

# Nutzung von Erdwärmesonden

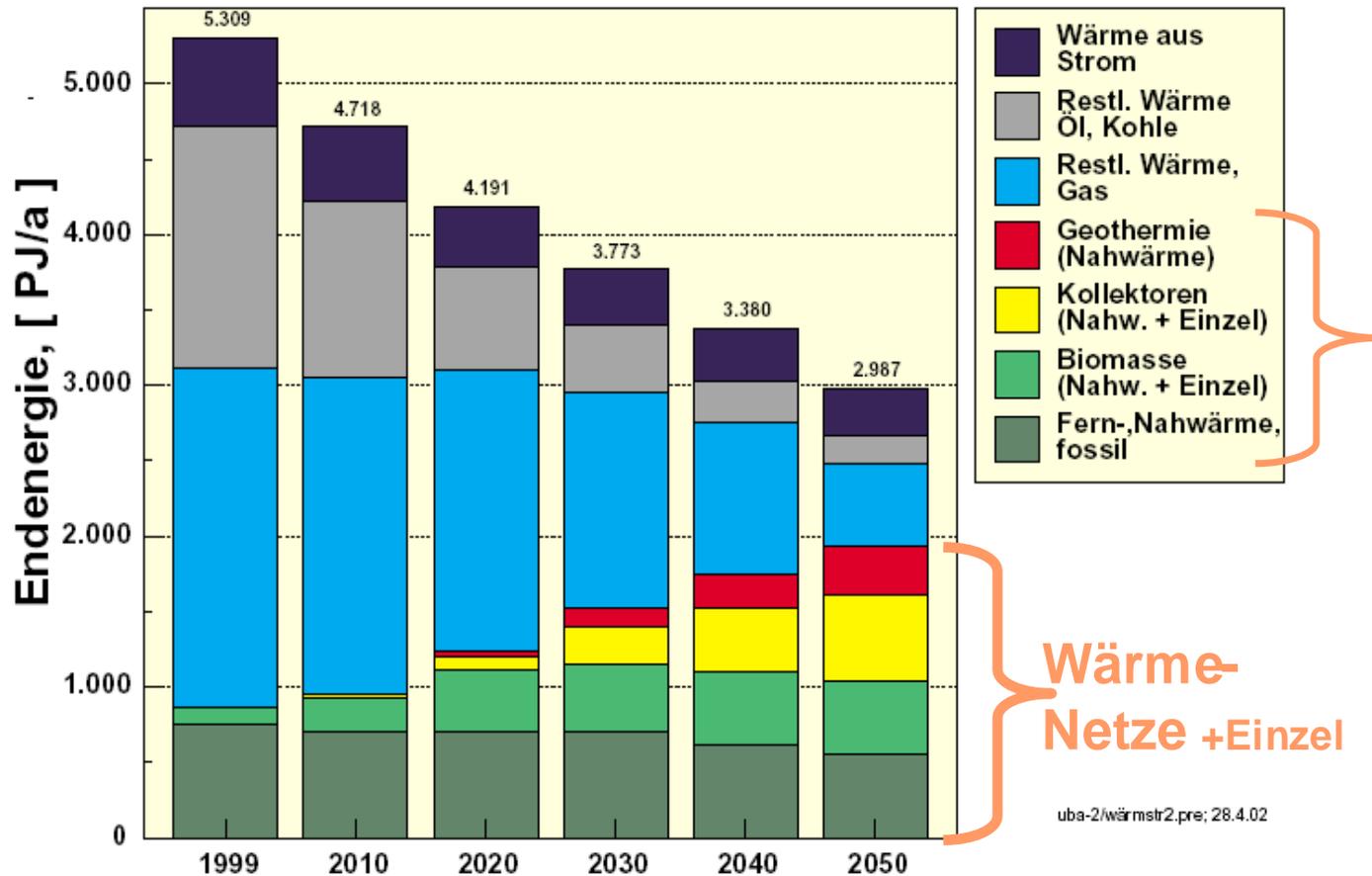
## Technologie - Potentiale

Das Verfahrensprinzip Direktverdampfung von Kältemitteln in Bohrungen ist der Weg für die hocheffiziente Gewinnung von Erdwärme und den verlustfreien und kostenlosen Wärmetransport von „unten nach oben“

Dr.-Ing. Rolf Michael Wagner

BLZ Geotechnik Gommern

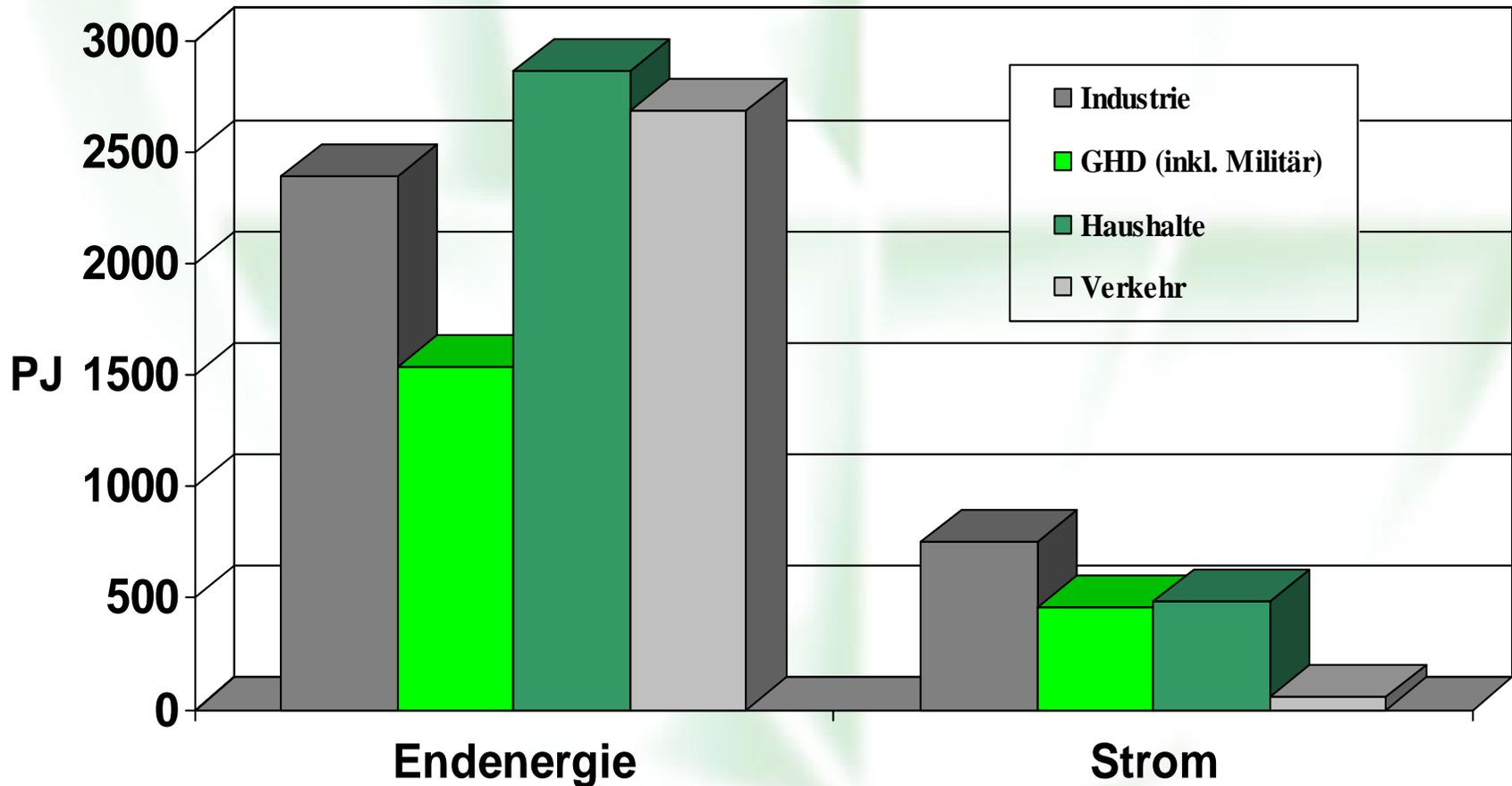
# Strukturveränderung bei der Wärmebereitstellung im Szenario Nachhaltigkeit bis 2050



