

Geothermie in der Schweiz

Autor(en): **Glatthard, T.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik : VPK =
Mensuration, photogrammétrie, génie rural**

Band (Jahr): **92 (1994)**

Heft 10

PDF erstellt am: **18.05.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-235095>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Regionale und kommunale Energieplanungen:

Geothermie in der Schweiz

Th. Glatthard

Frühere Studien rechneten für die Schweiz mit der Deckung von fünf Prozent des Wärmebedarfs durch Geothermie; heute sind die Prognosen vorsichtiger, bei etwa 1,5 Prozent. Heute sind bereits über 6000 Anlagen mit sogenannter untiefer Geothermienutzung (Wärmesonden) in Betrieb, aber erst einige wenige Anlagen mit sogenannter tiefer Geothermienutzung realisiert, in Ausführung oder Planung.

De précédentes études ont escompté pour la Suisse la couverture de cinq pourcent des besoins en chaleur par la géothermie; aujourd'hui les pronostics sont plus prudents, ils se situent à environ 1,5 pourcent. A ce jour, plus de 6000 installations utilisant la géothermie peu profonde (sondes à chaleur) sont déjà en exploitation, mais seulement quelques rares installations utilisant la géothermie profonde sont réalisées, en phase de réalisation ou à l'étude.

Tiefe Geothermie

Unter tiefer Geothermie wird die Erdwärmenutzung aus über 400 Metern bis zu einigen Kilometern verstanden. In der Schweiz handelt es sich um den «niederen» Temperaturbereich, d.h. 25 bis 90 Grad Celsius zur Einspeisung in Heizsysteme mit oder ohne Wärmepumpe; im Ausland existieren z.T. Kraftwerke im Hochtemperaturbereich, d.h. über 90 Grad und Dampfnutzung.

In der Regel sind zwei Bohrungen (Doublette) nötig: eine zur Wasserentnahme und eine zur Wasserrückführung einige Kilometer entfernt. Bei salzarmem Wasser kann das abgekühlte Wasser in ein Oberflächengewässer geleitet werden; es genügt dann eine Bohrung. Die Kosten für eine Doublette betragen rund sechs Millionen Franken, abhängig von der Tiefe, der Geologie, der Zugänglichkeit des Bohrplatzes, der Schallschutzmassnahmen,

der Pumpversuche u.a. Die Unterstützung durch den Bund sieht die Subvention von 25 % der Bohrkosten sowie eine Risikogarantie von 50–80 % der Restkosten vor, falls die Bohrung ein Misserfolg ist. Die Geologie bietet eine grosse Unsicherheit. Voraussetzung sind Poren oder Klüfte mit wasserführenden Schichten (Aquifere). Verschiedene Bohrungen stiessen nicht auf die erhofften Aquifere oder diese waren zu wenig ergiebig (vgl. Kasten).

Geothermienutzung dieser Grössenordnung bedingen zahlreiche Wärmeabnehmer und eine zentrale Wärmeversorgung; dies erfordert in der Regel öffentliche Kredite und politische Entscheide. Seit 1987, als der Bund eine Risikogarantie übernahm, sind einige Projekte bearbeitet worden. Nach mehreren Misserfolgen sind Projekte mit tiefer Geothermie vorerst kaum mehr zu erwarten.

Was ist Geothermie?

Erdwärme entsteht aus dem Zerfall natürlicher, radioaktiver Isotopen in der Erdkruste. Die Wärmezunahme (sogenannter Wärmegradient) beträgt im Mittel drei Grad Celsius pro 100 Meter; entlang dem nördlichen Alpenrand (dicke Sedimentmassen) ist sie etwas tiefer, in geologisch aktiveren Gebieten etwas höher (Basel, Baden, Zurzach, Schinznach, St. Galler Rheintal, Rhonetal). Diese Wärme kann als Energiequelle genutzt werden zur Wärmeversorgung oder zur Produktion von Elektrizität.

