

# Sanftes Heizen und Kühlen - Sinnvolle Nutzung erneuerbarer Energiequellen



**Arthur Huber**  
dipl. Ing. ETH

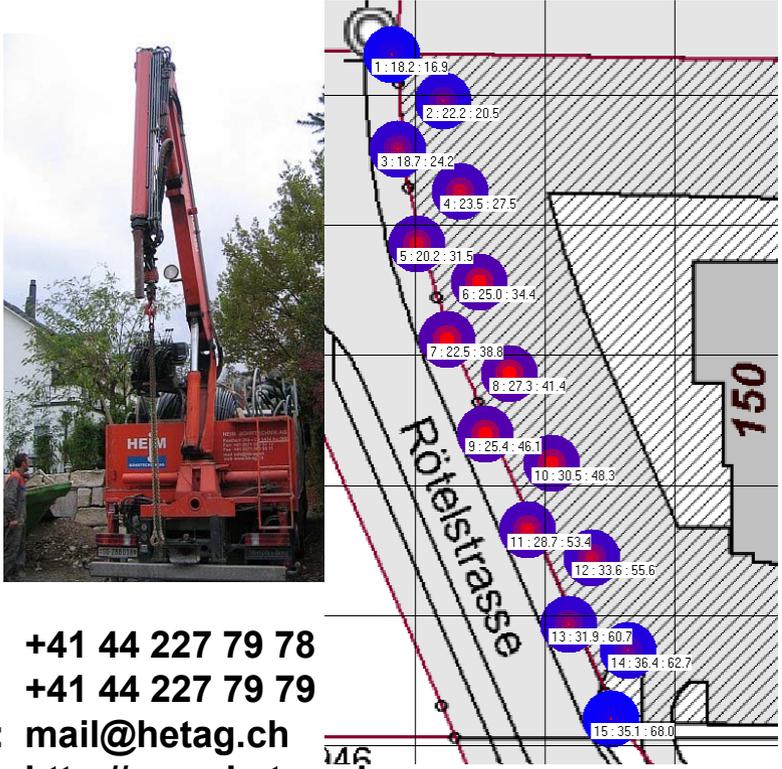


1. 8. 1963  
dipl. Masch.-Ing. ETH / SIA  
Mitglied SWKI / FEZ

- 1995 Gründung der Firma  
Huber Energietechnik
- Geothermische Planungen
  - MINERGIE – Planungen HLK
  - Programm EWS für Erdwärmesonden
  - Programm WKM für Luft - Erdregister

**Huber Energietechnik AG**  
Jupiterstrasse 26  
CH – 8032 Zürich

**Tel.:** +41 44 227 79 78  
**Fax:** +41 44 227 79 79  
**E-Mail:** mail@hetag.ch  
**Web:** http://www.hetag.ch



# Einzelsonden und Sondenfelder zum Heizen und Kühlen

---

## Inhalt

- **Neue Tendenzen bei den Erdwärmesonden**
- **Beispiel: Heizen und Kühlen Einfamilienhaus**
- **Beispiel: Heizen und Kühlen bei MFH und Bürobauten**
- **Optimieren von Sondenfeldern**
- **Langfristverhalten von Erdsonden**

## Neue Tendenzen bei den Erdwärmesonden

---

### Erdwärmesonden werden immer häufiger

- im Altbau
- in den Städten
- bei Sanierungen
- bei Grossprojekten

eingesetzt.

**-> Platz für Bohrungen ist knapp / schlecht zugänglich**

**-> Es wird immer tiefer gebohrt und Sondenfelder erstellt**

# Bohrtechnik: Problem Zugänglichkeit der Bohrstelle



**Problem:**

**Zugänglichkeit in  
der Stadt**

**Beispiel: 2 x 300m  
40mm Duplexsonde**

Bild:  
Heim Bohrtechnik AG

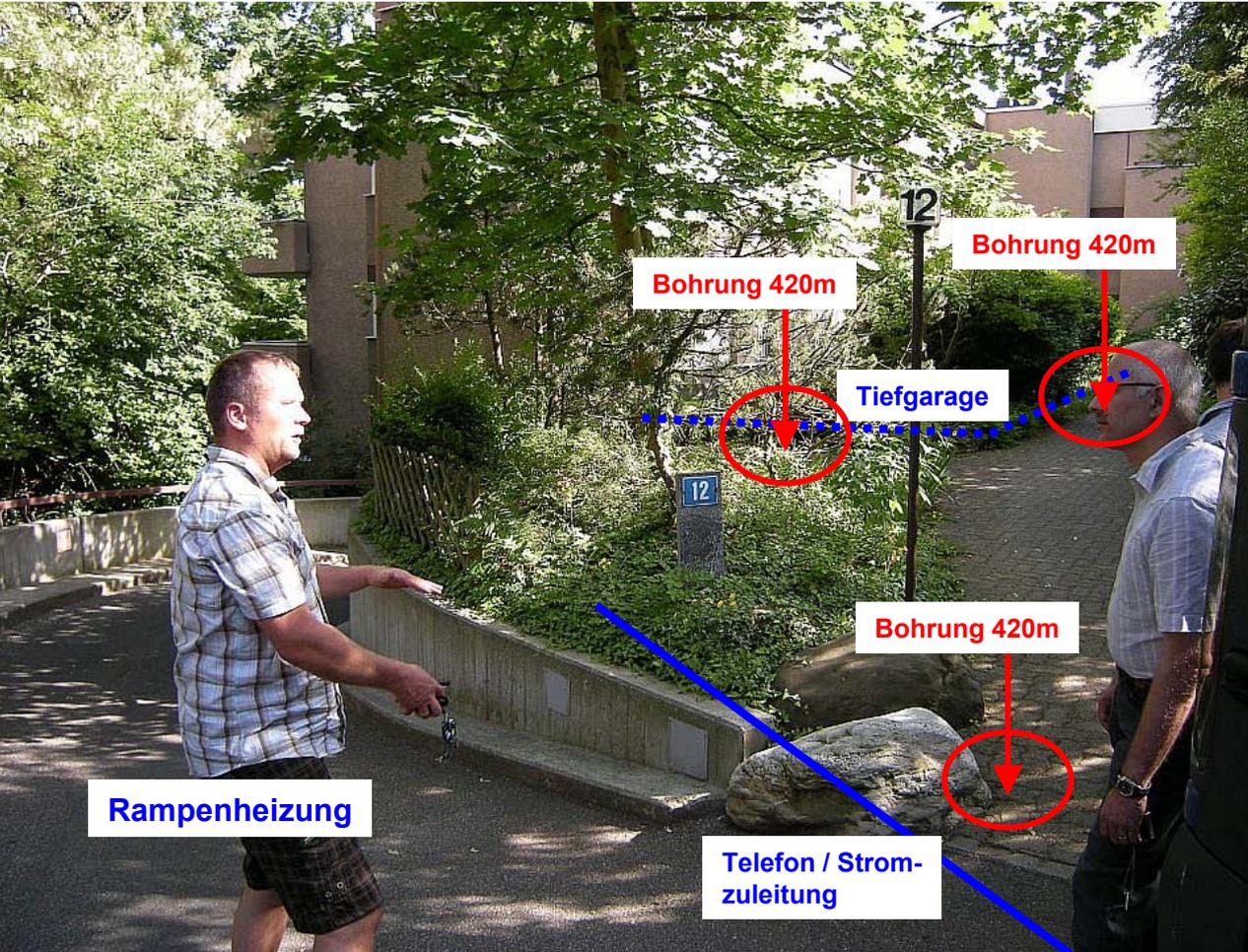
# Bohrtechnik: Problem Zugänglichkeit der Bohrstelle



**Problem:**  
**Zugänglichkeit**  
**Beispiel:**  
**Raupenbohrer**

Bilder:  
Frutiger AG

# Problem Altbau / Stadt: Grosse Leistung / wenig Platz



**Beispiel:**  
Heizleistungsbedarf: 85 kW

**Lösung:** 3 x 420m Bohrung  
Erdsonden 50mm duplex

**-> Tendenz zu immer tieferen Bohrungen**

**neu: 50mm duplex-Sonden**

Bild: Bohrunternehmer (Hr. Heim) und Bohrfachmann (Hr. Rohner) diskutieren Bohrung 3 x 420m  
Planung: Huber Energietechnik AG, Zürich

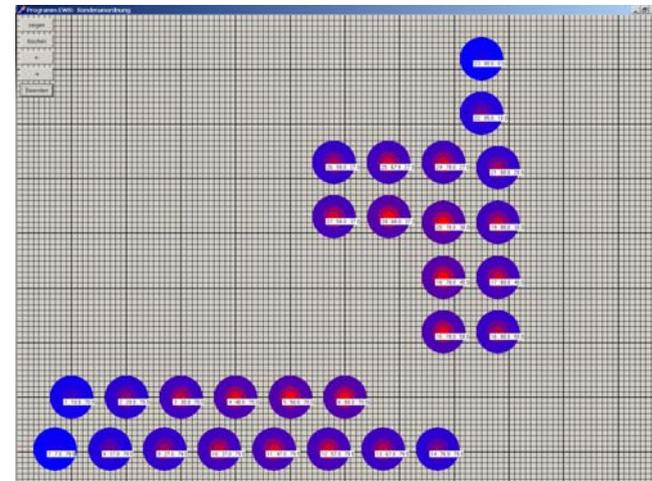
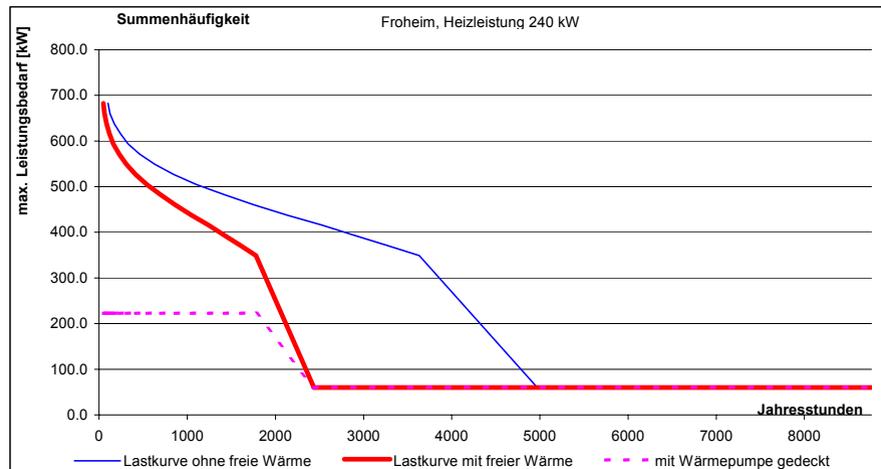
# Tendenz: Bivalente Anlagen bei Grossprojekten



**Problem:**

**Platzbedarf für Bohrung**  
**Bivalenzpunkt: bestimmt durch**  
**Platzbedarf Bohrung**

**Beispiel: 28 x 280m**



# Tendenz: MINERGIE führt zu Heiz- und Kühlbedarf



**Problem:**

**Heiz- und Kühlbedarf  
Anforderung: MINERGIE**

**-> „Geocooling“ notwendig**

**Beispiel: Zentrum Huob  
34 Sonden x 200m**



Planung HLK:  
Waldhauser Haustechnik AG

Auslegung Sonden:  
Huber Energietechnik AG

Bauherr: Swiss Re

# Beispiel 1: Einzelsonde

---

## Beispiel 1:

# Sondenfreecooling und Verzicht auf Frostschutz

## Beispiel 1: MINERGIE-P - DEFH Hausland, Maur (ZH)

Architektur: Fild+Partner GmbH  
F. Fild, dipl. Architekt FH  
8127 Forch

Planung HLK: Huber Energietechnik AG

Ausführung HLK: Kalorbau AG, Brüttisellen

Bohrung: Heim Bohrtechnik AG  
Au (SG)



Architektur & Foto: Main GmbH, Frank Fild, dipl. Arch. FH

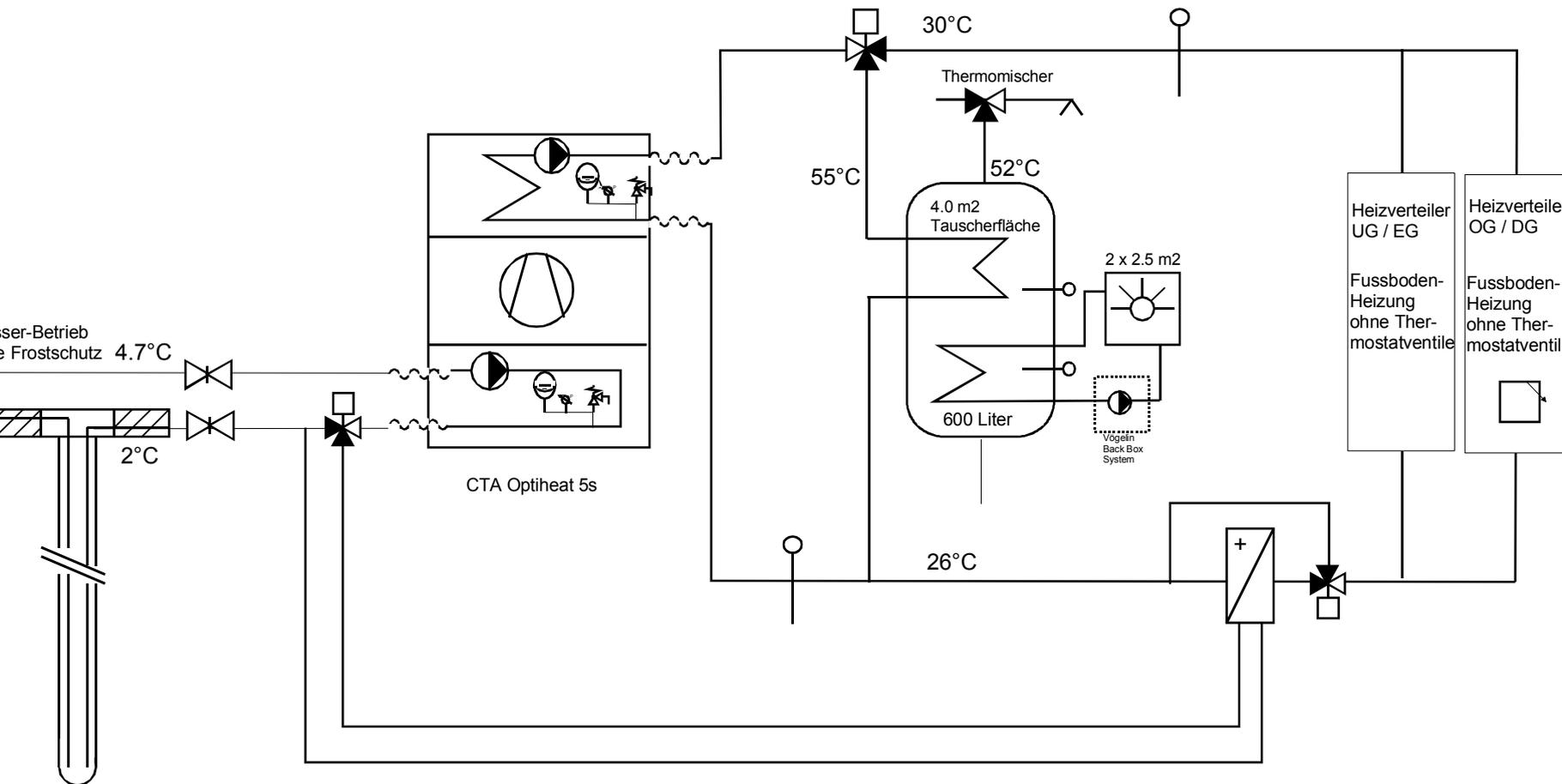
## MINERGIE-P - DEFH Hausland: Haustechnik - Konzept

