



ERDSONDENFELDER

Ausführung und Qualitätssicherung

Hotspot Hannover

GEOthermie – durch Innovation zur Wirtschaftlichkeit

Geothermietag, 30. Oktober 2008

Dipl.-Ing. Hans –Joachim Lohr - Dipl.-Ing. Markus Sommer

LOHRconsult

Qualitätssicherung



Die Qualitätssicherung beginnt bereits bei der Planung

1
Wasser- und
Bergrecht

2
Probe-
bohrung
Geologie

3
Geothermal
Response
Test

10
Simulation
Erdsonden-
anlage

4
Temperatur-
Monitoring

9
Materialien
Bohrtechnik

5
Entwurf
Sondenfeld

8
Betriebs-
parameter

7
Wärme-
pumpen-
system

6
Gebäude-
simulation

**Dimensionierung
von
Erdsondenfeldern
VDI 4640**

1. Genehmigungsverfahren

WHG

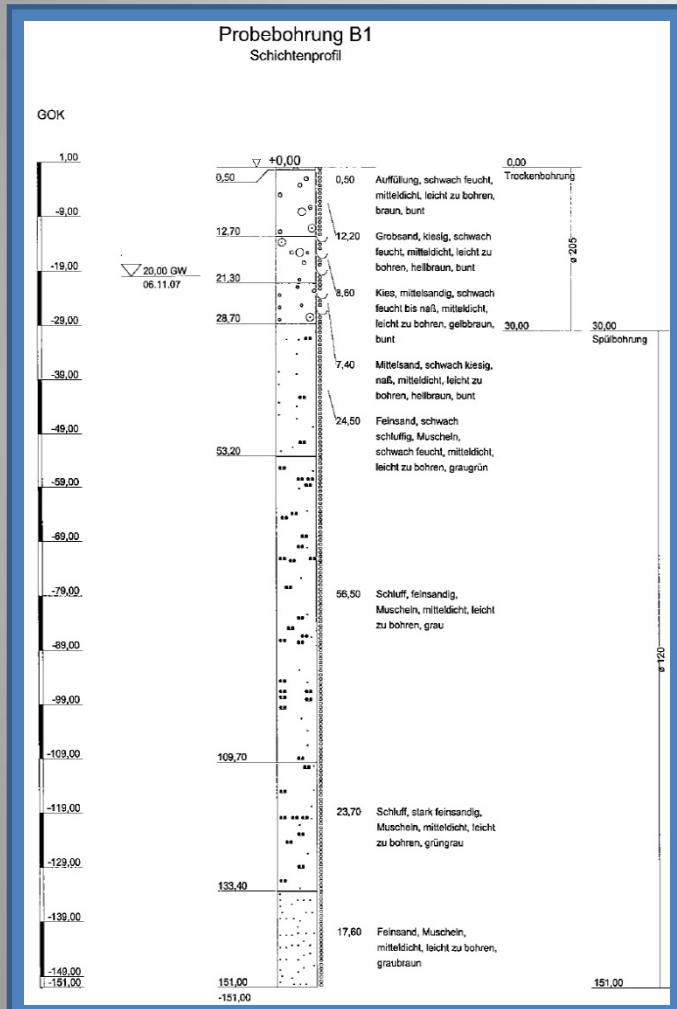
Wasserhaushaltsgesetz

BBergG

Bundesberggesetz

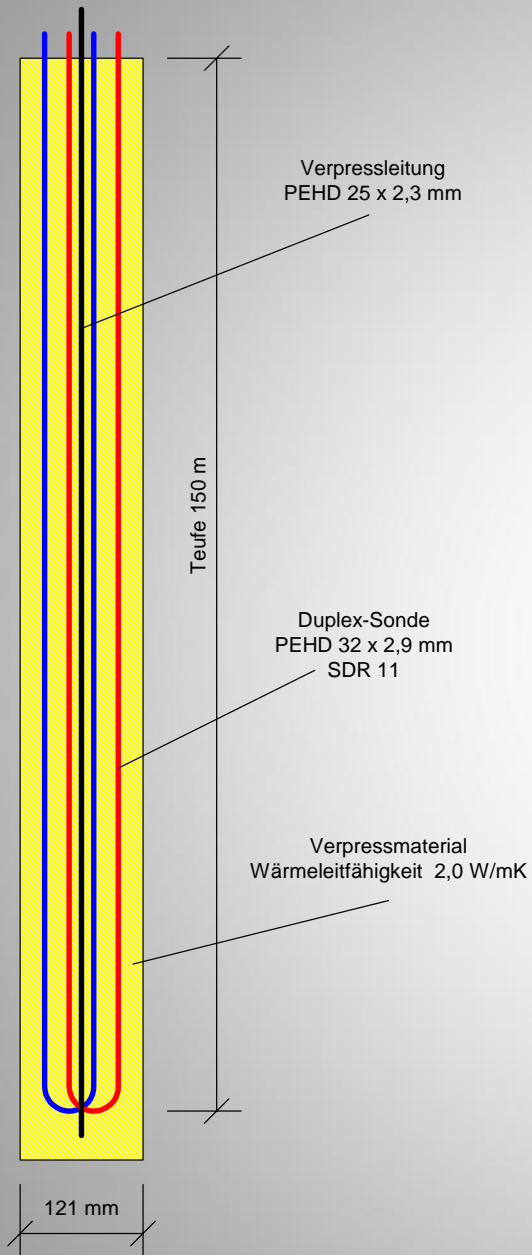
Die wesentlichen Rechtsgrundlagen für die Errichtung und den Betrieb von Erdwärmesondenanlagen bilden das **Wasserhaushaltsgesetz (WHG)**, die Wassergesetze des jeweiligen Bundeslandes und das **Bundesberggesetz (BBergG)** in Verbindung mit dem Lagerstättengesetz.

2. Probebohrung



Probeförderung Teufe 150 m

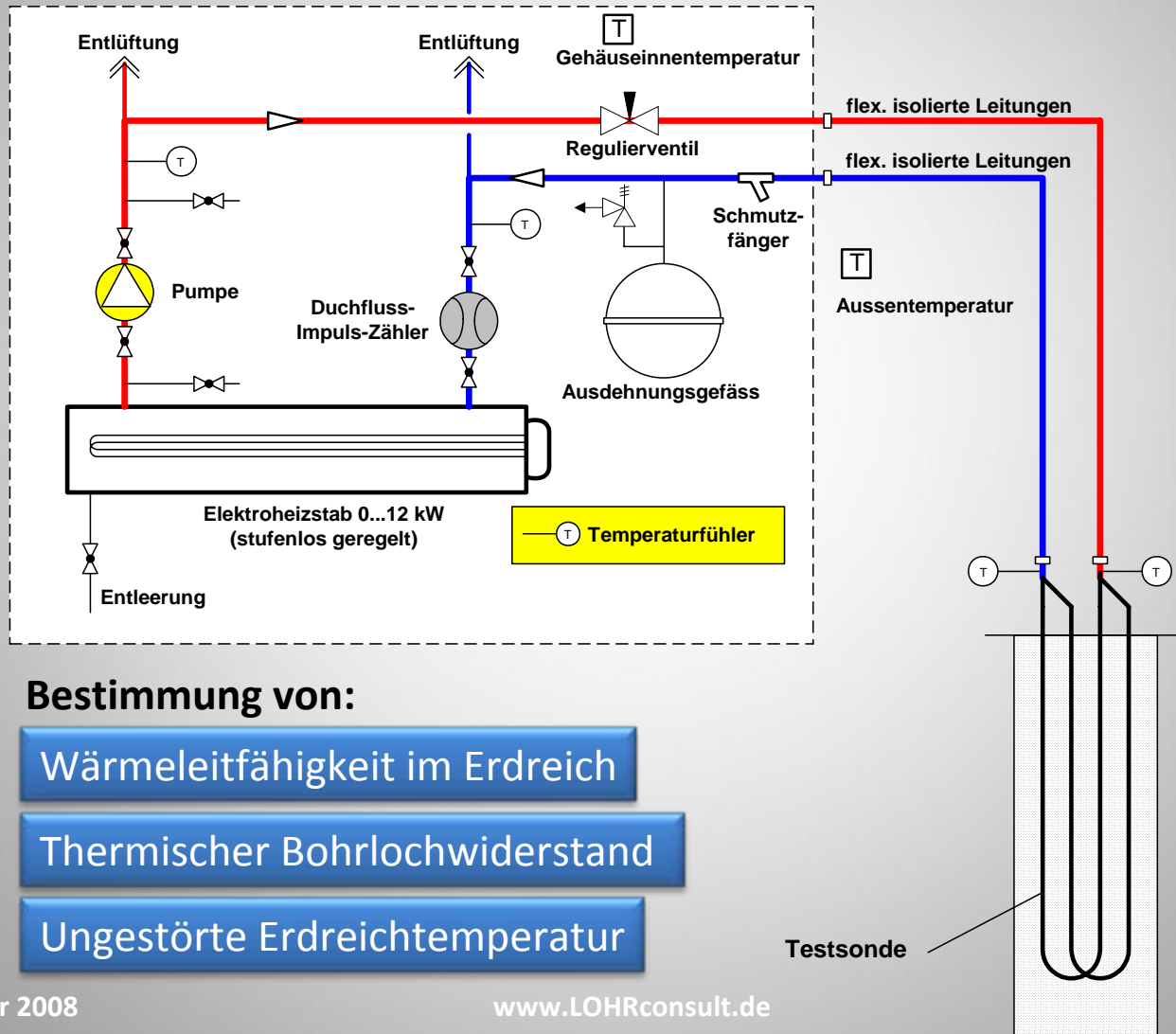
- Schichtenverzeichnis
- Grundwasserstand
- Festlegung des Bohrverfahrens
- Ausbau zur Testsonde
- Geothermal Response Test
- Temperaturmonitoring
- Weitere Verwendung im Sondenfeld



Ausbau der Probebohrung zur Durchführung eines Geothermal Response Tests

- Duplex-Erdsonde PEHD 32 x 2,9 mm SDR 11
- Verpressleitung PEHD 25 x 2,3 mm
- Verpressmaterial (therm verbessert) 2,0 W/mK
- Bohrdurchmesser 205 mm + 121 mm

3. Geothermal Response Test



Bestimmung von:

