

OPTIMIERUNG GEOTHERMISCHER ENERGIESYSTEME AM BEISPIEL EINES STÄDTEBAULICHEN ENTWICKLUNGSVORHABENS

Gerrit Höfker^{1,2}, Katja Winkler¹, Rolf Bracke¹

Fachhochschule Bochum, Lennerhofstraße 140, 44801 Bochum

¹GeothermieZentrumBochum e.V.

²Institut für Bauphysik, Baustoffe und Konstruktion

KURZFASSUNG

Am Beispiel eines städtebaulichen Entwicklungsvorhabens in Bottrop-Kirchhellen wird eine vollständige Versorgung eines Baugebietes mit Geothermie vorgestellt. Anhand von Simulationen wurden die Lastprofile der Gebäude ermittelt und mit den geothermischen Simulationen verknüpft. Die Heizlastschwankungen in den Gebäuden stehen jedoch den von den Erdwärmesonden zur Verfügung gestellten und nahezu konstanten Wärmemengen entgegen. Daher ist einerseits die Glättung der Lastprofile durch die Kombination verschiedener gebäudetechnischer Konzepte und andererseits der Einsatz von Speichern von zentraler Bedeutung für eine effiziente Nutzung der Geothermie.

ABSTRACT

With an example of an urban development projekt in Bottrop-Kirchhellen, Germany, a complete supply of a new urban district with geothermal energy will be presented. By thermal building simulations the heating load profiles of the buildings were determined and linked to geothermal simulations. However, the swaying of the heating loads in the buildings does not fit to the nearly constant heat flow from the ground. Hence, the profile of the loads should be smoothed by a combination of different heating systems and by the use of storage devices for an efficient use of geothermal energy.

EINLEITUNG

Noch wird die Geothermie überwiegend zur Versorgung von Einzelobjekten mittels Erdwärmesonden und Wärmepumpen genutzt. Die Anlagenauslegung erfolgt, je nach Nutzenergiebedarf der Objekte, über Tabellenwerke oder durch Simulation. Bei größeren Plangebietes mit vielen dezentralen geothermischen Wärmeerzeugern müssen die instationären und regelungstechnischen Einflüsse der Gebäude und der Niedertemperaturnetze berücksichtigt werden. Auch hier steht die in großem Maßstab integrierte Nutzung der Geothermie zur Versorgung ganzer Stadtquartiere noch am Anfang der Entwicklung. Die wenigen Beispiele basieren auf der Ausbeutung hydrothermaler Lagerstätten und wurden in der Vergangenheit i.d.R.

ohne eine integrierte Planung unter Berücksichtigung der Anforderungen der Gebäude und Netze realisiert.

Vor diesem Hintergrund werden daher im GeothermieZentrumBochum e.V. seit einigen Jahren verschiedene städtebauliche Entwicklungsvorhaben unter Berücksichtigung des Einsatzes geothermischer Energiesysteme untersucht. Der Schwerpunkt wird dabei vor allem auf die thermischen Gebäudesimulationen und die Verknüpfung mit den untertägigen Anlagenteilen gelegt. Im Rahmen einer Studie von Winkler et. al. 2004 wurde die technische und wirtschaftliche Machbarkeit der geothermischen Wärmeversorgung eines Bebauungsplangebietes in Bottrop-Kirchhellen untersucht. Hierbei ist die Versorgung von etwa 650 Wohneinheiten in Form von Doppelhäusern, Reihen- und Mehrfamilienhäusern sowie von Objekten zur Gebietsversorgung vorgesehen.

Da aufgrund der hohen anfänglichen Investitionskosten von einer tiefen Erdwärmesonde abgesehen wurde, wird der Einsatz von Wärmepumpen erforderlich. Bei der Verwendung von elektrisch betriebenen Wärmepumpen ist es jedoch aus energetischen Gründen sinnvoll, dass die Anlagen tagsüber mit niedrigen Temperaturhüben arbeiten und sich somit hohe Leistungszahlen einstellen. Nachts hingegen sind hohe Temperaturhübe und niedrige Leistungszahlen, wie sie für die Brauchwassererwärmung erforderlich sind, hinnehmbar. Der Grund liegt in den nächtlichen Stromüberkapazitäten und den daraus resultierenden kostengünstigen Nachtstromtarifen.