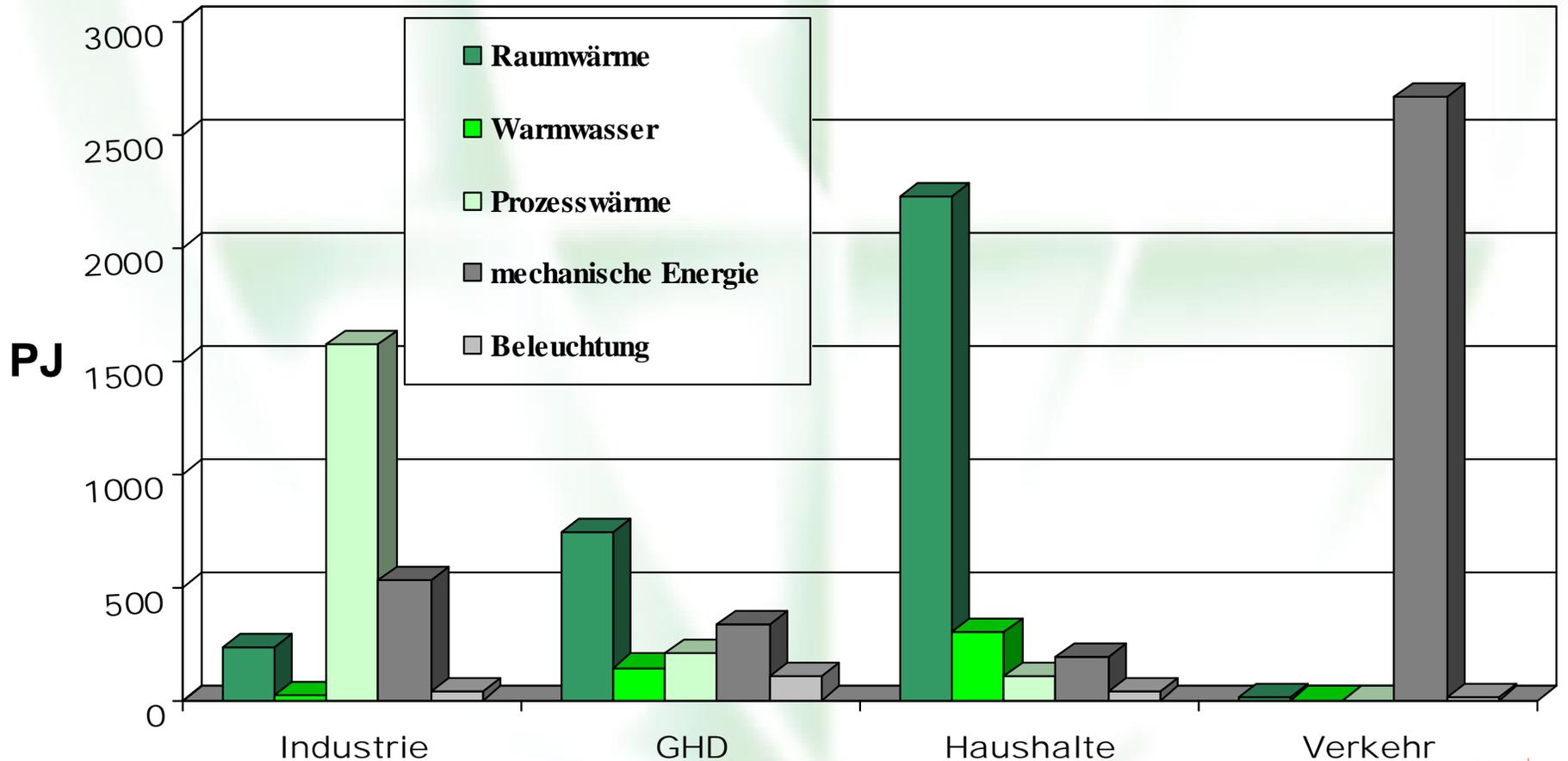
Verlauf des Wärmebedarfs und Veränderung der Wärmebereitstellungsstruktur  
(Raumheizung, Warmwasser, Prozesswärme)

Quelle: UBA Report-0202\_2002; Fishedick.M. und Nitsch.J.; Abb.3. p.4

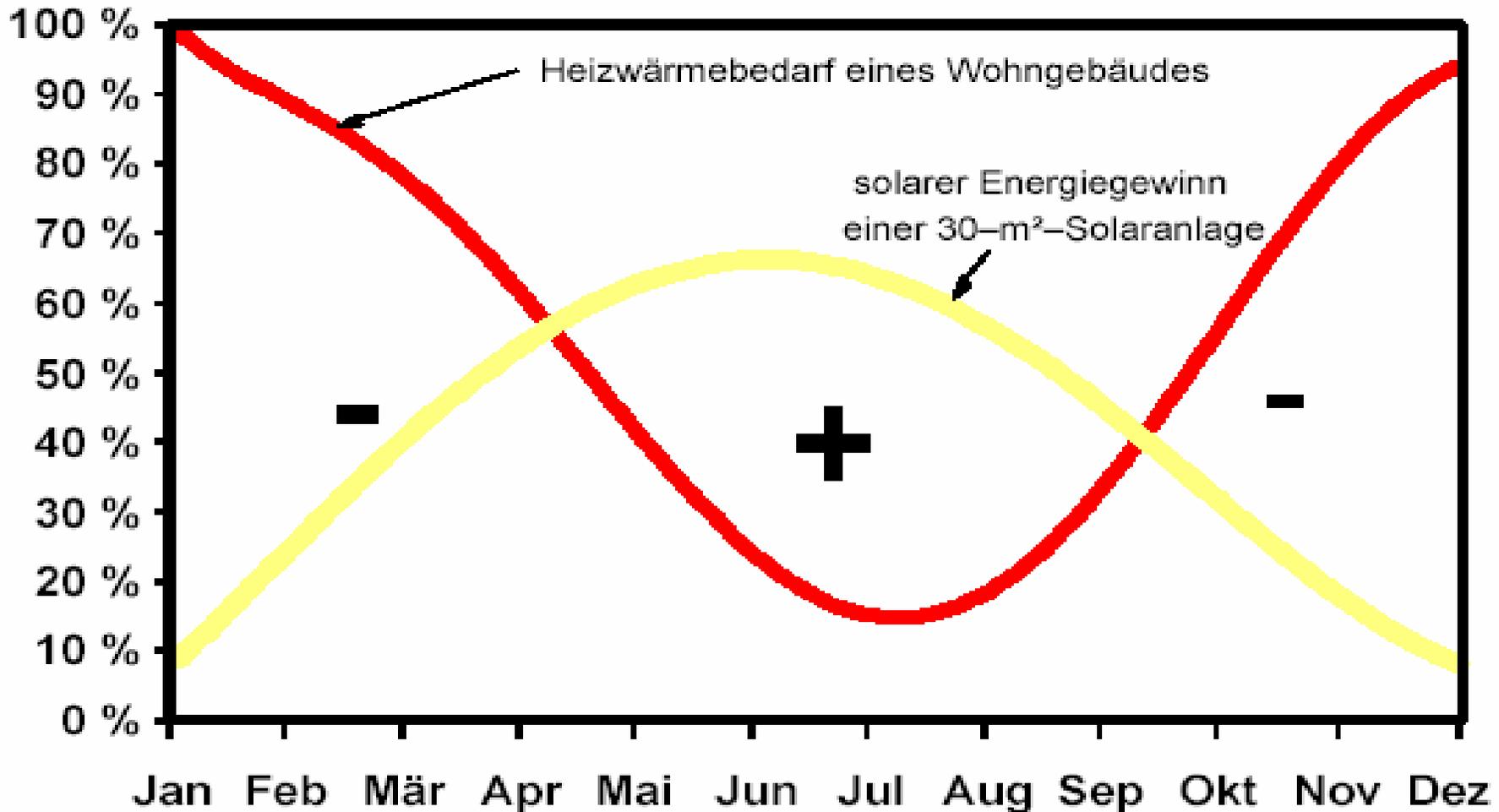
# Endenergie - im Vergleich zum Strombedarf für D