Wärmeleitfähigkeit im Erdreich

Thermischer Bohrlochwiderstand

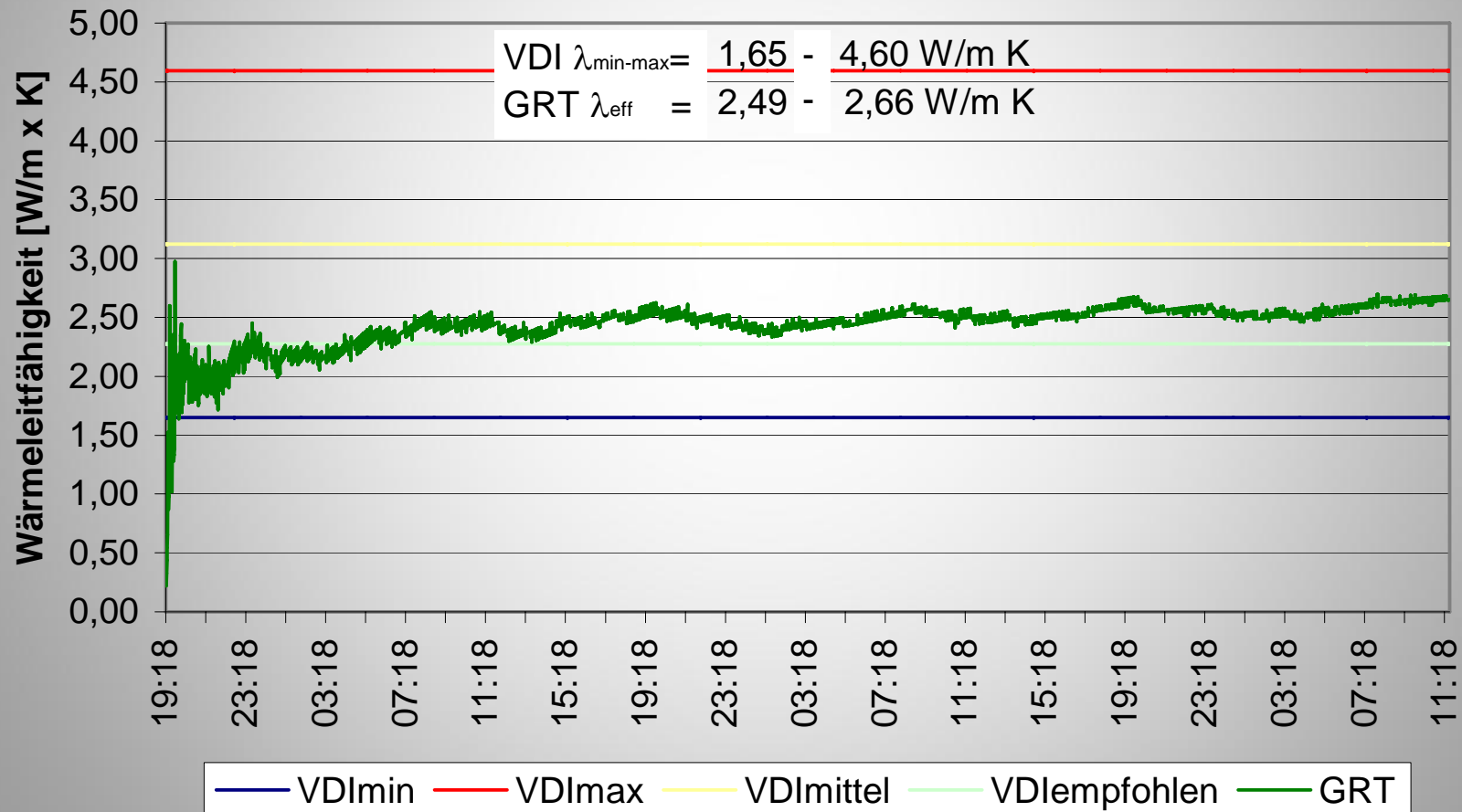
Ungestörte Erdreichtemperatur

Mobiles GRT-Equipment

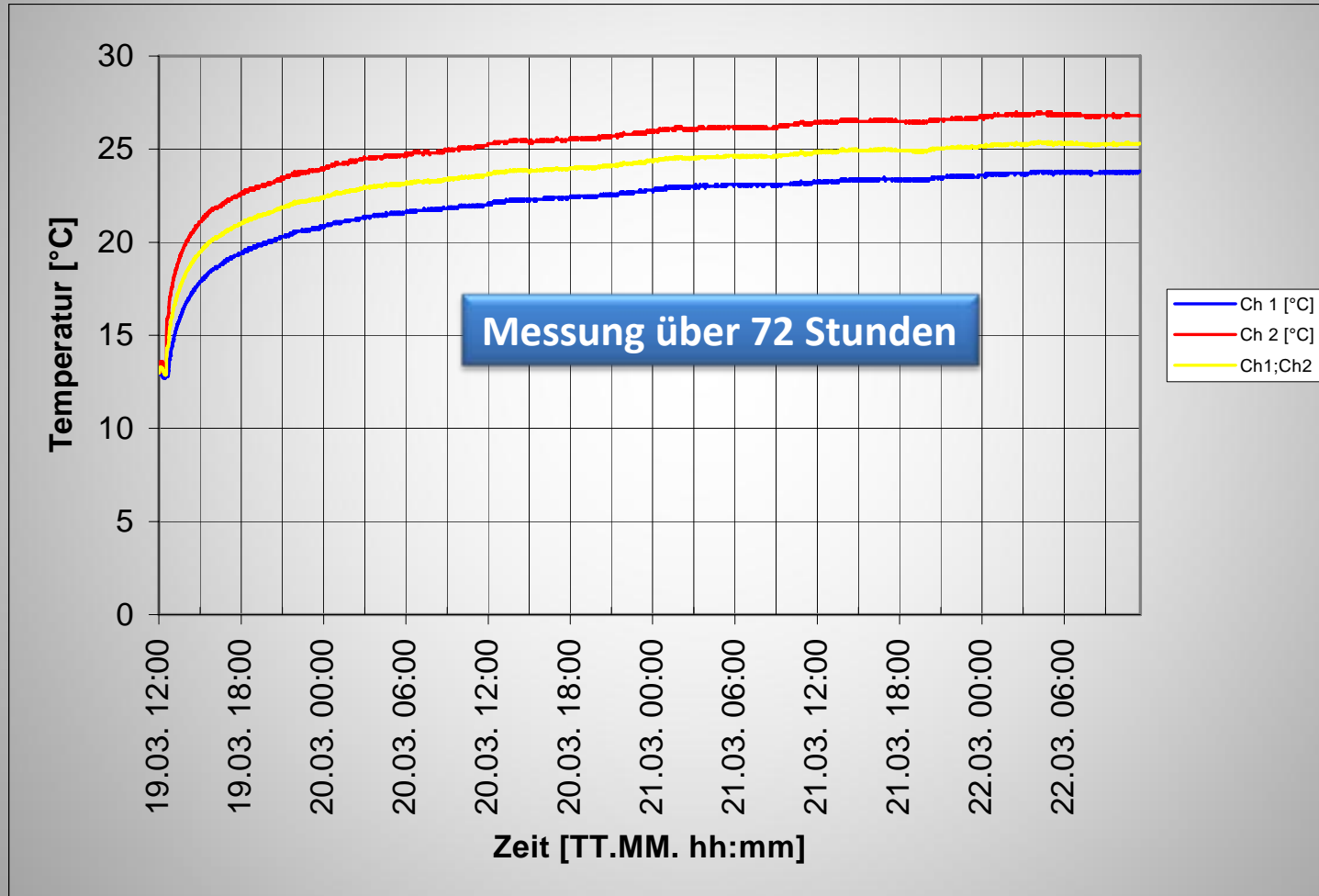


Mobiles Testgerät für Erdsonden bis 150 m

Ermittelte Wärmeleitfähigkeit nach VDI 4640 / aus GRT Messergebnissen



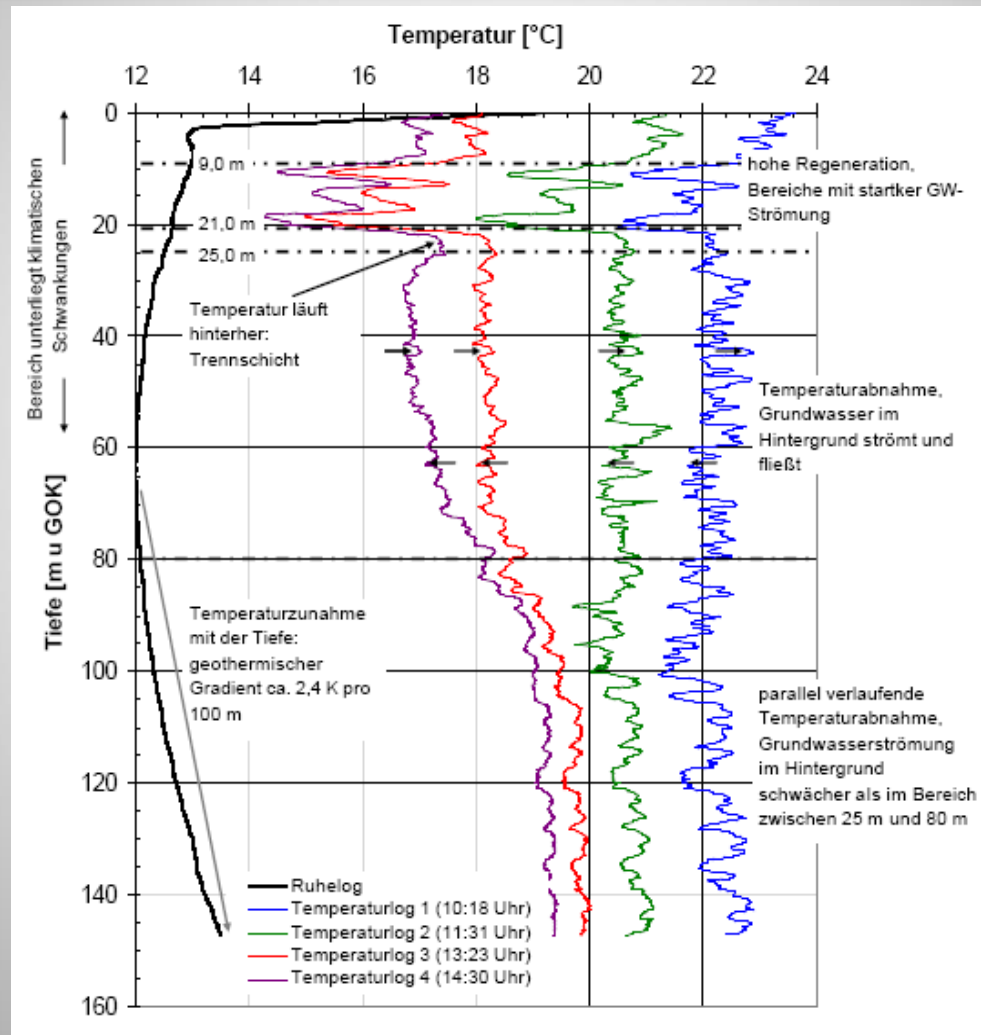
Ergebnisse Geothermal Response Test



4. Temperaturmonitoring

- **Bestimmung des ungestörten Temperaturprofils**
- **Feststellung von Grundwasserströmungen**
- **Bestimmung der Leitfähigkeiten in den Schichten**
- **Kontrolle der Verpressung (fehlende Hinterfüllung)**
 - **Bestimmung des Regeneration der Erdsondenanlage**
- **Feststellung vertikaler Veränderungen und Unregelmäßigkeiten**

