

## Deutsche Flugsicherung (DFS) baut Low Energy Office mit größter Erdwärmesondenanlage Deutschlands

W. Seidinger\*, H. Mornhinweg\*,  
Dr. E. Mands\*, Dr. B. Sanner\*

### Low Energy Office als Zielvorgabe

Da in der Schweiz bereits seit einigen Jahren innovative Gebäude mit dieser Zielsetzung erstellt werden, wurde das Ingenieurbüro Amstein + Walther aus Zürich beauftragt, das technische Pflichtenheft für den DFS Neubau zu erstellen und die Planung zu begleiten. Das Pflichtenheft bildet zudem die Grundlagen für den Controllingprozess.

In einem ersten Schritt wurde ein objekt-spezifischer „Low Energy Office“ (LEO) - Zielwert definiert, welcher anhand des Hessischen Leitfadens für energiebewusste Gebäudeplanung und der Empfehlung SIA 380/4 des Schweizerischen Ingenieur und Architektenvereins abgeleitet wurde.

Der LEO - Zielwert (Elektrizitäts- und Wärmeenergiebedarf des Gebäudes) beträgt:



Abb. 1: Geplantes Gebäude der Deutschen Flugsicherung, Langen. (Architekturskizze)

• 100 kWh/m<sup>2</sup>a<sup>1</sup>

Dies entspricht einer Energieeinsparung gegenüber einem konventionellen Bürobau von 35%.

### Energie- und Technikkonzept

Nachdem die Bedürfnisse der Bauherrschaft im Pflichtenheft fixiert sind, wird in einem iterativen Prozess das Energie- und Technikkonzept mit folgenden Komponenten erarbeitet:

- Gute Gebäudehülle mit optimaler Beschattung (damit die Auswirkungen des Außenklimas auf das Raumklima minimiert werden können);

- Nutzung der Gebäudemasse (weitgehender Verzicht auf Doppelböden und abgehängte Decken);
- Thermoaktive Decken „TAD“;
- Erdwärmesondenanlage (154 Stück à 70 m im 5m - Raster) als saisonaler Wärme- und Kälteenergiespeicher;
- Wärmepumpe mit umweltfreundlichem Kältemittel NH<sub>3</sub> und hoher Leistungsziffer<sup>^</sup> von > 6 für Niedertemperaturwärme bis max. 30 °C;
- Nahwärmeverbund für Temperaturen > 30°C;
- kostengünstige Kältemaschine mit Kältemit-

# E+M

BOHR-GMBH

Ein Unternehmen der ETSCHEL-Gruppe



ein ganz heißes Ding ...