# Endenergiebedarf nach Verbrauchern für D



# Sonnenenergieangebot und Energiebedarf im Jahresverlauf

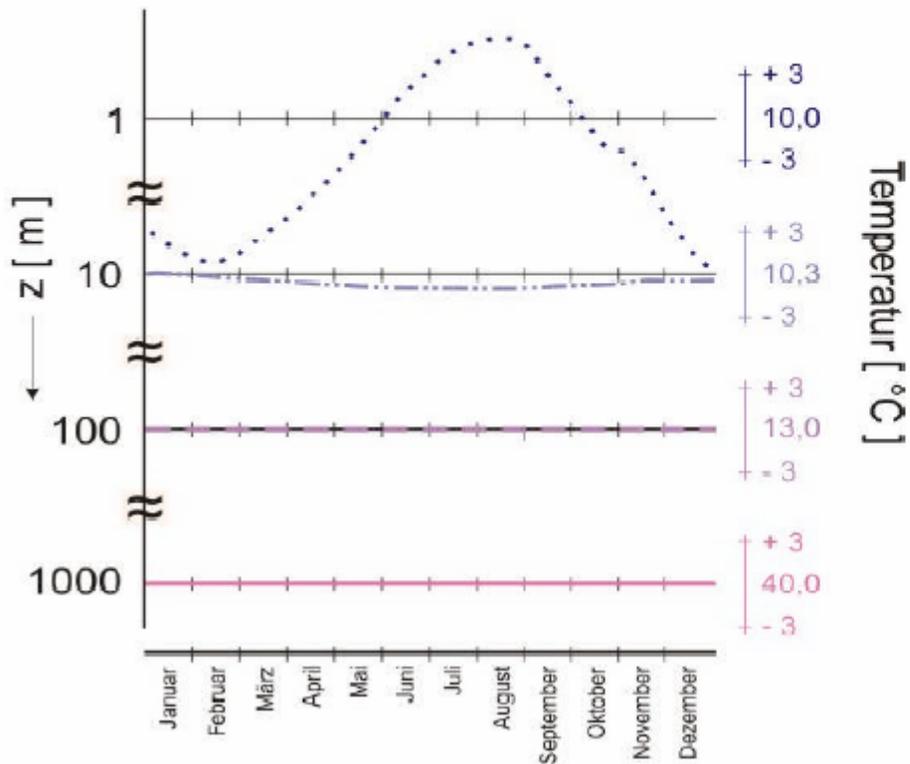


Quelle: RWE Power

# Temperaturpotential für die Erdwärme

Huenges - TU Berlin 2002

## Natürlicher Jahresgang der Temperatur



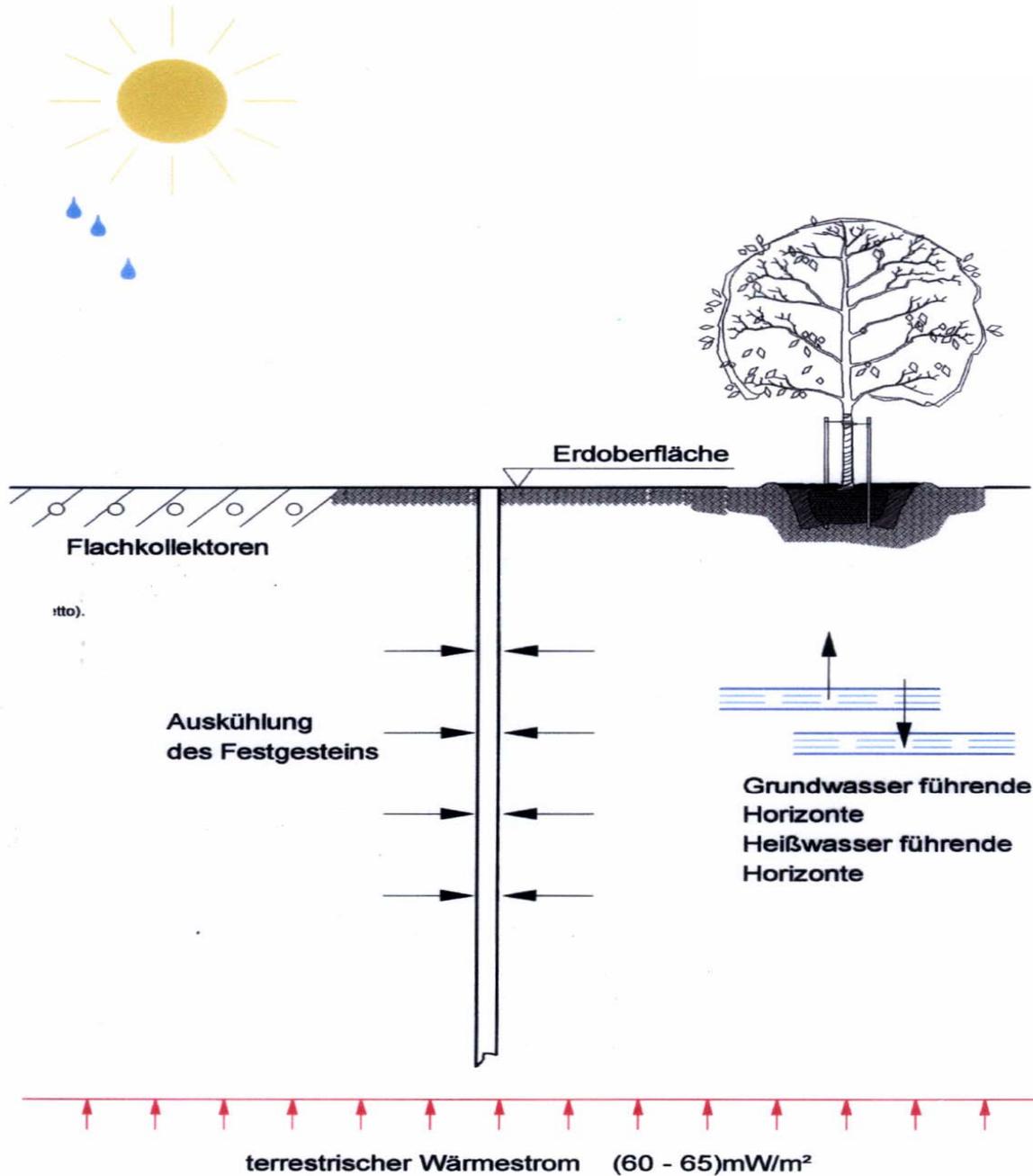
Bereitstellung von Wärme mit Wärmepumpen

