

Breitbandnetzausbau & Wärmewende: Synergien für die geothermische Exploration urbaner Räume

Klimaschutzlücke

Das global noch verfügbare CO₂-Restbudget zur Begrenzung der Erderwärmung auf 1,5 °C ermöglicht bei gleichbleibendem Verbrauch entsprechende Emissionen für weniger als eine weitere Dekade (IPCC, 2019). Die skizzierte Klimaschutzlücke ist evident und der Bedarf für ein klimaneutrales Energiesystem impliziert maximalen Handlungsdruck. Betrachtet man sektorenübergreifend die verbrauchte Endenergie für das Jahr 2018, entfällt die Hälfte hierbei auf die Bereitstellung von Wärme oder Kälte (BMWi/AGEB-Stat, 07/2018).

Wärmemarkt

Für eine nachhaltige und sichere Wärmeversorgung ohne klimaschädliches Kohlendioxid liegt unsere vielleicht wichtigste Zukunftsoption in den großen heimischen Potenzialen der Geothermie. Deren Anteil an regenerativ erzeugter Wärme ist allerdings immer noch gering und liegt im Promillebereich des ausschöpfbaren Potenzials.

Die Ballungszentren in Deutschland sind noch weit von klimaverträglichen Heizformen entfernt. Berlin beispielsweise erzeugt aktuell weiterhin mehr als 99% der Wärme fossil und nicht regenerativ.

Die Kälteversorgung findet überwiegend aus Strom statt, hängt beim derzeitigen Strommix also immer noch in wesentlichen Teilen an Kernenergie oder Braunkohleverstromung.

Das Ziel einer Dekarbonisierung des Wärmemarktes kann hierbei nur über die Umstellung auf erneuerbare Energieträger und damit einhergehenden CO₂-Reduktionen erreicht werden. Die Umstellung von Kohle auf solar-, bio- oder geothermische Wärme könnten Reduktionen auf weit unter 10% ermöglichen (DENA, 2018). Dies setzt voraus, dass die Wärmequellen innerstädtisch zur Verfügung stehen und nach Möglichkeit ohne verlustreiche lange Strecken innerstädtisch verteilt werden können.

Geothermische Wärmebereitstellung

Die geothermische Wärmebereitstellung ist 24/7 grundlastfähig und weist damit im Vergleich zu Wind, Solar und anderen regenerativen Wärmequellen entscheidende Vorteile auf.

Mit Wärme aus oberflächennahen Quellen werden bundesweit derzeit schon mehrere Gigawatt bereitgestellt. Obwohl tiefe geothermische Systeme im Vergleich zu oberflächennahen Anlagen um eine Größenordnung bessere Leistungszahlen relativ zur erzeugten thermischen Leistung aufweisen, ist die tiefe Geothermie noch weit von der 1-Gigawatt-Schwelle entfernt.

Die geothermische Speicherung von Wärme kann darüber hinaus beispielsweise als Stromsenke funktionieren und überschüssige Wärme für den winterlichen Bedarf zwischenspeichern.

Beispiele für geothermische Förder- oder Speicheranwendungen sind im urbanen Raum vorhanden – etwa der Energiespeicher des Deutschen Reichstages in Berlin mit einem saisonal wechselnden Speicherbetrieb von Wärme und Kälte in maximal 315 m Tiefe. Eine flächendeckende Wärmeversorgung aus geothermischer Energie scheidet bisher jedoch aus mehreren Gründen. Der Sanierungsstau in den Fernwärmenetzen (Hoch- zu Niedertemperatur-Netze), Folge hoher Investitionskosten und langer Amortisierungszeiten, bietet wenig Anreiz zur Entwicklung einer auf solche Netze angewiesenen hydrothermalen Versorgungs- oder Aquifer-Wärmespeichertechnologie. Vor allem jedoch führt der flächendeckend dürftige Erkundungsstand von Reservoir-Strukturen und petrophysikalischen Eigenschaften des Untergrundes zu einem Fündigkeits- und somit bedeutendem Investitionsrisiko, welches die kommerzielle Entwicklung hemmt.