**E+M Bohr-GmbH • 95030 Hof**

Tel. (0 92 81) 9 74 - 0 • Fax (0 92 81) 974 - 551  
www.em-bohr.de

**Ihr Ansprechpartner in allen  
Fragen der Geothermie**



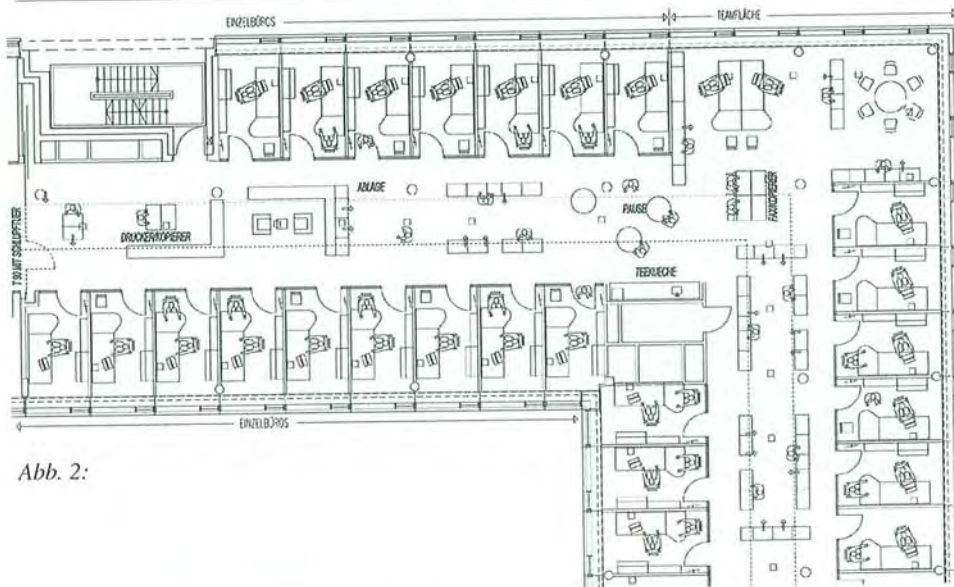


Abb. 2:

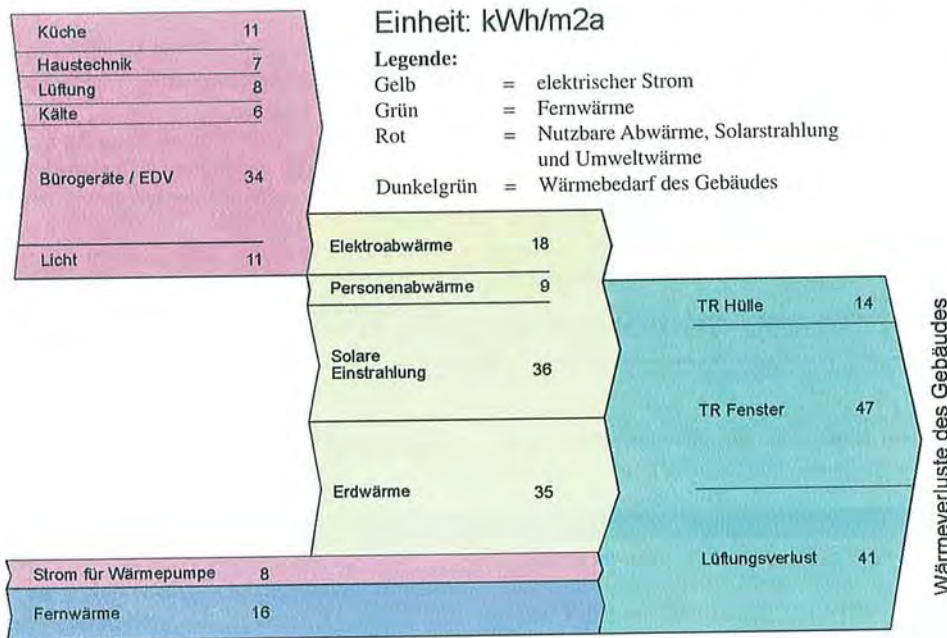


Abb. 3: Energieflussdiagramm des DFS Neubaus

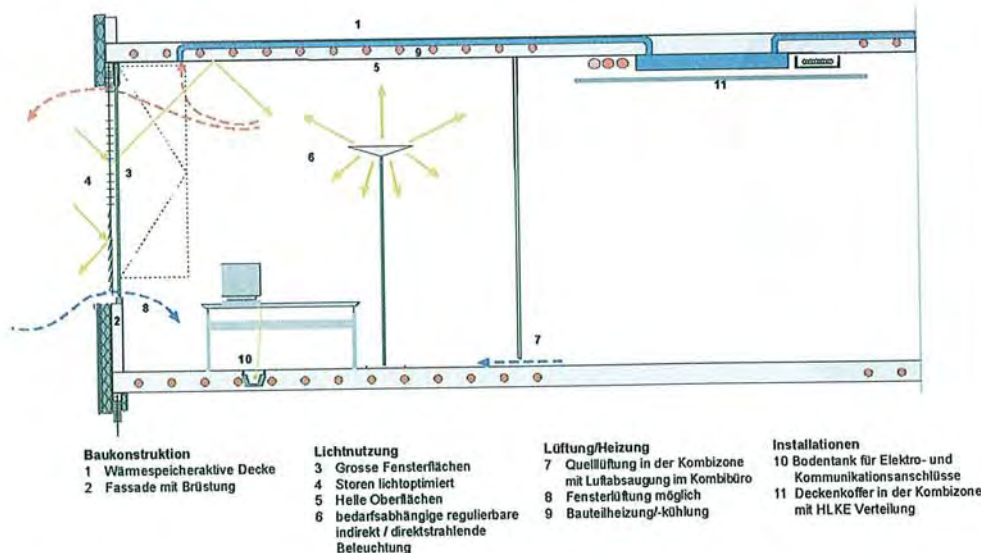


Abb. 4: Technikkonzept Kombibüro / Kombizone

tel NH3 zur Spitzendeckung;

- Tageslichtumlenkung, Lichtsteuerung und Bewegungsmelder

Anhand der folgenden schematischen Darstellung des Kombibüros und der Kombizone kann das Zusammenspiel der verschiedenen Themenbereiche wie Beleuchtung, Lüftung, Heizung, Kühlung und Medienerschließung dargestellt werden.

Sonnenschutz:

- Ein außenliegender Rafflamellenstoren bietet den optimalen Sonnenschutz. Durch sich asymmetrisch öffnende Lamellen wird die Tageslichtnutzung optimiert.

Lüftung:

- Frischluft wird in die Kombizone (Mittelzone) mittels Quelllüftung eingebracht und strömt via Türunterschnitt in die Kombibüros (Fensterzone). In den Kombibüros wird die Abluft an den Decken gefasst und abgeführt. Die Benutzer in den Kombibüros haben zudem jederzeit die Möglichkeit individuell die Fenster zu öffnen.

Heizung / Kühlung:

- Für die Beheizung des Raumes ist eine Bauteilheizung (TAD) vorgesehen (Bodenheizregister, welche in die Betondecke ein gelegt werden). Dieses System wurde bereits vor 40 Jahren angewendet und erlebt heute eine Renaissance. Die guten Dämmwerte der Gebäudehülle ermöglichen gegenüber früher jedoch wesentlich tiefere Heizsystemtemperaturen und somit einen hohen Selbstregulierungseffekt. (Die Deckenoberflächentemperatur beträgt im Winter maximal 24°C. Falls bei hoher Wärmelast die Raumtemperatur über 24°C ansteigt, beginnt die Decke bereits den Raum zu kühlen, ohne dass irgendwelche Systemparameter verändert werden müssen). Zudem kann das System im Sommer zur Kühlung eingesetzt werden. Für die Nord- und Südbüros sind unterschiedliche Vorlauftemperaturen erforderlich. Deshalb wird ein sogenanntes Dreileitersystem eingesetzt, welches aus zwei Vorlaufsträngen und einem gemeinsamen Rücklaufstrang besteht. Die Eckbüros werden zusätzlich mit vertikal erschlossenen Konvektoren beheizt, da die größeren Fensterflächen zu einem erhöhten Wärmeleistungsbedarf führen.

Elektro / Kommunikation:

- Jedes Kombibüro wird mit einem Bodentank ausgestattet. Die Bodentanks sind mit 3 Kraftsteckdosen, 2 Telefonanschlüssen, 2 Glasfaseranschlüssen, 1 EIB Steckdose und 4 Leerrohren bestückt. Falls an Stelle der Einzelpersonen-Kombibüros, Zwei- oder Mehrpersonbüros entstehen werden, können zwei bis drei Arbeitsplätze von einem Bodentank aus mit den entsprechenden Medien versorgt werden. In den Pults sind Taster für die Bedienung des Sonnenschutzes und die Kombizonenbeleuchtung integriert.
- Die Arbeitsplatzbeleuchtung besteht aus Stehleuchten mit integriertem Präsenzmelder und