Mitte der 70er Jahre wurde auf Bundesebene eine Fachkommission Geothermie geschaffen. 1990 wurde die Schweizerische Vereinigung für Geothermie gegründet. Das Förderprogramm Geothermie im Rahmen von «Energie 2000» unterstützt die Entwicklung, die Verbesserung und die praktische Anwendung auf breiter Ebene der Geothermienutzung in Form von Pilot- und Demonstrationsanlagen. Daneben läuft ein Forschungsprogramm Geothermie, in dem z.B. Nutzungsmethoden der Erdwärme aus über 3000 Metern geprüft werden. Weiter sind Studien im Gang über mögliche Bohrstandorte im Wallis (Projekt «Geothermoval»), über die Geothermienutzung in den Alpentunneln sowie zu Tiefenstrukturdaten der Schweiz (Projekt «Basisdaten Geothermie»), und schliesslich ist eine Datenbank für Geothermie im Aufbau.

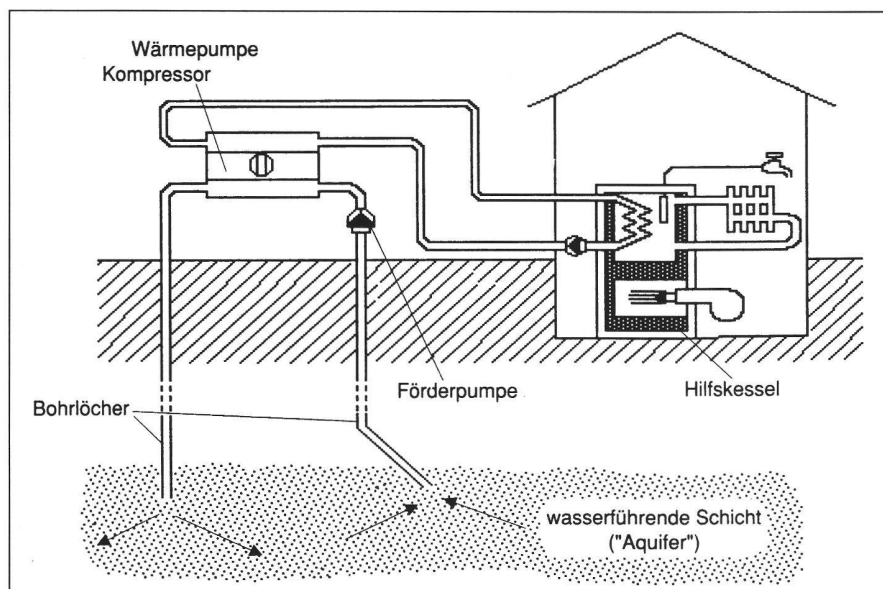


Abb. 1: Prinzipschema tiefe Geothermie (Schema: BEW).

Geothermie-Wärmeverbund Riehen

1986 entschieden der Gemeinderat Riehen und der Grosse Rat des Kantons Basel-Stadt, Möglichkeiten der Erdwärmenutzung in der Gemeinde Riehen abzuklären. 1987–89 wurden zwei Tiefenbohrungen (sogenannte Doublette) durchgeführt. Die beiden Brunnen haben eine Tiefe von 1547 Metern (Entnahmebrunnen) und 1247 Metern (Rückgabebunnen). Genutzt werden 20 Liter pro Sekunde, das Wasser hat eine Temperatur von 62 Grad Celsius. Das Tiefenwasser ist stark mineralisiert und chemisch aggressiv. Im Wärmeverteilnetz zirkuliert kein Geothermiewasser, sondern aufbereitetes Stadtwasser.

1994 wurde der Bau der Heizzentrale und des Fernwärmenetzes abgeschlossen

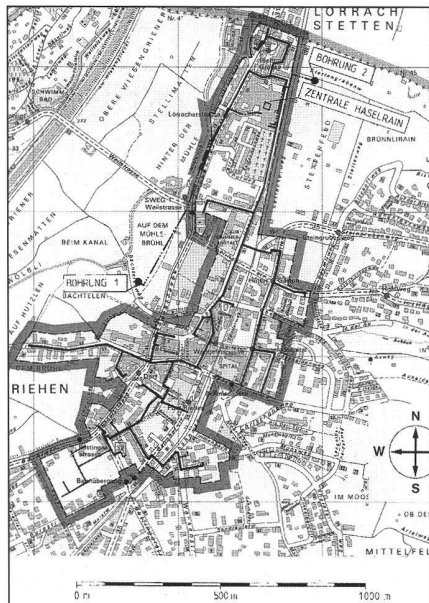


Abb. 2: Versorgungsgebiet des Wärmeverbunds Riehen.