Direkte Wärmenutzung

Strom

# Prinzipielle Vorteile der Geothermie:

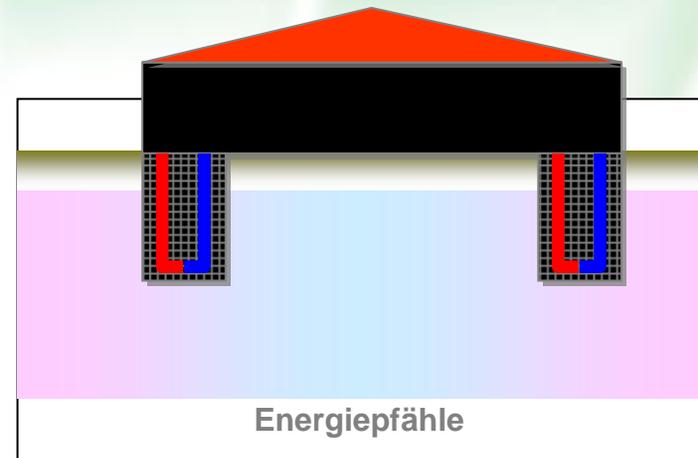
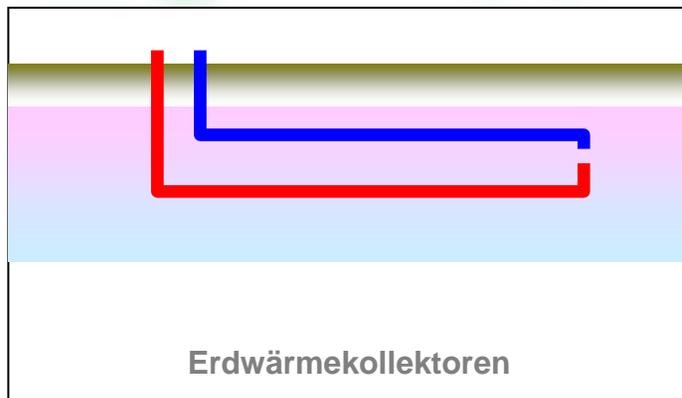
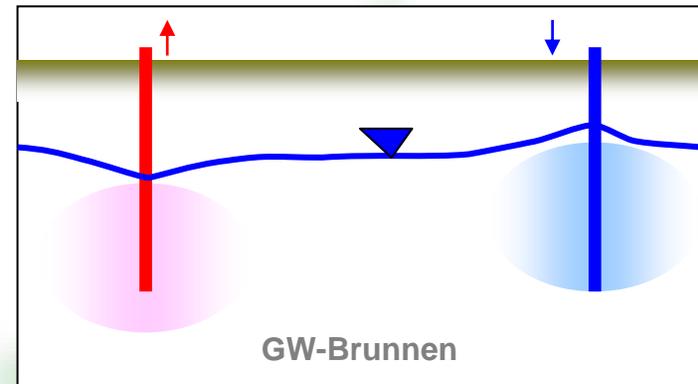
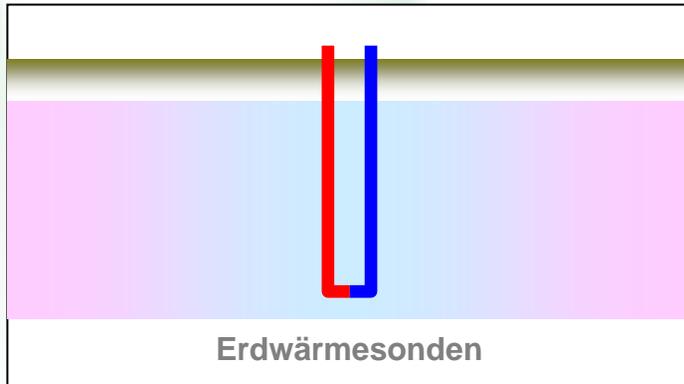
- standortunabhängig
- saisonunabhängig
- witterungs- und tagesgangunabhängig
- bedarfsgerecht verfügbar - kontinuierlich
- geringer Flächenbedarf
- emissionsarm bis emissionsfrei
- kein Einfluß auf Fauna und Flora
- regenerativ bei zyklischer Nutzung



# Grundaufgabenstellung zur wirtschaftlichen Wärmegewinnung aus Bohrungen

1. Die Wärmeleistung pro Bohrmeter muß möglichst groß und der Transport der Wärme nach oben mit möglichst geringen Verlusten und Aufwendungen verbunden sein.
2. Das Verfahren soll möglichst standortunabhängig sein, um eine allgemeine Nutzung zu ermöglichen.
3. Wärmeleistung muß zeitlich konstant verfügbar sein.

# Oberflächennahe Erdwärmegewinnung



# Grundwasserbrunnen und Erdwärmesonde

$$\frac{\delta^2 u}{\delta r^2} + \frac{1}{r} \frac{\delta u}{\delta r} = \frac{1}{a} \frac{\delta u}{\delta t} - \frac{q}{D}$$

Symbol	Brunnen	Sonde
<b>u</b>	Wasserstand h in m	Temperatur T in K
<b>r</b>	Radius r in m	Radius r in m
<b>t</b>	Zeit t in s	Zeit t in s
<b>a</b>	Spiegelleitfähigkeit a in m <sup>2</sup> /s <ul style="list-style-type: none"> <li>• a = k<sub>f</sub> H / n</li> <li>• k<sub>f</sub> Durchlässigkeitsbeiwert in m/s</li> <li>• H Anfangswasserstand in m</li> <li>• n Porenanteil</li> </ul>	Temperaturleitfähigkeit a in m <sup>2</sup> /s <ul style="list-style-type: none"> <li>• a = λ / (ρ c)</li> <li>• λ Wärmeleitfähigkeit in W / (m K)</li> <li>• ρ Dichte in kg / m<sup>3</sup></li> <li>• c spezifische Wärme in J / (kg K)</li> </ul>
<b>q</b>	Volumenstrom je Flächeneinheit in m/s	Wärmestrom je Volumeneinheit in W/m <sup>3</sup>
<b>D</b>	allgemeine Leitfähigkeit D = k <sub>f</sub> H in m <sup>2</sup> /s	Summarischer Wärmetransportkoeffizient D = λ in W/(m K)

# Sole-Wasser-Sonden

- Z.Zt am weitesten verbreitete Sonden
- Paarweise gebündelte U-förmige Kunststoffrohrschleifen, die nahe der Erdoberfläche über Sammelleitungen an eine Wärmepumpe angeschlossen sind.
- Den Energietransport zur Wärmepumpe übernimmt in den Tauscherrohren zirkulierendes mit Frostschutz angereichertes Wasser.

