

Zeitschrift: Tec21
Herausgeber: Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein
Band: 141 (2015)
Heft: 9-10: Erdwärme : first come, first serve?

Artikel: Damit die Linke weiss, was die Rechte tut
Autor: Arndt, Dirk / Klinger, Philip / Frey, Manuel
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-514958>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 05.05.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

SCHNITTSTELLE ZUM GEBÄUDE

Damit die Linke weiss, was die Rechte tut

Die getrennte Betrachtung des Gesamtsystems aus Gebäude, Geologie und Grundwasser vernachlässigt deren Wechselwirkungen. Ein interdisziplinäres Team der Gruner-Gruppe widmete sich dieser Problematik und entwickelte ein Plugin, um die einzelnen Simulationen zu koppeln.

Text: Dirk Arndt, Philip Klingler, Manuel Frey, Karl-Heinz Schädle

Bei der Auslegung von Erdwärmesonden ist es gängige Praxis, zunächst den Energiebedarf des Gebäudes so gut wie möglich zu prognostizieren (vgl. «Nutzungsgrenzen im Untergrund», S. 28). Dabei sind Faktoren wie Ausbaustandard, Dämmung, Standort, Anlagentechnik und geplanter Nutzungstyp zu berücksichtigen. Eine verlässliche Methode zur Prognose ist die Gebäudesimulation. Darauf folgend werden entweder über die Rechenansätze der SIA-Norm oder über numerische Berechnungstools die Funktion des untertägigen Erdwärmespeichers überprüft und die Umweltauswirkung quantifiziert.

Die Herausforderung bei der Planung von Anlagen für grosse Gebäude ist es, die Anzahl der Erdsonden so weit wie möglich zu reduzieren, ohne dabei die Gebrauchstauglichkeit des Gebäudes zu gefährden. Hierbei vernachlässigen viele Berechnungstools die wichtige, von den lokalen geologischen Bedingungen abhängige Grundwasserströmung. Zudem gehen durch die getrennte Betrachtung des Gesamtsystems Rückkopplungen von Gebäude, Anlagentechnik, Geologie und Grundwasser verloren und bleiben unberücksichtigt.

Als Generalplaner sind verschiedene Abteilungen in der Gruner-Gruppe mit derartigen Fragestellungen konfrontiert, insbesondere bei komplexen Systemen, z.B. mit Einbindung von Kühltürmen, Grundwasser und anderen Wärmequellen, oder bei Systemoptimierungen mit mehreren Erdwärmesondenfeldern. Um diese Fragen in Zukunft sicher beurteilen zu können, entwickelte ein interdisziplinäres Team im Rahmen eines eigenen Forschungsprojekts eine Software zur Kopplung von Gebäude-, Anlagen-, Erdwärmespeicher- und Grundwasserströmungssimulationen.

Das aus diesem (noch laufenden) Forschungsprojekt hervorgegangene Plugin «FeEP» baut auf dem Softwarepaket für Grundwasserströmungsmodelle «Feflow» (DHI-Wasy) auf. Gekoppelt wird «Feflow» mit der Gebäudesimulationssoftware «EnergyPlus»