und der Betrieb aufgenommen. Kernstück zur Nutzung der geothermischen Wärme sind zwei Wärmepumpen-Split-Anlagen. Jede dieser Anlagen besteht aus einer Elektromotorwärmepumpe und einem Blockheizkraftwerk. Die Produktion der erforderlichen elektrischen Antriebsenergie für die Wärmepumpen erfolgt mit der energiesparenden Technik der Wärmekraftkopplung. Ein Gas-Otto-Motor mit Abgaskatalysator treibt einen Generator an. Die aus der Motor- und Abgaskühlung sowie der Strahlungswärme gewonnene Energie wird dem Wärmeverbund zugeführt. Die Wärmepumpen entziehen dem Geothermiekreis, der von 62 auf zirka 25 Grad Celsius abgekühlt wird, Wärme. Für den Spitzenbedarf stehen drei ölbefeuerte Kesselanlagen zur Verfügung.

Die Jahresproduktion beträgt 34 000 MWh, davon 45 % aus Erdwärme. Die jährlichen Energieeinsparungen entsprechen etwa 1750 Tonnen Heizöl. Der Ausstoss von Luftschadstoffen verringert sich durch die gesamte Anlage um zirka 80 %, die CO₂-Emissionen um zirka 50 %.

Das Wärmeverteilnetz umfasst rund 7300 Meter, davon 5500 Meter Verteilleitungen und 1800 Meter Hausanschlussleitungen. Angeschlossen sind bisher rund 100 Liegenschaften, davon 20 gemeindeeigene. Im Endausbau werden 160 Liegenschaften angeschlossen sein. Die technische und administrative Betriebsführung hat die Gemeinde an eine private Firma vergeben; Rechnungstellung und Inkasso erfolgt durch die Gemeinde.

Die Investitionskosten für den gesamten Wärmeverbund inklusive Tiefenbohrung betragen rund 40 Millionen Franken. Der Kanton Basel-Stadt übernahm die Hälfte der Bohrkosten und wird aufgrund des Energiespargesetzes noch einen Beitrag

an den Bau des Wärmeverbundes leisten. Der Bund zahlte einen Beitrag von 1,76 Millionen Franken an die Anlagekosten und 280 000 Franken für die Erfolgskontrolle. Der Wärmepreis beläuft sich damit auf zirka 20 Rappen pro Kilowattstunde inklusive Amortisation der Bohrungen und der oberflächlichen Anlagen. Die Belastung der Benutzer ist vergleichbar mit der Belastung bei konventionellen Wärmeträgern.

Tunnelwärmenutzung

Geringeres Risiko als die Tiefenbohrungen bietet die Geothermienutzung der Alpentunnel. Seit Dezember 1992 heizen in Oberwald (Kanton Wallis) 25 Wohnungen mit Warmwasser aus dem Furkatunnel und Wärmepumpen. Weitere Anschlüsse sind geplant.

Eine Studie für den Simplontunnel zeigt, dass das am Nordportal austretende Tunnelwasser eine ideale Wärmequelle für den geplanten neuen Bahnhof Brig und umliegende Gebäude wäre. Weitere Szenarien prüfen die Nutzung der Wärme und der wärmsten Quellen im Tunnelinnern sowie der Tunnelluft (ganzjährig 20–25 Grad).

Die Nutzung der Entwässerung der beiden Basistunnel am Gotthard und Lötschberg würden 10–20 Megawatt Wärme liefern, also genug für mehrere hundert Wohnungen oder Industriebauten.

Saisonale Wärmespeicherung

Der Boden und insbesondere Fels kann auch als Wärmespeicher genutzt werden. Im Sommer von der Sonne erwärmtes Wasser kann in einem Boden- oder Felspeicher «zwischenlagert» und im Winter zu Heizzwecken verwendet werden. Die Erdwärme verhindert das Abkühlen des erwärmten Wassers. Gerade Verkehrsflächen heizen sich im Sommer durch Sonneneinstrahlung stark auf, bis über 60 Grad Celsius. Sie eignen sich daher zusammen mit Boden- und Fels speichern zur saisonalen Wärmespeicherung.

