erfolgte mit unterschiedlichen Grundwassermodellen, die neben der Strömung auch den Wärmetransport im Grundwasser simulieren können. Ziel der Modellierung ist die Abbildung der hydrogeologischen Verhältnisse im Grundwasserleiter. Die Qualität des Modells und damit der Berechnungen hängt hier entscheidend von der Erfassung der hydrogeologischen Situation ab. Hierbei sind modellspezifische Einschränkungen, die sich aus der Notwendigkeit ergeben, den Modellbereich in eine (ausreichend) große Anzahl von Zellen bzw. Knoten aufzuteilen, ebenso zu beachten wie die Größe und Geometrie des Arbeitsgebiets sowie die Definition der Randbedingungen.

Als horizontale Begrenzungen für das Grundwasserströmungsmodell wurde im Osten auf der gesamten Länge der Rhein gewählt. Im Westen bilden der Talrand der Niederterrasse bzw. die wenig durchlässigen tertiären und devonischen Schichten die Modellränder. Als vertikale Begrenzungen wurden die Geländeoberfläche und die Basis der Niederterrassenablagerungen als Grenze zwischen dem 1. und 2. Grundwasserstockwerk angenommen. Das Modell besitzt damit eine Nord-Süd-Erstreckung von ca. 5.000 m und eine Ost-West-Erstreckung von ca. 5.500 m. Im Bereich der geplanten Brunnen sowie im Umfeld von Brunnen bereits bestehender Wasserrechte wurde die Auflösung des Modells in den Meterbereich verfeinert.

Die Eichung des Modells beruht auf einer Stichtagsmessung an mehr als 30 GW-Pegeln im Untersuchungsgebiet. In den vorangegangenen sechs Wochen lagen die Wasserstände auf Niedrigwasserniveau, sodass von quasistationären Zuständen im Grundwasserleiter auszugehen war. Bei der Kalibrierung der Modellparameter wurde besonderer Wert auf die Einhaltung von (hydro-)geologisch plausiblen Werten gelegt.

Wie sich bei ähnlichen Projekten im Bereich der Rheinschiene und unter vergleichbaren Randbedingungen gezeigt hat, können geothermische Brunnenanlagen auch in größeren Entfernungen vom Vorfluter von den wechselnden Rheinwasserständen beeinflusst werden. Dies gilt insbesondere für Hochwasserereignisse, die innerhalb weniger Tage die Grundwasserstände auch in weiter landeinwärts gelegenen Bereichen um mehrere Meter ansteigen lassen können. Um diesen dynamischen Einflüssen Rechnung zu tragen, wurde ein instationäres Modell erstellt. Für unterschiedliche Zeitperioden innerhalb eines Jahres wurden Wasserstände und Temperaturen des Rheins festgelegt. So konnten beispielweise typische Winterhochwasser des Rheins ebenso erfasst werden wie länger andauernde Niedrigwassersituationen. Um die Ergebnisse der Simulationen hinsichtlich der Auswirkungen der geplanten Entnahme- und Schluckbrunnen auf die Verteilung der Grundwassertemperatur abzusichern, wurden die Simulationen für einen Zeitraum von zehn Betriebsjahren durchgeführt (**Abb. 3 u. 4**).

Variantenstudie

Auf Basis des geeichten Grundwassermodells, das großräumig das Umfeld des Bauvorhabens mit allen bestehenden und geplanten Anlagen abbildet, konnte mit der Simulation von Varianten der energetischen Grundwassernutzung begonnen werden. Ziel der Untersuchungen war es, zu prüfen, welches Konzept der geothermischen Nutzung für das Bauvorhaben am wirtschaftlichsten ist und zugleich einen möglichst geringen Einfluss auf die Grundwasserströmung und die Wassertemperaturen im Umfeld hat. Am Standort des geplanten Neubaus kommen aufgrund des großen Dargebots an Grundwasser prinzipiell mehrere Varianten einer geothermischen Nutzung infrage.