### Umwelttechnik:

- Altlastenuntersuchungen
- Sanierungskonzepte
- Erstellung von Rückbaukonzepten

### Baugrunduntersuchungen:

- Gründungsgutachten
- Bauüberwachung

### Geotechnik:

Erdstatische Berechnungen für:

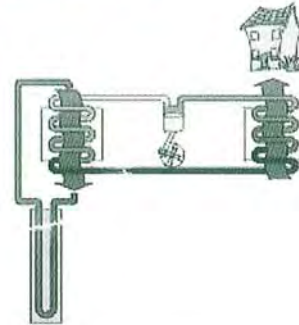
- Damm-, Wege-, Straßen- und Kanalbau
- Böschungen

### Hydrogeologie:

- Untersuchungen zur Grundwassererschließung
- Überwachung von Brunnenbohrungen und Pumpversuchen

### Geothermie:

- Beratung und Planung zur Nutzung der Erdwärme / -kälte für Heizung und Kühlung von Gebäuden
- Beratung und Planung erdgekoppelter Solaranlagen
- Dimensionierung von Energiepfählen
- Ermittlung der thermischen Eigenschaften des Untergrundes mittels Geothermal-Response-Test (GeRT)
- Fachbauleitung und Überwachung



### Verlauf der Raumlufttemperatur in einer Sommerwoche

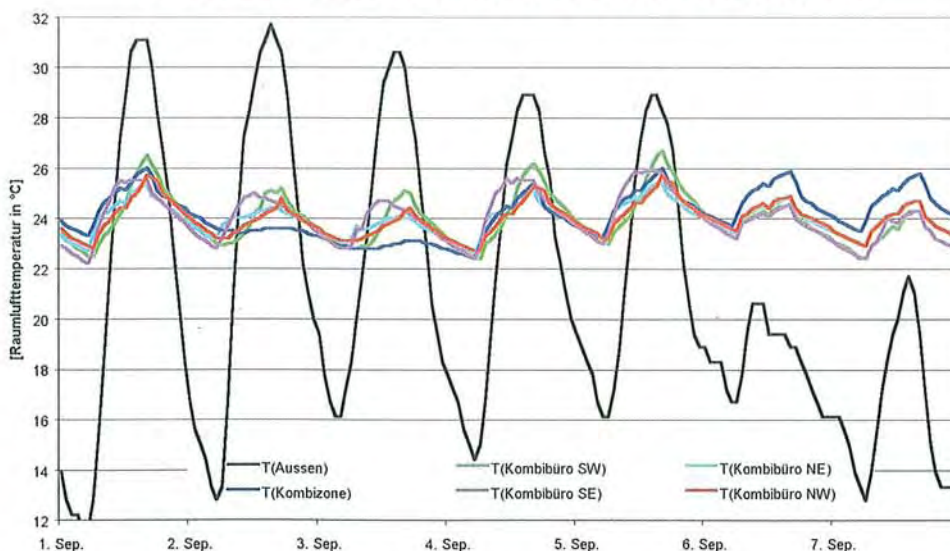


Abb. 5: Temperaturverlauf der Kombibüros bei einer TAD-Vorlauftemperatur von 20°C

wichtig, dass die Beschattungseinrichtung, innere Wärmelasten, die Bauteilspeichermasse und die Haustechnikanlagen optimal aufeinander abgestimmt werden können. Für die vorliegenden Berechnungen wurde das Programm DOE 2.1 E eingesetzt. Dies ist ein weit verbreitetes und bewährtes Simulationsprogramm aus den USA, mit welchem das Verhalten des Gebäudes im Stundenschritt dynamisch nachgebildet werden kann.

### Die Erdwärmesondenanlage

Eine zentrale Stellung im Energiekonzept DFS nimmt die Erdwärmesondenanlage ein. Mit ihr soll die Grundlast der Gebäudeheizung und -kühlung betrieben werden. Die Anlage setzt sich aus 154 Erdwärmesonden von je 70 m Tiefe zusammen.