Bei Därligen im Berner Oberland wird diese Art Wärmespeicherung im Rahmen des Pilotprojektes «Serso» (Sonnenernergiegewinnung aus Strassenoberflächen) des Tiefbauamtes des Kantons Bern und des Bundesamtes für Strassenbau genutzt, um im Winter die Glatteisbildung auf einer Brücke der N8 zu verhindern. In der Fahrbahn, sieben Zentimeter unter der Belagsoberfläche, sind auf einer Fläche von 1300 Quadratmetern Rohrregister eingebaut. Der unterirdische Felspeicher hat einen Durchmesser von 30 Metern und eine Tiefe von 65 Metern. Das Gesamtvolumen beträgt 55 000 Kubikmeter. 91 vertikale Erdsonden stellen den Wärmeaustausch

Tiefen-Geothermie in der Schweiz

Riehen (BS)

Bohrung 1987–89, Tiefe 1547 und 1247 Meter. Erste geothermische Grossanlage der Schweiz. Seit 1994 in Betrieb.

Kreuzlingen (TG)

Bohrung 1988/89, Tiefe 655 Meter. Teilerfolg. Nutzung für Schulhaus, Mehrzweckhalle und Schwimmbad.

Bassersdorf (ZH)

Bohrung 1992/93, Tiefe 650 Meter. Nutzung für ein Alterspflegeheim.

Weissbad (AI)

Bohrung 1993, Tiefe 1200 Meter. Nutzung für ein Kurhaus vorgesehen.

Weggis (LU)

Bohrung 1993 bei Tiefe von 2304 Metern abgeschlossen. Zurzeit werden zwei Sechsfamilienhäuser beheizt. Für einen grösseren Wärmeverbund sind weitere Abklärungen und der Einsatz einer Wärmepumpe erforderlich.

Thônex (GE)

Bohrung 1993 bei Tiefe von 2690 Metern eingestellt. Für allfällige Nutzung ist ein Langzeitpumpversuch erforderlich.

Schinz nach Bad (AG)

Projekt ausführungsfähig (1994).

Saillon (VS)

Projekt ausführungsfähig. Einsprache vor Bundesgericht hängig (1994).

Grenchen (SO)

Variantenentscheid Geothermie oder Erdgasversorgung hängig (1994).

Davos (GR)

Projekt 1993 wegen zu hohem Risiko sistiert.

Reinach (BL)

Bohrung 1988–90, Tiefe 1793 Meter. Misserfolg.

St. Moritz (GR)

Bohrung 1991, Tiefe 1600 Meter. Misserfolg.

Bulle (FR)

Bohrung 1992, Tiefe 800 Meter. Misserfolg.

mittels der Wärmeträgerflüssigkeit (Wasser-Glykol-Gemisch) zwischen dem Felspeicher und dem Fahrbahnregister sicher. Ein automatisches Mess- und Betriebssystem garantiert den sicheren Ablauf. An 132 Punkten werden die Temperaturen der Luft, des Strassenbelages,



Abb. 3: Rohrregister in der Fahrbahn der N8 bei Därligen.

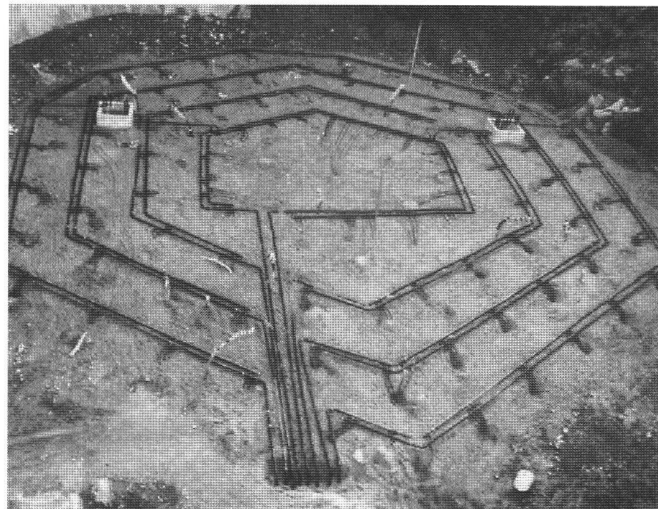


Abb. 4: Erdsonden des Felspeichers der N8 bei Därligen.

der Wärmeträgerflüssigkeit im Vor- und Rücklauf, sowie im Felspeicher gemessen. In einem Betriebsgebäude ist die elektronische Steuerung der Anlage untergebracht. Die Anlage kostete fünf Millionen Franken, die jährlichen Betriebskosten betragen rund 10 000 Franken.