Variante 1: Entnahmebrunnen an verschiedenen Brunnenstandorten mit Ableitung in einen Kanal
Variante 2: kombinierte Entnahme-/Schluckbrunnen, Aufbau eines Aquiferspeichers
Variante 3: konventionelle Brunnendublette aus Entnahme- und Schluckbrunnen

Im Nahbereich des Bauvorhabens waren insbesondere die bereits bestehenden bzw. geplanten Brunnenanlagen des Post Campus, des World Conference Center Bonn (WCCB) und des UN-Campus zu berücksichtigen. Für jede der Varianten mussten die Auswirkungen auf diese geothermischen Anlagen untersucht werden. ►

HDG
UMWELTTECHNIK
GmbH
Systempartner für Bohr– und Installationsunternehmen

+++ Innovationen von HDG +++
– Abpressgarnituren selbstdichtend, aufklickbar nach Verpressung bis 20bar EWS Druck
– in Kombination mit Datenlogger zur digitalen Protokollierung der Erdwärmesonden
Bereits erfolgreich auf EWS - Baustellen in Deutschland und der Schweiz im Einsatz!

- Der Spezialist für Sonderlösungen
- Breites Angebotsspektrum und eigene Produkte wie das innovative HDG-Verpressmaterial
- Jahrelange internationale Erfahrung

www.hdg-umwelttechnik.de

Gebäudetechnik

Die Grundlast des Wärmebedarfs wird in den Wintermonaten über in den Decken in Rohren zirkulierendes Wasser, die sog. Betonkernaktivierung, abgedeckt. Das gleiche System sorgt im Kühlfall für eine angenehme Klimatisierung des Gebäudes. Die Betonkernaktivierung besitzt weiterhin die Eigenschaft, dass sich das Gebäude weitgehend selbst reguliert.

Die Heizlast, die auf Heizsysteme (Betonkernaktivierung und Raumlufttechnik) mit niedrigen Vorlauftemperaturen entfällt, beträgt ca. 200 kW. Das entnommene Grundwasser wird um 4 bis 5 Kelvin (K) abgekühlt in den Schluckbrunnen versickert. Die typischen Fördermengen liegen bei ca. 30 bis 40 m³/h. Durch die niedrigen Vorlauftemperaturen der Decken werden Leistungszahlen (Verhältnis zwischen eingesetzter elektrischer Energie zu im Gebäude bereitgestellter Energie) der Wärmepumpe von deutlich über 5 erreicht. Zusammen mit einer optimierten Auslegung der Unterwasserpumpen und einer Steuerung über Frequenzumrichter lässt sich eine Jahresarbeitszahl von 5 erreichen, sodass der Anteil der Wärmeenergie, der dem Grundwasser entzogen wird, bei ca. 80 % liegt. Entsprechend kann im Vergleich zu einer konventionellen Beheizung mittels Gaskessel der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf die Hälfte reduziert werden.

Im Kühlfall sieht die Energiebilanz noch günstiger aus. Die Kühlung ist als sog. freie Kühlung realisiert, d. h. es ist kein zusätzlicher Kältemaschinenbetrieb notwendig. Einzig die Unterwasserpumpen versorgen die Kühldecken über die zwischengeschalteten Wärmetauscher mit kaltem Grundwasser und führen so die Wärme aus dem Gebäude ab. Das Verhältnis von eingesetzter elektrischer Energie zu bereitgestellter Kältearbeit liegt bei diesen Systemen im Bereich von 1:20, sodass der Stromverbrauch im Vergleich zu einer konventionellen Kühlung sehr niedrig ausfällt. Für die Kühllast ergibt sich ein Bedarf von 200 kW. Bei einer typischen Temperaturspreizung von 2 bis 2,5 K zwischen gefördertem und versickertem Grundwasser betragen die Fördermengen 50 bis 90 m³/h.

Die typischen Entnahmemengen liegen im Heizfall bei ca. 30.000 bis 40.000 m³/Jahr. Im Kühlfall werden ca. 60.000 bis 80.000 m³/Jahr gefördert.