- Heizung: Erdsonden – Wärmepumpen  
CTA Optiheat 3s / 5s  
600 Liter Wassererwärmer  
mit 4m<sup>2</sup>, innenliegendem  
Wärmetauscher  
2 x 2.5 m<sup>2</sup> Sonnenkollektoren
- Kühlung: Sonden – Direktkühlung  
(„Sondenfreecooling“)  
über Sonden-Wärmetauscher  
Fussbodenheizungs-Kühlung
- Verteilung: Fussbodenheizung  
selbstregulierend  
( < 30°C Vorlauftemperatur)  
ohne Thermostatventile
- Erdsonde: 125m & 170m Duplexsonde 40mm  
reine Wasserfüllung  
( ohne Frostschutz ! )



Sondenbohrung: Heim Bohrtechnik AG, Au  
Planung / Foto: Huber Energietechnik AG

# MINERGIE-P - DEFH Haufland: Haustechnik - Konzept



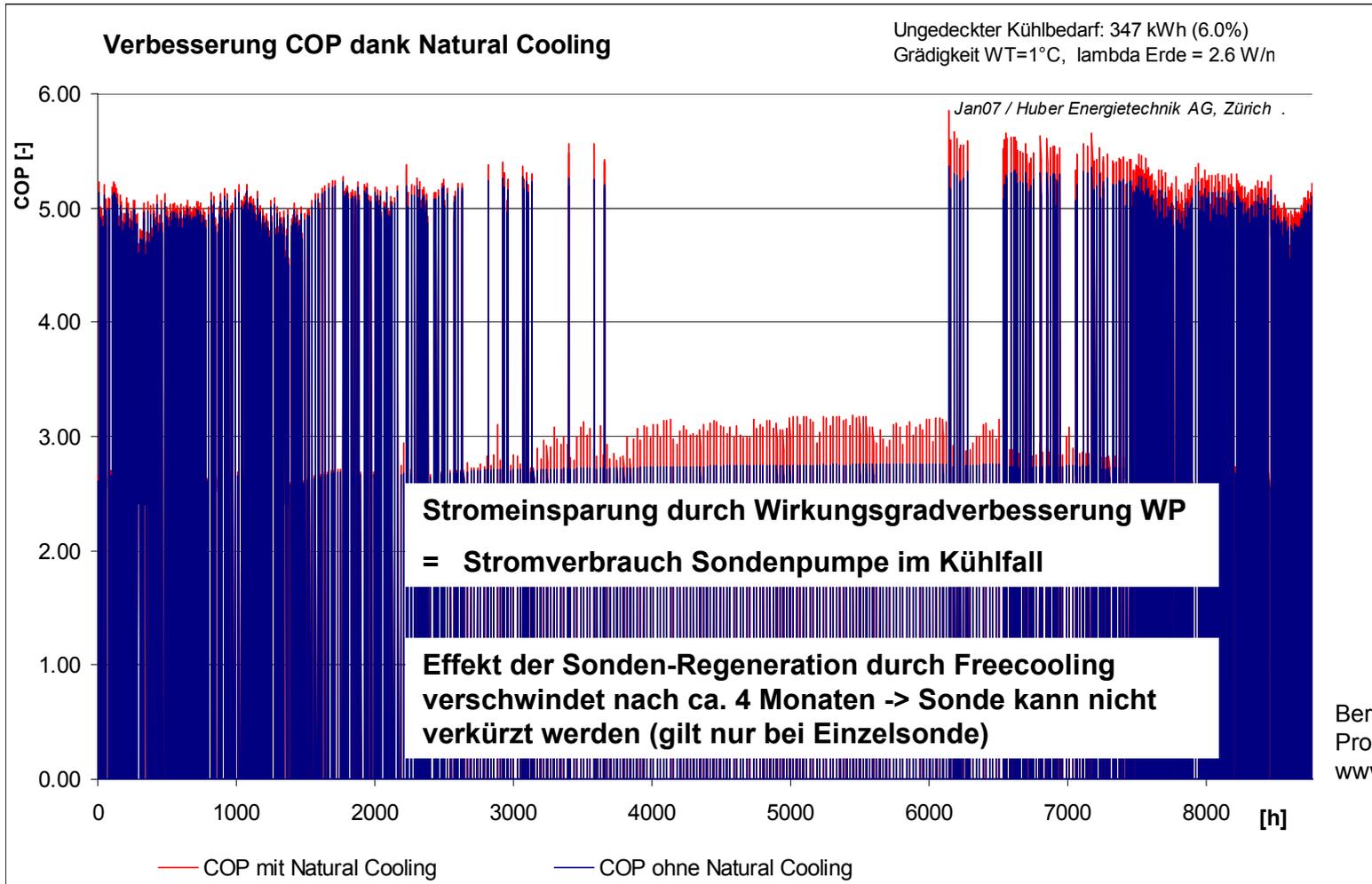
# MINERGIE-P - DEFH Haufland: Haustechnik - Konzept

## Mehraufwand:

- Wärmetauscher Sonden – Heizung
- Regelventil vor Wärmetauscher
- Umstellbare, elektrische Raumthermostaten (wenn keine selbstregulierende Fussbodenheizung geplant)



# Wirkungsgradverbesserung dank Sonden - Direktkühlung



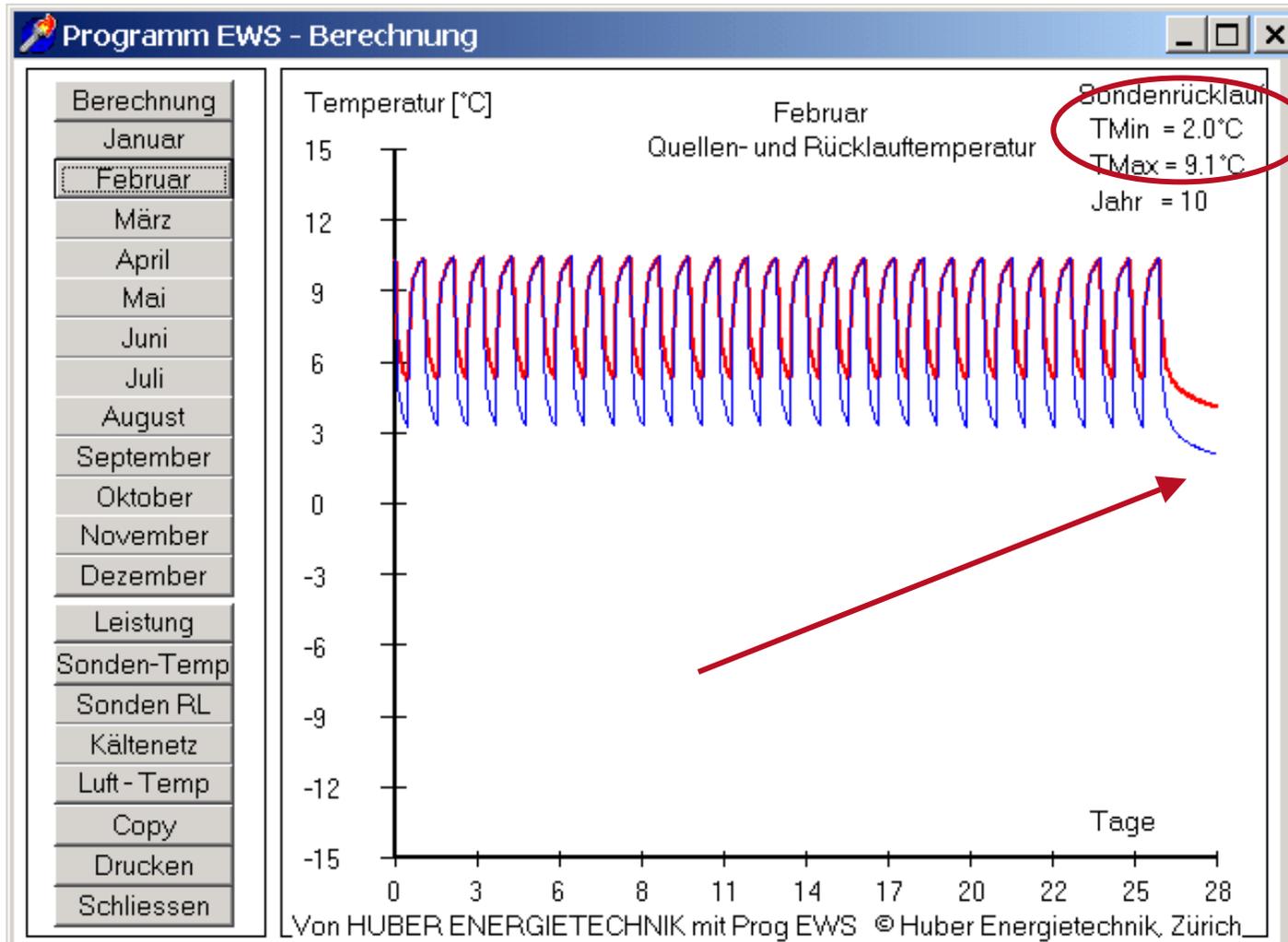
## Wirkungsgradverbesserung dank Sonden - Direktkühlung

---

- > Direktkühlung mit Sonden  
kann energetisch neutral realisiert werden**
- > geeignet für MINERGIE und MINERGIE-P**

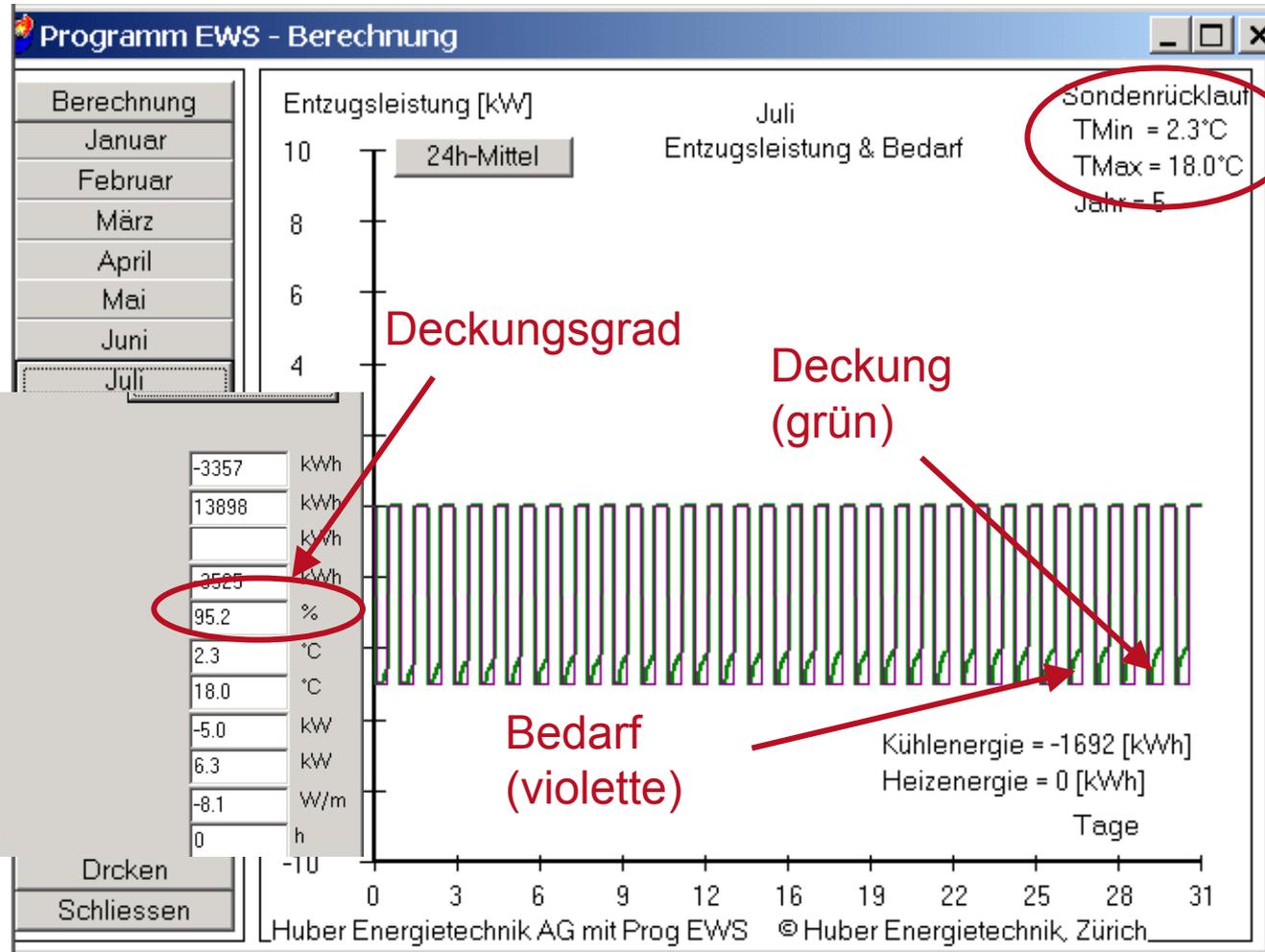
# Beispiel 1: Sonde ohne Frostschutz und Freecooling