Modellrechnungen zeigen, dass sich im Sommer rund 25 % der einfallenden Strahlungsenergie dem Belag entziehen und dem Speicher rund 200 000 Kilowattstunden zuführen lassen: der Speicher heizt sich dabei auf 18 bis 20 Grad auf. In «normalen» Wintern wird die Hälfte der Energie der Fahrbahn wieder abgegeben; die Reserve ist für besonders kalte Winter bestimmt.

Im Winter bei Gefahr von Eisglätte, d.h. bei Lufttemperaturen von +4 bis -8 Grad, wird die gespeicherte Wärme an die Fahrbahn abgegeben. Bei tieferen Temperaturen muss die Anlage ausgeschaltet werden, weil sonst die Gefahr der Auskühlung des Speichers bestehen würde. Am Ende des Winters soll die Speichertemperatur in der Regel noch rund acht Grad betragen.

Im Mai 1994 lief die Anlage erstmals zu Testzwecken. In diesem Winter muss sie sich nun erstmals bewähren. Weitere Anwendungen dieser neuen Art der saisonalen Wärmespeicherung wären etwa exponierte Strassen- und Brückenabschnitte, Rampen, Vorplätze und Parkplätze sowie Flugplätze. Aber auch die Warmwasseraufbereitung für Wohnhäuser, Spitäler, Schulhäuser usw. könnte auf diese Weise erfolgen.

Untiefe Geothermie

Unter untiefer Geothermie werden Erdpfähle (um 15 Meter Tiefe) und Erdsonden (50 bis 150 Meter Tiefe) verstanden, die die Wärme der Erde nutzen. Die Erdsonden bestehen aus Doppel- oder Vierfachrohren, in der Regel aus Kunststoff. Durch das Innenrohr bzw. zwei der vier Rohre gelangt ein Wärmeträger (z.B. Wasser) in

die Tiefe, der beim Aufsteigen durch das Aussenrohr bzw. die zwei anderen Rohre durch die Wärme aus dem Boden erwärmt wird. Eine Wärmepumpe hebt die Wassertemperatur anschliessend auf das benötigte Niveau. Das durch die Erdsonde gepumpte Kaltwasser erwärmt sich auf etwa 10 bis 12 Grad Celsius. Mittels Wärmepumpe und Wärmetauscher wird das Wasser im Heizungskreislauf auf etwa 50 Grad gebracht, was für Niedertemperatur-Heizungen ausreichend ist.

Aus Studien seit 1983, finanziert unter anderem aus dem Nationalen Energie-Forschungs-Fonds (NEFF), ist heute bekannt, was an den Erdsonden geschieht: In den ersten zehn Metern bewirken die Lufttemperaturen Änderungen in der Bodentemperatur; darunter ist allein die Erdwärme massgebend, unabhängig von der Jahreszeit. Während der Heizperiode entziehen die Sonden dem Boden je Meter Sondentiefe rund 50 Watt; das ist jedoch mehr als an Erdwärme nachströmt. Der Boden kühlt sich daher unmittelbar um die Sonde um einige Grade ab, bis zu null Grad oder tiefer; das Sondenwasser muss deshalb mit Alkoholzusätzen gefriersicher gemacht werden. Fünf Meter von der Sonde entfernt ist kein Einfluss mehr messbar; die Sonden dürfen daher nicht zu nahe beieinander sein. Im Frühjahr und Sommer wird die Bodentemperatur wieder ausgeglichen, allenfalls nicht mehr ganz auf das ursprüngliche Niveau. Eine Erschöpfung der Wärmequelle ist jedoch kaum zu befürchten. Denkbar ist aber, im Sommer den Boden mit Warmwasser (z.B. aus Sonnenkollektoren) aufzuwärmen.