Temperaturmonitoring



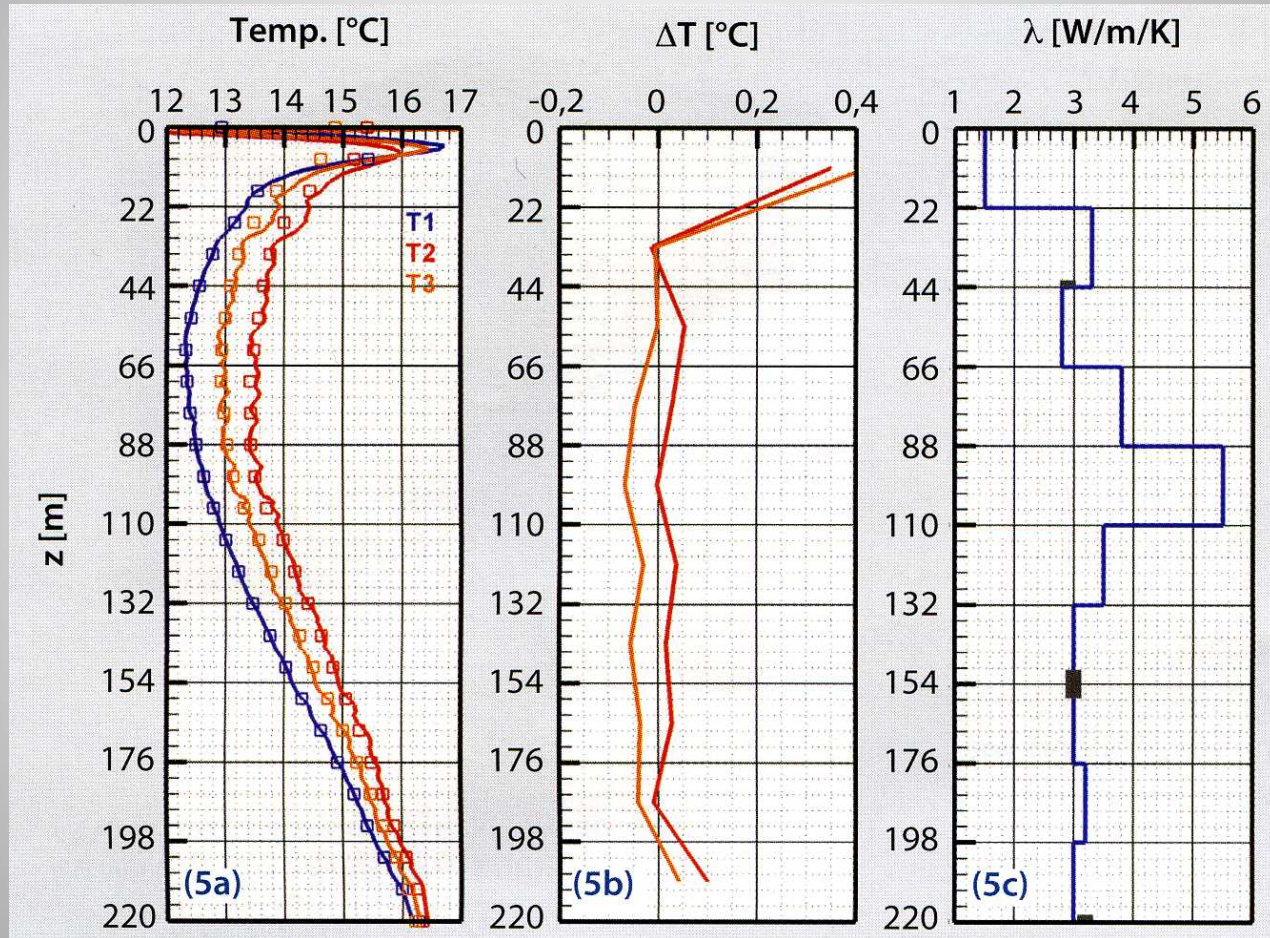
Kabelloser Datalogger



Quelle: GEOWATT

- ❖ Kabelloser Datalogger zum Einsatz in Erdsonden ab 32 x 3,0 mm für Druck- und Temperaturmessungen
- ❖ Länge 220 mm, Durchmesser 23 mm
- ❖ Sinkgeschwindigkeit ca. 0,1 m/s