- **Berechnung minimaler Sondenrücklauf-  
temperatur von +2°C**



# Beispiel 1: Sonde ohne Frostschutz und Freecooling

## Berechnung Deckungsgrad Kühlbedarf mit Sondenfree-cooling



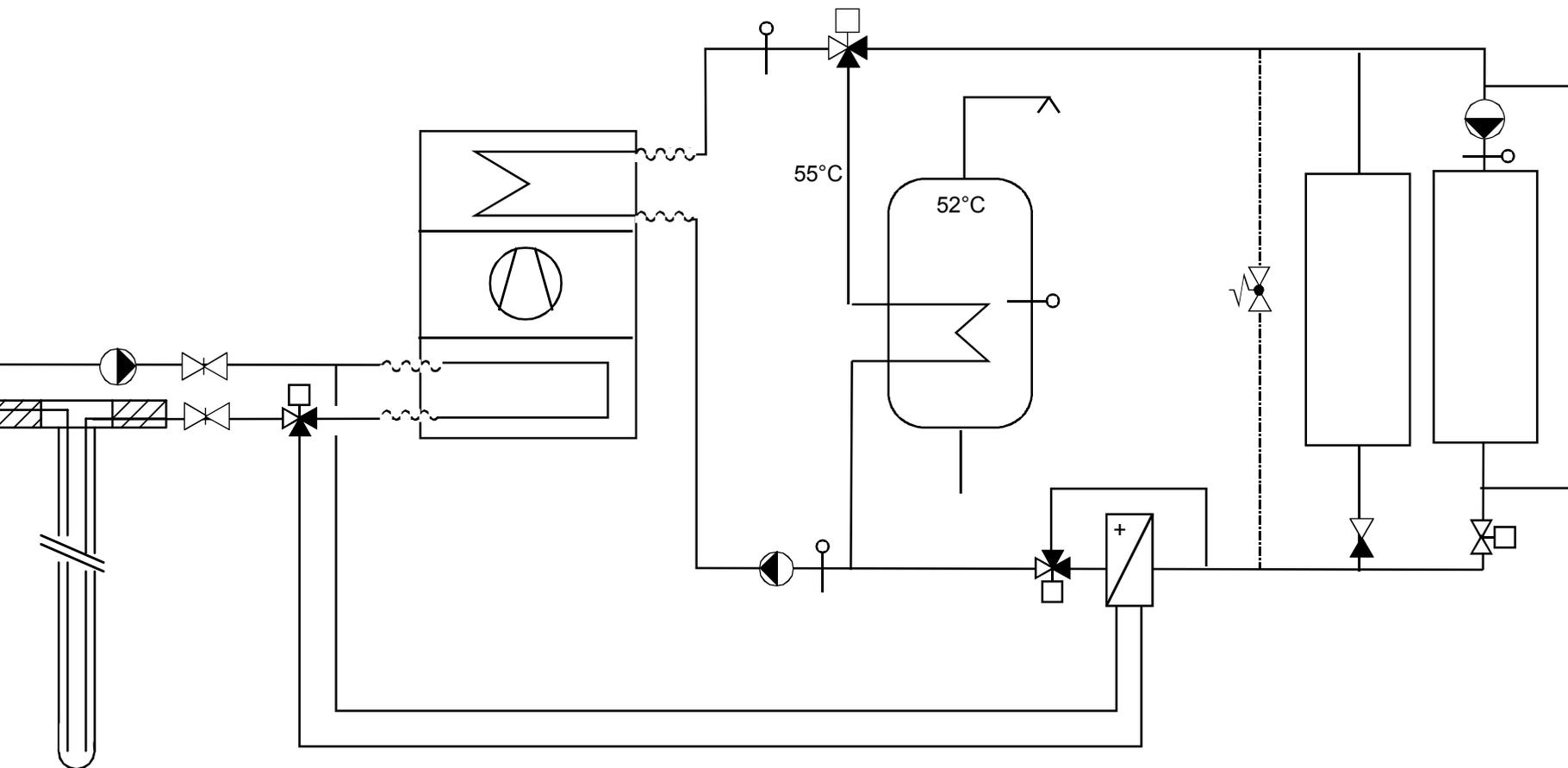
## Beispiel 2: Sondenfelder und Systemauslegung

---

### Beispiel 2:

### Wohnungsbau mit Geocooling (=Sondenfreecooling)

## Beispiel 2: Mehrfamilienhaus, Grundprinzip

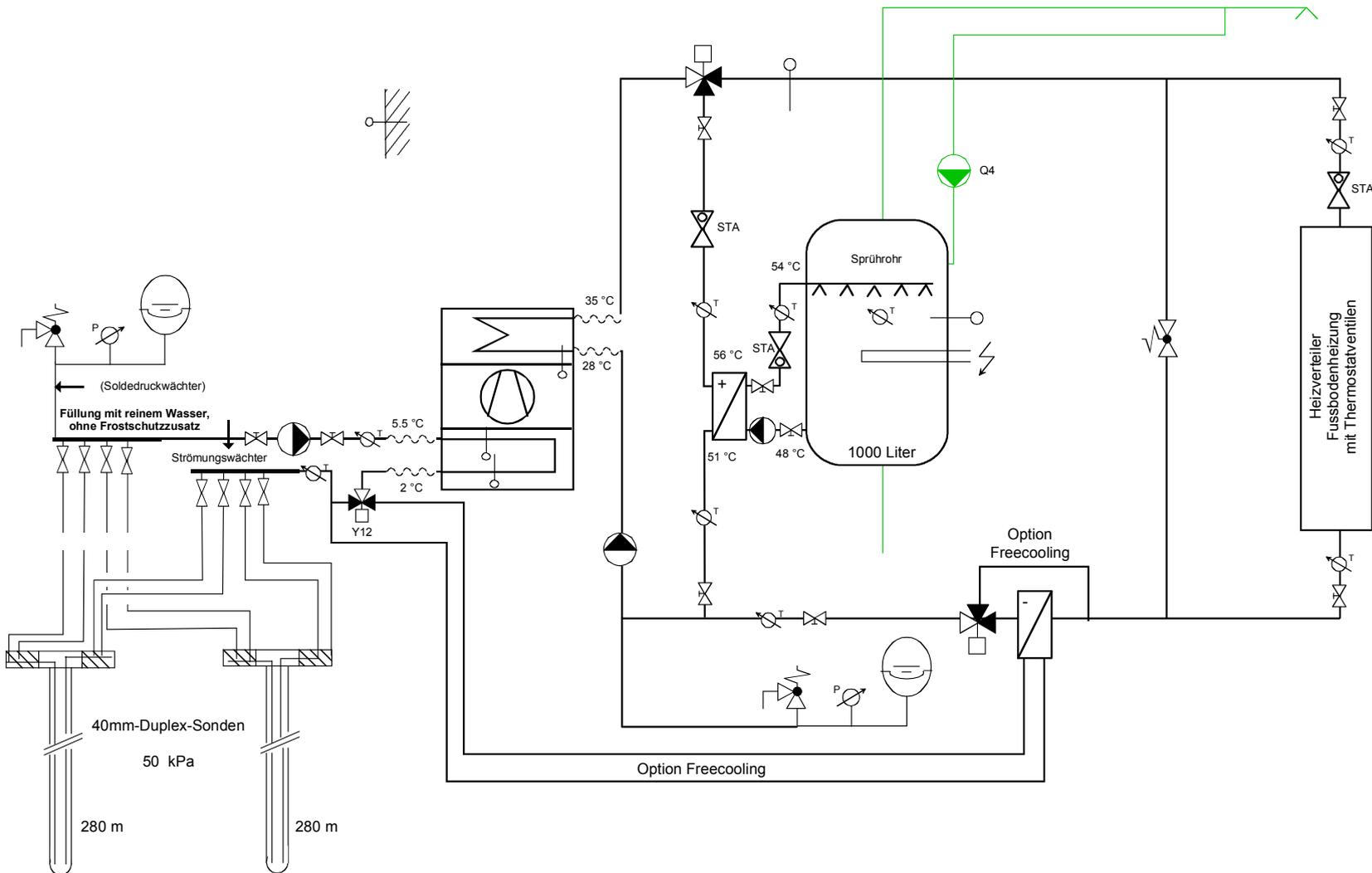


## Beispiel 2: Mehrfamilienhaus, zentrale Umstellung Heizen - Kühlen



Bild: EV H/K 230  
von Eberle

# Beispiel 2: Mehrfamilienhaus, realisierte Anlagen



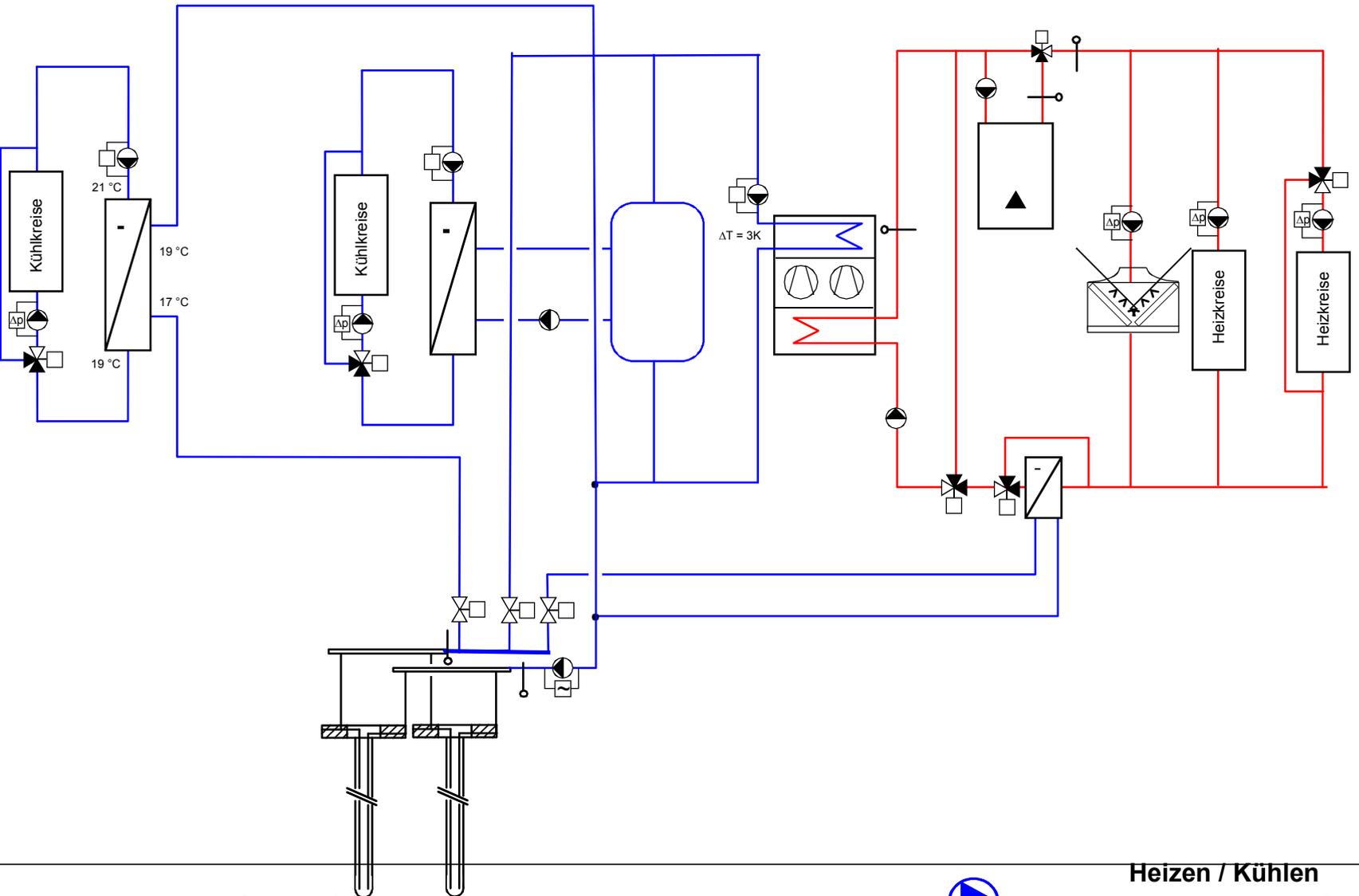
## Beispiel 3: Verwaltung mit Heizen und Kühlen