Unsicherheiten in der Untergrunderkundung

Die innerstädtische Erkundung des Untergrundes erfordert Mess-Technologien, die wegen der vorhandenen Bebauung auf geringem Platz realisiert werden müssen und trotzdem ein möglichst genaues



GFZ

Dr. Sven Fuchs
sven.fuchs@gfz-potsdam.de

Dr. Thomas Reinsch
thomas.reinsch@gfz-potsdam.de

Prof. Dr. Ernst Huenges
ernst.huenges@gfz-potsdam.de

Dr. Philippe Jousset
philippe.jousset@gfz-potsdam.de

Prof. Dr. Charlotte Krawczyk
charlotte.krawczyk@gfz-potsdam.de

KIT
Prof. Dr. Thomas Kohl
thomas.kohl@kit.edu

Prof. Dr. Eva Schill
eva.schill@kit.edu

Abbildung 1
**Seismische
 Messkampagne**
 entlang von
 faseroptischen Tele-
 kommunikationskabeln
 (schematischer Aufbau)
 [Abb.: B. Schöbel, GFZ]

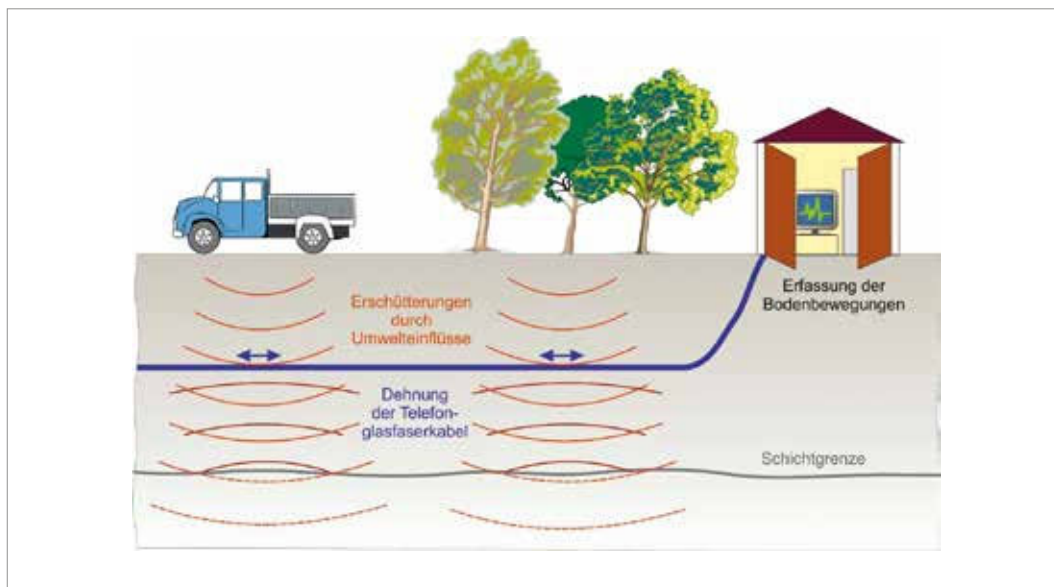


Bild des Untergrundes aufzeichnen sollen. Solche Messverfahren müssen möglichst unempfindlich gegenüber dem vielschichtigen Rauschen der Großstadt sein. Trotz methodischer Fortschritte sind elektromagnetische Sondierungsverfahren hierfür bisher nur eingeschränkt nutzbar. Seismische Erkundungsmethoden hingegen sind verhältnismäßig gut geeignet, allerdings häufig nur mit großem Aufwand realisierbar.