Zertifizierung

Das Gebäude wird nach dem Zertifizierungssystem der Deutschen Gesellschaft für nachhaltiges Bauen (DGNB) zertifiziert. Mit der Erteilung eines DGNB-Zertifikats werden hohe Qualitätsstandards, die vom Gebäude zu erfüllen sind, gewährleistet. Neben dem Verbrauch von Primärenergie und nicht erneuerbaren Ressourcen werden auch wirtschaftliche Aspekte wie Wertentwicklung und Lebenszykluskosten der Immobilie beurteilt. Die energetische Grundwassernutzung trägt maßgeblich zum Erfolg einer Zertifizierung und damit auch zum Wert und Werterhalt einer Immobilie bei.

Auswirkungen auf das Umfeld

Bestehende Wasserrechte besitzen Bestandsschutz, d. h., dass für die wasserrechtliche Erlaubnis neuer Anlagen nachgewiesen werden muss, dass sie bereits bestehende Anlagen nicht beeinträchtigen.

Abb. 5 Abteufung des Entnahmebrunnens durch Greiferbohrung.

Quelle: KGC

Bestehende und geplante Anlagen

In einer Entfernung von 200 bis 300 m vom brandtelf-Neubau befinden sich bereits zwei größere Anlagen. Es handelt sich zum einen um die beiden Entnahmebrunnen des WCCB und zum anderen um die Anlage des Post Campus.

Die Anlage des Post Campus wurde hinsichtlich möglichst geringer Förder- und Versickerungsmengen bei gleichzeitig hoher Energieeffizienz optimiert. Das vom Verfasser weiterentwickelte Verfahren des energetischen Aquiferspeichers sieht eine saisonale Umschaltung der Entnahme- und Schluckbrunnen vor. Trotz des relativ starken Einflusses der Grundwasserströmung konnte auf diese Weise die Effizienz der Anlage um ca. 50 % gesteigert werden.

Im Kühlfall wird die Anlage mit einer Temperaturerhöhung von 5 K gefahren. Im Heizfall beträgt die Temperaturspreizung ebenfalls 5 K, sodass die Einleittemperatur bei ca. 8 °C liegt. Durch die Umschaltung der Brunnen wird zu Beginn der jeweiligen Heiz- oder Kühlperiode nahezu eine Verdoppelung der nutzbaren Temperaturdifferenz gegenüber einer konventionellen Anlage aus Entnahme- und Schluckbrunnen erreicht. Zum Ende der Perioden nähert sich die nutzbare Temperaturdifferenz zwischen entnommenem und versickertem Wasser wieder 5 K an. Durch diese Betriebsweise wird die benötigte Wassermenge deutlich reduziert. Ein weiterer Vorteil ist die Reduzierung bzw. Anhebung der Entnahmetemperaturen im Kühl- und Heizfall. Das Wasserrecht des Post Campus beläuft sich auf eine Fördermenge von 360.000 m³/Jahr. An die Anlage, die seit Ende 2008 in Betrieb ist, sind vier Bürogebäude über eine Ringleitung angeschlossen.

Für die beiden Brunnen des WCCB wurde eine Fördermenge von maximal 950.000 m³/Jahr festgelegt. Das entnommene Grundwasser wird über einen Kanal in den Rhein abgeleitet. Als eines der bekanntesten Beispiele für energetische Grund-

wassernutzung im Bonner Raum ist der Post Tower der Deutschen Post mit seiner eindrucksvollen Glasfassade zu nennen. Ca. 700 m südöstlich des brandtelf-Neubaus gelegen, handelt es sich mit 1,475 Mio m³/Jahr um die größte Grundwasserentnahme zu Kühl- und Heizzwecken im linksrheinischen Teil von Bonn.