Erdwärmesonden sind bei den meisten Böden des Mittellandes möglich (Sandstein, Kalk, Ton, Mergel) ausser in trockenem Kies, der Wärme schlecht leitet. Der Zwischenraum zwischen Sonde und Boden sollte mit Bentonit oder Quarzsand gefüllt werden, um einen guten Wärmekontakt zu garantieren.

Die Jahres-Arbeitszahl (JAZ), das Verhältnis von abgegebener Heizenergie zur Energie für den Wärmepumpenantrieb, sollte über die gesamte Heizperiode drei oder mehr erreichen, sonst arbeitet die Heizung nicht wirtschaftlich und kann mit einer Ölheizung nicht konkurrieren. Einfamilienhäuser oder kleinere Mehrfamilienhäuser können mit Erdsonden gut beheizt werden. Für ein Einfamilienhaus sind ein bis zwei Sonden mit zusammen 120 bis 200 Meter Tiefe erforderlich.

Die Kosten betragen etwa 100 Franken je Meter Bohrloch (Sonde und Montage inbegriffen). Eine Erdsondenheizung für ein Einfamilienhaus kostet rund 40 000 Franken. Die Wärmegestehungskosten liegen bei 13 Rappen pro Kilowattstunde. In 15 bis 20 Jahren ist eine solche Anlage durch die kostenlose Erdwärme amortisiert.

Mehrfamilienhaus in Bern

Ein Mehrfamilienhaus aus dem Jahr 1924 im Berner Lorrainequartier wird zurzeit renoviert, und die alte Ölheizung wird

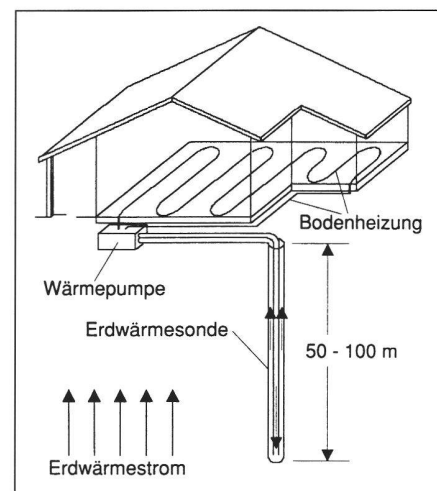


Abb. 5: Prinzipschema Erdwärmesonden und Wärmepumpe (Schema: BEW).



Abb. 6: Gebäude Talweg 5 in Bern.

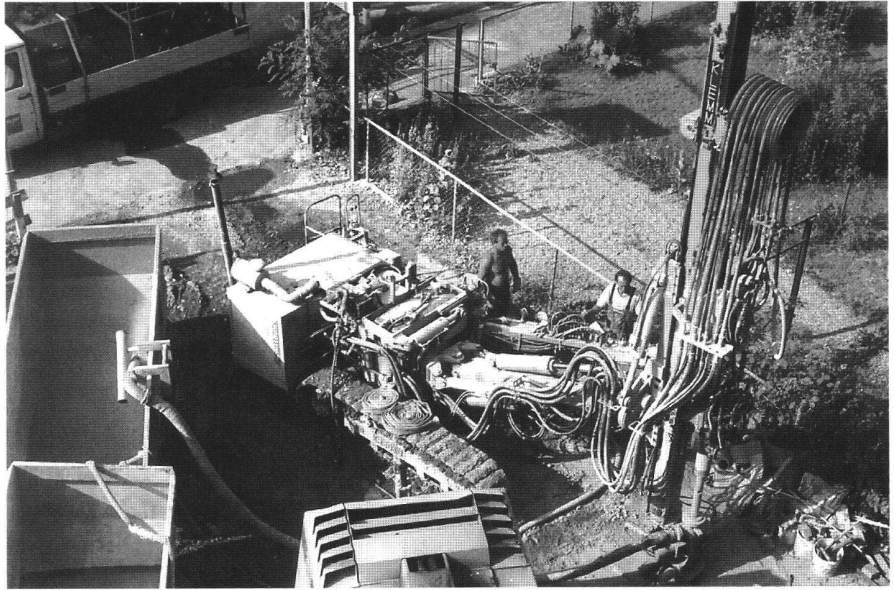


Abb. 7: Bohrung für die Erdsonden des Gebäudes Talweg 5 in Bern.

durch eine Erdwärme-Wärmepumpenheizung ersetzt. Eigentümerin ist eine Stiftung, die günstige Wohnungen für ältere Leute zur Verfügung stellen will. Im November 1994 sind die zehn Zwei-Zimmerwohnungen bezugsbereit.