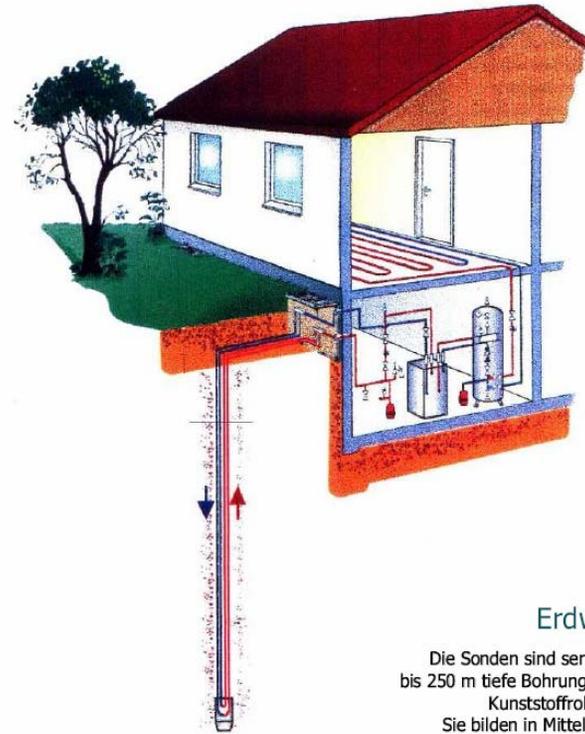
# Direktverdampfer-Sonden

- Energietransport übernimmt Flüssiggas (Ammoniak, Propan, CO<sub>2</sub> etc.)
- Erdwärme in Form von Verdampfungsenthalpie wird bei druckabhängiger Verdampfungstemperatur an die Erdoberfläche und bis zu einem Wärmetauscher transportiert

# Erdwärme aus Bohrungen

## Sole - U-Rohr-Erdwärmesonden

- Tiefe 60 - 200 m
- Durchmesser 4x32 mm
- Lebensdauer 35 Jahre
- Entzugsleistungen
  - Sediment trocken 20 W/m
  - Sediment gesättigt 50 W/m
  - Festgestein 65 W/m
- Technikeinsatz
  - Bohrtechnik
  - Installation
  - Wärmepumpe



### Erdwärmesonden

Die Sonden sind senkrechte oder schräge bis 250 m tiefe Bohrungen, in die gewöhnlich Kunststoffrohre installiert werden. Sie bilden in Mittel- und Nordeuropa die häufigsten Anlagentypen.

Die mit einer Wärmeträgerflüssigkeit gefüllten Sonden heizen oder klimatisieren in Verbindung mit einer Wärmepumpe einzelne Wohngebäude, Büro- und Gewerbebauten oder sogar ganze Wohnanlagen.

# Berechnungsbeispiel

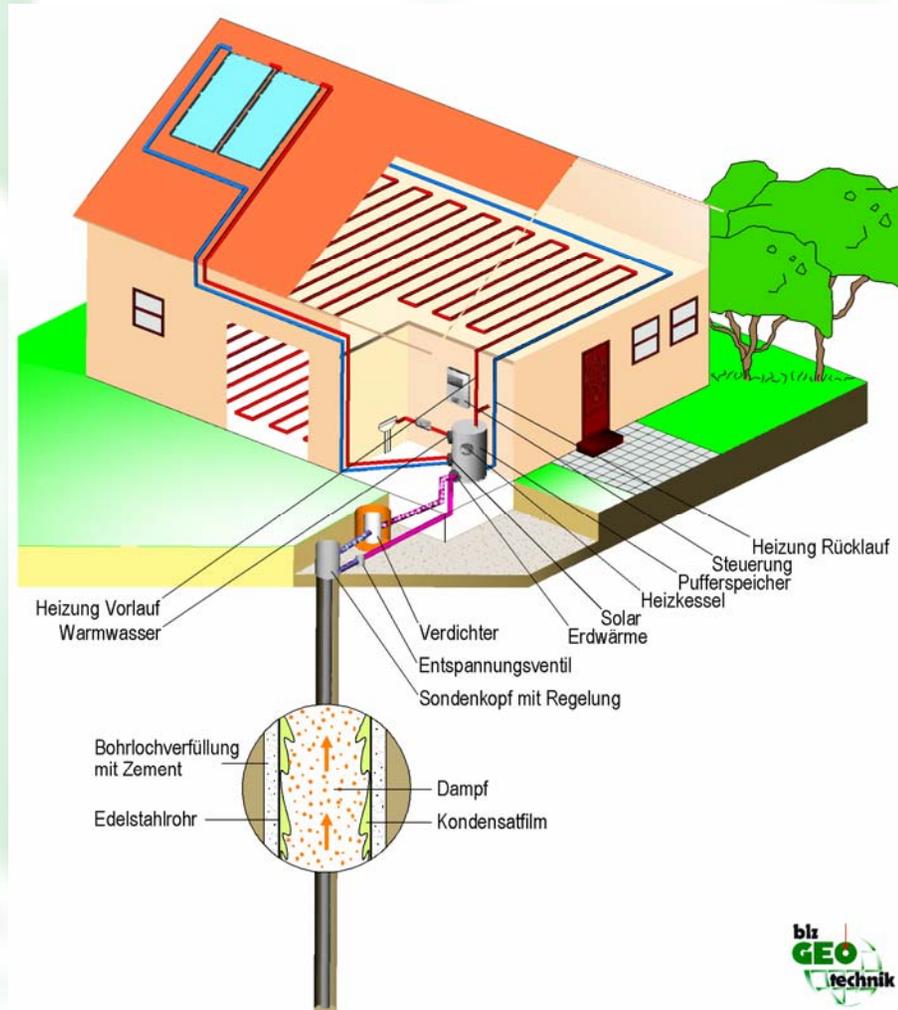
## Sole-Sonde

- Anlage
  - benötigter Wärmebedarf – 10 KW
  - Jahresarbeitszahl der Pumpe 3 -> zu „fördernde“ Wärmemenge ~ 6.6 KW
  - Sole-Wasser-Sonde
- Untergrund – Ton, Lehm, feucht
  - spez. Entzugsleistung 30-40 W/m
  - 6600 W : 35 W/m ~ **190m Sondenlänge**
- Untergrund – Sandstein
  - spez. Entzugsleistung 55-65 W/m
  - 6600 W : 60 W/m ~ **110m Sondenlänge**

# Erdwärme aus Bohrungen

## Direktverdampfung mit angekoppelter Wärmepumpe

- Tiefe 50-400 m und >400m
- Lebensdauer über 50 Jahre
- Entzugsleistungen
  - Sediment trocken 45 W/m (100 W/m)
  - Sediment gesättigt 100 W/m (200 W/m)
  - Festgestein 120 W/m (250 W/m)
- Technikeinsatz
  - Bohrtechnik
  - Installation
  - Wärmepumpe