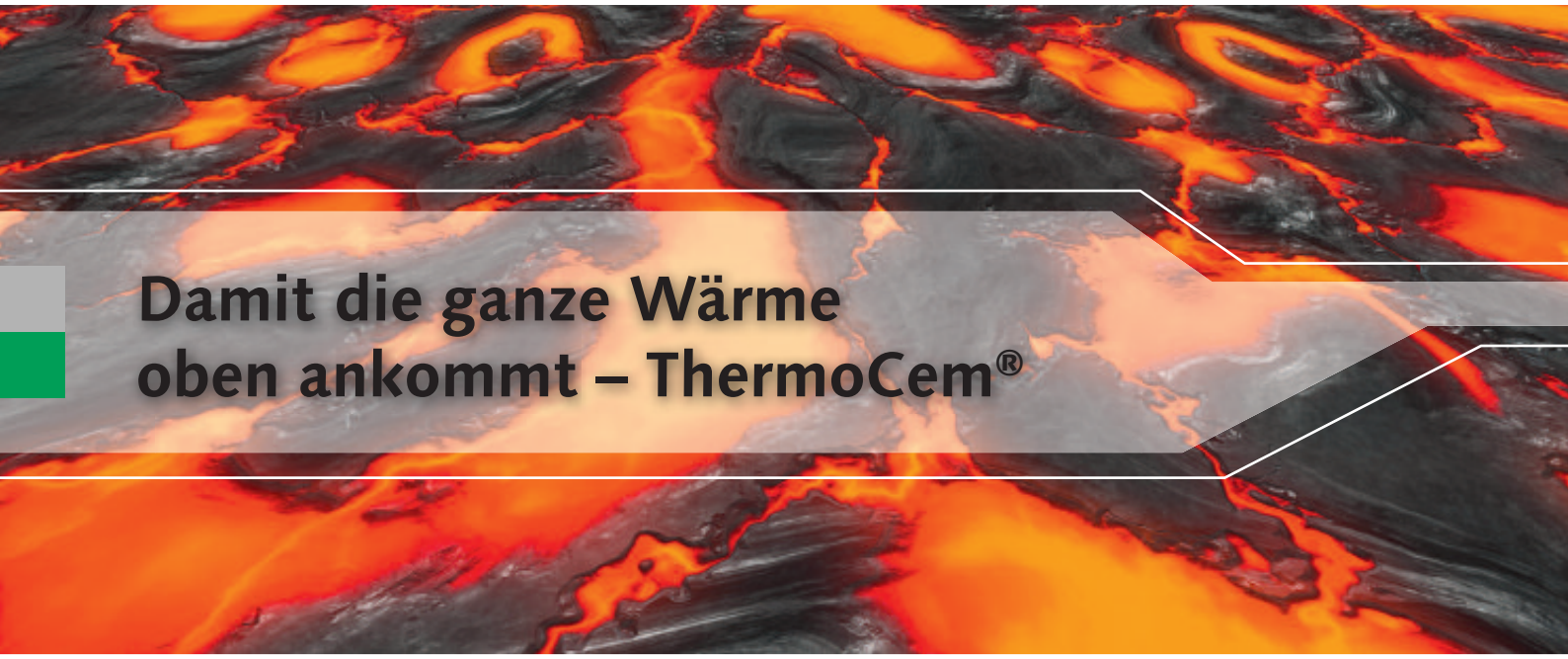
Im Bereich des ehemaligen Schürmann Baus befinden sich die Entnahmebrunnen der Deutschen Welle mit einem Wasserrecht von 420.000 m³/a zu Kühlzwecken. Zwei weitere größere Wasserrechte liegen nördlich im Bereich des ehemaligen Bundeshauses. Die Fördermengen für ein Gebäude der Bundesbaudirektion betragen hier 350.000 m³/Jahr zu Kühlzwecken. Für den UN Campus, dem Dienstsitz der Vereinten Nationen in Bonn, wurde ein Wasserrecht mit Entnahmemengen von 300.000 m³/Jahr beantragt. Die Ableitung erfolgt jeweils in den Rhein.

Simulationsergebnisse Neubau

Aufgrund der (hydrogeologischen) Randbedingungen erwies sich eine energetische Grundwassernutzung mittels eines Entnahme- und zweier Schluckbrunnen als die wirtschaftlichste Lösung. Die untersuchte Variante auf Basis von Entnahmebrunnen mit einer Ableitung in einen Straßenkanal schied aufgrund mangelnder Reserven und zu hoher Einleitgebühren aus. Der Aufbau eines Energiespeichers im Grundwasserleiter über kombinierte Entnahme- und Schluckbrunnen konnte aufgrund der geringen Entfernung zu den Entnahmebrunnen des WCCB nicht empfohlen werden. Die durchgeführten Simulationen zeigten, dass aufgrund der starken Beeinflussung der Grundwasserströmung durch die Brunnen des WCCB der Aufbau eines Aquiferspeichers nur mit großem wirtschaftlichem Aufwand möglich wäre.