Temperaturprofil 220 m Sonde



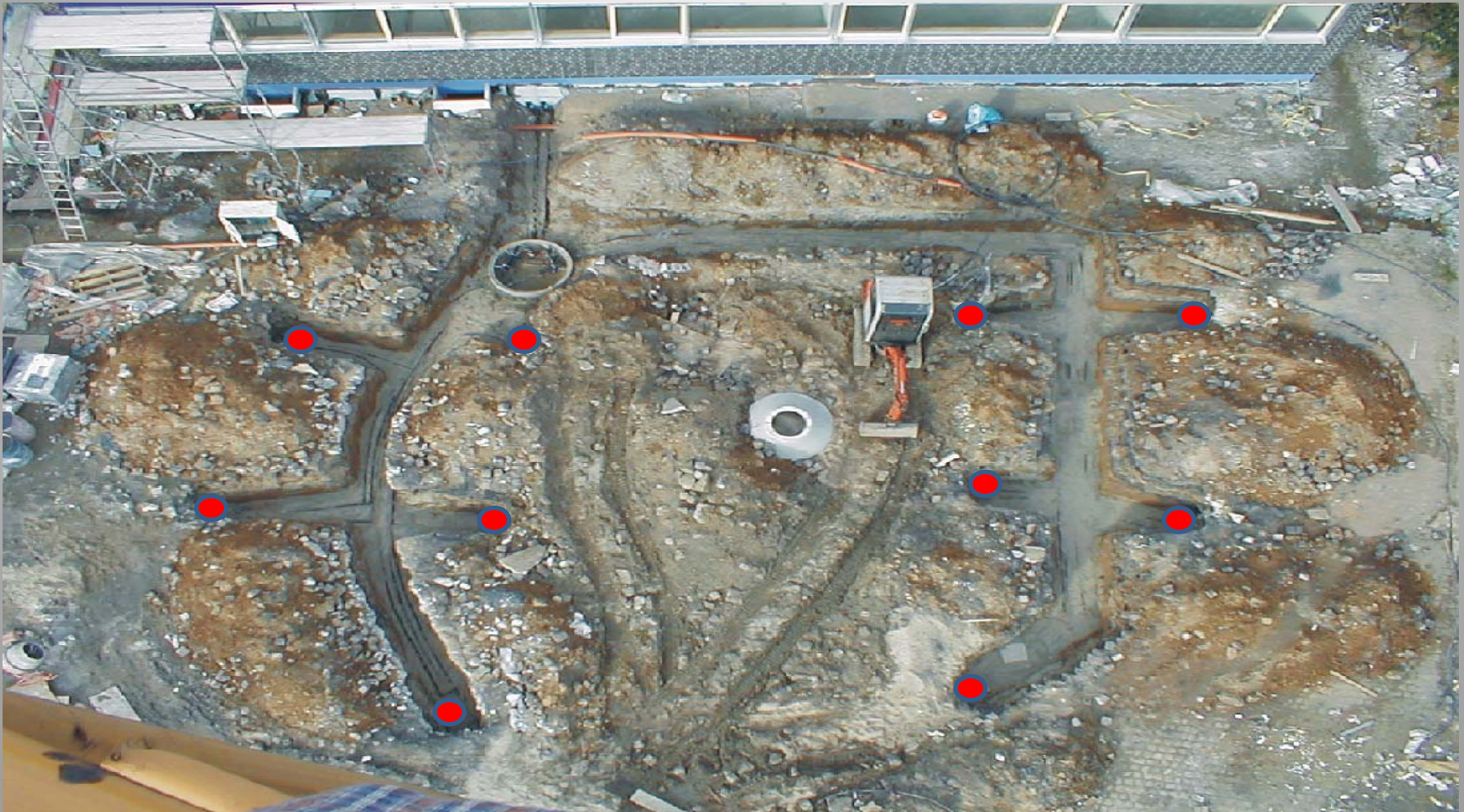
Quelle: GEOWATT

T1 vor GRT

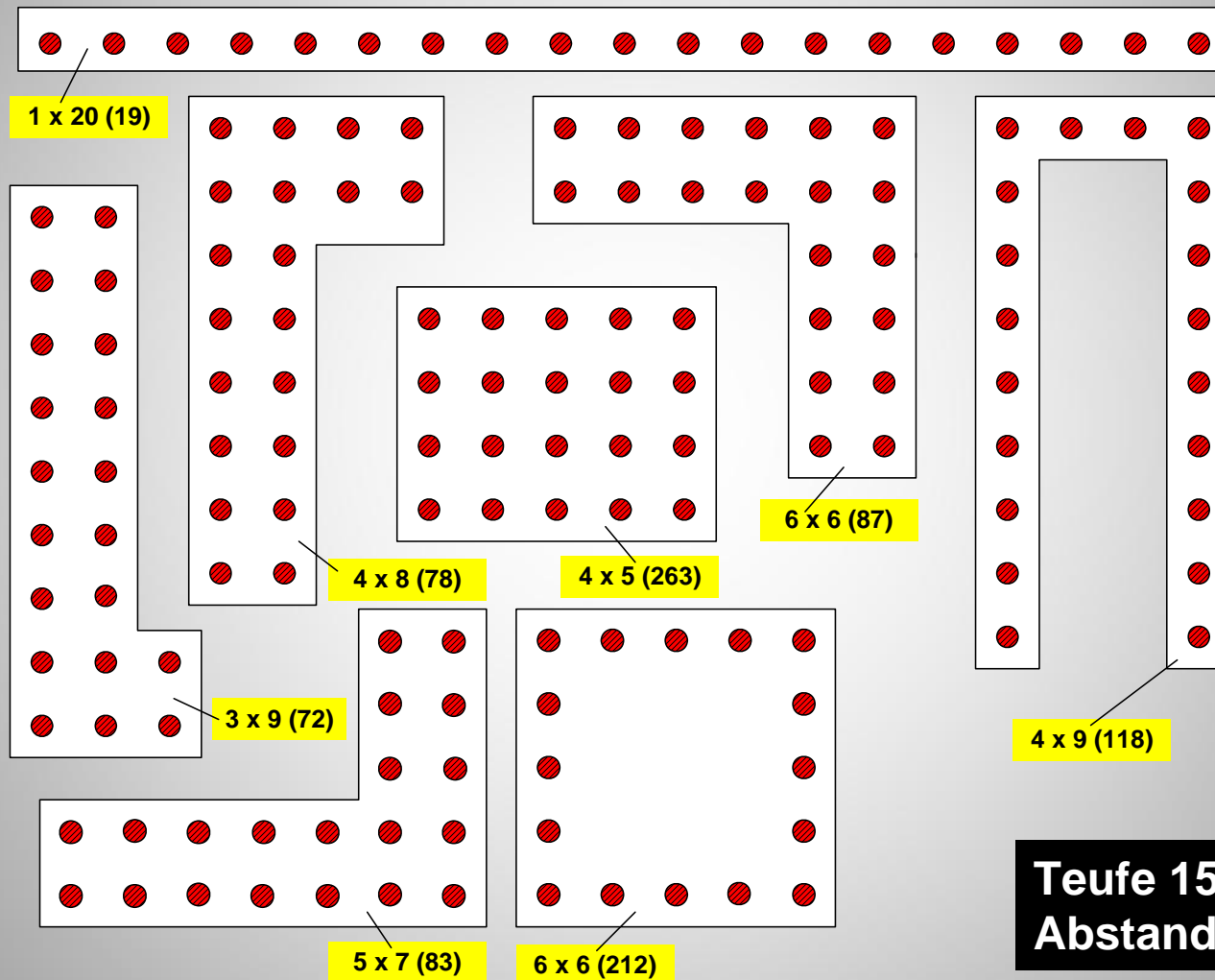
T2 24 h nach GRT

T3 70 h nach GRT

5. Entwurf des Sondenfeldes



Sondenfeldgeometrie



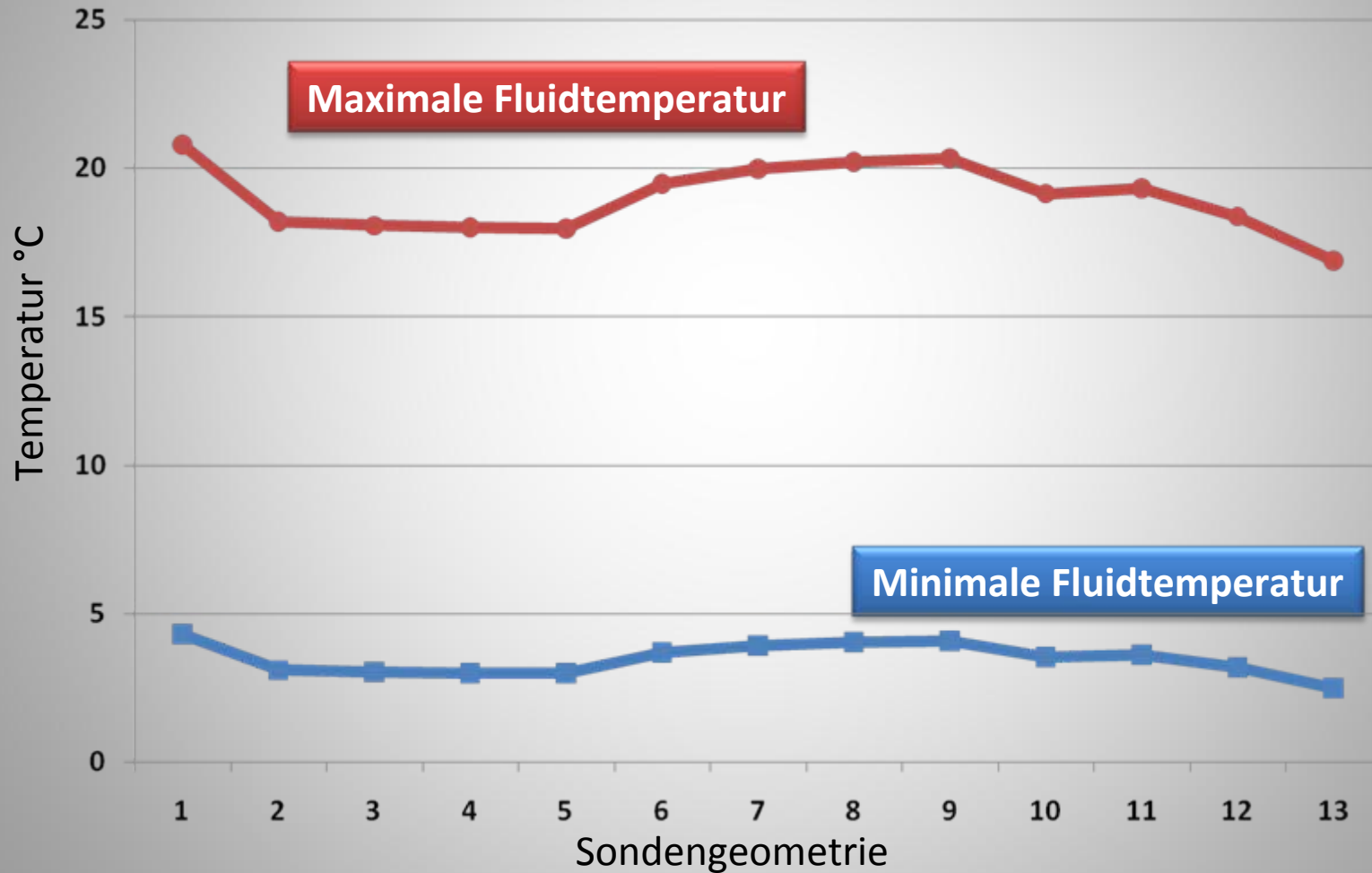
Sondenfeldgeometrie

Teufe 150 m - Abstand 7,0 m



Nr.	Config	Kennung	Geometrie	Tmin °C	Tmax °C
1	19	1 x 20	Linie	4,29	16,52
2	72	3 x 9	Doppe-L	3,08	15,12
3	78	4 x 8	Doppe-L	3,02	15,06
4	83	5 x 7	Doppe-L	2,99	15,02
5	87	6 x 6	Doppe-L	2,97	15,00
6	118	4 x 9	U-Form	3,66	15,83
7	135	6 x 8	U-Form	3,89	16,09
8	152	8 x 7	U-Form	4,01	16,21
9	169	10 x 6	U-Form	4,06	16,27
10	192	4 x 8	Rechteck offen	3,51	15,65
11	212	6 x 6	Rechteck offen	3,59	15,75
12	241	2 x 10	Rechteck	3,16	15,22
13	263	4 x 5	Rechteck	2,48	14,41

Mittlere Fluidtemperatur im 25. Betriebsjahr in Abhängigkeit der Erdsondenfeldgeometrie