---

**Beispiel 3:**

**Verwaltung mit Heizen und Kühlen**

# Beispiel 3: Verwaltung mit Heizen / Kühlen

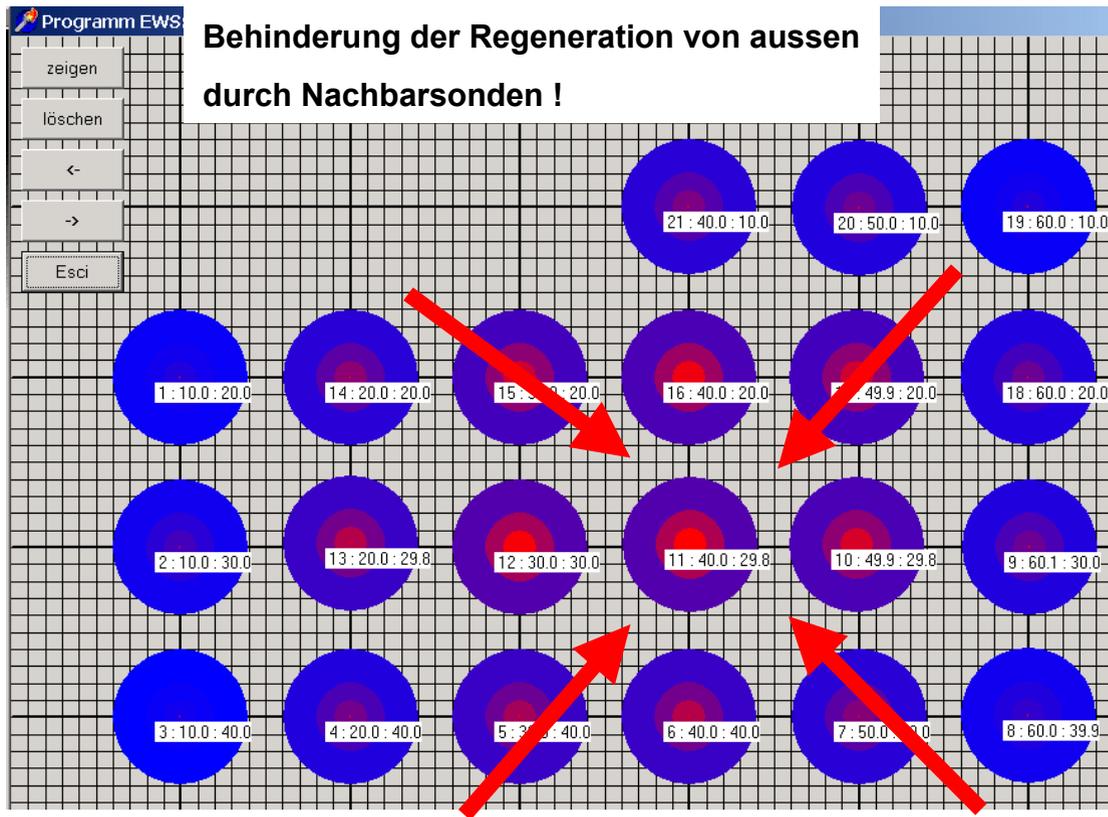


## Beispiel 3: Verwaltung mit Heizen / Kühlen

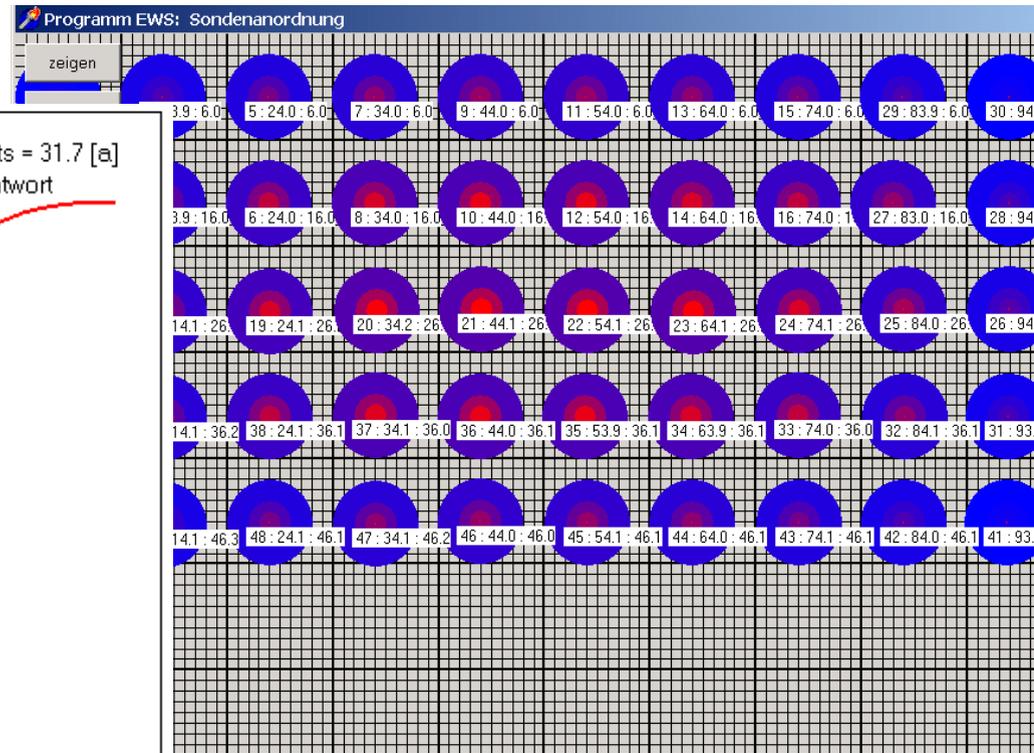
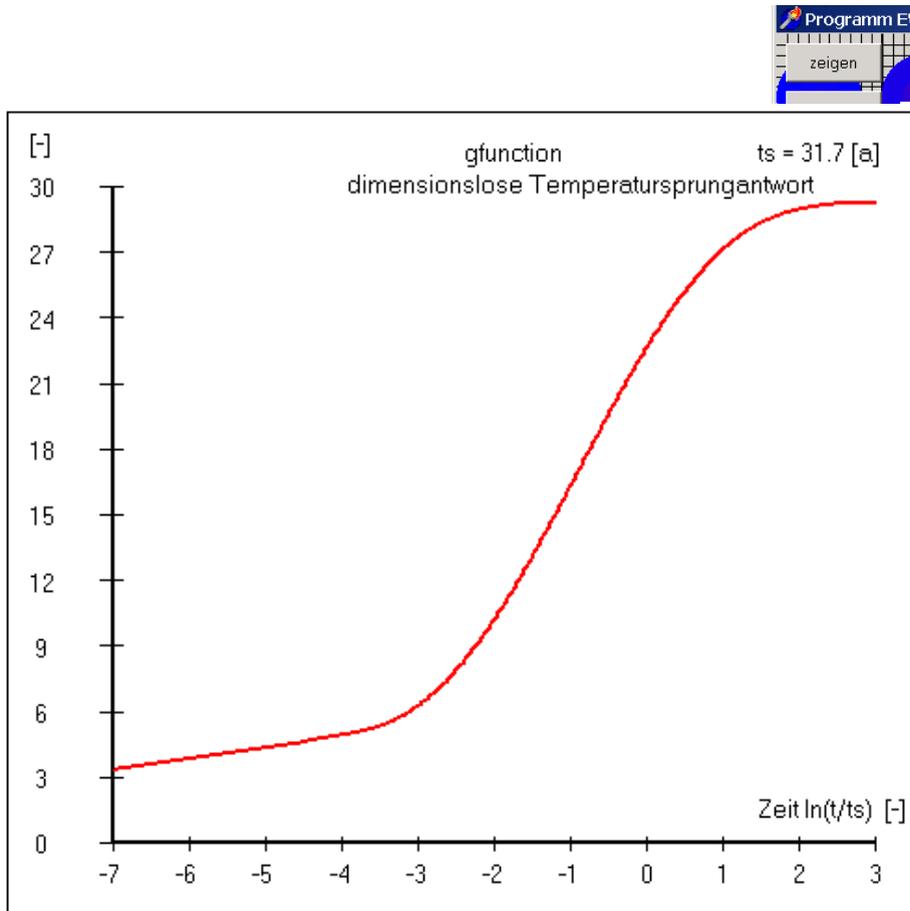
---

- **Möglichst einfache, hydraulisch klare Schaltungen wählen**
- **Regeltechnik ersetzt hydraulisch klare Schaltungen nicht**
- **Freecooling-Kreise nicht über Speicher nehmen**
- **möglichst wenig Speicher einbinden**
- **Temperaturniveau entscheidet über Anteil Geo-Cooling**
- **Ohne Geo-Cooling weniger Sonden-Regeneration**
- **Sondenbilanz möglichst ausgleichen**
- **Entfeuchtung von Geo-Cooling – Kreisen trennen**

# Optimierung von Sondenfeldern

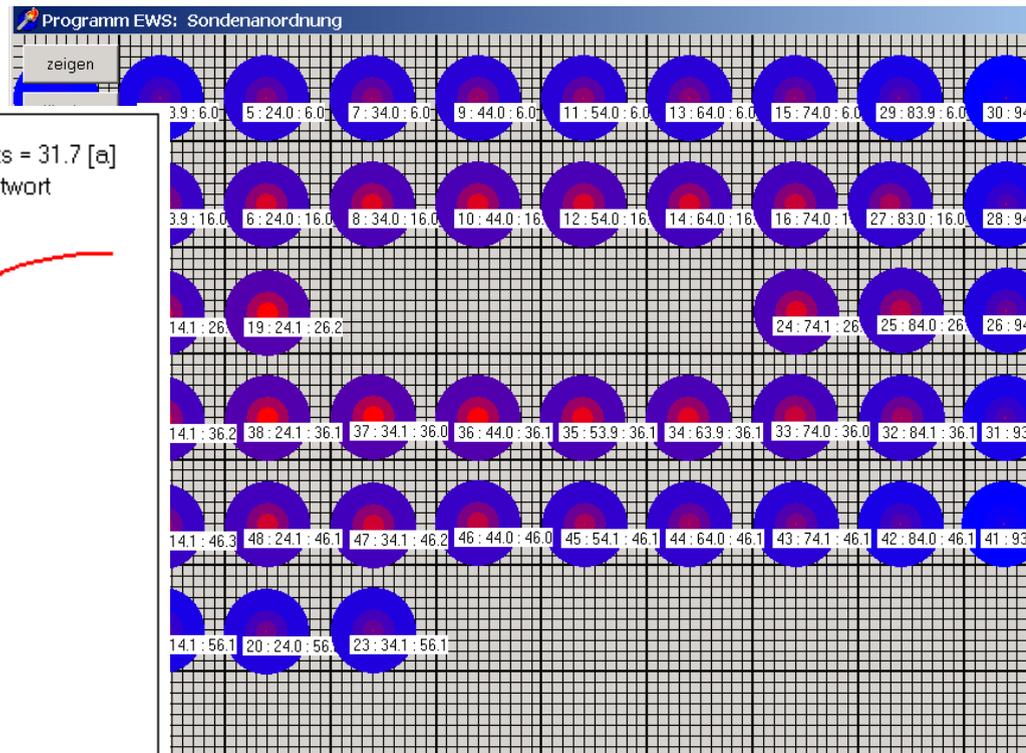
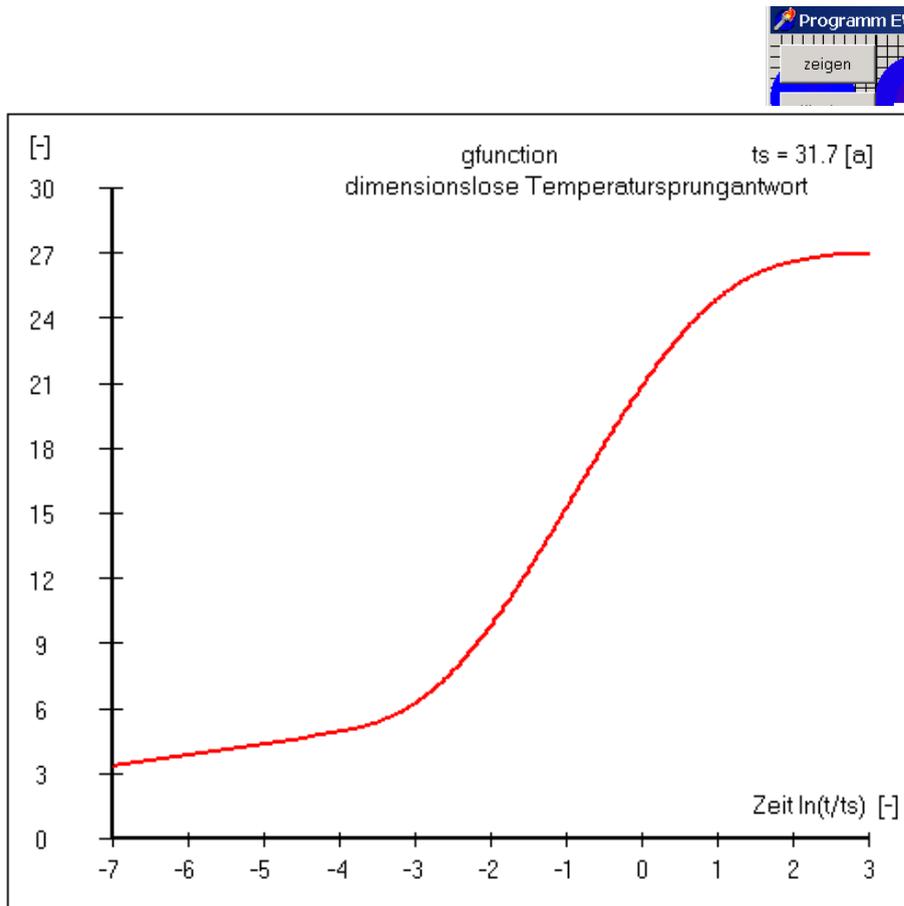


# Beispiel 3: Feld mit 50 Sonden: Anordnung A



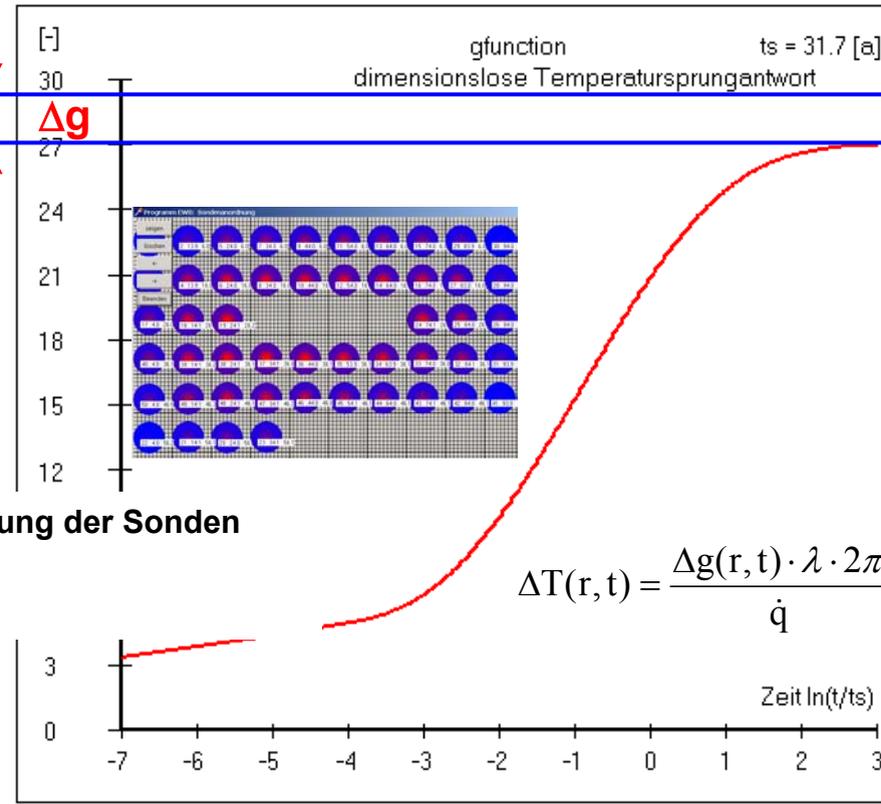
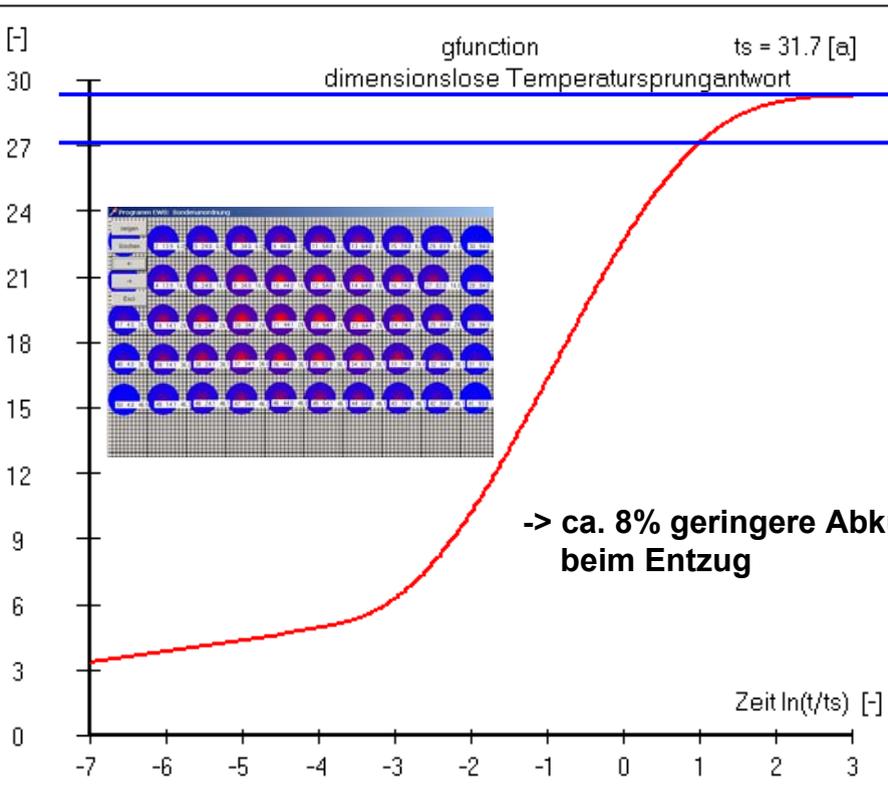
Programm EWS: [www.hetag.ch](http://www.hetag.ch)

# Beispiel 3: Feld mit 50 Sonden: Anordnung B



Programm EWS: [www.hetag.ch](http://www.hetag.ch)