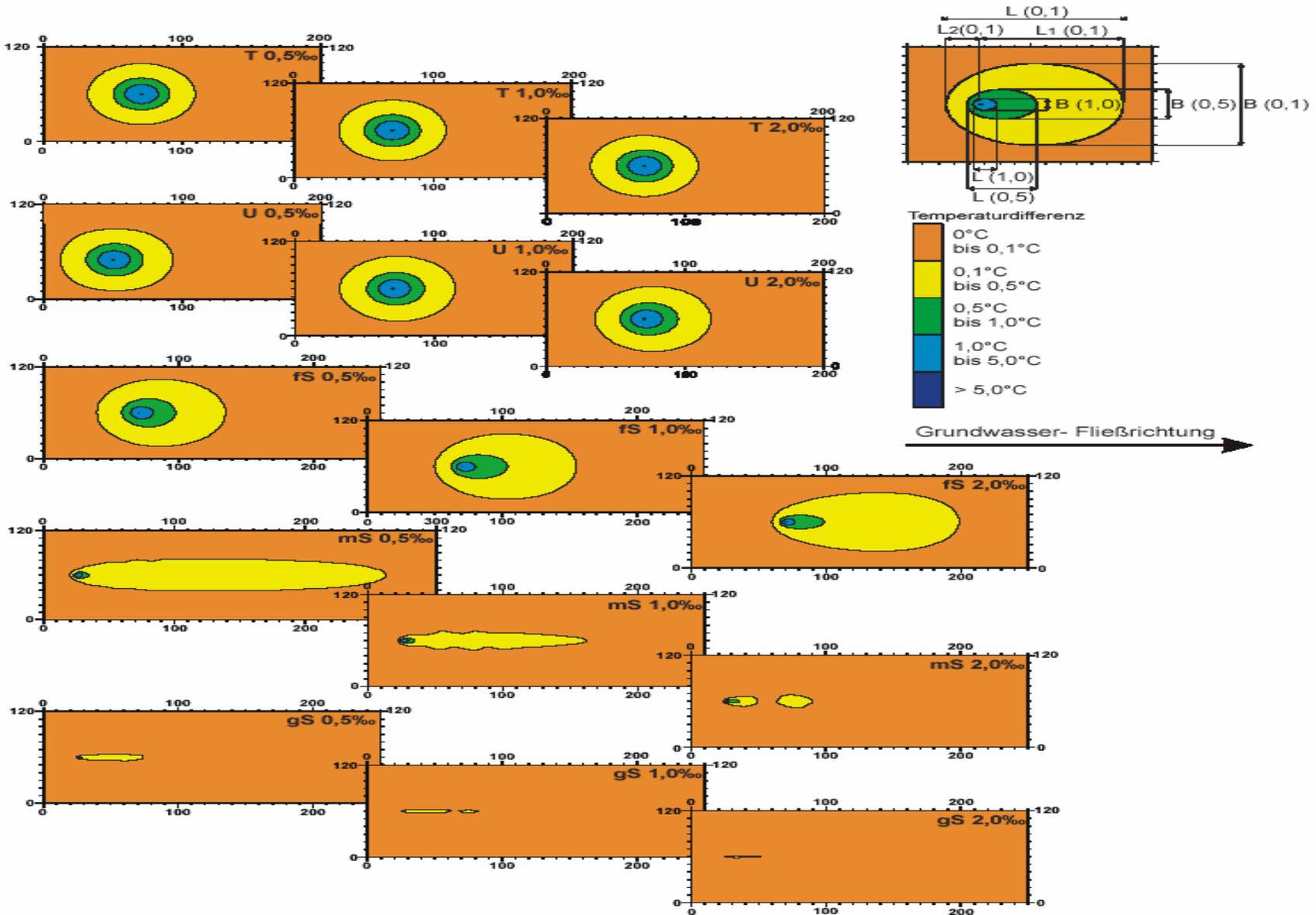


# Vorteile des Direktverdampfer-Verfahrens

- vermindertes geologisches Risiko
- hohe Wärmeentzugsleistungen der Sonden
- einfache Sondeninstallation
- optimale Ankopplung und Auslastung der Gebirgseigenschaften
- Wärme-/Kälte-/(Strom)-Erzeugung
- dynamische Betriebsführung/Leistungsreserve
- thermodynamisch vorteilhaft für angekoppelte Wärmepumpenprozesse

# Ausbreitung der Kältefahnen

Diplomarbeit Pannike 2005



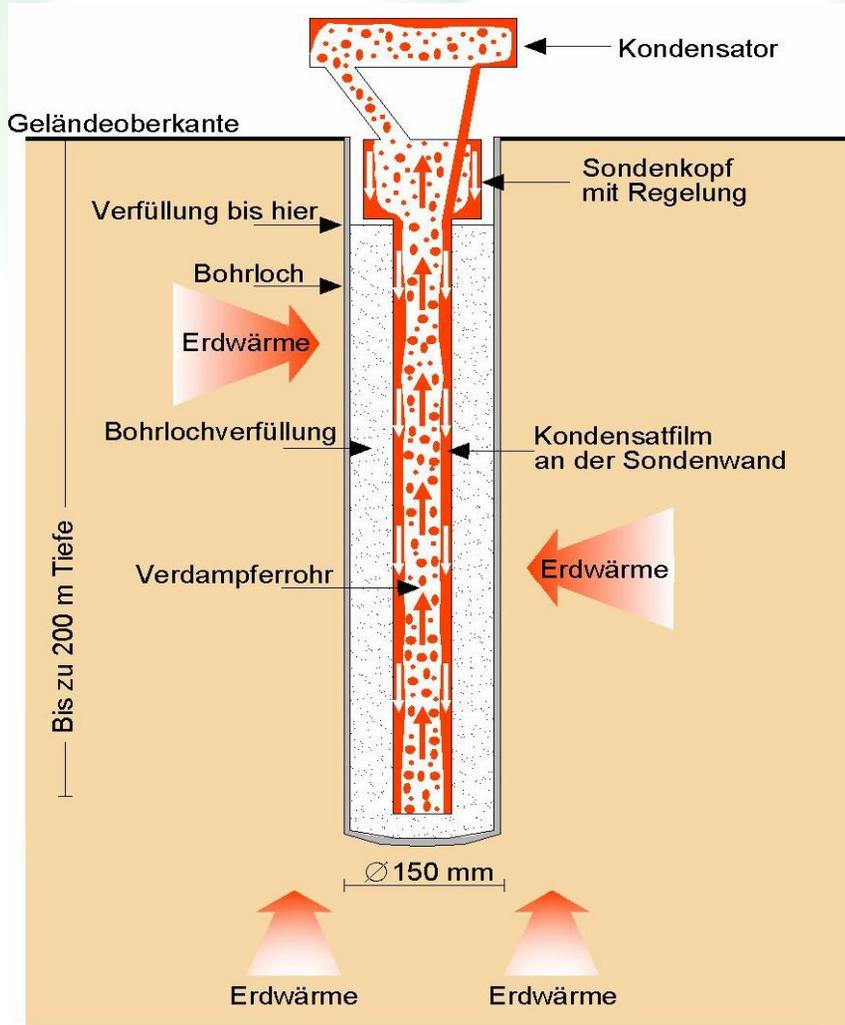
# Ein Blick in die Praxis

## Probleme bei der Umsetzung ...

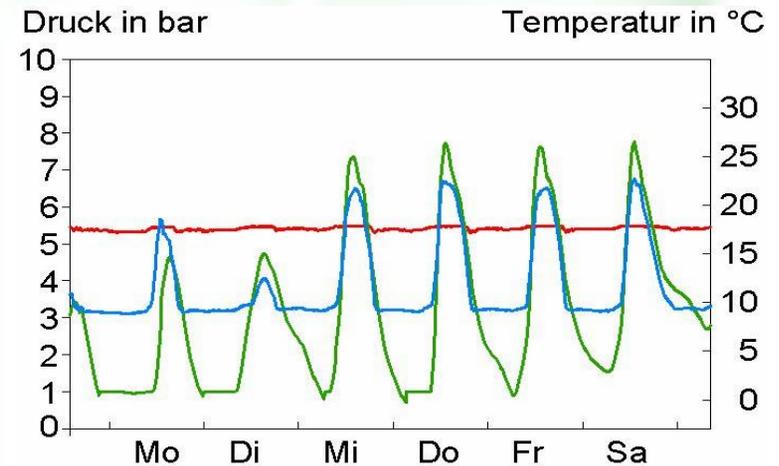
- Objektiv nicht realisierbar
  - Schutzgebiet ...
- Der Wärmebedarf ist zu hoch ...
  - unzureichende Konzepte Heizen / Brauchwasser
- Die Idee kommt zu spät ...
  - das Haus ist errichtet, fehlende Flächenheizelemente
  - der TGA-Planer hat die Heizanlage auf eine zu hohe Vorlauftemperatur ausgerichtet
- Finanzierung
  - Gastherme ist in der Anschaffung preiswert und unkompliziert!!
- Heizungsinstallateur ergreift selbst die Initiative ...
  - geringer oder ungenügender geologischer Sachverstand
  - unzureichende Planung
  - Zitat: „... wenn wir bei 25 m kein Wasser antreffen, müssen wir tiefer bohren..“ – die Bohrung wurde nahezu 100 m tief !
- WP ersetzt fehlende Wärme (ELT)
- Erdwärmekollektoren werden unter versiegelte Flächen verlegt (Bodenplatte !)
- Grundwassergüte bei der Brunnenvariante