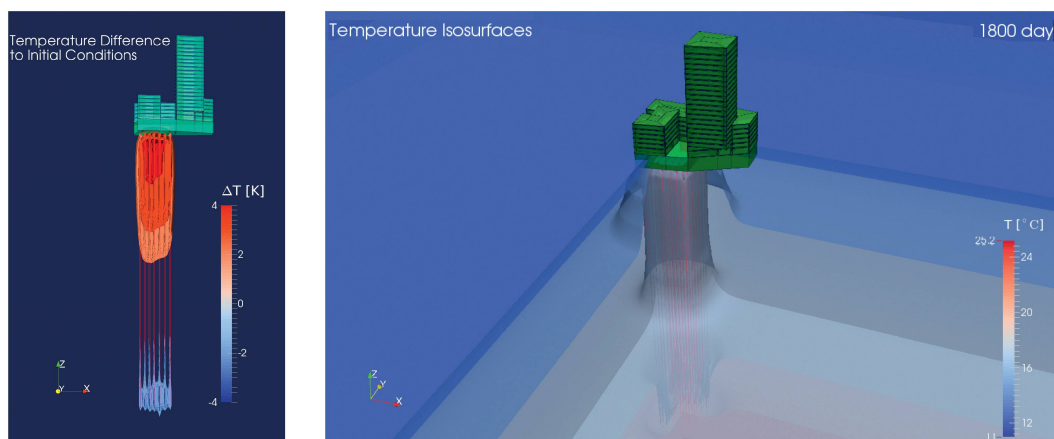
(US-Energieministerium). Beide Programme sind jeweils auf ihrem Gebiet weit verbreitet und international anerkannt.

Aufgrund des konvektiven Wärmetransports ist Grundwasser ein entscheidender Faktor bei der Betrachtung der Effizienz und der Umweltauswirkung von geothermischen Systemen zum Heizen und Kühlen. So transportiert fließendes Grundwasser gespeicherte Energie aus dem Erdwärmespeicher heraus bzw. führt Wasser mit «ungestörten» Bodentemperaturen nach. Abhängig von der Gebäudeauslegung ist dies positiv oder negativ. Bei der gekoppelten Modellierung findet während der Berechnungen ein ständiger Austausch von Ergebnissen zu Volumenstrom und Temperatur in den Erdsonden zwischen den Modellen statt, also zwischen Gebäude, Anlagen und Erdwärmespeicher.

Mit der Sommersonne im Winter heizen

Im Rahmen einer ausführlichen Simulationsstudie untersuchte das Plugin-Entwicklerteam verschiedene Szenarien für ein Erdwärmesondenfeld eines aktuellen Bauprojekts. Dabei wurde der derzeit in Bauausführung befindliche Grosspeter-Tower in Basel betrachtet, dessen Bruttogeschossfläche von 22 000 m² geothermisch geheizt und gekühlt werden wird. Durch diese Betriebsvariante setzen die Errichter den Untergrund im Bereich der Sonden als Energiespeicher ein. So steht die im Sommer in das Feld gepumpte Wärme im Winter zum Heizen zur Verfügung und umgekehrt.

Ziel der Untersuchungen war es, ein möglichst optimales Felddesign zu ermitteln und die Funktionalität des Gesamtsystems sicherzustellen. Dafür betrachtete das Team zum einen unterschiedlich gross dimensionierte Erdsondenfelder, zum anderen untersuchte es verschiedene Betriebsvarianten des Gebäudes. Neben den gekoppelten Fünf-Jahres-Simulationen wurden auch ungekoppelte Langzeitvarianten (20 Jahre) berechnet, um das langfristige Verhalten des Wärmespeichers zu kontrollieren. Da das Gebäude bereits früh



Links: Durch den Vergleich der aktuellen Temperaturen mit den Ausgangsbedingungen im Wärmespeicher kann der Speichernutzungsgrad visualisiert werden (hier nach 1800 Tagen Betriebszeit).

Rechts: Im Blick auf den Erdwärmespeicher und das Gebäude zeigen Isothermenflächen den Temperatureinfluss des Wärmespeichers auf die Umgebung.

hinsichtlich eines ausgeglichenen Heiz- und Kühlbedarfs optimiert wurde, zeigten sich hier keine langfristigen Veränderungen der Durchschnittstemperatur im Sondenfeld. Auch die Tiefe der Erdsonden konnte vorgängig durch (ungekoppelte) Simulationsrechnungen mit unterschiedlichen Sondenlängen auf 250 m optimiert werden.