Fünf Erdsonden mit einer Tiefe von je 100 Metern und einem Durchmesser von 4 x 32 Millimetern liefern die Wärme aus dem Erdreich. Der genaue Temperaturverlauf über das gesamte Jahr wird sich erst im Betrieb zeigen. Für die Dimensionierung der Wärmepumpe wurde davon ausgegangen, dass selbst bei Aussentemperaturen von minus acht Grad Celsius die Eintrittstemperatur des Wärmeträgers mindestens plus fünf Grad betragen soll. Der Wärmeträger ist Ethylenglykol.

Die Wärmepumpe, bestehend aus zwei Kompressoren, erhöht die Temperatur des Wassers im Heizungskreislauf auf 40 Grad Celsius. Die Heizleistung der Wärmepumpe beträgt 19,7 Kilowatt. Die Wärmeverteilung erfolgt über eine Fussbo-

denheizung mit 33 Fussbodenregistern und zwölf Radiatoren. Die Rücklauftemperatur beträgt 30 Grad Celsius. Alle Wohnungen sowie der Mehrzweckraum im Dachstock haben einen separaten Wärmezähler.

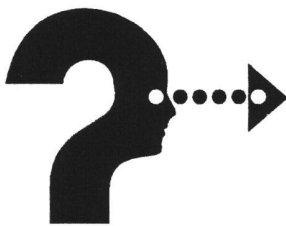
Die Wärmepumpe wird elektrisch betrieben. Das Elektrizitätswerk der Stadt Bern (EWB) hat mit 13 bzw. 6 Rappen pro Kilowattstunde (Hoch- bzw. Niedertarif) im Vergleich zu anderen Werken sehr interessante Tarife für Wärmepumpen; allerdings sind Tarifierhöhungen um zirka zwei Rappen pro Kilowattstunde zu erwarten. Durch den Einsatz einer neuartigen Wärmepumpe (Typ NC 45-2050) mit entsprechender Regel- und Steuertechnologie ist eine mittlere Anlage-Leistungszahl von über 4,0 geplant. Ein drei Jahre dauerndes Messprogramm sichert die Auswertung und Optimierung der Heizungsanlage. Erste Messresultate sind im März 1995 zu erwarten.

Die beheizte Fläche beträgt 725 m², der

Wärmeleistungsbedarf 25,8 Kilowatt. Die Kosten der Heizungsanlage belaufen sich auf 172 000 Franken, d.h. rund 240 Franken pro Quadratmeter beheizter Fläche. Die effektiven Investitionsmehrkosten gegenüber einer Ölheizung betragen zirka 93 000 Franken. Der Bund finanziert unter dem Titel Pilot- und Demonstrationsanlagen einen Teil der nicht amortisierbaren Anlagemehrkosten gegenüber einer konventionellen Heizung mit einem Beitrag von 18 000 Franken. Zusätzlich sind vom Bund 30 000 Franken für die Messeinrichtungen und Messberichte für drei Jahre zugesichert worden.

Adresse des Verfassers:

Thomas Glatthard
dipl. Kulturingenieur ETH/SIA
Brambergstrasse 48
CH-6004 Luzern



Wohn- und Büroeinrichtung / Bürotechnik

- K + E Vertretung (LEROY, HERCULENE, STABILENE etc.)
- Fax- und Kopiergeräte, allgem. bürotechn. Geräte / Systeme

Vermessungstechnik

- Laser- und Nivelliergeräte
- Kabellichtlote / Längenmessgeräte
- allgem. Vermessungszubehör

Wernli & Co

Telefon 064 - 81 01 75
Fax 064 - 81 01 76

Dorfstrasse 272
5053 Staffelbach