1
Wasser- und
Bergrecht

2
Probe-
bohrung
Geologie

3
Geothermal
Response
Test

10
Simulation
Erdsonden-
anlage

4
Temperatur-
Monitoring

9
Materialien
Bohrtechnik

5
Entwurf
Sondenfeld

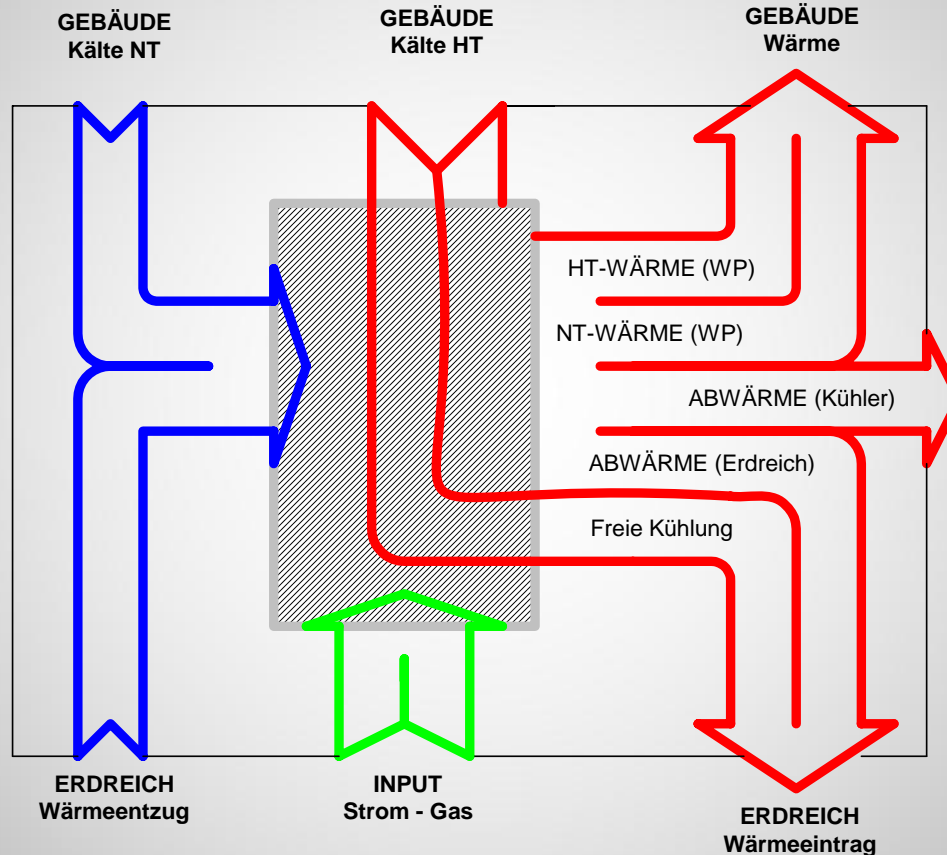
8
Betriebs-
parameter

7
Wärme-
pumpen-
system

6
Gebäude-
simulation

**Dimensionierung
von
Erdsondenfeldern
VDI 4640**

6. Gebäudesimulation



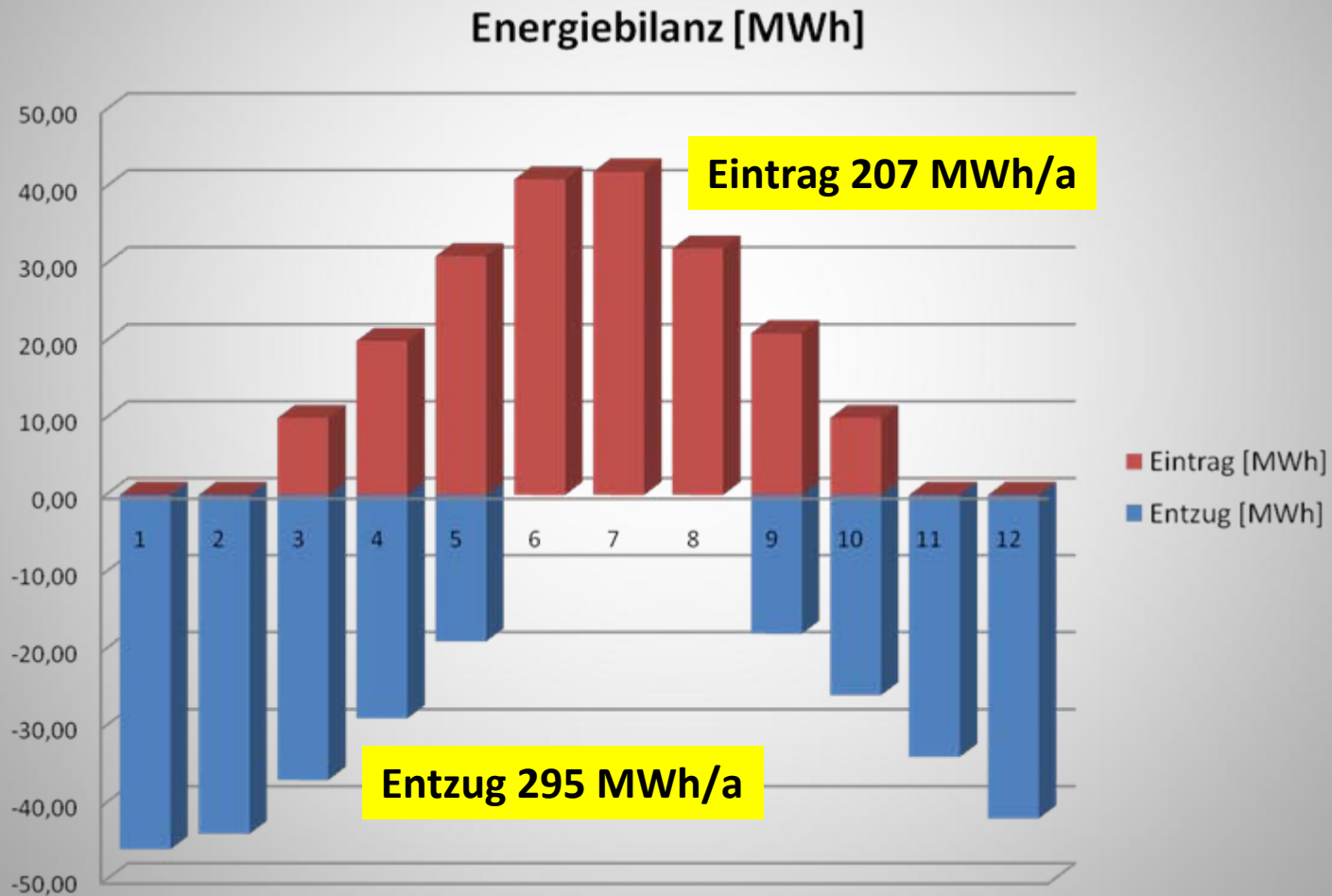
Energiefluss-Diagramm

Gebäudeenergiebilanz Heizen-Kühlen

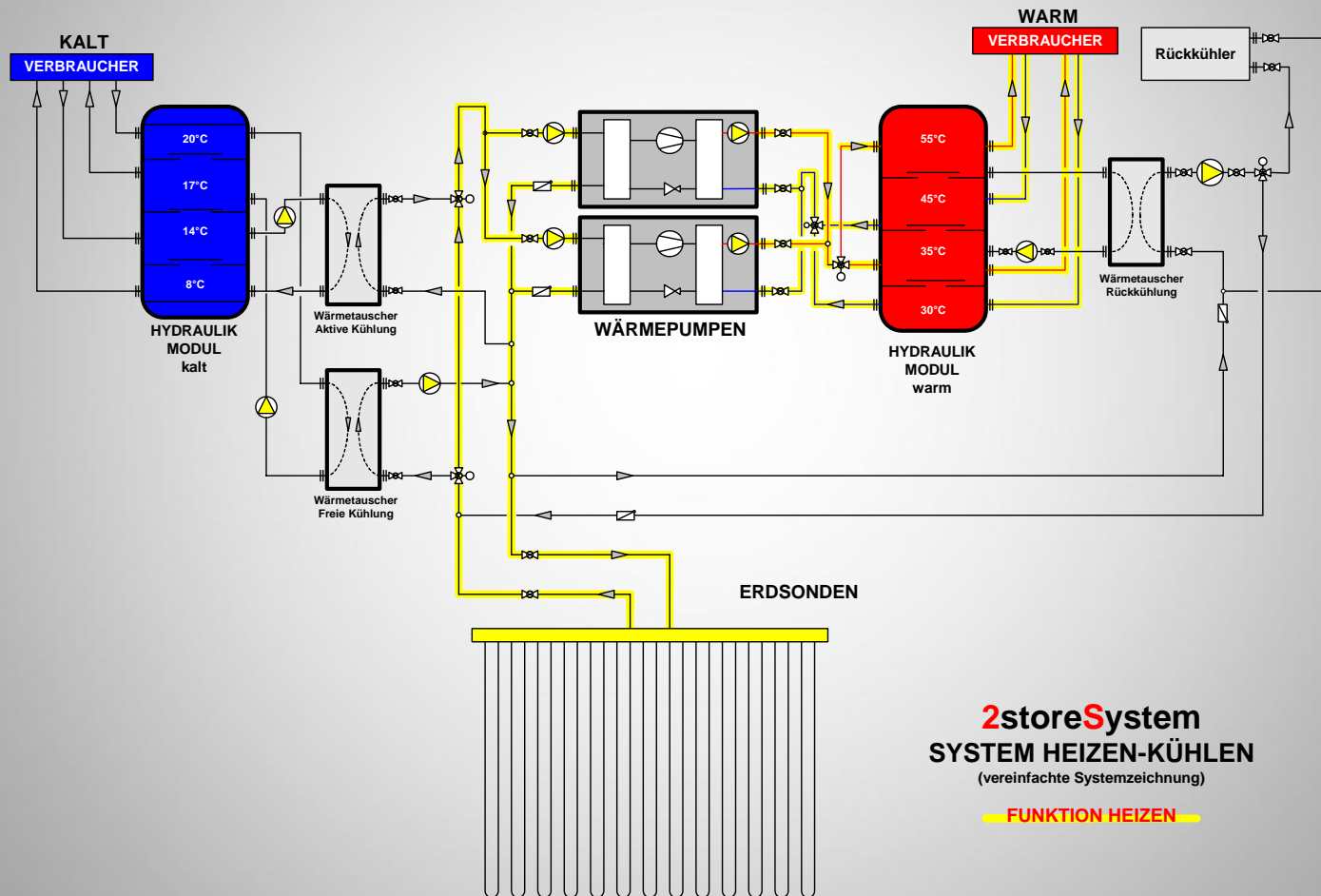
- Jahresheizarbeit (Tages- oder Monatswerte kWh/MWh)
- Jahreskühlarbeit (Tages- oder Monatswerte kWh/MWh)
- Heizleistung im Auslegungspunkt (kW / MW)
- Kälteleistung im Auslegungspunkt (kW / MW)
- Systemtemperaturen Kühlen
- Systemtemperaturen Heizen

Gebäudeenergiebilanz Heizen-Kühlen

Referenzgebäude BGF 5.000 m²

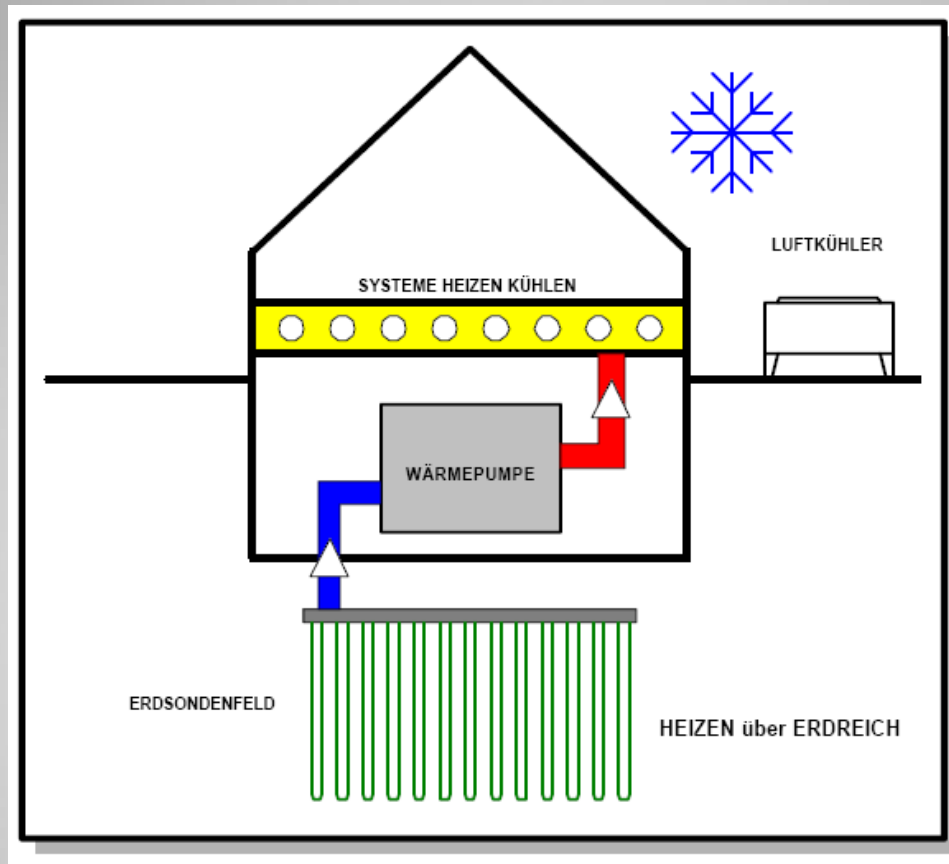


7. Wärmepumpensysteme



2storeSystem
SYSTEM HEIZEN-KÜHLEN
(vereinfachte Systemzeichnung)