Unter Zuhilfenahme dynamischer Simulationen wurden schließlich beim o.g. Projekt die Aspekte der thermischen Bauphysik, der Gebäudetechnik, der Nahwärmenetze und der thermischen Geophysik unmittelbar miteinander verknüpft.

SIMULATIONEN

Zur Ermittlung des Nutzenergiebedarfs und der Heizlast der Gebäude wurden zunächst die Verfahren nach Energieeinsparverordnung 2004 und DIN EN 12831 angewandt. Tabelle 1 zeigt die ermittelte Normheizlast für ein Reiheneckhaus, ein Reihemittelhaus sowie ein Mehrfamilienhaus, jeweils mit Lüftungsanlage und ohne Lüftungsanlage.

Tabelle 1: Ergebnisse der Heizlastberechnung nach DIN EN 12831:2003

GEBÄUDE	HEIZLAST Φ_N [KW]
Reiheneckhaus mit Lüftungsanlage und WRG	5,1
Reiheneckhaus ohne Lüftungsanlage	5,9
Reihenmittelhaus mit Lüftungsanlage und WRG	3,9
Reihenmittelhaus ohne Lüftungsanlage	4,8
Mehrfamilienhaus mit Lüftungsanlage und WRG	25,8
Mehrfamilienhaus ohne Lüftungsanlage	31,0

Gebäudesimulationen

An Hand von thermischen Gebäudesimulationen wurden Lastprofile für einzelne Gebäude und Versorgungsgruppen bestimmt. Als Versorgungsgruppe wurde hier ein Netz für 5 Wohneinheiten mit einer Wärmepumpe und einem zentralen Schichtenspeicher, kombiniert mit einer oder mehrerer Erdsonden, angesetzt. Die Brauchwassererwärmung erfolgt über einen Wärmetauscher. Das Ziel der nachfolgend dargestellten Simulationen war die Homogenisierung des Heizlastverlaufes durch Senkung der auftretenden Lastspitzen. Durch die Kombination geeigneter Bauweisen und Heizsysteme wurden Empfehlungen für die Gebäudeentwürfe abgeleitet. Im Einzelnen wurden folgende gebäudetechnischen Konzepte unterschieden:

- Fußbodenheizung und Fensterlüftung
- Fußbodenheizung und Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung
- Thermisch aktivierte Betondecken und Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung

Die thermisch aktivierten Betondecken, die bisher im Wohnungsbau nicht üblich sind, wurden zur Homogenisierung des Heizlastverlaufes eingesetzt. Durch die Trägheit dieser Bauteile kann in den Nachtstunden Wärme eingespeichert werden, die dann während des Tages abgegeben wird. Bei der zur Deckung der Heizlast erforderlichen Kombination von thermisch aktivierten Betondecken und Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung sind die Temperaturdifferenzen zwischen Raumluft und Deckenoberfläche so gering, dass eine Selbstregelung eintritt und somit die Wärmeabgabe bedarfsgerecht erfolgt.

Wie bei der Auswertung der Simulationsläufe der Einzelgebäude deutlich wurde, entstehen durch die in den Gebäuden verwendete Anlagentechnik unterschiedliche Lastprofile. Die Heizlastschwankungen in den verschiedenen Profilen stehen den von den Erdwärmesonden zur Verfügung gestellten und nahezu

konstanten Wärmemengen entgegen. Es gilt daher in einem ersten Schritt Häuser mit unterschiedlichen Lastprofilen, die durch eine Variation der Anlagentechnik verursacht werden, zu kombinieren.