# Beispiel 3: Feld mit 50 Sonden: Variantenvergleich

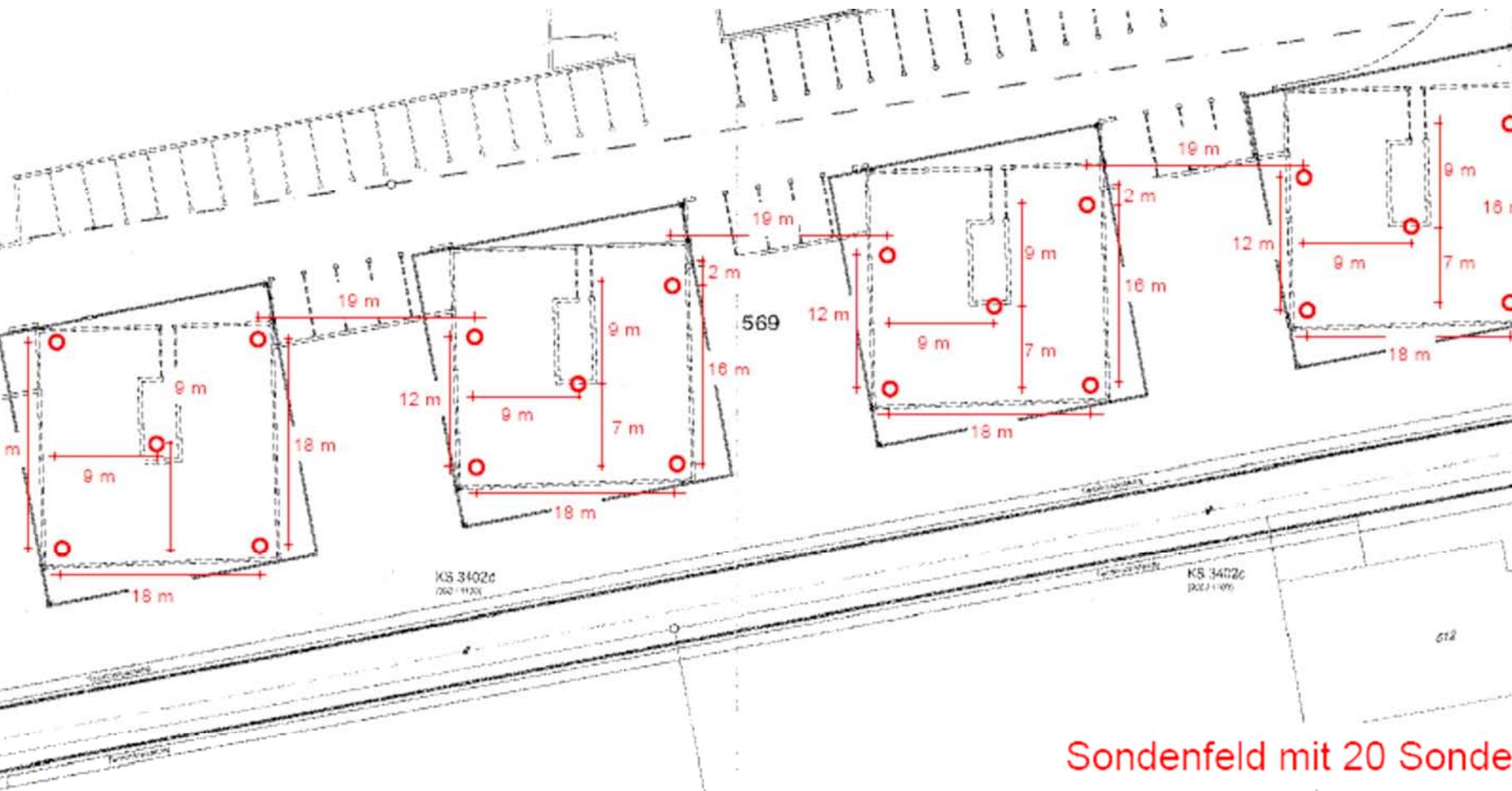


# Praxisbeispiel

---

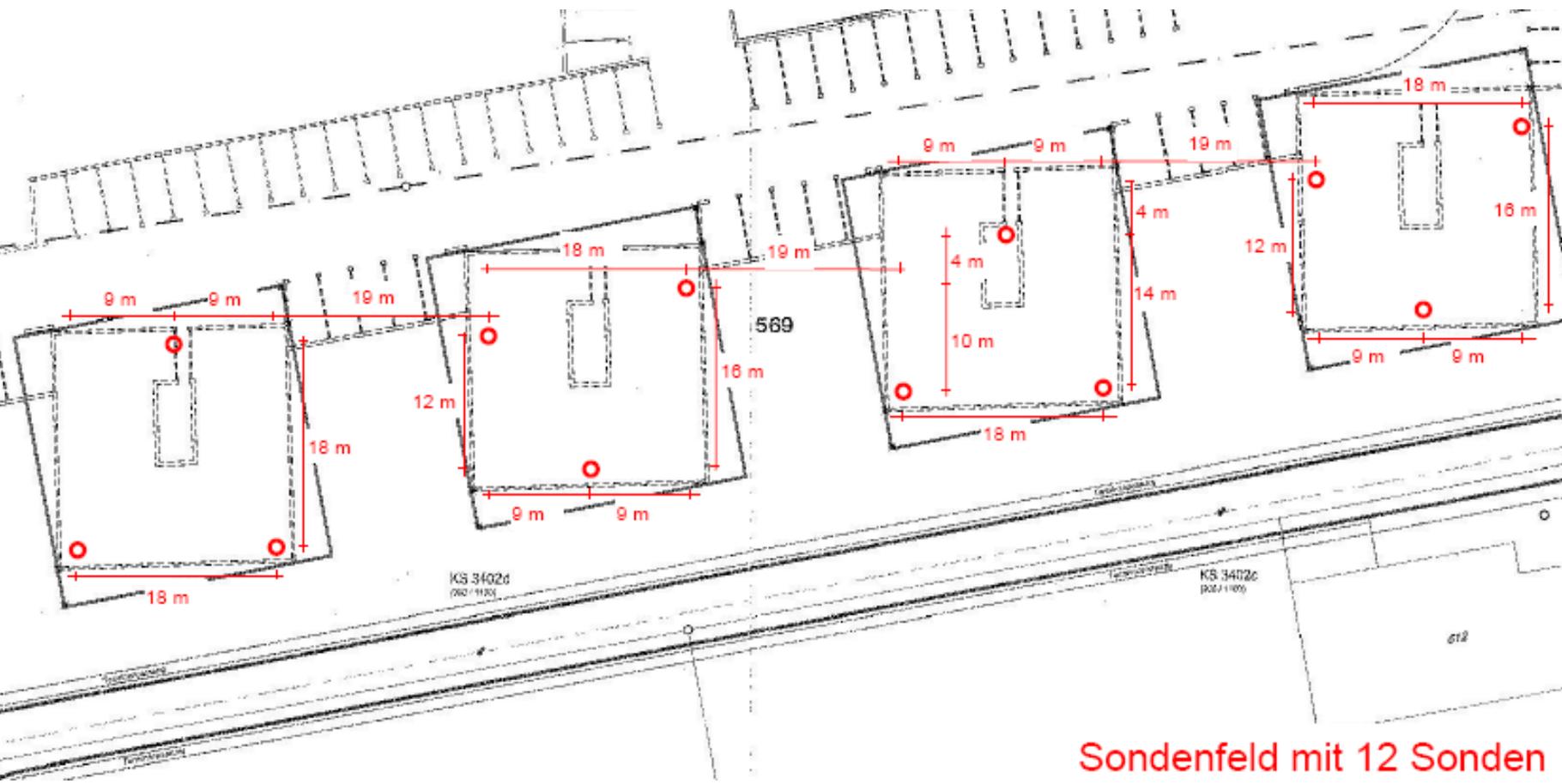
## Ein Beispiel aus der Praxis

# Variante 1: 20 Sonden x 170m Bohrtiefe = 3'400 Bohrmeter



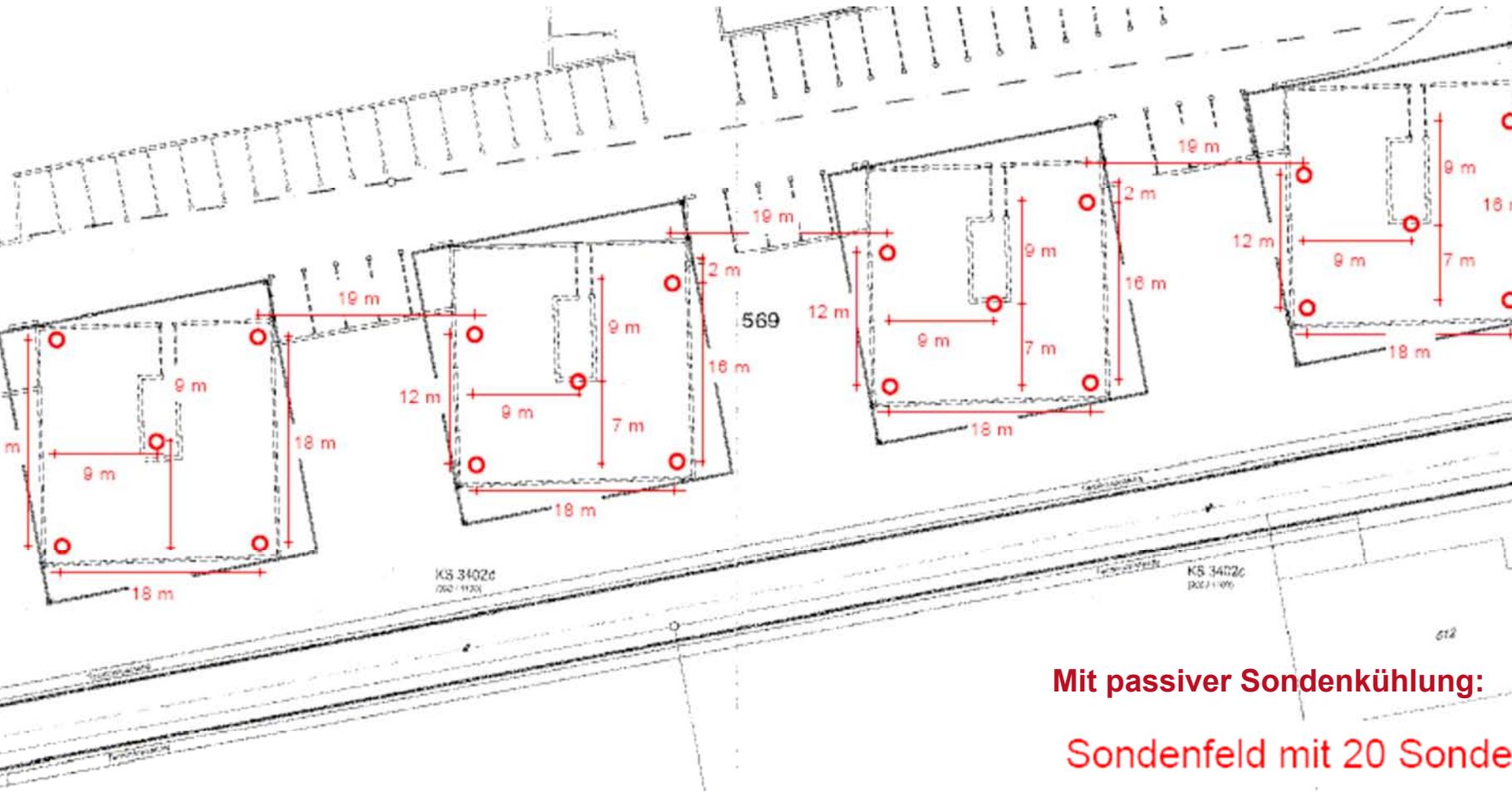
Sondenfeld mit 20 Sonde

# Variante 2: 12 Sonden x 220m Bohrtiefe = 2'640 Bohrmeter



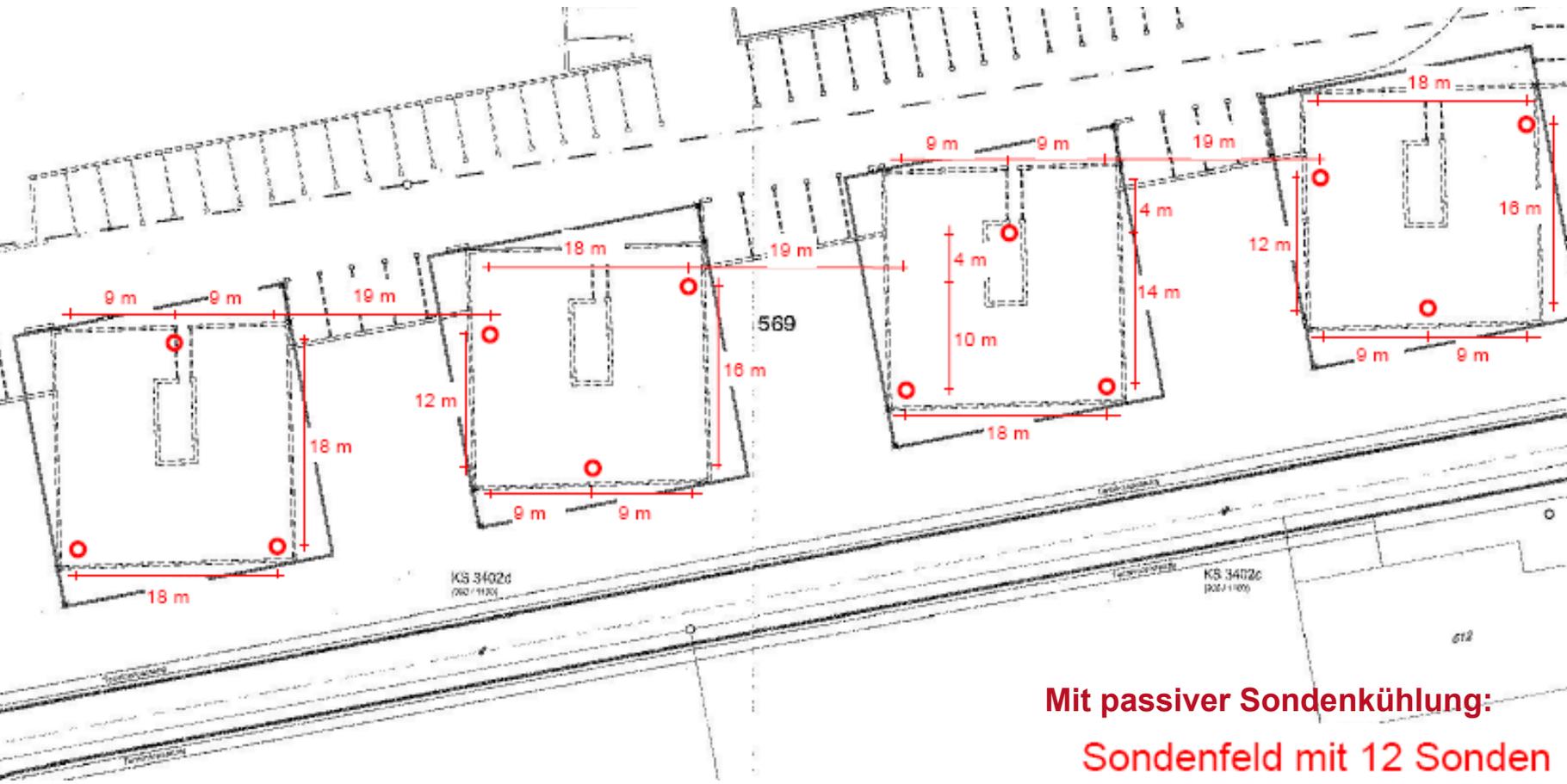
Sondenfeld mit 12 Sonden

# Variante 3: 20 Sonden x 165m Bohrtiefe = 3'300 Bohrmeter



Mit passiver Sondenkühlung:  
Sondenfeld mit 20 Sonden

# Variante 4: 12 Sonden x 210m Bohrtiefe = 2'520 Bohrmeter



**Mit passiver Sondenkühlung:  
Sondenfeld mit 12 Sonden**

## Praxisbeispiel

---

**Je weiter die Sonden auseinander gezogen werden können, um so kleiner ist der Einfluss der Regeneration der Sonden durch passive Kühlung.**