Infolge der vielfältigen Einschränkungen von geologisch-geophysikalischen Erkundungen des tiefen städtischen Untergrundes sind die verfügbaren Daten in der Regel spärlich oder fehlen sogar gänzlich. Auf Grund der fehlenden planungssicheren Übertragbarkeit der ortsspezifischen Kenntnisse über die Beschaffenheit von Nutzungsreservoirien muss die Erkundung für jeden Standort individuell durchgeführt werden. Die Lösung dieses Zielkonflikts zwischen flächigem Erkundungsbedarf in der Stadt und Platzangebot/Prozessakzeptanz ist evident zur Etablierung von geothermischen Wärmeversorgungs-systemen im urbanen Raum.

Erprobte und neue Erkundungstechnologien

Um die Unsicherheiten in Tiefenlage, Struktur und Eigenschaften potenzieller geothermischer Reservoirien zu reduzieren und entsprechende geothermische Technologien planungssicher einzusetzen, sind neue Erkundungstechnologien notwendig. Ähnlich einer medizinischen Ultraschalluntersuchung zur Bildgebung einzelner Strukturen im Körperinneren, können seismische Beobachtungen helfen, den Untergrund zu charakterisieren und einzelne Prozesse

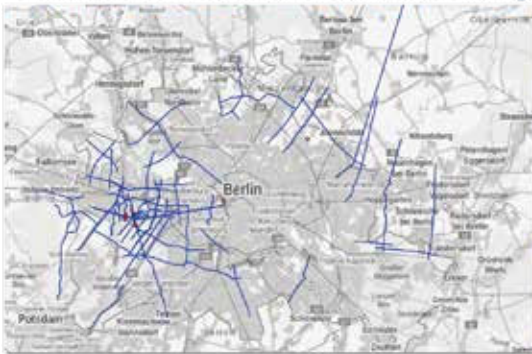
abzubilden. Um eine hoch aufgelöste Beobachtung seismischer Wellen zu ermöglichen, wird die Auslage eines dichten Netzwerkes an Sensoren benötigt. Für die flächige Auflösung von Untergrundstrukturen in Tiefen bis zu einigen Kilometern werden dabei einige Tausend benötigt. Die Auslage eines dichten Messnetzes in urbanen Räumen ist durch die vorhandene Infrastruktur sowie gesellschaftlicher Vorbehalte stark eingeschränkt. Neben der Auslage von Empfängern werden darüber hinaus auch seismische Quellen an der Oberfläche benötigt. Dies sind in der Regel schwere LKW-basierte Vibratoren, die im Messnetz an vorgegebenen Punkten ein Signal in den Untergrund bringen, welches von den vorhandenen Strukturen reflektiert und gestreut wird. Diese seismischen Signale ermöglichen Rückschlüsse auf die geologischen Formationen wie z. B. auf Erdwärmevorkommen.

Seismische Signale, bzw. Schwingungen des Untergrundes, werden auch durch natürliche oder anthropogene Einflüsse erzeugt. Zum Beispiel erzeugen Wind oder der Straßenverkehr Bewegungen an der Oberfläche, welche sich als elastische Wellen in den Boden fortpflanzen. Jede geologische Schicht und Struktur im Untergrund bedingt eine spezifische Ausbreitung der Wellen, was zu einem charakteristischen Bewegungsbild führt. Die Auswertung solcher passiv erzeugten Bodenbewegungen erfordert in der Regel eine lange Messzeit von mehreren Tagen und Wochen.

Zur Aufzeichnung dieser Bodenbewegungen können neben klassischen seismischen Sensoren auch erdverlegte Glasfaserkabel genutzt werden (► **Abbildung 1**). Seismische Wellen führen in Glasfaserkabeln zu minimalen Dehnungsänderungen (Kompression/Exten-



Traditionelle seismische 2D Erkundung



Breitbandnetzausbau 1&1 versatel



Abbildung 2

Vergleich des Ausbaus von Messnetzen:

links: Erkundungslinien für 2D-Seismik

rechts: dichtes Breitbandnetz eines Anbieters

(links: <https://nibis.lbeg.de/car-domap3/>; Abruf 09/2019

rechts: <https://www.1und1.net/business/kompetenz/glasfaser/>; Abruf 09/2019)

sion), welche mit einem geeigneten faseroptischen Messaufbau mit einer hohen räumlichen und zeitlichen Auflösung aufgezeichnet werden können. Räumliche Auflösungen von unter einem Meter bei einer gesamten Messlänge von mehreren Kilometern sind dabei keine Seltenheit.