Um den Strombedarf des Gebäudes so weit wie möglich zu reduzieren, sollte die Anlage möglichst lange im Freecooling-Modus betrieben, also direkt mit dem Erdsondenfeld gekühlt werden können. Das reduziert die stromintensiven Stunden der Kältemaschine. Der Zeitraum, in dem Freecooling möglich ist, wächst mit zunehmender Sondenanzahl. Daher ermittelte das Planungsteam in der gekoppelten Simulation durch eine systematische Reduktion der Erdsonden, wie sich die Sondenanzahl auf die Gebäudeanlagen und den Strombedarf des Gebäudes auswirkt und wo die Gebrauchstauglichkeitsgrenze des Systems liegt. Bei unter 30 Sonden belegte die Simulation zu geringe Temperaturen im Erdsondenkreislauf und eine zunehmende Temperaturspreizung im Rücklauf des Erdwärmespeichers. Die Simulationsergebnisse zeigten, dass theoretisch bereits ab etwa 30 Sonden ein Betrieb möglich wäre. Mit jeder zusätzlichen Sonde sank der jährliche Strombedarf der Kältemaschine weiter, allerdings stiegen dabei die Investitionskosten. Letztlich wählten die Planer ein Sondenfeld mit mehr als 50 Sonden. Auf zusätzliche Rückkühlungen, z.B. mit Kühltürmen, konnte so komplett verzichtet werden. Auch Backup-Systeme liessen sich aufgrund der Simulationen gänzlich einsparen.

Näher am realen Betriebsverhalten

Vor allem in den Herbstmonaten zeigt sich bei Einsatz der Kopplung ein anderes Betriebsverhalten als bei ungekoppelter Betrachtung. Daraus resultiert ein insgesamt erhöhtes Temperaturniveau im Erdwärmespeicher. Dies ist deutlich in den verschiedenen Vor- und Rück-

lauftemperaturen des Sondenfelds ersichtlich (vgl. Film auf www.espazium.ch). Als Folge ergeben sich wiederum höhere Speichertemperaturen im Gebäude, was einen leicht erhöhten Strombedarf der Kältemaschine bedingt. Gekoppelte Simulationen eignen sich daher besonders für Untersuchungen zum Betriebsverhalten des Erdsondenfelds und für die Planung verschiedener Betriebsszenarien, die Einfluss auf die vorgesehenen Regelalgorithmen nehmen.

Der Mehrwert der gekoppelten Simulation liegt zum einen im zusätzlichen Informationsgewinn beiderseits der Schnittstelle. Zum anderen kann das optimale Design des Sondenfelds (Sondenabstand, -länge) in Abhängigkeit von einem speziellen Anlagensystem und vom Untergrund verlässlich ermittelt werden. Der Nutzungsgrad saisonaler Wärme- und Kältespeicher lässt sich unter Berücksichtigung von Grundwasserströmen und deren Umweltauswirkungen quantifizieren. Das Anlagenmodell berücksichtigt dabei, wie sich Erdwärmesondenfelder (saisonal und langfristig) gegenseitig beeinflussen. Das bessere Verständnis des Gesamtsystems aus Gebäude, Geologie und Grundwasser hilft somit, mit den gegebenen Energieressourcen möglichst effizient und sparsam umzugehen. •

Dirk Arndt, Dr. rer. nat. Angewandte Geowissenschaften, Senior-Projektleiter Geologie, Gruner Böhlinger AG, dirk.arndt@gruner.ch

Philip Klingler, MSc. Hydrogeologie und Geothermie, Projektleiter Energieanlagen, Gruner Gruneko AG, philip.klingler@gruner.ch

Manuel Frey, B. Eng. Gebäudeklimatik, Projektleiter Bauklimatik, Gruner Roschi AG, manuel.frey@gruner.ch

Karl-Heinz Schädle, Dipl.-Ing. (FH), Abteilungsleiter Energieanlagen, Gruner Gruneko AG, karl-heinz.schaedle@gruner.ch



Videos der Simulationen mit weiterführenden Erklärungen stehen zur Verfügung unter www.espazium.ch