# Praxisbeispiel

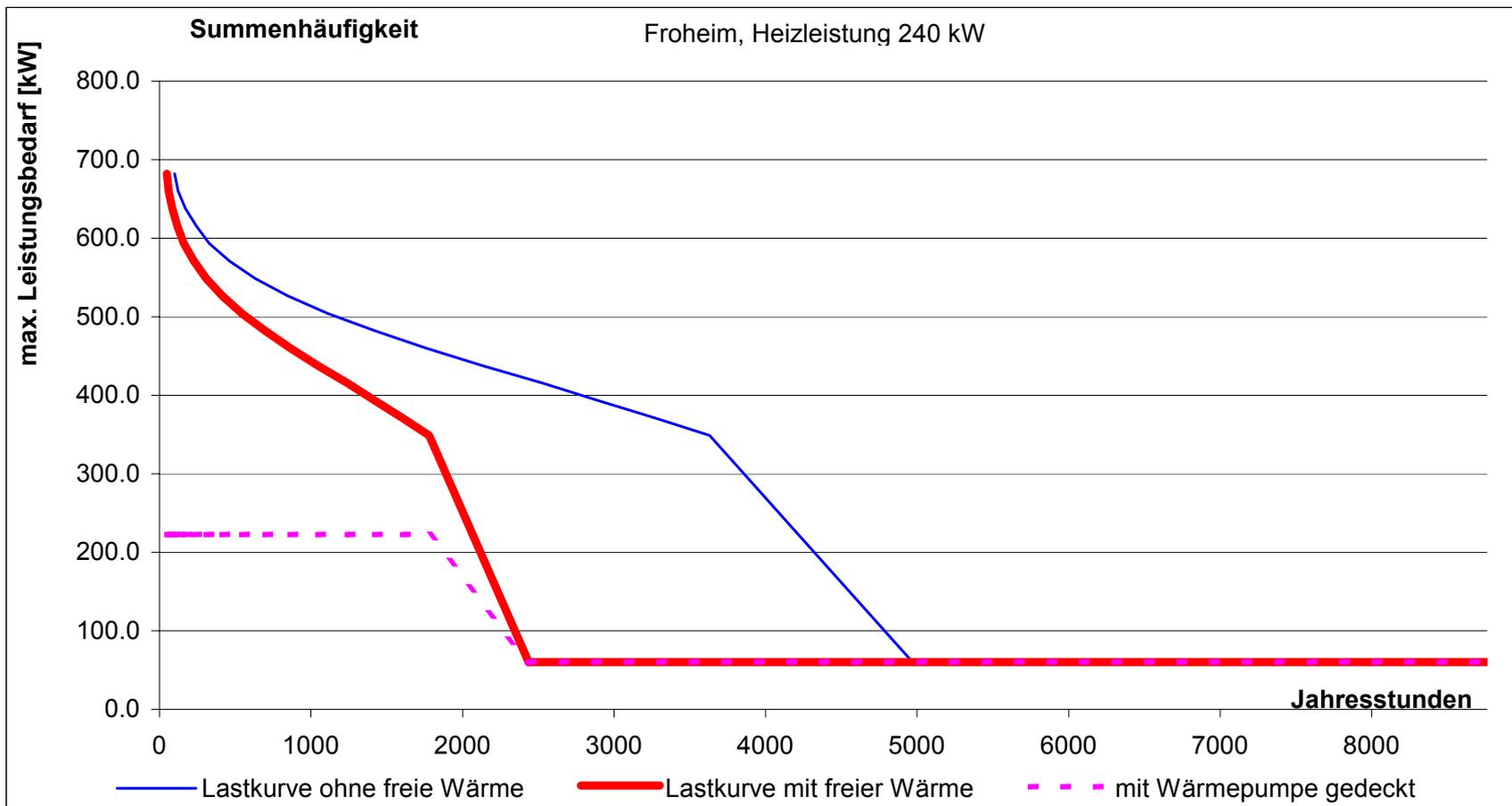
---

## Ein weiteres Beispiel aus der Praxis

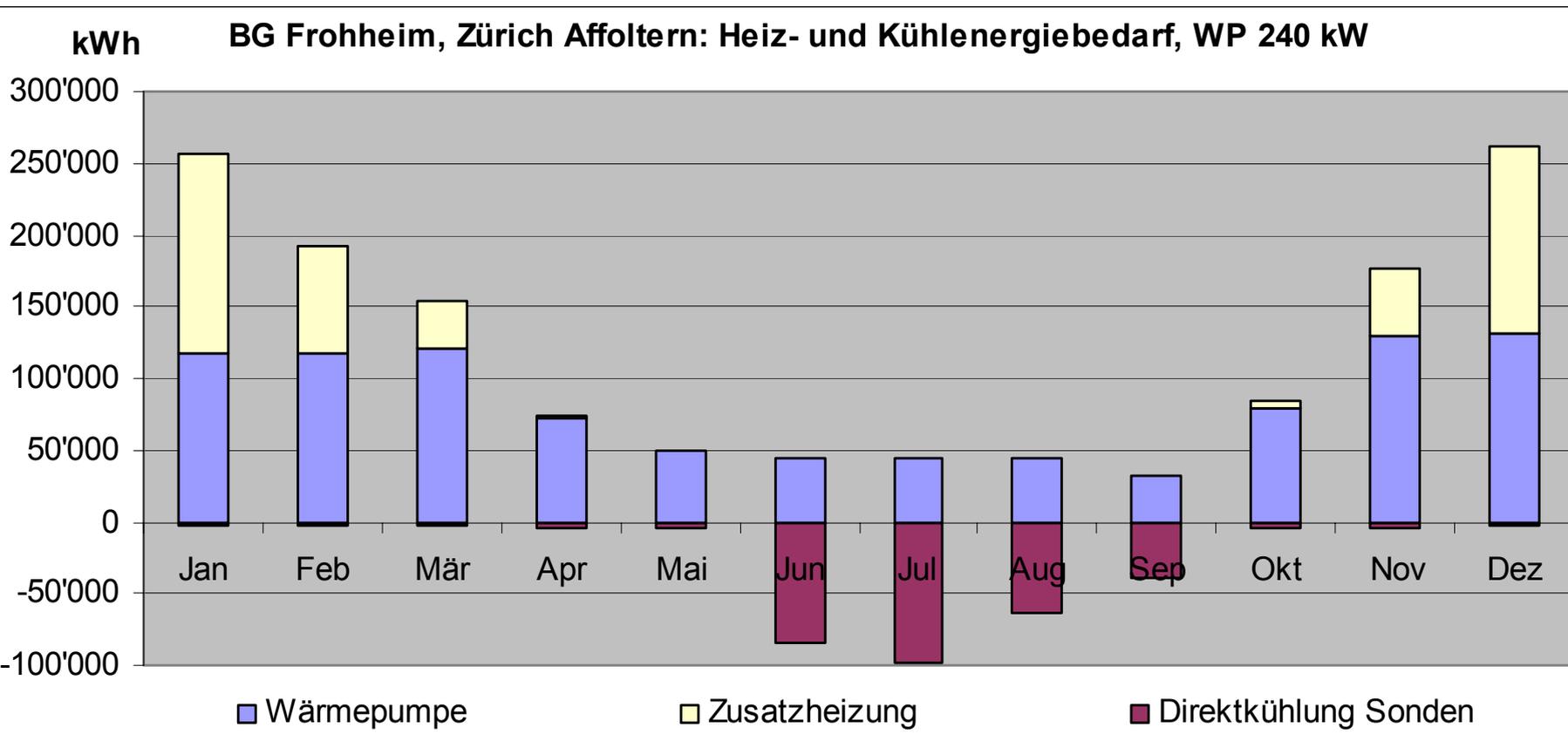
# Praxisbeispiel: Genossenschaftssiedlung Zürich Nord



