

Geothermie: Nutzung der unerschöpflichen Energie am Beispiel des Fildorados

Von Andrea Weber, Umweltschutzreferat Filderstadt

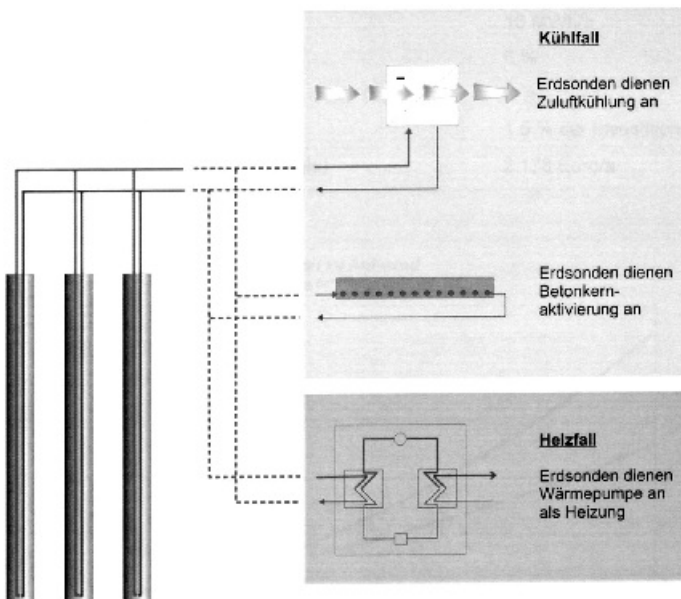
Definition der Erdwärme: Geothermische Energie ist die in Form von Wärme gespeicherte Energie unterhalb der Oberfläche der festen Erde.

Aus dem Innern der Erde steigt ein ständiger Wärmestrom an die Oberfläche und entweicht in den Weltraum. Laufend verschwindet mehr als das 2,5-fache des menschlichen Energiebedarfs weltweit ungenutzt. Der Wärmestrom aus dem Erdinnern steht immer zur Verfügung. Er ist umweltgerecht, sauber und klimaschädliche CO₂-Emissionen können bei dessen Nutzung im Vergleich zu anderen Energieformen im beträchtlichen Umfang vermieden werden.

Erdwärme aus oberflächennaher Geothermie:

Nahe der Erdoberfläche betragen die Temperaturen in Deutschland auf den ersten 100 m im Durchschnitt 9° bis 12° C. Mittels Erdwärmesonden bzw. Kollektoren und Wärmepumpen kann die Wärme aus dem oberflächennahen Untergrund genutzt werden.

Abbildung 1: Prinzip der Geothermie



Erdwärmekollektoren: Sind flache, meist in 80 bis 160 cm Tiefe verlegte Wärmetauschrohre, die an eine Wärmepumpe angeschlossen sind.

Erdberührte Betonbauteile, Energiepfähle: Betonbauteile lassen sich nicht nur als tragendes oder architektonisches Element einsetzen. Alles, was an Beton in den Boden eingebaut werden muss, lässt sich auch zu einem funktionsfähigen und wirtschaftlichen Heiz- und Kühlsystem herrichten. Dafür werden bei der Errichtung des Gebäudes Wärmetauschrohre in den Beton eingebracht. Als Schlagwort für diese Technologie hat sich der Begriff "Energiepfahl" durchgesetzt. Er rührt aus der Nutzung von Gründungspfählen zu Heizzwecken her. Eine Nachrüstung bereits vorhandener Betonflächen ist allerdings nicht möglich.

Der wirtschaftliche Vorteil ergibt sich vor allem daraus, dass nur solche Bauteile herangezogen werden, die aus statischen Gründen ohnehin errichtet werden müssen. Der Mehraufwand dafür ist relativ gering. Zusätzliche Bohrarbeiten wie bei den Erdwärmesonden fallen nicht an.

Situation bei der Planung des Umbaus Fildorado:

Im Rahmen der Sanierung und Erweiterung des Fildorado wurde von der Firma Transsolar Energietechnik GmbH ein Energiekonzept entwickelt, mit dem Ziel einer Komfortoptimierung bei gleichzeitiger Minimierung von Betriebs- bzw. sofern möglich von Investitionskosten. Die Maßnahmen lassen sich in bauliche sowie anlagentechnische Maßnahmen gliedern.

Bauliche Maßnahmen im Überblick

Hier wurden sieben verschiedene Maßnahmen bei der Planung berücksichtigt:

Die optimierte Nutzung von Tageslicht soll angenehme helle Räume schaffen und gleichzeitig zu einer Reduzierung des Energieverbrauches von Kunstlicht führen. Um die Transmissionswärmeverluste vor allem im Glasfassadenbereich zu verringern, ist ein hoher Dämmstandard nötig.

Die Dachverglasungen sind nach Süden orientiert, um für die optimierte passive Nutzung von Sonnenenergie zu sorgen. Gleichzeitig kommen ausschließlich Verglasungen mit einer hohen Strahlungstransmission zum Einsatz.