Für die Wahl der Brunnenstandorte musste neben den bereits bestehenden Anlagen auch der Umstand berücksichtigt werden, dass die Brunnen nur in der Tiefgarage ausgeführt werden konnten. Die Simulationen zeigten, dass für den benötigten Heiz- und Kühlenergiebedarf der Entnahmebrunnen im südlichen Bereich der Tiefgarage liegen muss. Aus den Optimierungsläufen der Simulationen ergaben sich die Standorte der Schluckbrunnen im Bereich des mittleren und westlichen Abschnitts der Tiefgarage.

Um auch im Falle einer Minder- oder Nichtnutzung der Brunnen des WCCB die dann stärkere Beeinflussung des Entnahmebrunnens durch die Schluckbrunnen einschätzen zu können, wurden weitere Simulationen durchgeführt. Für die optimierten Standorte konnte gezeigt werden, dass auch bei einer deutlichen Reduzierung der Fördermengen an den Brunnen des WCCB im langfristigen Betrieb eine nur sehr geringe Beeinflussung der Grundwassertemperaturen am Entnahmebrunnen durch die Schluckbrunnen auftritt. ►



Der Trockenmörtel mit herausragender Wärmeleitfähigkeit

Mit Hilfe von Erdwärmesonden gekoppelt mit Wärmepumpen lässt sich Wärme aus der Tiefe zum Heizen oder zur Stromerzeugung gewinnen.

ThermoCem ist ein Trockenmörtel, der speziell für die Einbettung von Erdwärmesonden entwickelt wurde und mit seiner enormen Wärmeleitfähigkeit, doppelt so hoch wie bei herkömmlichen Verfüllbaustoffen, für einen noch größeren Nutzen der Energieressource Erdwärme sorgt.
Nicht nur ein Gewinn für Sie, sondern auch für eine saubere Umwelt.

www.thermocem.de

HEIDELBERGCEMENT

Quelle: KGC

Abb. 6 Wickeldrahtfilter DN 500, 1 mm Schlitzweite

Quelle: KGC

Abb. 7 Einbau des Wickeldrahtfilters am Entnahmebrunnen

Einfluss auf Grundwasserstände und -temperaturen

Durch die geplante Grundwasserentnahme und -versickerung werden die Strömungsverhältnisse und Grundwasserstände im Umfeld des Bauvorhabens beeinflusst. Die sich einstellenden Absenktrichter und Aufstaukegel sind in ihrer Ausdehnung neben der Entnahmemenge hauptsächlich von der Durchlässigkeit des Grundwasserleiters abhängig. Im Nahbereich des Förderbrunnens ergeben sich Absenkungen von wenigen Dezimetern. Im Umfeld (bis ca. 20 m Entfernung) der Versickerungsbrunnen ist ein Aufstau des Grundwassers von ca. 0,1 m zu erwarten.

Neben den Mischungsvorgängen zwischen Grundwasser und versickertem Wasser kommt es im Grundwasserleiter zu einem Temperaturausgleich mit der Gesteinsmatrix. Durch die Schwankungen des Rheinpegels wird die Fließrichtung des Grundwassers im Bereich des Bauvorhabens beeinflusst, sodass sich das erwärmte bzw. abgekühlte Wasser im Grundwasserleiter über größere Bereiche verteilt als bei gleich bleibenden (Niedrig-)Wasserständen.

Die Simulationen gehen im Kühlfall von einer Erwärmung des versickerten Wassers um 2 bis 2,5 K von 13,5 °C auf ca. 16 °C aus. Im Heizfall wird das Grundwasser in Bezug auf die unbeeinflusste Grundwassertemperatur um 4 bis 5 K auf 9 bis 10 °C abgekühlt.