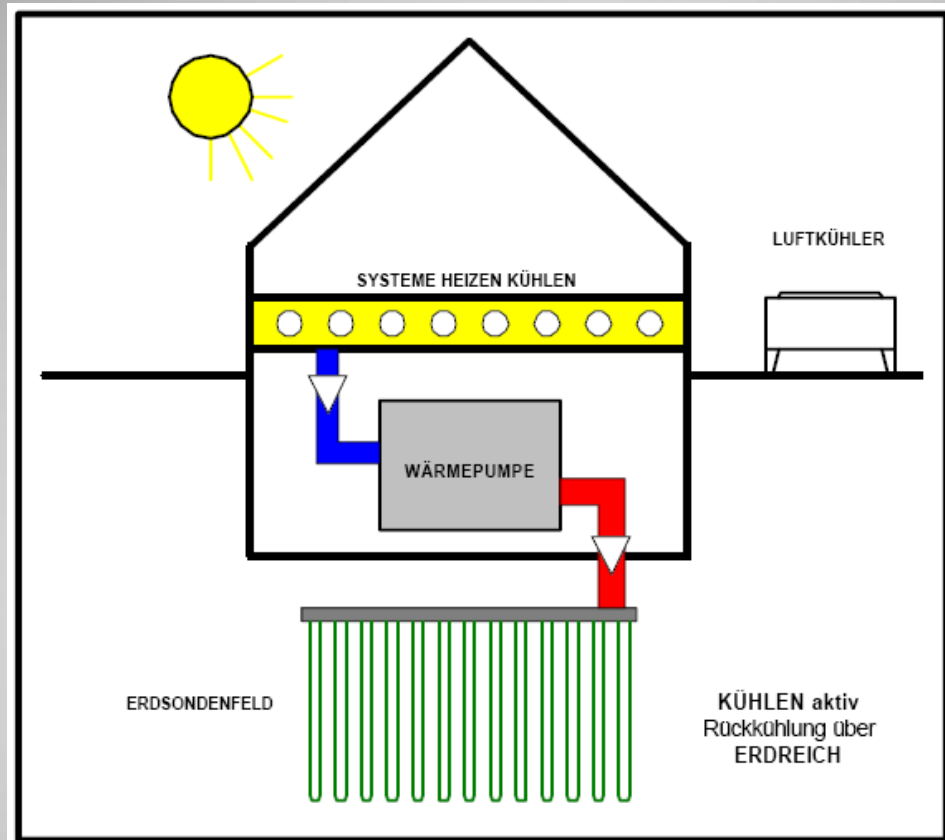
FUNKTION HEIZEN



Heizen

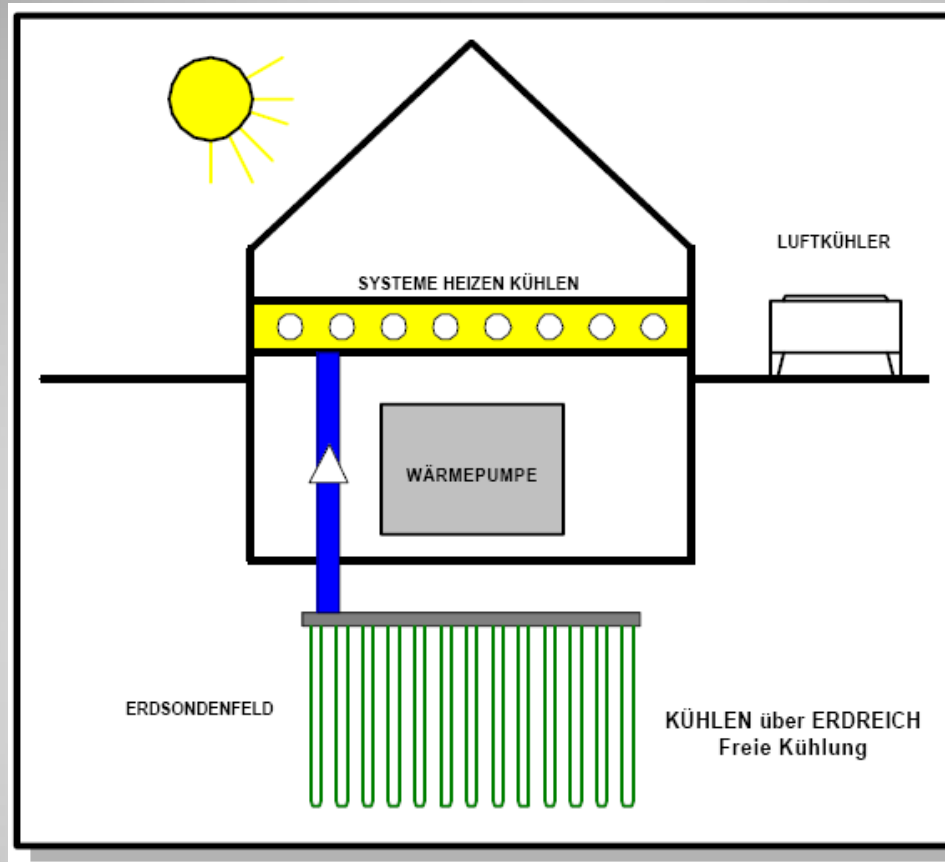
Wärmeentzug aus dem Erdreich

Winterbetrieb



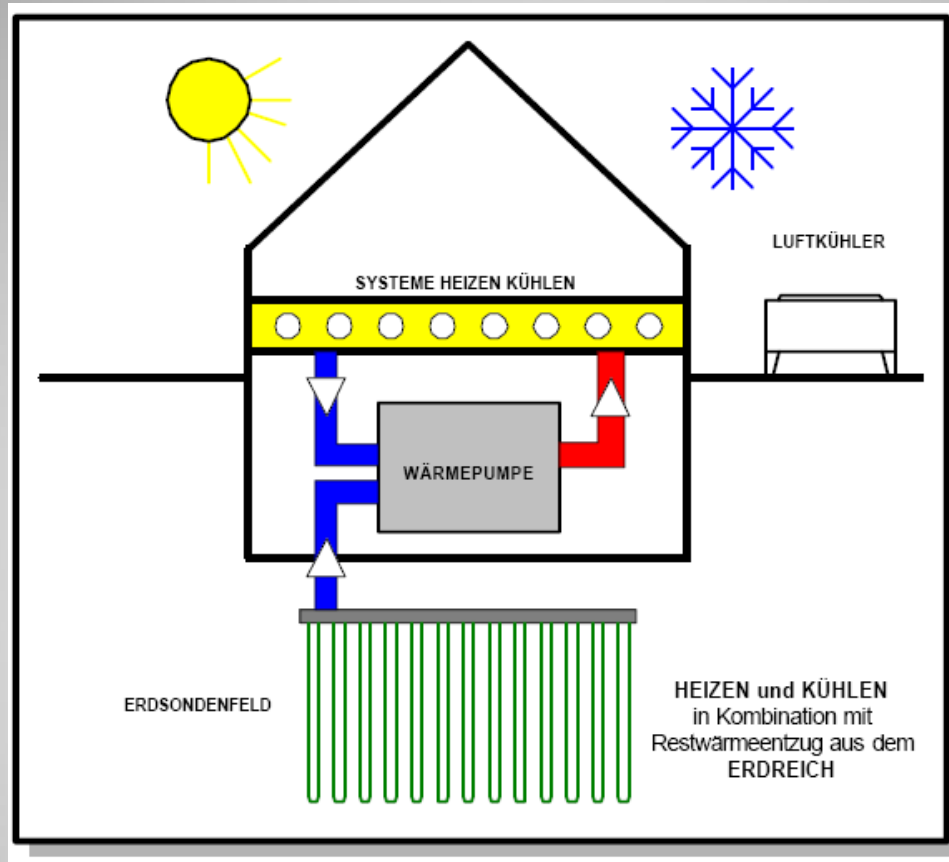
Kühlen

Aktive Kühlung mittels Wärmepumpe. Wärmeeintrag (Kondensationswärme) in den Erdspeicher
Sommerbetrieb