Das natürliche Lüftungskonzept für die Schwimmhalle ermöglicht die Abschaltung der Raumlüftung an warmen, strahlungsreichen Tagen. Es werden drei Betriebsarten unterschieden:

Winterbetrieb: mechanische Lüftung,

kühler Sommertag: mechanische und natürliche Lüftung,

heißer Sommertag: natürliche Lüftung mit einer Zuluft über Öffnungen in den vertikalen Fassaden und einer Entlüftung über Öffnungen im Dach.

Das natürliche Lüftungskonzept für das Foyer ermöglicht den Verzicht auf Raumlufttechnik in diesem Bereich. Eine natürliche Belüftung des Foyers über Fugen- und Fensterlüftung führt im Vergleich zu einer mechanischen Belüftung zu keiner spürbaren Verschlechterung der Raumluftqualität. Zu einer Minimierung des Energieverbrauches führt eine halbautomatische Beckenabdeckung für die ganzjährig betriebenen Außenbecken (Thermalbecken Hallenbad und Warmbecken Saunabereich). Diese wird nach Betriebsschluß manuell an den Beckenrand geschoben. Die Abdeckung gleitet auf der Wasseroberfläche. In den Morgenstunden läßt sich die Abdeckung motorisch aufwickeln.

Ein Quellluftsystem im Fitnessbereich optimiert die Raumluftqualität sowie den thermischen Komfort.

Technische Maßnahmen im Überblick

Fünf Maßnahmen wurden für den Umbau vorgesehen:

Ein gasbetriebenes Blockheizkraftwerk, das über einen Generator Strom erzeugt. Die entstandene Abwärme des Motors wird für die Wärmeversorgung genutzt. Der Wirkungsgrad ist dadurch wesentlich besser als in einem Kraftwerk, wo aufgrund der Zentralisierung eine Wärmenutzung von untergeordneter Bedeutung ist. Liegt ein relativ konstanter Wärmebedarf vor, können derartige Anlagen im Betrieb wirtschaftlich sein. Voraussetzung ist in der Regel eine Laufzeit von 4.000 bis 5.000 Stunden pro Jahr. Eine Wärmepumpe kühlt die feuchtwarme Abluft aus der Wasserverdunstung (den größten Energieverlust der Schwimmbecken) ab und dadurch wird wieder Verdampfungswärme gewonnen. Diese Wärme wird auf einem höheren Temperaturniveau dazu genutzt, die kalte Außenluft ? im Schwimmbad? aufzuwärmen oder im Sommer den Schwimmbecken zugeführt.

Darüber hinaus werden die Schwimmbecken mit Erdwärme beheizt, die über die Energiepfähle dem Erdreich entzogen und mittels einer Wärmepumpe auf ein höheres Temperaturniveau gebracht wird. Zur Realisierung des Wärmeaustausches mit dem Erdreich werden die für die Gründung erforderlichen Pfähle mit wasserdurchströmten Kunststoffrohren belegt.

Auf eine Lüftungsanlage für die Duschen und Umkleiden konnte verzichtet werden, indem ein Teil der Abluft des Umkleidebereichs entnommen wird und über Nachstromöffnungen die Frischluftversorgung sichergestellt wird. Statische Heizflächen erwärmen diese nachströmende Luft, um Zugerscheinungen zu vermeiden. Die Luftmenge im Schwimmbad wurde auf 80 % des Sollwertes reduziert. Für die Auslegung der Lüftung für die

Schwimmhalle wird die sommerliche Außenluftfeuchte herangezogen. Da der mechanischen Lüftung im Sommer eine natürliche Lüftung überlagert wird, ist der Feuchteanstieg unkritisch.

Erdwärme im Fildorado:

Für die Gründung des Gebäudes sind etwa 50 Bohrpfähle mit einer Tiefe von je ca. 10 Metern erforderlich. Die aktive Bohrpfahlänge mit Rohrschlaufen beträgt ca. 680 lfdm. Die Bewehrungskörbe der Bohrpfähle werden, wie in nachstehender Abbildung dargestellt, mit Rohrschlangen belegt, so dass die Pfähle selbst als Wärmetauscher zum Erdreich dienen.

*Abbildung 2:
Beispiel eines mit
Rohrschlangen belegten
Armierungskorbs für
einen Bohrpfahl*



Im Winter wird dem Erdreich Wärme entnommen, mittels einer Wärmepumpe mit einer thermischen Leistung von 36 kW auf ein höheres Temperaturniveau gehoben und ist damit für die Beheizung der Schwimmbecken (Einspeisung Thermalbecken) nutzbar.

Im Sommer wird über die Bohrpfähle dem Erdreich "Kälte" entzogen, die zur Zuluftkühlung und Kühlung der Geschoßdecken (Bauteilkühlung) im Fitnessbereich genutzt wird. Die Kühlung ist quasi ein Abfallprodukt. Aufgrund des wechselweisen Kühl- und Heizbetriebes ergibt sich ein Ein- und Ausspeichern von Wärme im Erdreich. Das Erdreich wird damit als Zwischenspeicher genutzt. Die Strahlungskühlung lässt im Fitnessbereich einen hohen Nutzerkomfort erwarten als eine konventionelle Klimatisierung.