Im vorliegenden Fall werden Doppel-U-Sonden verwendet, bei denen 4 Polyethylen-Rohre am Fuß so verbunden werden, dass zwei U-förmige Rohrschleifen entstehen (s. Abb. 6). Erdwärmesonden werden in grösserer Zahl für erdgekoppelte Wärmepumpen im Wohnhausbereich eingesetzt. Anlagen mit einer Leistung und Sondenanzahl wie die der DFS gibt es in Europa nur wenige.

Im Sommer wird das aus der Erdwärmesondenanlage kommende kalte Wasser direkt zum Kühlen der Betondecken genutzt, es erwärmt sich dabei und wird anschließend wieder durch die Erdwärmesonden gepumpt, wo

- tageslichtabhängiger Beleuchtungssteuerung.
- Über ein Bussystem EIB werden die Sonnenschutzstorenmotoren und die Kombizonenbeleuchtung gesteuert.

### Dynamische Gebäudesimulationen

Dynamische Gebäudesimulationen sind in der innovativen Haustechnikplanung nicht mehr

wegzudenken. Sie ermöglichen einerseits eine exaktere Dimensionierung der Haustechnikanlagen - kostspielige „Sicherheitszuschläge“ können verhindert werden - und können andererseits eine hohe Sicherheit bezüglich den zu erwartenden sommerlichen und winterlichen Raumtemperaturen erbringen. Insbesondere bei einem hohen Glasanteil in den Außenfassaden ist es



# KORROSIONSFREIE BRUNNEN AUSRÜSTUNG

## Anwendungen:

- Wasser
- Geothermie
- Sole
- Mineral



## Vorteile:

- Korrosionsfrei
- Sichere und dichte ACT-Verbindung
- Wirtschaftlich

## Produkte:

- Steig/Pumpen Rohre
- Aufsatz/Liner Rohre
- Feldleitungsrohre



Prüfzeugnisse:  
**TÜV, Hygiene  
Institut, WEG,  
ISO 9001 & 9002,  
API 15 HR & LR,  
Stoomwezen.**

STAR Fiber Glass ist spezialisiert auf Verkauf und Installation von GFK-Rohren in Europa und Afrika. Abhängig von der Anwendung sind die Rohre lieferbar in Diametern von 1 1/2" bis zu 12", wobei die maximale Druckklasse 280 bar beträgt. Die wichtigste Eigenschaft von GFK ist die absolute Beständigkeit gegen Korrosion. Deshalb sind diese Rohre ganz besonders geeignet für den Transport von Erdöl, Gas, (Ab)Wasser und anderen aggressiven Media.



## STAR FIBER GLASS

STAR Fiber Glass Systems B.V. Postfach 310 7570 AH Oldenzaal Die Niederlande  
Telefon (31)541 571666 Telefax (31)541 520461 E-mail: starbv@star.vos-groep.nl