Tabelle 2: Maximale Heizlast verschiedener Wärmenetze mit jeweils 5 Wohneinheiten, ermittelt durch thermische Gebäudesimulation

GEBÄUDE	HEIZLAST Φ [KW]
5 Reiheneckhäuser, alle mit Fußbodenheizung und Fensterlüftung	21,6
5 Reiheneckhäuser, alle mit Fußbodenheizung und Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung	15,2
5 Reiheneckhäuser, 3 Häuser mit Fußbodenheizung und Fensterlüftung, 1 Haus mit Fußbodenheizung und Lüftungsanlage, 1 Haus mit thermisch aktivierten Betondecken und Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung	16,4

Des Weiteren erfolgt die Glättung der Lastprofile durch die Verwendung von Pufferspeichern. Die Zusammenstellung der in den Simulationen ermittelten Lastprofile einzelner Gebäude zu Gesamtlastprofilen von Gebäudegruppen richtet sich zum einen nach der sinnvollen Kombination der Lastprofile und zum anderen nach der vom Nutzer gewünschten Gebäudetechnik. In Tabelle 2 werden beispielhaft die durch Simulation ermittelten maximalen Heizlasten in einem Wärmenetz mit 5 Wohneinheiten und unterschiedlicher gebäudetechnischer Ausstattung gegenübergestellt.

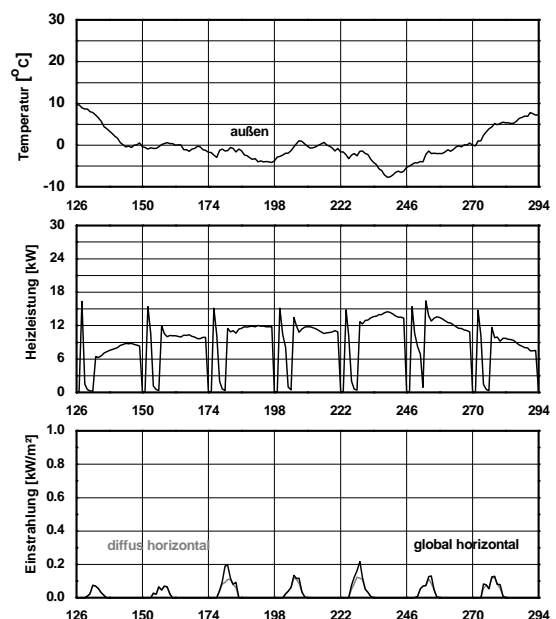


Abbildung 1: Ergebnisse der Simulation für eine Versorgungsgruppe aus 5 Wohneinheiten mit unterschiedlichen gebäudetechnischen Konzepten

Abbildung 1 zeigt überdies das Lastprofil der letztgenannten Versorgungsgruppe aus Tabelle 2. Hierbei ist zu erkennen, dass die Kombination verschiedener Heizungssysteme zur Lastspitzenreduktion in einem Wärmenetz sinnvoll ist.

Simulationen der Erdwärmesonden

Auf der Grundlage der durchgeführten thermischen Gebäudesimulationen wurden geophysikalische Simulationen mit Shemat, Earth Energy Designer und EWS durchgeführt. Die Berechnungsergebnisse einerseits und die erforderlichen Wirtschaftlichkeitsüberlegungen andererseits führten zu einer favorisierten Teufe der Erdsonden von 400 und 800 m, mit denen die Versorgung der vorgestellten Versorgungsgruppen möglich ist.

Speichersimulationen

Wie zuvor erläutert, ist zur effizienten Nutzung der Geothermie der Einsatz von Speichern erforderlich. In dem genannten Projekt kommen in jedem Wärmenetz Schichtenspeicher aus der Solartechnik zum Einsatz. Im Gegensatz zu den bereits marktverfügbaren Kombispeichern aus der Solartechnik besteht bei der Nutzung der Geothermie aber das Problem, dass aufgrund der geringen Spreizung zwischen Wärmepumpenvorlauf und Wärmepumpenrücklauf nur wenig Energie in den üblichen Wasserspeichern gepuffert werden kann. Zur Effizienzsteigerung geothermischer Heizsysteme durch Pufferspeicher besteht daher die Möglichkeit Latentwärmespeicher einzusetzen. Berning 2006 erstellte hierzu ein Simulationsmodell und zeigte die Möglichkeiten zur Effizienzsteigerung bei der Nutzung der Geothermie auf.