Durch die winterliche und sommerliche Nutzung des Erdreichwärmetauschers ergibt sich energetisch ein äußerst effizienter Betrieb.

Die unterschiedlichen Nutzungsvarianten sind in nachfolgender Grafik nochmal prinzipiell dargestellt.

Zur Planung:

Das im Vorentwurf erarbeitete Geothermie-Konzept, das eine Wärmepumpe mit einer thermischen Leistung von 36 kW_{th} beinhaltet, basiert auf einer 4-fach-U-Belegung von Bohrpfählen mit einem Durchmesser von 0,9 m. Die Entwurfsplanung sieht für die Gründung der Badehalle in erster Linie Ramppfähle (60 cm) vor, die in der Regel nur mit einem 2-fach-U-Rohrschlaufensystem belegt werden können. Um das Geothermie-Konzept an die nun geänderten Randbedingungen anzupassen, bestand zum einen die Möglichkeit, die Wärmepumpe zu verkleinern oder die Anzahl der belegten Ramm- und Bohrpfähle zu vergrößern.

Basis der physikalischen Eigenschaften des Erdreichs ist das "Baugrund- und Gründungsgutachten für die Sanierung, Modernisierung und Erweiterung des Sport- und Badezentrums Fildorado in Filderstadt-Bonlanden" von Prof. Dr.- Ing. E. Vees und Partner GmbH vom 12.04.2002.

Basis der Belegung der Gründungspfähle sind die Planunterlagen "Gründung Technik Wasserbecken" und "Gründung Ebene E-2" von IB Pfefferkorn + Partner vom 21.02.2003. Der Gründungsplan der Badehalle ist in Abbildung 4 dargestellt.

Abbildung 3: Leistungsverlauf des Erdwärmetauschers (Energiepfähle)

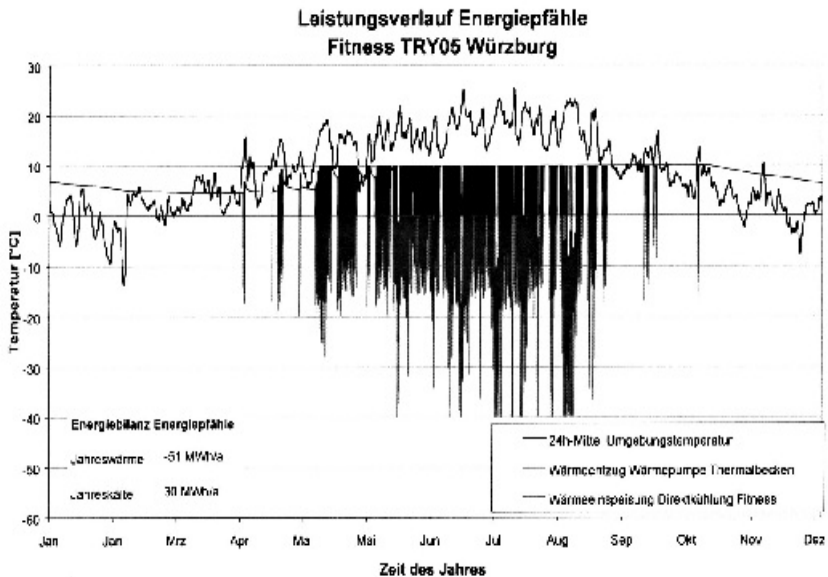
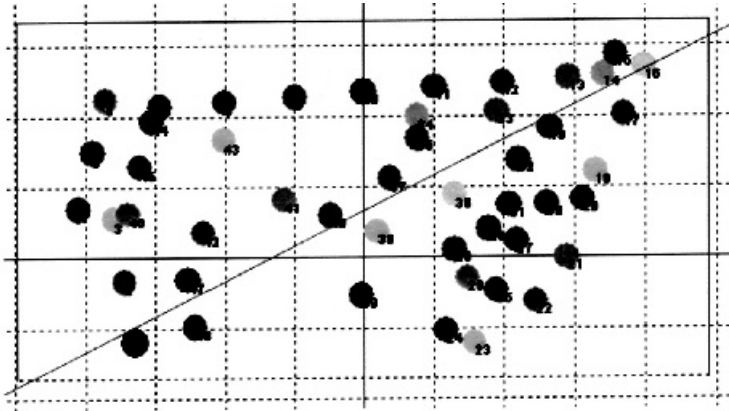


Abbildung 4: Lage der Energiepfähle unterhalb der Badehalle



Fazit:

Aufgrund der sehr effizienten bivalenten Nutzung der Erdsonden ergibt sich laut Planer eine Amortisationszeit des Systems von 7 bis 8 Jahren. Veränderungen bei den Energiepreisen haben keine signifikante Auswirkung, da aufgrund der Wärme- und Kältenutzung einerseits Wärmeenergie gespart wird, andererseits jedoch auch elektrische Energie im Bereich der Kühlung ersetzt wird.

Literatur:

Transsolar Energietechnik GmbH, Stuttgart: Entwurf Energiekonzept Fildorado, Filderstadt, 31.03.2003