# Praxisbeispiel: Bivalenter Betrieb -> hohe Betriebsstunden

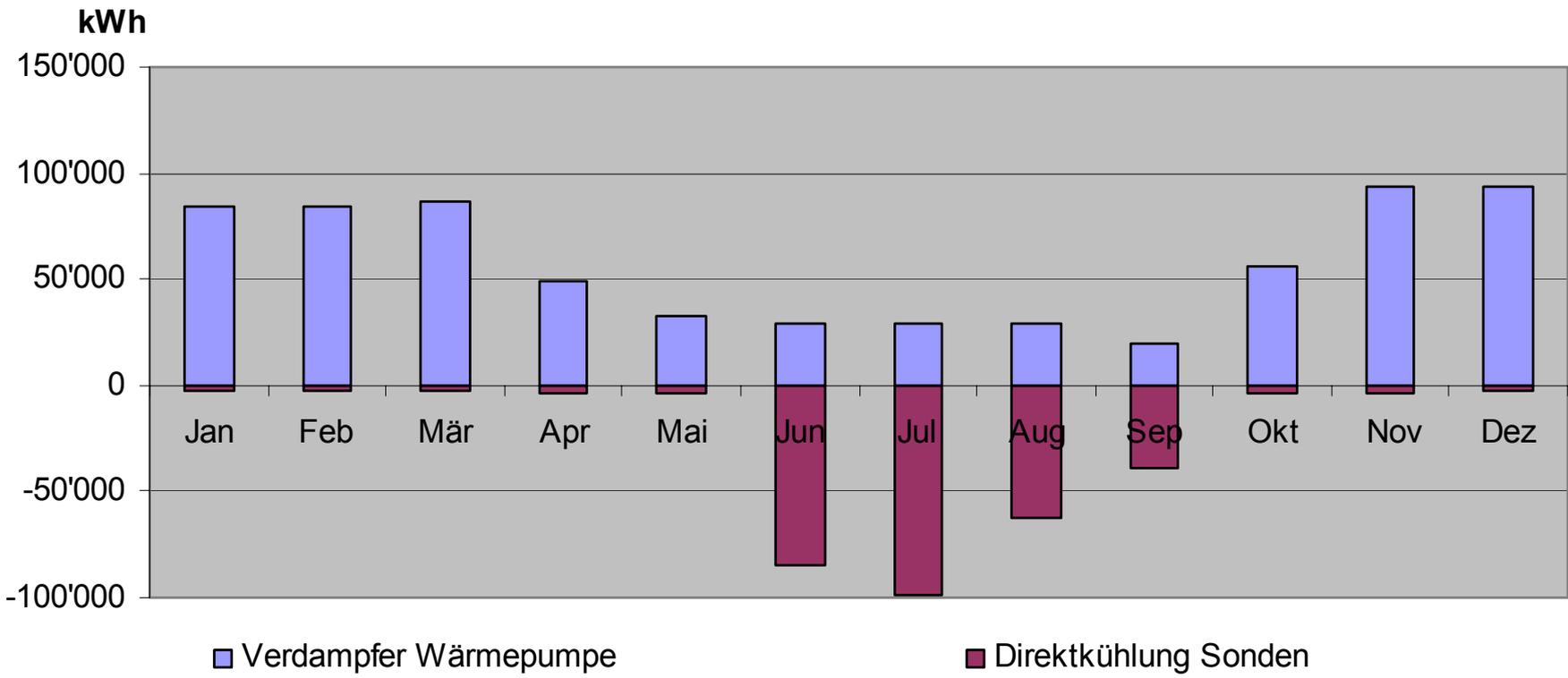


# Praxisbeispiel: Energiebilanz

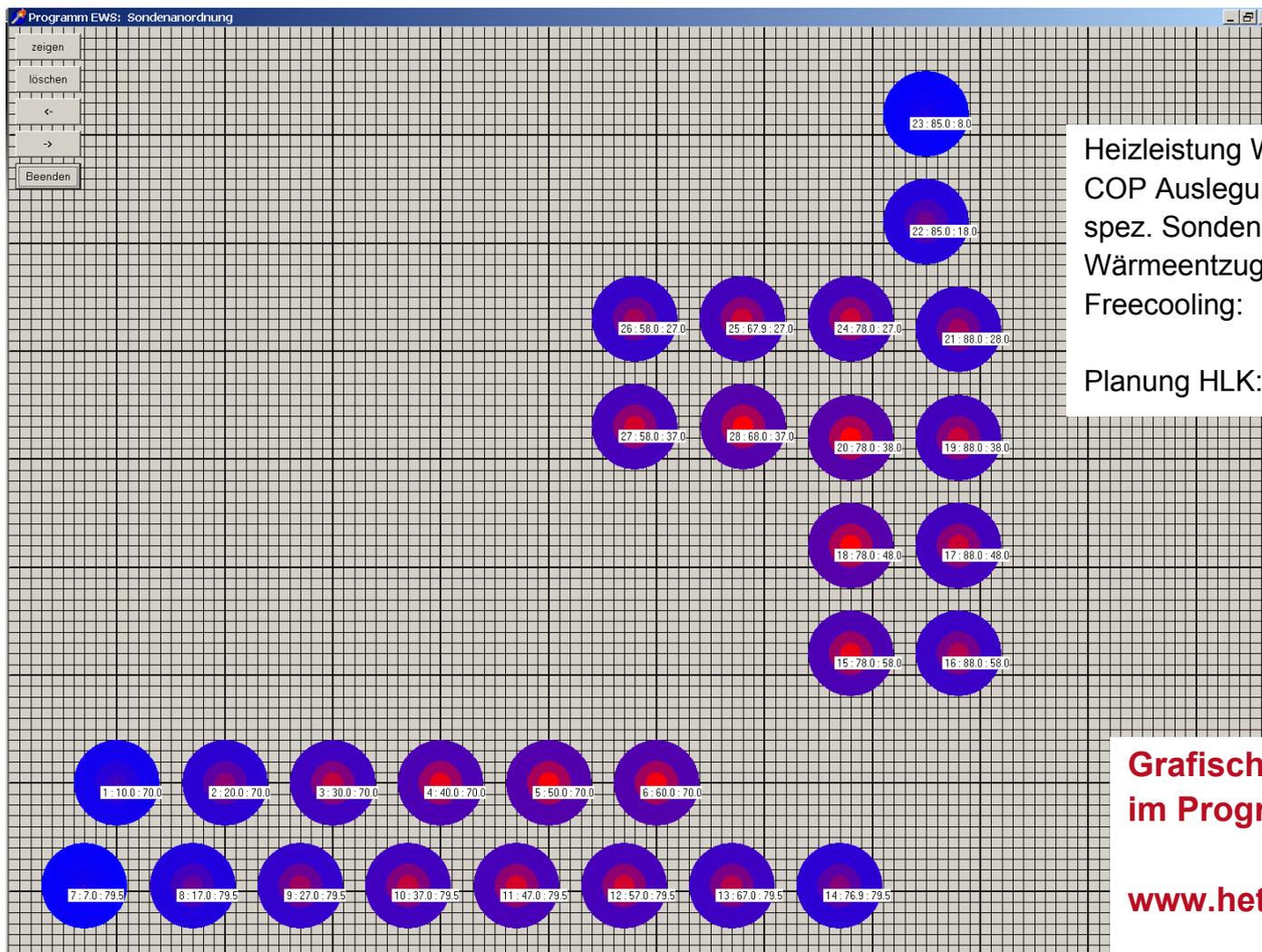


# Praxisbeispiel: Energiebilanz Sonden

**BG Frohheim, Zürich Affoltern: Energiebilanz Erdsonden bei WP 240 kW**



# Praxisbeispiel: Sondenanordnung – 28 Sonden x 280m



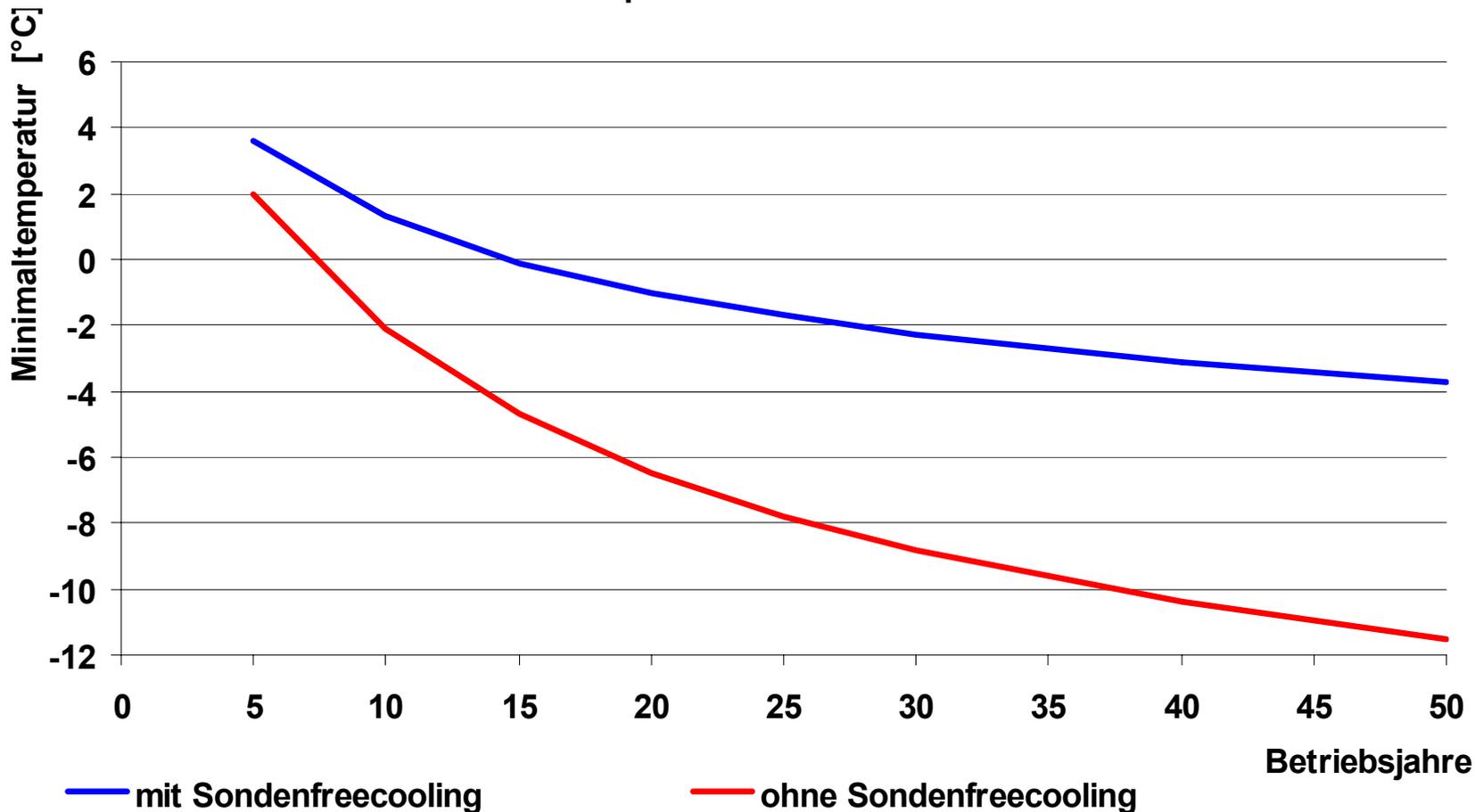
Heizleistung WP:	240 kW
COP Auslegung:	4.0 / 3 (WP)
spez. Sondenbelastung:	23 W/m
Wärmeentzug:	700 MWh/a
Freecooling:	311 MWh/a
Planung HLK:	HPS AG Küsnacht Z

**Grafische Sondenanordnung  
im Programm EWS**

[www.hetag.ch](http://www.hetag.ch)

# Praxisbeispiel: Einfluss der aktiven Sondenregeneration

Minimaltemperatur im Sondenrücklauf



## Praxisbeispiel: zu beachten

---

- mögliche Kühlleistung steigt jedes Jahr
- Kühlpotential wird bald grösser als Bedarf
- Kühlleistung muss beschränkt werden (Kühlkurve, umstellbare Raumthermostaten in jedem Raum)
- Keine Heizkreise ohne Ventilantrieb (auch bei mehreren Heizkreisen im Raum, Bad, WC etc.)

# Praxisbeispiel

---

**Enge Sondenordnung, grosse Felder und hohe Jahrentzugsstunden machen Sondenregeneration (Sondenfreecooling oder Rückkühlung aus Kälteanlagen) notwendig**

**-> Der Übergang zur energetischen Saisonspeicherung ist fliegend !**

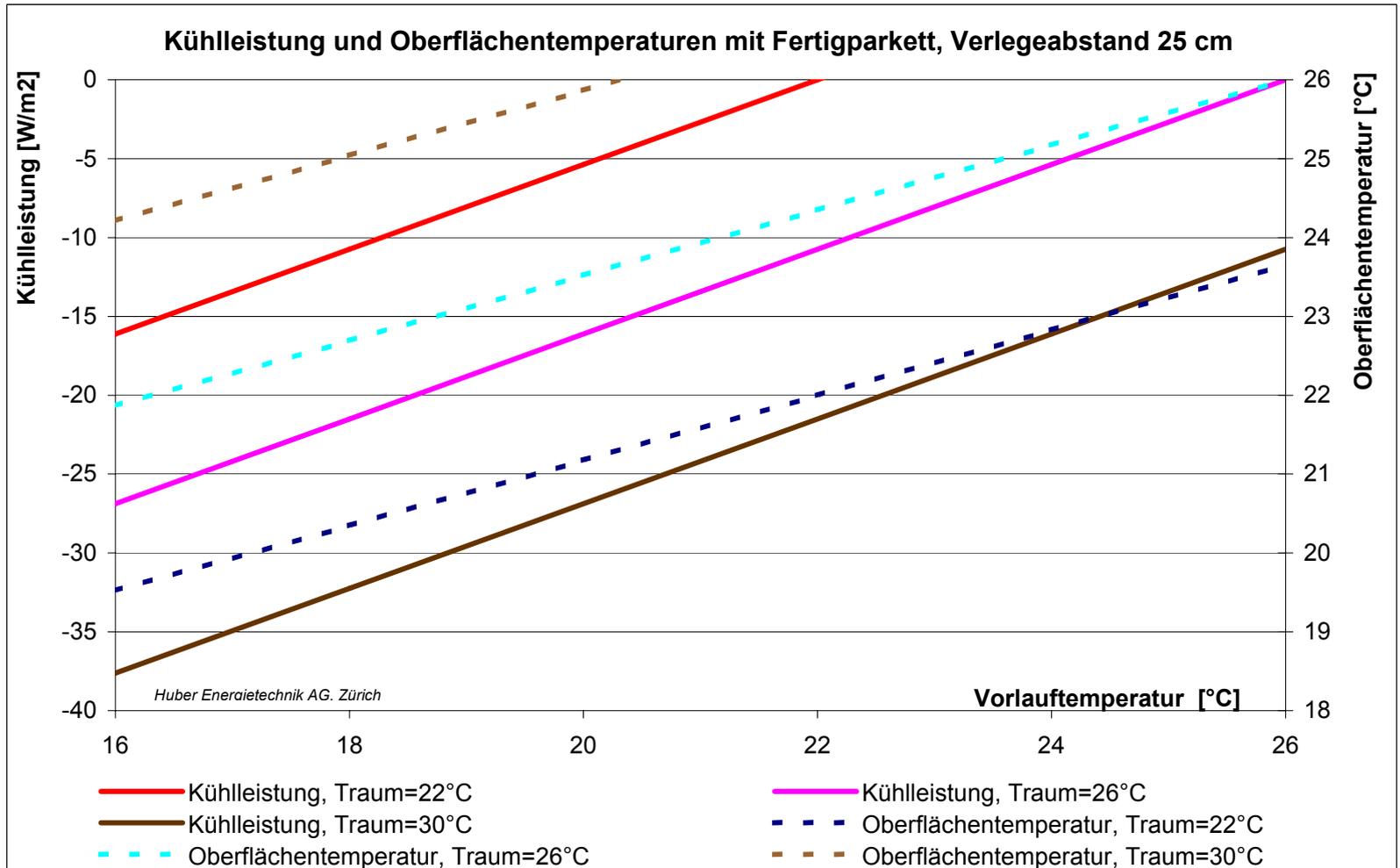
# Erreichbare Kühlleistung über Fussbodenheizung

<http://www.hetag.ch/download>

<http://www.fhnw.ch>



# Erreichbare Kühlleistung über Fussbodenheizung



# Kühlung mit Fussbodeheizung: Kühlleistung und Kondensatrisiko

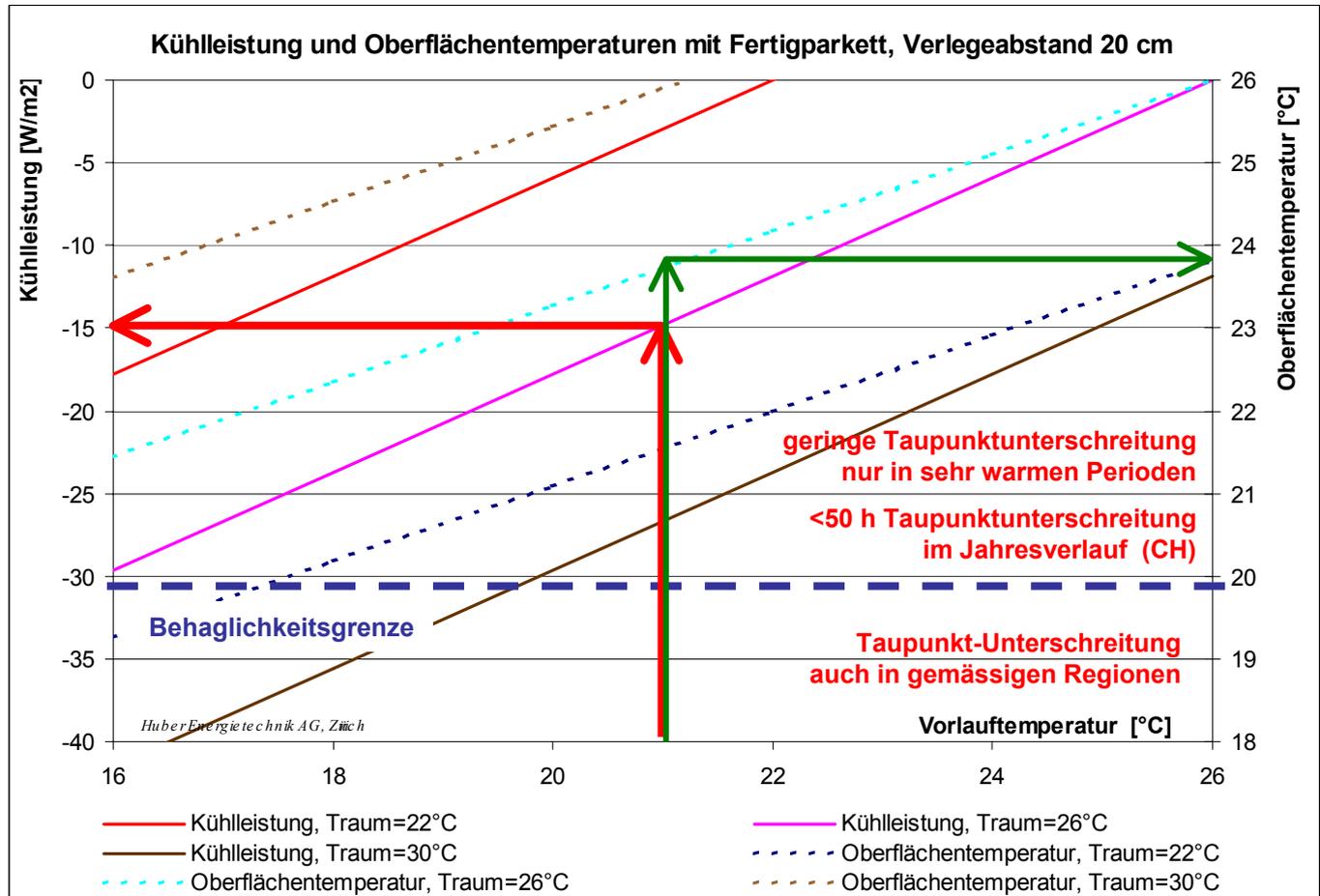
Beispiel:

Vorlauftemperatur = 21°C

Raumtemperatur = 26°C

→ Kühlleistung  
15 W/m<sup>2</sup>

→ Oberflächen-  
temperatur  
23.8°C



Quelle: Afjei, Th.; Dott, R.; Huber, A.; 2007. Heizen und kühlen mit erdgekoppelten Wärmepumpen. Bundesamt für Energie, Bern

# Realistische Lastprofile

---

**Woher kommen die Daten?**

## Realistische Lastprofile: Woher kommen die Daten?

---

**Für eine Erdsondenberechnung werden die folgenden Angaben benötigt:**

- **Verdampfer- und Kondensatorleistung der Wärmepumpe (Voll- und Teillast)**
- **monatlicher Heizwärmebedarf**
- **monatlicher Kühlbedarf**
- **Geologie (Wärmeleitfähigkeit, ab wann kommt der Fels)**
- **Temperatur des Bodens im unbeeinflussten Fall**

# Realistische Lastprofile: Woher kommen die Daten?

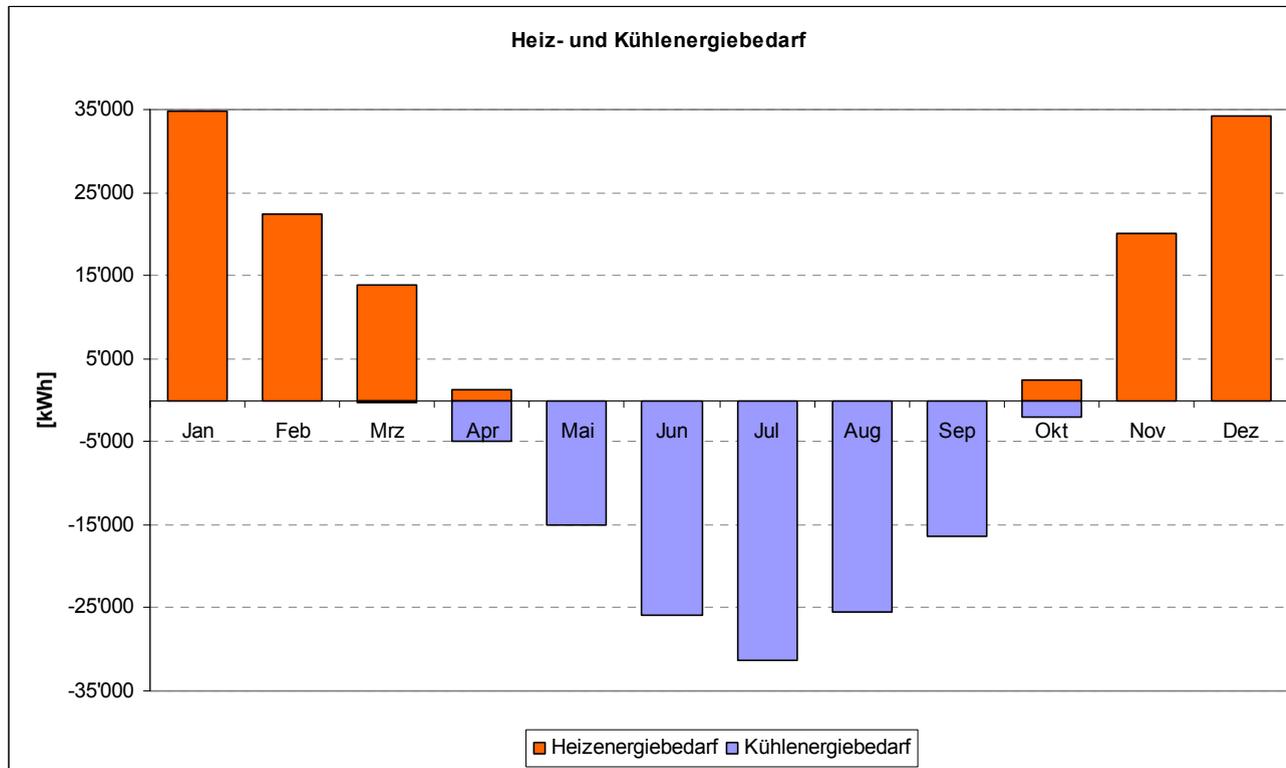
Grundlagendaten: z. B. aus Berechnung Heizwärmebedarf SIA 380/1

nach SIA 380/1:

	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Transmissionswärmeverlust [MJ/m <sup>2</sup> a]	38.4	31.5	29.9	20.3	14.1	6.7	3.9	5.9	9.9	18.6	27.9	37.5
Lüftungswärmeverlust [MJ/m <sup>2</sup> a]	11.8	9.6	9.1	6.2	4.3	2	1.2	1.8	3	5.7	8.5	11.5
<b>Gesamtwärmeverlust [MJ/m<sup>2</sup>a]</b>	<b>50.2</b>	<b>41.1</b>	<b>39</b>	<b>26.5</b>	<b>18.4</b>	<b>8.7</b>	<b>5.1</b>	<b>7.7</b>	<b>12.9</b>	<b>24.3</b>	<b>36.4</b>	<b>49</b>
Solarer Wärmegewinn tot [MJ/m <sup>2</sup> a]	-8.2	-11.8	-17.5	-22.2	-24.6	-25.8	-27	-24.1	-20.9	-15.6	-8.9	-7.5
Interne Wärmegewinne [MJ/m <sup>2</sup> a]	-8.3	-7.5	-8.3	-8	-8.3	-8	-8.3	-8.3	-8	-8.3	-8	-8.3
<b>Wärmegewinne total [MJ/m<sup>2</sup>a]</b>	<b>-16.5</b>	<b>-19.3</b>	<b>-25.8</b>	<b>-30.2</b>	<b>-32.9</b>	<b>-33.8</b>	<b>-35.3</b>	<b>-32.4</b>	<b>-28.9</b>	<b>-23.9</b>	<b>-16.9</b>	<b>-15.8</b>
Ausnutzungsgrad f. Gewinne	1	1	0.99	0.84	0.56	0.26	0.14	0.24	0.45	0.92	1	1
<b>nicht genutzte Gewinne [MJ/m<sup>2</sup>a]</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>-5</b>	<b>-14</b>	<b>-25</b>	<b>-30</b>	<b>-25</b>	<b>-16</b>	<b>-2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Heizwärmebedarf [MJ/m<sup>2</sup>a]</b>	<b>33.7</b>	<b>21.8</b>	<b>13.5</b>	<b>1.1</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>2.3</b>	<b>19.5</b>	<b>33.2</b>

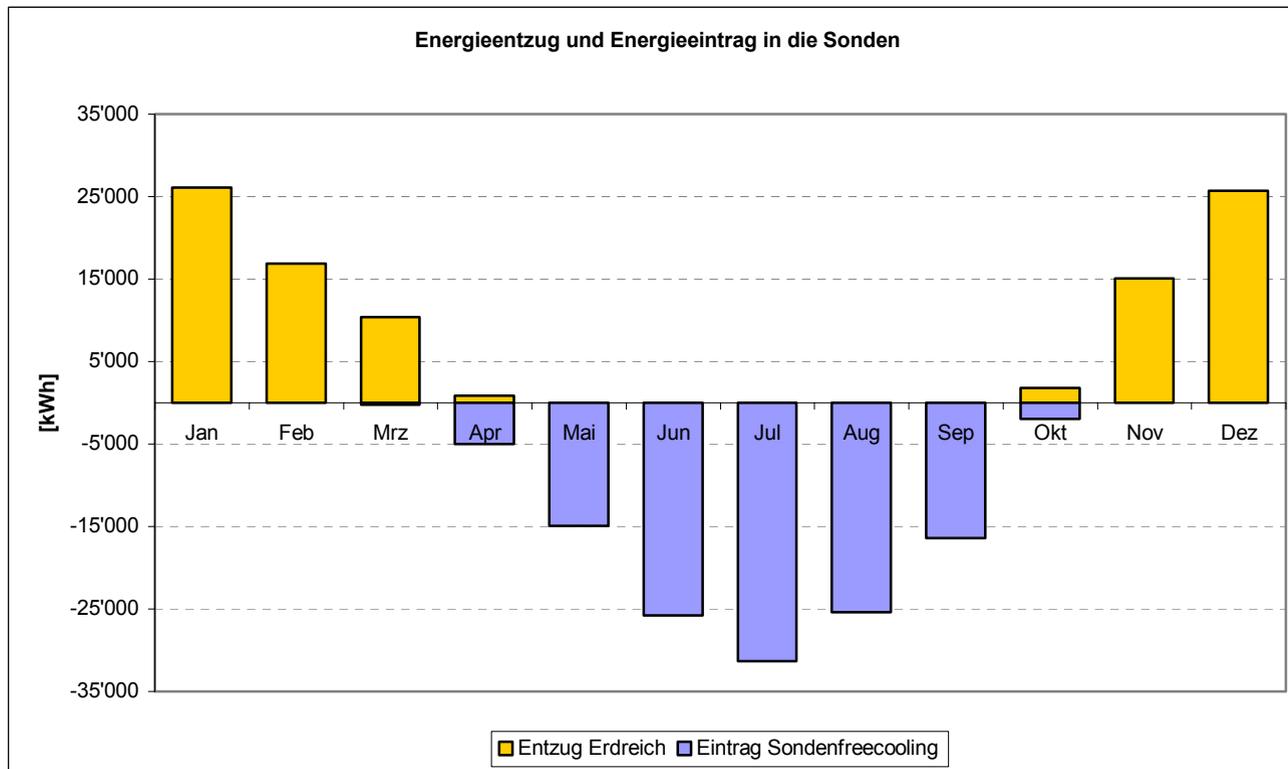
# Realistische Lastprofile: Woher kommen die Daten?

Beispiel Energiebilanz (Heizenergiebedarf / Kühlenergiebedarf) für Gebäude mit 15 Sonden:



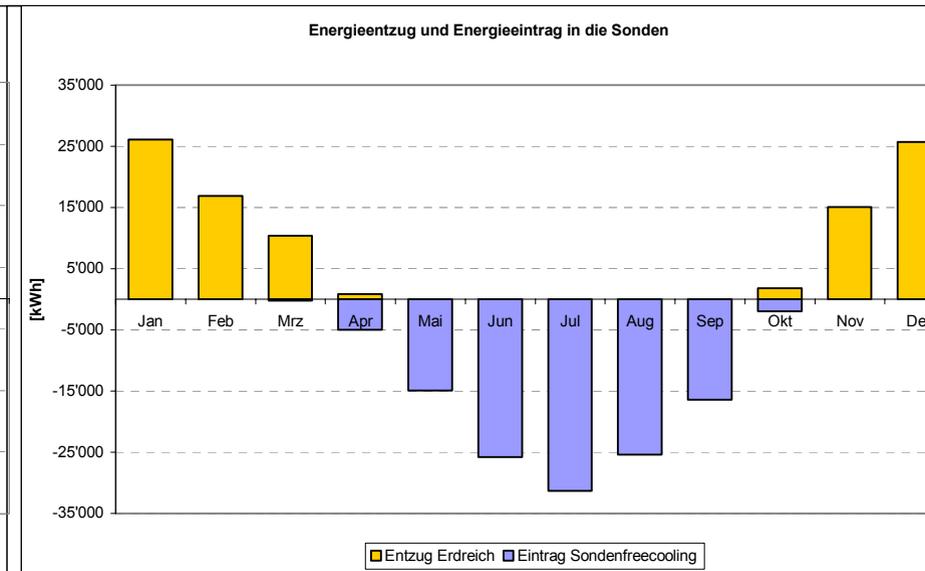
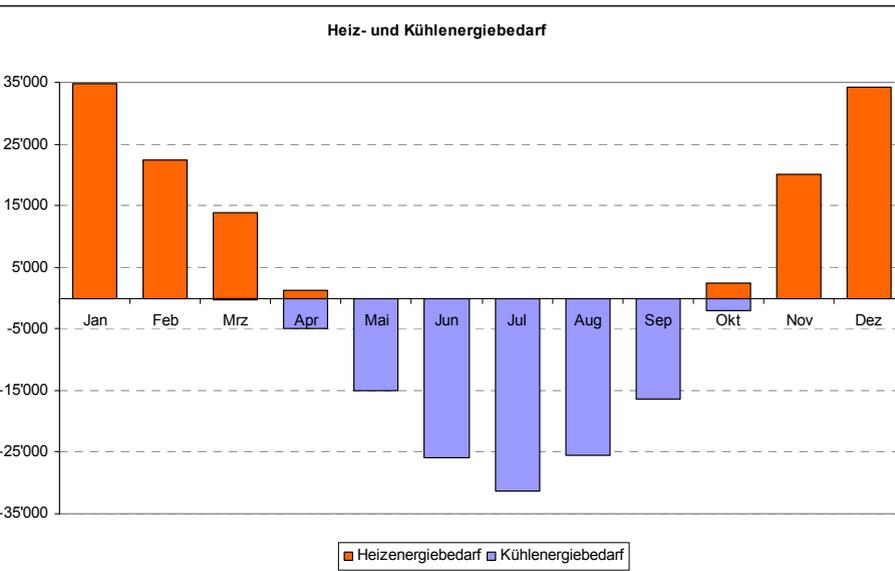
# Realistische Lastprofile: Woher kommen die Daten?

Beispiel Sondenbilanz Entzug / Einspeisung (Sonden-Freecooling):



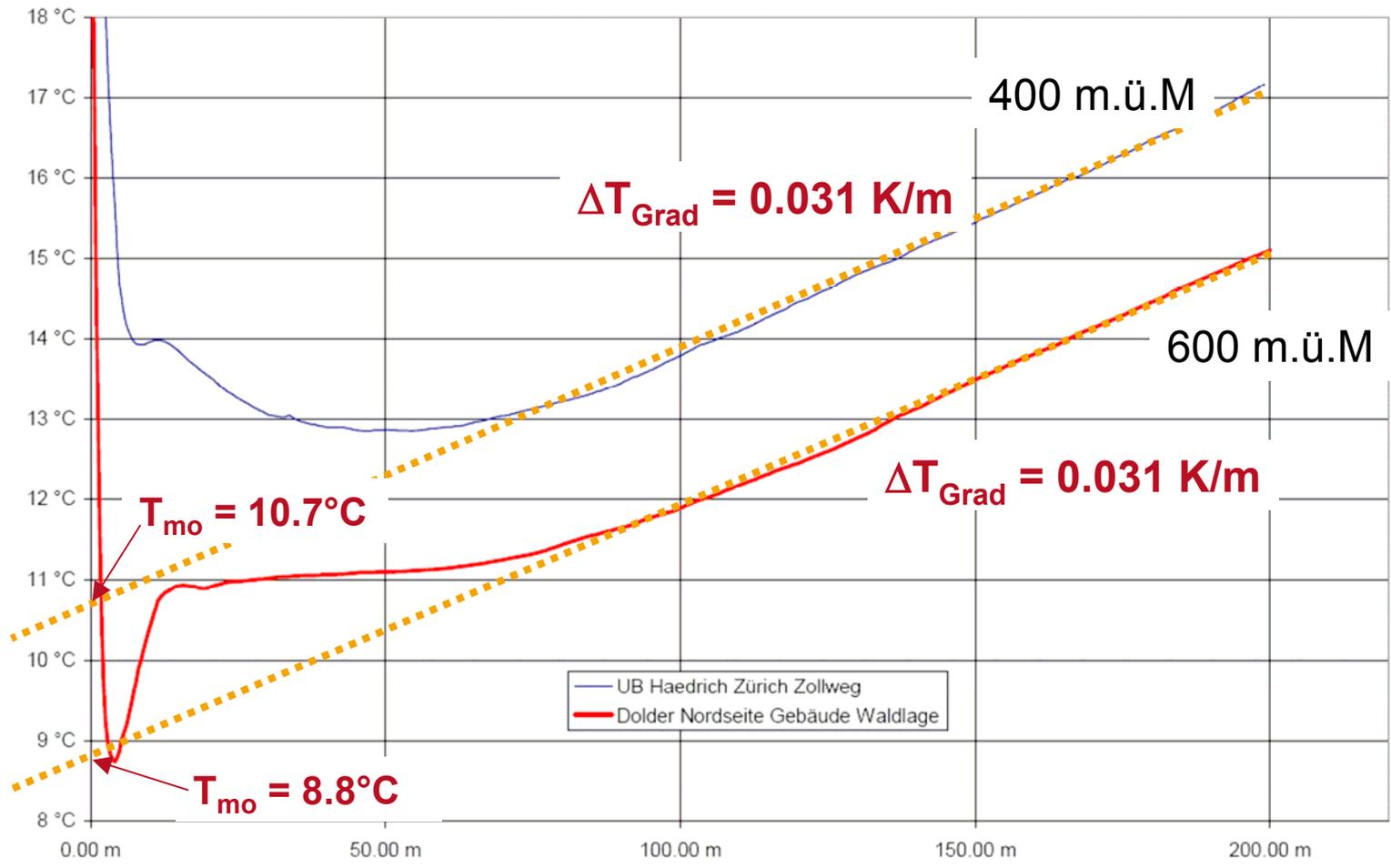
# Realistische Lastprofile: Woher kommen die Daten?

## Beispiel Sondenbilanz Entzug / Einspeisung (Sonden-Freecooling):



# Ungestörte Temperatur im Erdreich

# Mittlere Oberflächentemperatur $T_{mo}$ : Einfluss der Bodenerwärmung, 2 Messungen in Zürich



Rohner / Bassetti [2006]: Projekt Erfolgskontrolle und Planungsinstrumente für EWS-Feld Hotel Dolder Zürich. BFE, Bern.

# Einzelsonden und Sondenfelder zum Heizen und Kühlen

---

## Zusammenfassung

- **Tendenz zu tieferen Sonden und zum Geocooling**
- **Neue Norm SIA 384/6 verpflichtet Planer zur Sondenauslegung auf 50 Jahre. Bei > 4 Sonden ist Sondensimulation erforderlich.**
- **Heizen und Kühlen im Einfamilienhaus: Geocooling über Fussbodenheizung kann energieneutral gemacht werden. Geocooling ermöglicht keine Sondenverkürzung.**
- **Sondenfelder benötigen aktiven Regeneration durch Geocooling oder Rückkühlung von Kälteanlagen über Sonden. Weniger Sonden dank Kühlung oder Rückkühlung über Sonden.**