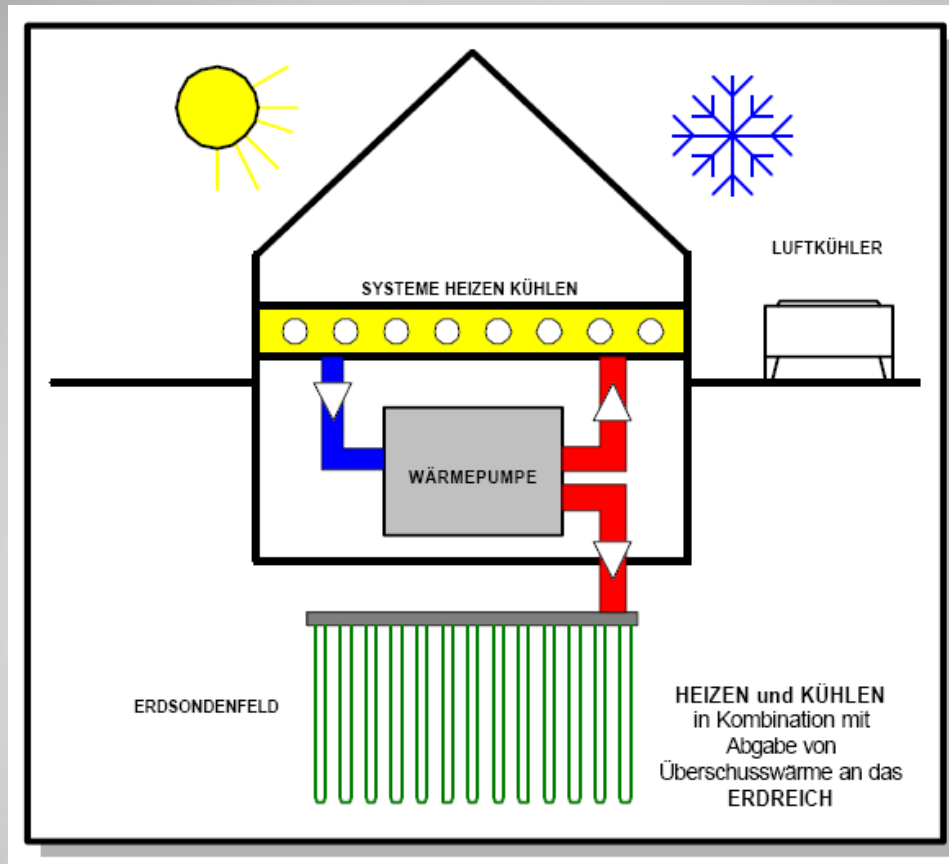
Kühlen

Freie Kühlung direkt über das Erdreich, ohne Betrieb der Wärmepumpe
Übergangsbetrieb Frühjahr / Herbst



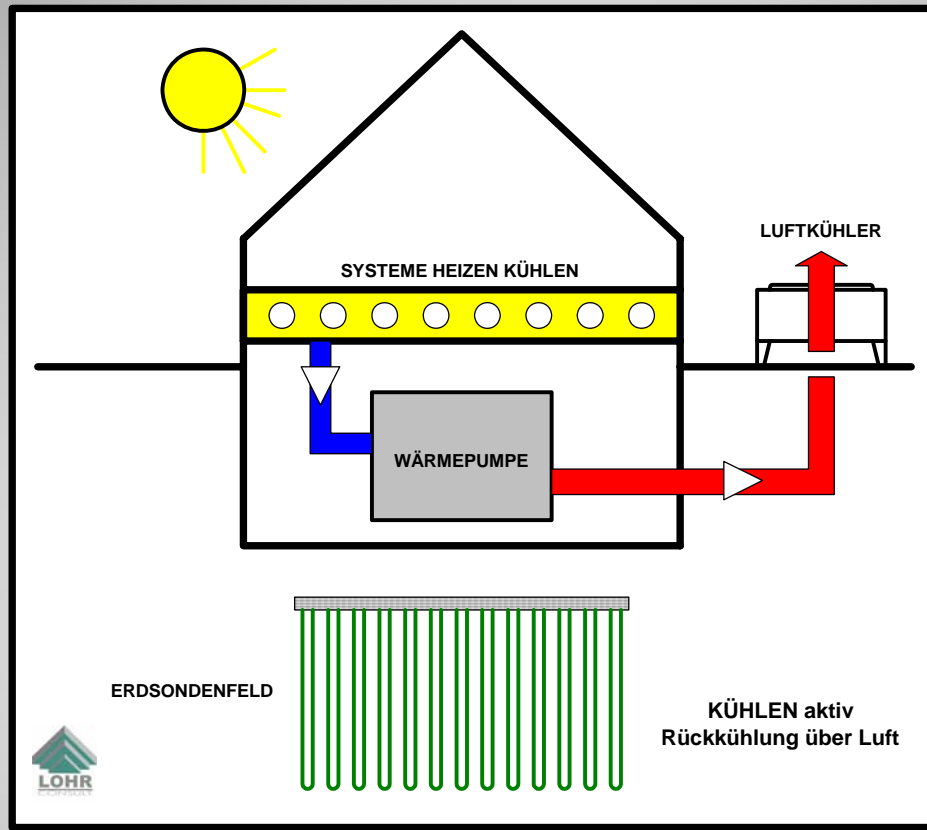
Heizen und Kühlen

In Kombination mit Restwärmeentzug aus dem Erdspeicher



Heizen und Kühlen

In Kombination mit Abgabe von Überschusswärme in den Erdspeicher
Übergangsbetrieb Herbst / Frühling



Heizen und Kühlen

In Kombination mit Restwärmeentzug aus dem Erdspeicher

8. Betriebsparameter

- 
- Systemtemperaturen HT / NT Heizbetrieb (Vor- und Rücklauftemperaturen)
 - Systemtemperaturen HT / NT Kühlbetrieb (Vor- und Rücklauftemperaturen)
 - Monovalenter-, monoenergetischer-, bivalenter Betrieb
 - Parallel- Alternativbetrieb Heizen Kühlen
 - Monovalenter-, monoenergetischer-, bivalenter Betrieb
 - Parallel- Alternativbetrieb Heizen Kühlen

9. Materialien und Bohrtechnik

Bohrverfahren entsprechend der Geologie

Materialien der Sonden (PEHD / PEx / Sonstige)

Verpressmaterial / Verpressverfahren

Horizontale Verteilung / Schächte / Verteiler

Füllung der Anlage (Wasser / Wasser-Glykol)

10. Simulation nach EED



Systemvergleich 20 Sonden á 150 m = 3.000 m

Sondenabstand 7,0 m

- Sondengeometrie 1 x 20 (config 19)
- Sondengeometrie 4 x 5 (config 263)

Alternative 30 Sonden á 100 m = 3.000 m

Sondenabstand 7,0 m

- Sondengeometrie 7 x 10 (config 95)
- Sondengeometrie 5 x 6 (config 276)

Erdsondenfeld 1 x 20 (150 m Teufe)



Sondenabstand 7,0 m

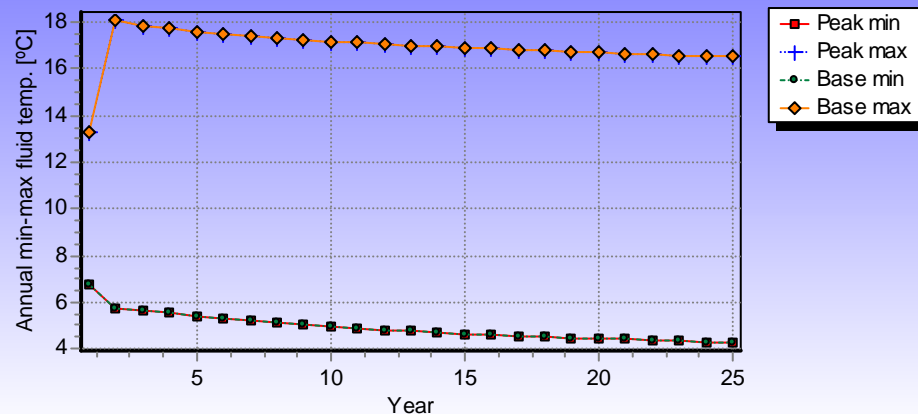
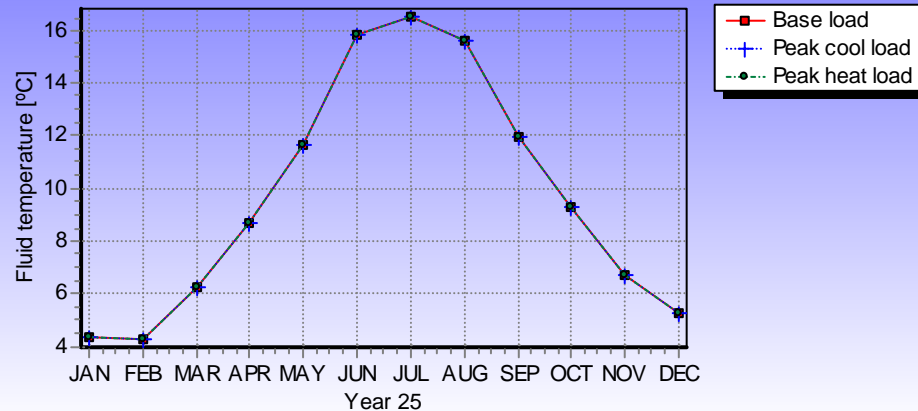
Ergebnisse der Simulation im 25. Betriebsjahr

- Min. Temperatur + 4,29 °C
- Max. Temperatur +16,52 °C

Temperaurgradienten

Betriebsjahr 2... 25

- Min. Fluid 1,49 K (Feb)
- Max. Fluid 1,56 K (Jul)



Erdsondenfeld 4 x 5 (150 m Teufe)



Sondenabstand 7,0 m

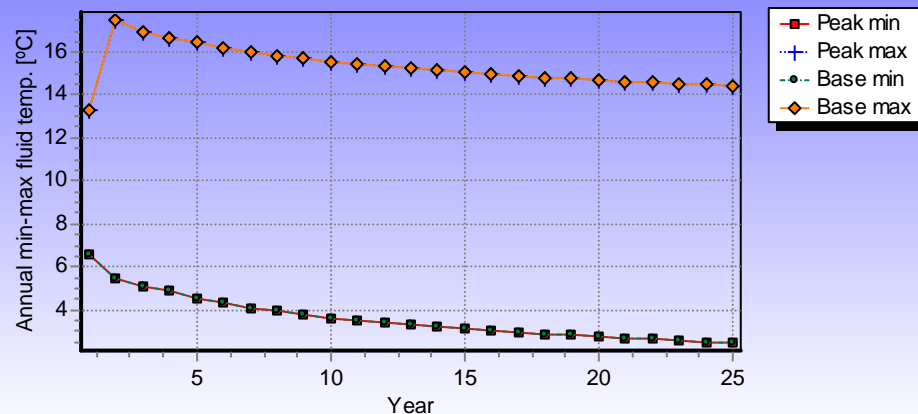
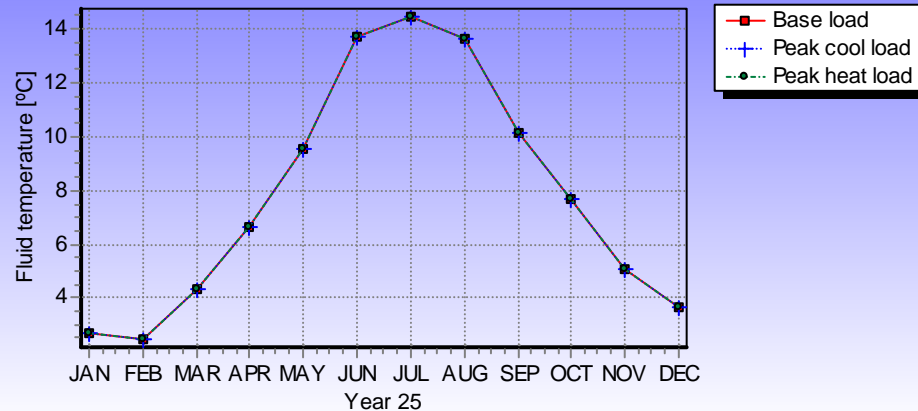
Ergebnisse der Simulation im 25. Betriebsjahr