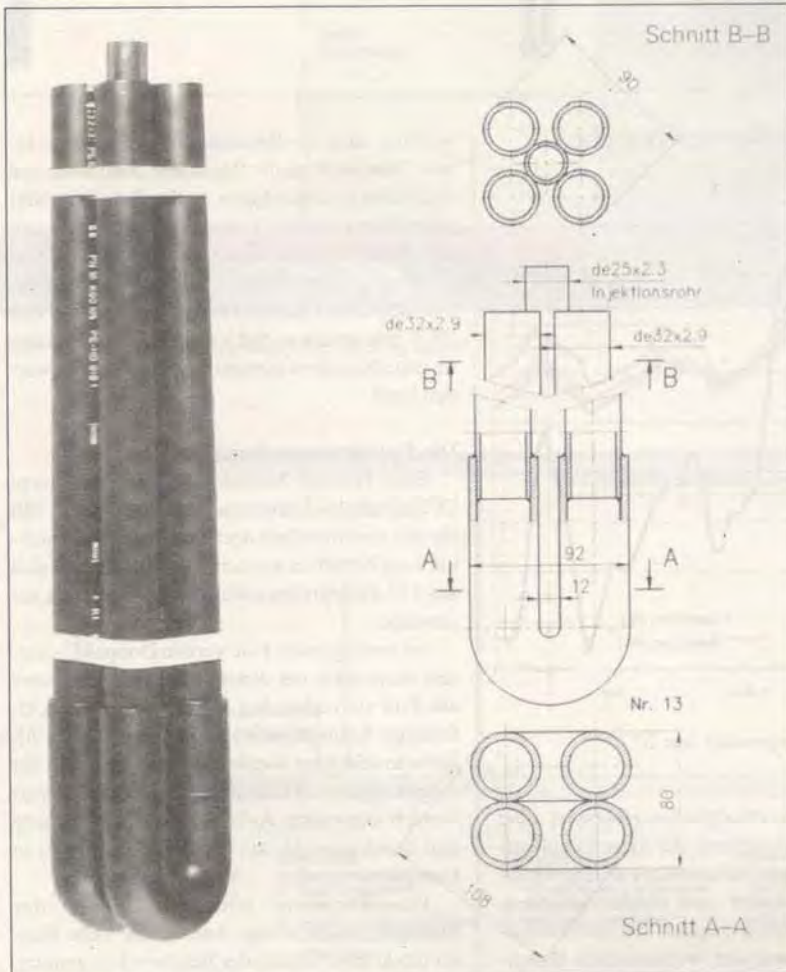


Abb. 6: Doppel U-Sonde

es die Wärme an das Erdreich abgeben kann. Durch diese Zirkulation erwärmt sich der Untergrund langsam. Diese Wärme wird im Winter wieder entzogen und über Wärmepumpen zu Heizwerken eingesetzt.

Eine Besonderheit der Erdwärmesonden der DFS ist, dass als Wärmeträgermedium reines Wasser verwendet wird. Während in erdgekoppelten Wärmepumpenanlagen in der Regel ein Frostschutzzusatz zur Beherrschung von Temperaturen unter 0 °C eingesetzt wird, kann hier durch den Vorrang der Gebäudekühlung und die genaue Auslegungsberechnung darauf verzichtet werden.

Der Betrieb ohne Frostschutzzusatz hat unter anderem den ökologischen Vorteil, dass bei einer (allerdings sehr unwahrscheinlichen) Leckage nur reines Wasser austreten würde, außerdem werden die nicht unbeträchtlichen Kosten für die Befüllung der Anlage mit einem Wasser-Frostschutz-Gemisch eingespart. Eine Auslegung auf minimale Wärmequellentemperaturen von +4 °C bildet weiterhin die optimale Grundlage für eine gute Jahresarbeitszahl im Heizbetrieb.

Der Ganzjahresheiz- und Kühlenergiefluss ist im nachfolgenden Bild (Abb. 7) graphisch dargestellt.

In Zusammenarbeit mit den Büros Amstein + Walthert, Reuter + Rührgartner und UbeG wurden umfassende Simulationsberechnungen und Feldversuche für die Leistungsermittlung der Verbraucher und des Erdwärmesondenfeldes durchgeführt.

Die 154 Erdwärmesonden erbringen eine Leistung von 330 kW im Heiz- und 340 kW im Kühlfall. Dadurch können 75% des Kälteenergiebedarfs durch die Erdwärmesondenanlage gedeckt werden. Lediglich die Spitzenkälteleistung wird durch die Kompaktkältemaschine erzeugt. Im Winter können 70% des Wärmeenergiebedarfs mittels Wärmepumpe erzeugt werden.

Zur Auslegung der Erdwärmesondenanlage wurden Berechnungen mit der von Universitäten in Deutschland und Schweden gemeinsam entwickelten Software „Earth Energy Designer“ durchgeführt. Damit kann der Temperaturverlauf des Wärmeträgers in Abhängigkeit von Untergrundparametern und Leistungskurven berechnet werden.