EMPFEHLUNGEN

Wie am Beispiel des vorgestellten Projektes durch die Simulationen nachgewiesen werden konnte, liegt eine zentrale Frage der effizienten Nutzung der Geothermie in der Speicherung. Zur Glättung der Lastprofile ist daher der Einsatz verschiedene Speichertechnologien möglich. Hierbei können einerseits unterschiedlich träge Heizsysteme und andererseits Pufferspeicher eingesetzt werden beziehungsweise eine entsprechende Kombination. Der Einsatz von Latentwärmespeichern, entweder in einem Pufferspeicher oder im Bereich der Bauteilheizungen, kann künftig einen weiteren Beitrag zur Lastprofilglättung leisten. Sofern nun eine entsprechend dimensionierte Speichertechnologie zur Verfügung steht, sollten die Erdwärmesonden dynamisch betrieben, also getaktet, werden. Zur Erhöhung des exergetischen Anteils der geförderten Wärme sollten die Sonden einmal durchspült werden, um dann eine gewisse Regenerationszeit zu erhalten. Ein weiterer Vorteil der Taktung liegt in der geringer werdenden gegenseitigen Beeinflussung von Sondenvor- und Sondenrücklauf. Die bei den Sonden erforderliche Rohrführung führt

schließlich zu einem ungewollten Gegenstromwärmetauscher (Worm 2006).

ZUSAMMENFASSUNG

Nutzt man bei der Beheizung von Gebäuden oberflächennahe Erdwärme, so ist es energetisch vorteilhaft, wenn einerseits keine allzu großen Lastspitzen auftreten und andererseits niedrige Heizmitteltemperaturen zur Gebäudebeheizung ausreichen. Ein weiteres Ziel bei der Verwendung von Wärmepumpen und Kältemaschinen ist überdies, dass die Anlagen tagsüber mit niedrigen Temperaturhüben arbeiten und sich somit hohe Leistungszahlen einstellen. Nachts hingegen sind höhere Temperaturhübe und niedrigere Leistungszahlen aufgrund der Stromüberkapazitäten tolerierbar.

Am Beispiel eines städtebaulichen Entwicklungsvorhabens wurde gezeigt, wie durch die Kombination verschiedener gebäudetechnischer Konzepte in einem kleinen Wärmenetz die Lastspitzen geglättet werden können. Um die verbleibenden Unregelmäßigkeiten im Lastprofil und den Brauchwasserbedarf zu decken, können Schichtenspeicher, evtl. in Kombination mit Latentwärmespeichern, zur Effizienzsteigerung eingesetzt werden.

LITERATUR

- Winkler, K.; Bracke, R.; Höfker, G.; Sysk, U.; Bussmann, G.; Braun, R. 2004: Machbarkeitsstudie zur Erschließung des geothermischen Feldes „Nordlicht“ in Bottrop-Kirchhellen. 5. Symposium Erdgekoppelte Wärmepumpen, Geothermische Vereinigung e.V., Landau
- Berning, E. 2006. Programmierung eines Modells zur Berechnung von Schichtenspeichern mit Phasenwechselmaterialien. Diplomarbeit am Institut für Bauphysik, Baustoffe und Konstruktion, Fachbereich Bauingenieurwesen, Fachhochschule Bochum
- Worm, B. 2006. Wärmetechnische und konstruktive Auslegung der Innenrohre von geothermischen Koaxialsonden. Diplomarbeit am Institut für Bauphysik, Baustoffe und Konstruktion, Fachbereich Bauingenieurwesen, Fachhochschule Bochum