# Erdwärme aus Bohrungen

## Eisfreihaltung ohne Fremdenergie



### Praktische Anwendung



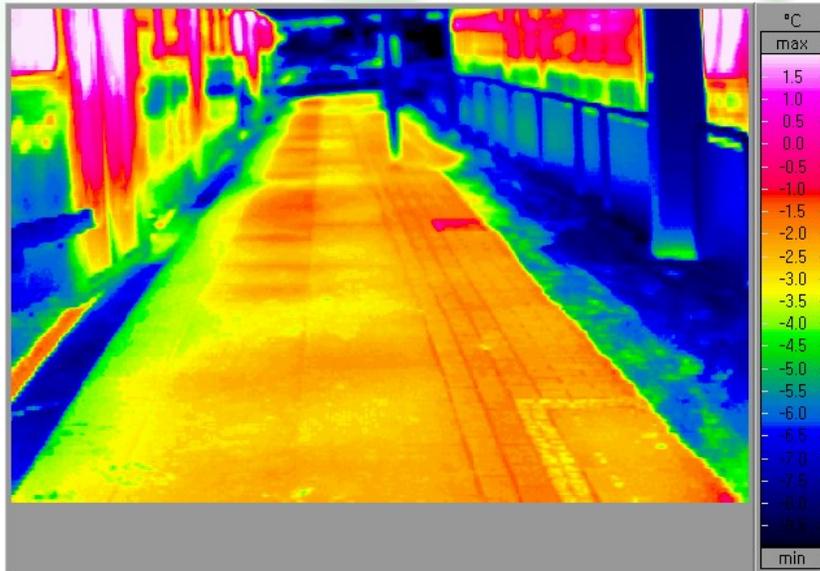
### Temperatur- und Druckmessung

aus einem Vorversuch

# Erdwärme aus Bohrungen

## Flächenheizung ohne Fremdenergie

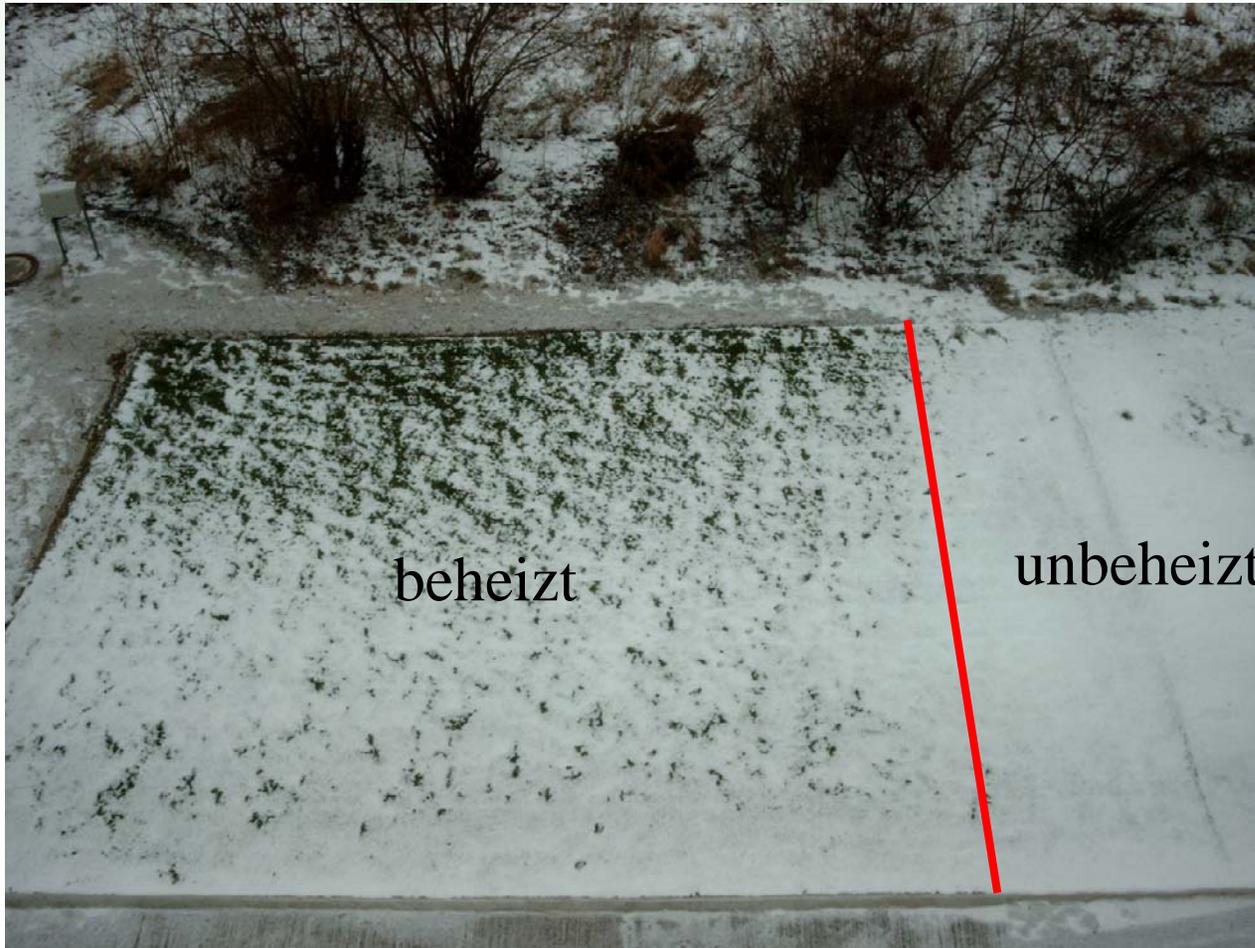
Thermografieaufnahme des Bahnsteiges bei einer Außentemperatur von  $-10^{\circ}\text{C}$