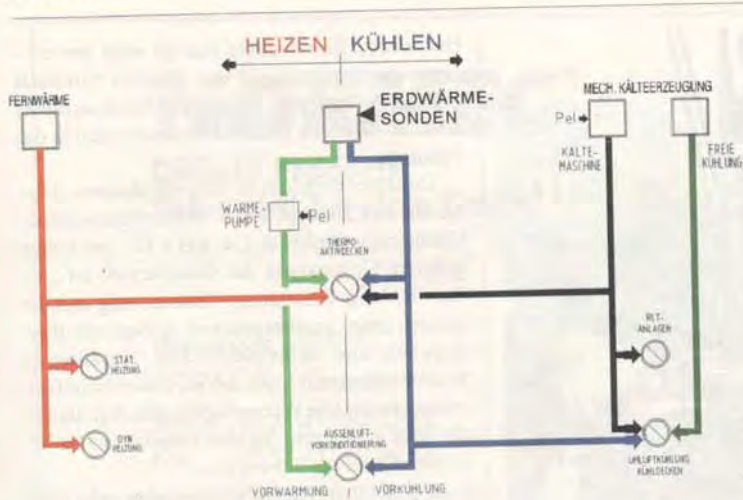


Abb. 7: Jahresheiz- / Kühlenergiefluss

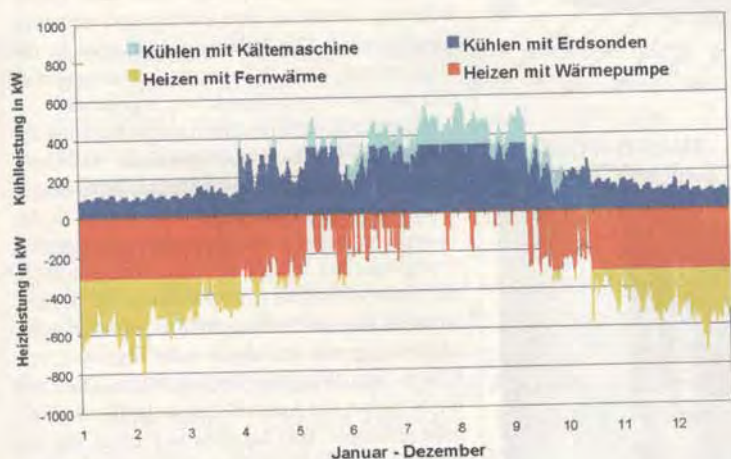


Abb. 8: Heiz- und Kühlleistungsbedarf des Gesamtgebäudes, DOE 2 Simulation

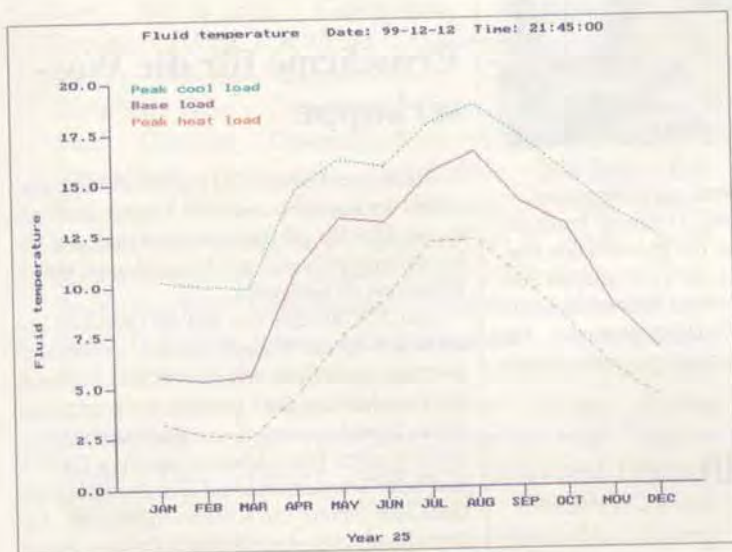


Abb. 9: Temperaturkurve für das 25. Betriebsjahr, Earth Energy Designer Simulation

Als Basis für eine genaue Berechnung wurden die Untergrundparameter mittels Probebohrung (Fa. Grundtag) und mobilem Thermal Response Test (Fa. UBeG) ausgemessen.