Geothermische Exploration und Breitbandnetze

In den letzten Jahren hat sich gezeigt, dass auch vorhandene, konventionelle Glasfaser-Telekommunikationskabel für seismische Messungen genutzt werden können (Jousset et al., 2018). Besonders der Ausbau der Breitbandinfrastruktur hat dafür gesorgt, dass verschiedenste Telekommunikationsanbieter ein dichtes Netz an Glasfaserkabeln besonders in urbanen Räumen aufgebaut haben, die über die räumliche Verteilung von vorhandenen seismischen Erkundungslinien weit hinausgehen (► *Abbildung 2*).

Die Nutzung dieser Kabel ermöglicht eine hochauflösende Erfassung von Bodenbewegungen ohne die Notwendigkeit ein dezidiertes Sensornetzwerk aufbauen zu müssen. Dadurch, dass mehrere Tausend einzelne Messpunkte entlang einer Glasfaserstrecke mit Hilfe eines einzigen Messgerätes aufgezeichnet werden können, beschränkt sich der Messaufwand lediglich auf die Installation und Wartung eines einzelnen Messgerätes entlang einer definierten Messstrecke. Im Vergleich zu konventionellen seismischen Messkampagnen können hierbei durch einen reduzierten Einsatz von Personal und Infrastruktur die Kosten für die Datenerfassung signifikant reduziert werden.

Risikominimierung

Die vereinfachte Erfassung seismischer Untergrundinformationen kann die Planungssicherheit für den

Bau und Betrieb einer geothermischen Anlage erhöhen. Für den Fall einer unzureichenden Netzabdeckung kann eine Messung entlang faseroptischer Telekommunikationskabel trotzdem einen ersten Anhaltspunkt für die Tiefenlage sowie die Eigenschaften potenzieller Reservoirgesteine geben. Basierend hierauf können konventionelle Messkampagnen optimiert werden. Neben der Lokalisation von Strukturen im Untergrund ermöglicht das Messverfahren auch eine dauerhafte Überwachung von Untertageinfrastrukturen, sofern diese mit seismischen Verfahren auflösbar sind. Durch die Erhöhung der Informationsdichte und Qualität über die Eigenschaften des geologischen Untergrundes wird die Effizienz und die Sicherheit bei Planung, Bau und Betrieb einer geothermischen Anlage deutlich erhöht und das Investitionsrisiko für den Betreiber deutlich gesenkt.

Referenzen

- IPCC, 2018: Summary for Policymakers. In: Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above preindustrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H. O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P. R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J. B. R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M. I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, T. Waterfield (eds.)]. World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland, 32 pp.
- Jousset, P., Reinsch, T., Ryberg, T., Blanck, H., Clarke, A., Aghayev, R., Hersir, G. P., Hennings, J., Weber, M., Krawczyk, C. (2018): Dynamic strain determination using fibre-optic cables allows imaging of seismological and structural features. – Nature Communications, 9, 2509
- Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB), Energiebilanz der Bundesrepublik Deutschland 2018 und Vorjahre, 19. Juni 2019. [Online]. Verfügbar unter: www.ag-energiebilanzen.de. [Zugegriffen: 19. Juni 2019].
- Deutsche Energie-Agentur (2018): dena-Leitstudie: Integrierte Energiewende – Impulse für die Gestaltung des Energiesystems bis 2050. Ergebnisbericht und Handlungsempfehlungen. 52S.