# Pilotprojekt

Rasenheizung ohne Fremdenergie

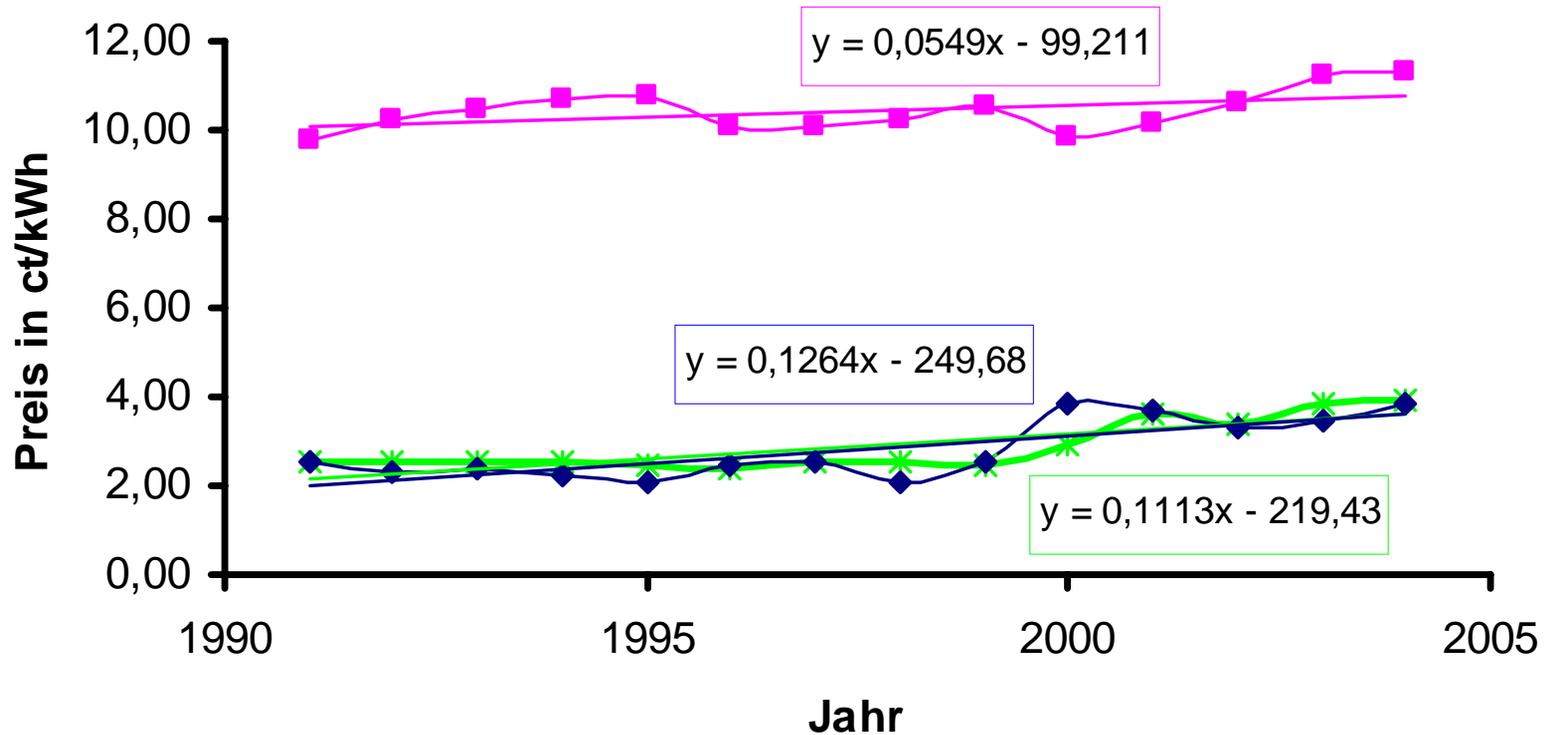
im Betrieb



# Preisentwicklung der Energieträger

Statistisches Bundesamt

für Heizöl, Erdgas und Strom (WP)

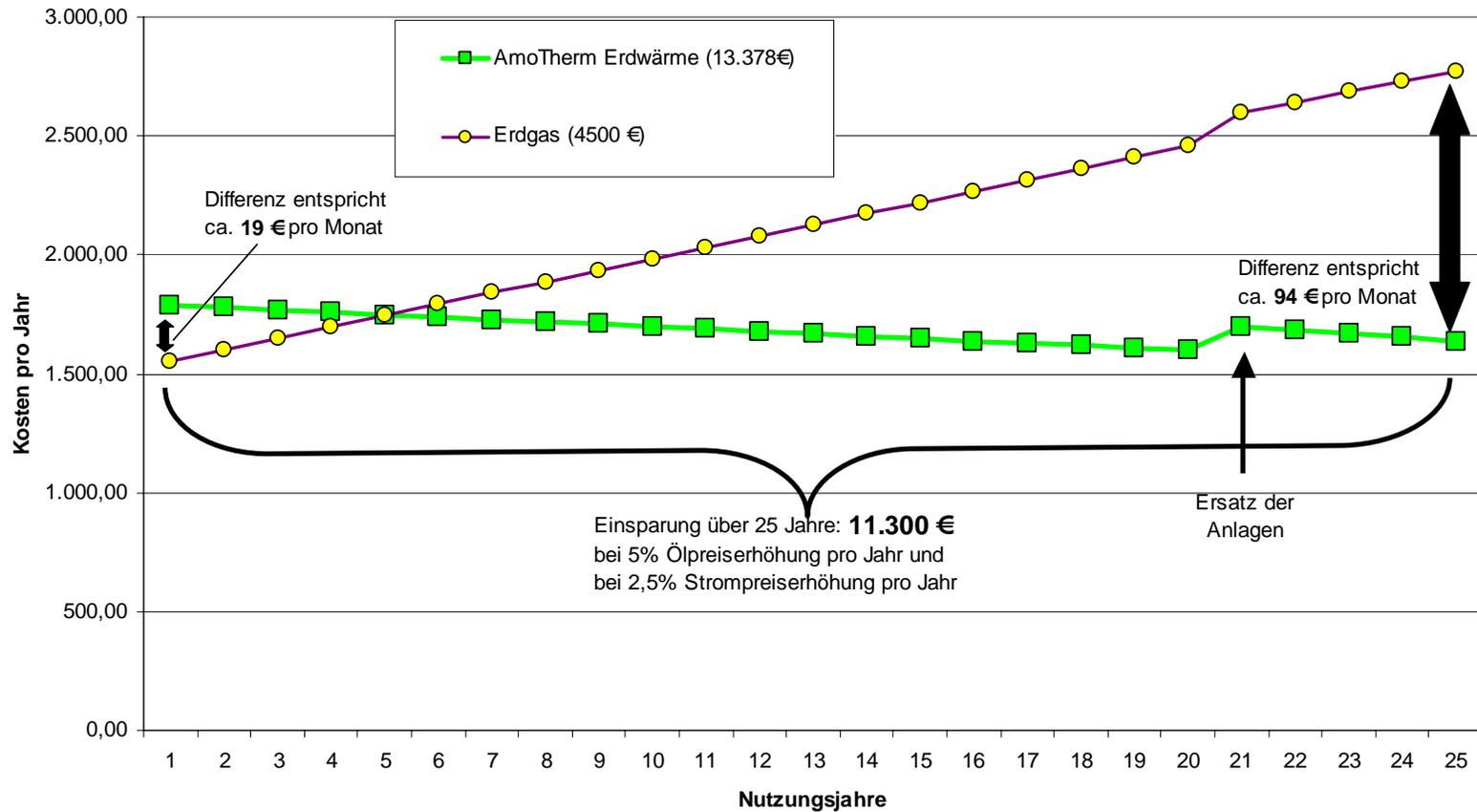


# Wirtschaftlichkeitsvergleich

EFH mit 10 kW Wärmeleistung

## Gesamtkosten verschiedener Heizanlagen (10 kW)

komplett fremdfinanziert mit 3,5% Zinsen - 20 Jahre Tilgung - Ersatzanlage nach 20 Jahren





**Also gute Chancen für die Erdwärme !**

**BLZ Geotechnik GmbH**

[www.blz-geotechnik.de](http://www.blz-geotechnik.de)