Die Simulationsrechnungen werden über einen Betrachtungszeitraum von 25 Jahren durchgeführt, damit ein langfristiges Absinken oder Ansteigen der Erdreichtemperaturen aufgezeigt werden kann.

Die Wärmeleitfähigkeit der Verfüllung hat einen beachtlichen Einfluss auf die Erdwärmesondenleistung. Durch den Einsatz eines thermisch verbesserten Verfüllmaterials konnte die Wärmeleitfähigkeit von üblicherweise 0.8 W/m/K auf 1.6 W/m/K angehoben werden. Die Leistung der Erdwärmesonden wird dadurch um ca. 10% verbessert.

### Die Wirtschaftlichkeit der Erdwärmesonden - Wärmepumpenanlage

Die Erdwärmesonden - Wärmepumpenanlage ermöglicht trotz der höheren Investitionskosten, im Vergleich zu einer konventionellen Wärme- und Kälteerzeugung, eine jährliche Kosteneinsparung gemäß der nachfolgenden Grafik:

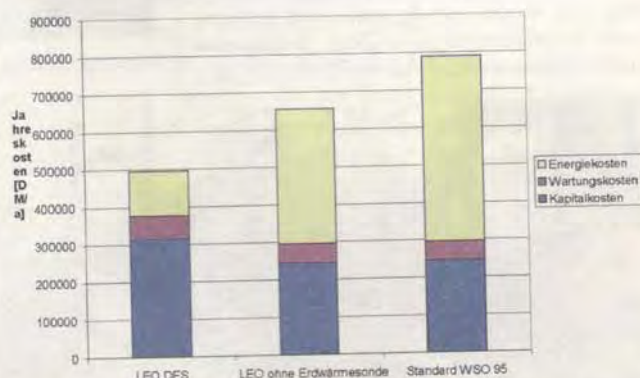


Abb. 11: Jahreskosten für die Wärme- und Kälteerzeugung im Vergleich

In der obigen Grafik werden die folgenden drei Varianten verglichen:

- Variante DFS LEO (Variante, die aus Erdwärmesonde, Wärmepumpe, Nahwärmeverbund, geführt wird): Kältemaschine, 4.5 Mio. DM
  - Variante DFS LEO ohne Erdwärmesonde: Nahwärmeverbund, Kältemaschine, 3.5 Mio. DM
  - Variante Standard Office (WSO 95): Nahwärmeverbund, Kältemaschine, 3.5 Mio. DM
- Realzins: 5%, Energiepreisteuerung 1%, Elektrizität 17.5 Pf./kWh, Wärme 10 Pf./kWh

Aus dem obigen Jahreskostenvergleich, bei welchem die Energie-, Wartungs- und Kapitalkosten für die Wärme- und Kälteerzeugung berücksichtigt sind, ist ersichtlich, dass die gewählte Low Energy Office Variante infolge der geringen Energiekosten die wirtschaftlichste Lösung darstellt. Anders ausgedrückt: Die jährliche Rendite auf das eingesetzte Kapital für die Erdwärmesondenanlage beträgt 16%.

\*W. Seidlinger, Amstein + Wathert, Schweiz, Zürich  
 \*H. Mornhinweg, Amstein + Wathert, Schweiz, Zürich  
 \*\*Dr. Erich Mands, UBeG GmbH, Wetzlar  
 \*\*\*Dr. Burkhard Sanner, Institut für angewandte Geowissenschaften, Universität Gießen