In den **Abbildungen 3a und 3b** ist die Temperaturverteilung im Grundwasser zu Beginn und zum Ende der Heizperiode nach zehn Jahren Betrieb der Anlage dargestellt. Auch nach zehn Jahren Betrieb kommt es nur im Nahbereich der Schluckbrunnen zu einer Reduzierung der Grundwassertemperaturen um max. 2 bis 3 °C. Zum Ende der Heizperiode erstreckt sich das Areal, in dem die Wassertemperaturen um mehr als 1 °C gegenüber den unbeeinflussten Grundwassertemperaturen reduziert sind, bis in Entfernungen von ca. 50 m im Abstrom der Schluckbrunnen. Im Kühlfall ist das um mehr als 1 °C erwärmte Grundwasservolumen auf ca. 50 bis 60 m um die Schluckbrunnen begrenzt. In den **Abbildungen 3c und 3d** ist die Temperaturverteilung im Grundwasser zu Beginn und zum Ende der Kühlperiode nach zehn Jahren Betrieb der Anlage dargestellt.

Aufgrund der ausgeglichenen Energiebilanz im Heiz- und Kühlfall wird das während der Heizperiode erzeugte kalte Wasser durch das im folgenden Halbjahr nachströmende warme Wasser aus dem Kühlfall „neutralisiert". In den **Abbildungen 4a und 4b** sind die Differenzen in der Temperaturverteilung im Grundwasser, die sich aus dem zusätzlichen Betrieb der Brunnenanlage des brandtelf-Neubaus ergeben, zu Beginn und zum Ende der 10. Heiz- und Kühlperiode abgebildet.

An den Brunnen des WCCB zeigen die Simulationen nur sehr geringe Veränderungen der Grundwassertemperaturen in der Größenordnung von 0,1 °C. Über das Jahr betrachtet heben sich die Temperaturveränderungen zudem auf. Für den im Anstrom liegenden Aquiferspeicher des Post Campus ergibt sich aus den Simulationen keine Beeinflussung des Kalt- oder Warmwasserspeichers. Durch das Konzept der Entnahme von Grundwasser mit einer Versickerung über Brunnen wird die Grundwasserströmung nur im Nahbereich der neuen Brunnenanlage beeinflusst.

Die beschriebenen Simulationsergebnisse dienten als Grundlage für den Antrag auf wasserrechtliche Erlaubnis, die für den Betrieb der Anlage notwendig ist. Die anschauliche und nachvollziehbare Darstellung der Einflüsse aller beteiligten Anlagen auf die Grundwassertemperaturen trug entscheidend dazu bei, dass Erlaubnisverfahren zu beschleunigen. Die übergreifende Betrachtung der hydrothermischen Situation hat mehrere Vorteile. Den Genehmigungsbehörden wird es möglich, Entscheidungen auf Basis von abgesicherten Prognosen zu treffen und zugleich wird der neue „Status quo", der sich mit der beantragten Brunnenanlage ergibt, dokumentiert.

Brunnentechnik

Die Brunnen wurden im April 2011 als Greiferbohrung mit Außenverrohrung ausgeführt. Der Bohrdurchmesser betrug 880 mm im Falle des Entnahmebrunnens und 600 mm für die beiden Schluckbrunnen **(Abb. 5)**. Die Brunnen wurden bis zur Oberkante des devonischen Festgesteins abgeteuft. Die Bohrtiefe lag bei 25 bis 27 m. Für den Entnahmebrunnen, der mit zwei Unterwasserpumpen ausgerüstet ist, wurde ein Ausbau in DN 500 gewählt. Die Fördermenge im Kühlfall liegt, bedingt durch die geringere Temperaturspreizung, mit 90 m³/h ungefähr doppelt so hoch wie während des Heizbetriebs. Durch den Einbau von zwei entsprechend angepassten Pumpen konnte die Effizienz der Anlage erhöht werden. Zusätzlich besteht eine Redundanz im Falle des Ausfalls einer Pumpe. Die Filterstrecke wurde als Edelstahlwickeldrahtfilter mit einer Länge von 7 m ausgeführt **(Abb. 6 und 7)**.

Der Ausbau der Versickerungsbrunnen erfolgte in DN 300. Die Länge der Filterstrecken liegt hier bei jeweils 10 m. Nach Einbringung des Filters und der Aufsatzrohre wurden die Brunnen entsandet. Erst die fachgerechte Entsandung schließt die Entwicklung der Brunnen ab und stellt den störungsfreien Betrieb der Anlage sicher. Im Anschluss erfolgten ein Leistungstest zur Dokumentation der Brunnencharakteristik und der eigentliche Betriebstest der Anlage.

Zusammenfassung

Der vorliegende Planungsstand stellt das Endergebnis umfangreicher Optimierungen hinsichtlich der Minimierung der Auswirkungen der Anlage auf die Grundwassertemperaturen im Umfeld dar. Ein weiteres Ziel dieser Optimierungen war neben dem Aspekt der Wirtschaftlichkeit die nachhaltige Nutzung der Geothermie. Dies führt zu einem stabilen Betrieb der Brunnen mit gleich bleibender geothermischer Ergiebigkeit über lange Zeiträume.

Oberflächennahe geothermische Brunnenanlagen erreichen regelmäßig Amortisationszeiten von deutlich unter zehn Jahren. Dies gilt insbesondere dann, wenn das Grundwasser zum Heizen und Kühlen genutzt wird. Auch die CO_2-Bilanz des Gebäudes fällt durch die Möglichkeit, ohne Einsatz einer Kältemaschine zu kühlen, sehr günstig aus. Für Anlagen dieser Größenordnung ist in jedem Falle ein Untersuchungsprogramm mit dem beschriebenen Umfang notwendig, um Planungssicherheit herzustellen. Um ein stimmiges Gesamtkonzept realisieren zu können, ist die Abstimmung aller beteiligten Fachplaner aus den Bereichen Gebäudetechnik, Tragwerksplanung, Architektur bis hin zu den Außenanlagenplanern notwendig. Als zentrales Element der Planung ist die Simulation der Brunnenanlage mittels dreidimensionaler Grundwassermodelle, die den Wärmetransport berechnen können, zu nennen. Dies gilt umso mehr in städtischen Bereichen, in denen bereits eine Häufung von Anlagen zur Nutzung oberflächennaher Geothermie zu verzeichnen ist.

Der Einsatz der energetischen Grundwassernutzung konnte so im Gesamtkonzept dazu beitragen, dass das Gebäude nicht nur aus architektonischer Sicht, sondern auch unter den Aspekten Wirtschaftlichkeit und Nachhaltigkeit den hohen Maßstäben, die das städtebauliche Konzept im Umfeld vorgibt, gerecht wird.

Autor:
Dipl.-Geol. Thomas Conzen
Kühn Geoconsulting GmbH
Auf der Kaiserfuhr 39
53127 Bonn
Tel.: 0228 9897262
Fax: 0228 9897211
E-Mail: t.conzen@geoconsulting.de
Internet: www.geoconsulting.de

Finden statt suchen:
www.bbr-online.de

ERDWÄRMESONDEN
• Sonden DN 32 (PE 100 SDR 11 PN 16) mit 2 Kreisläufen und 4 Sonderrohren fertig verschweißt
• Das Verschweißen der Muffen mit Rohren und Sondenkopf wird werkseitig druckgeprüft und protokolliert
• Zusätzlich werden die Sonden fremdüberwacht und geprüft

50 m / Euro 242,-
60 m / Euro 265,-
70 m / Euro 288,-
80 m / Euro 311,-
90 m / Euro 334,-
100 m / Euro 357,-
110 m / Euro 380,-
120 m / Euro 403,-
130 m / Euro 426,-
140 m / Euro 449,-
Y-Stück 32/32/40 Euro 11,--
Y-Stück 40/40/50 Euro 13,--
Alle Preise ab Werk, zzgl. MwSt.
Tel.: 07024/929242
Fax: 07024/929244
Neuffenstraße 78
D 73240 Wendlingen
COLSHORN
Brunnenbauzubehör und Gußerzeugnisse