- Min. Temperatur + 2,48 °C
- Max. Temperatur +14,41 °C

Temperaurgradienten

Betriebsjahr 2... 25

- Min. Fluid 2,93 K (Feb)
- Max. Fluid 3,05 K (Jul)



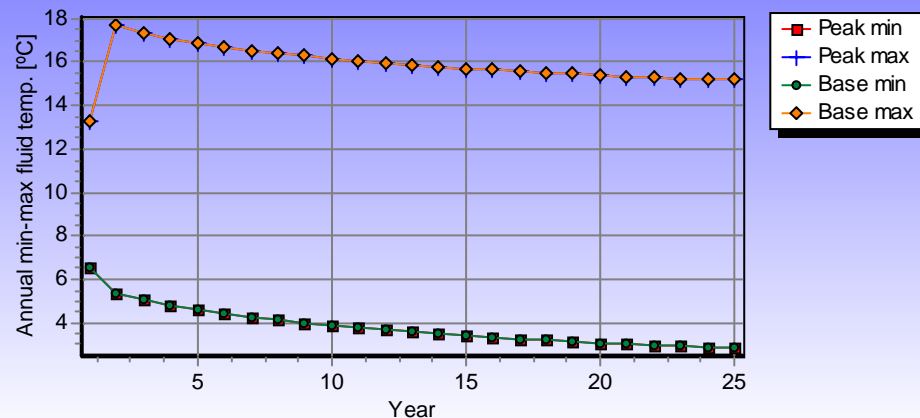
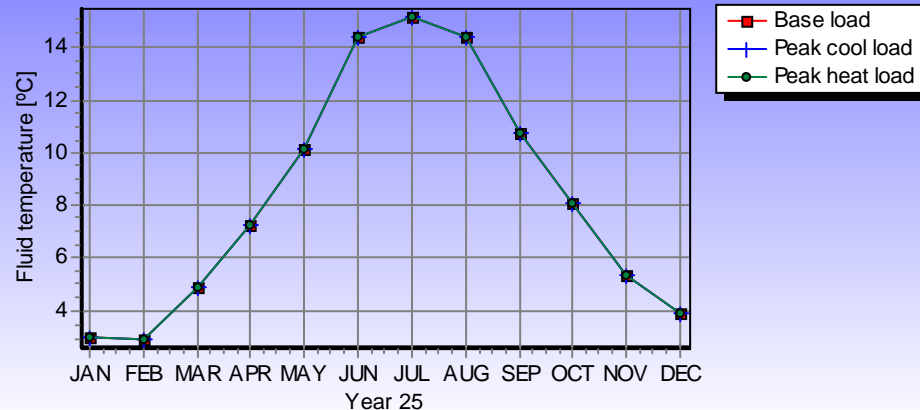
Erdsondenfeld 7 x 10 (100 m Teufe)



Sondenabstand 7,0 m

Ergebnisse der Simulation im 25. Betriebsjahr

- Min. Temperatur + 2,90 °C
- Max. Temperatur +15,16 °C



Temperaurgradienten

Betriebsjahr 2... 25

- Min. Fluid 2,45 K (Feb)
- Max. Fluid 2,52 K (Jul)

Erdsondenfeld 5 x 6 (100 m Teufe)



Sondenabstand 7,0 m

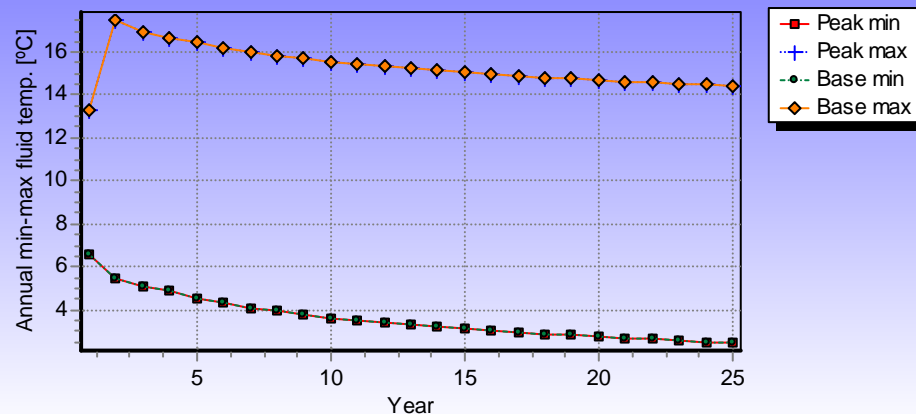
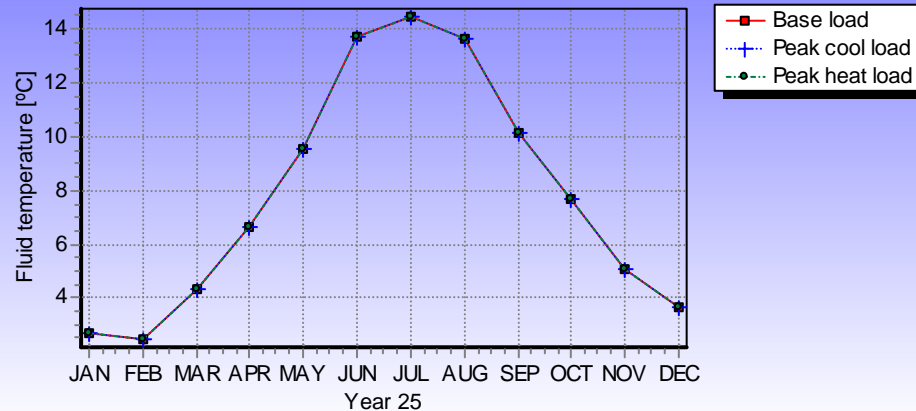
Ergebnisse der Simulation im 25. Betriebsjahr

- Min. Temperatur + 1,99 °C
- Max. Temperatur +14,12 °C

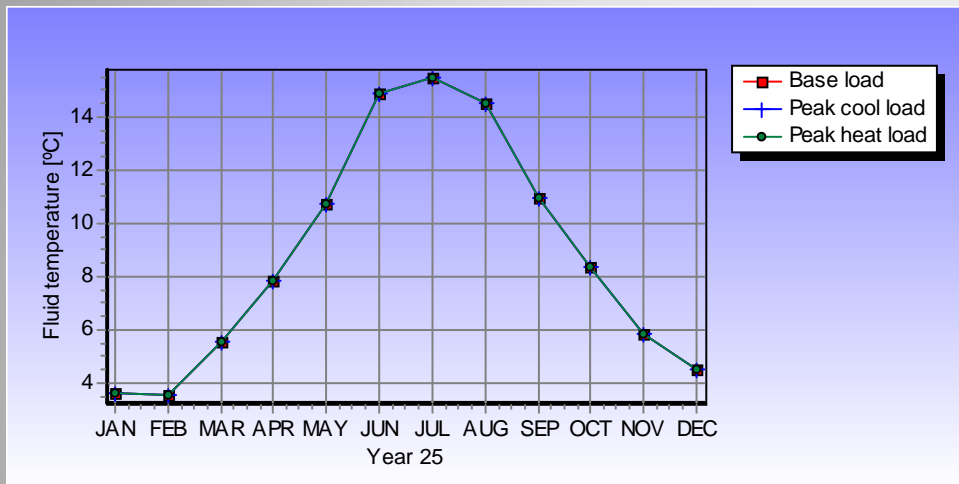
Temperaurgradienten

Betriebsjahr 2... 25

- Min. Fluid 3,18 K (Feb)
- Max. Fluid 3,16 K (Jul)



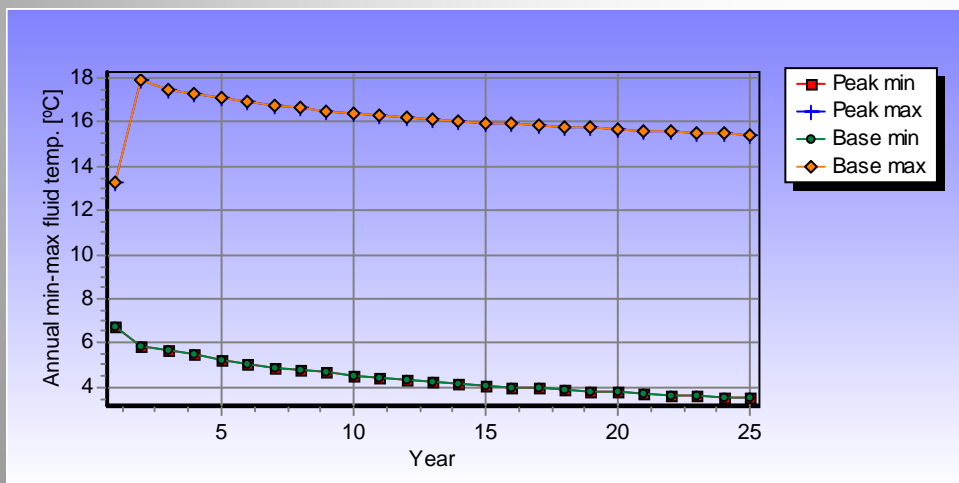
Erdsondenfeld 4 x 5 (150 m Teufe)



Sondenabstand 10,0 m

Ergebnisse der Simulation im 25. Betriebsjahr

- Min. Temperatur + 3,52 °C
- Max. Temperatur +15,45 °C



Temperaurgradienten

Betriebsjahr 2... 25

- Min. Fluid 2,31 K (Feb)
- Max. Fluid 2,47 K (Jul)

Gütesiegel Erdsonden - Bohrunternehmen



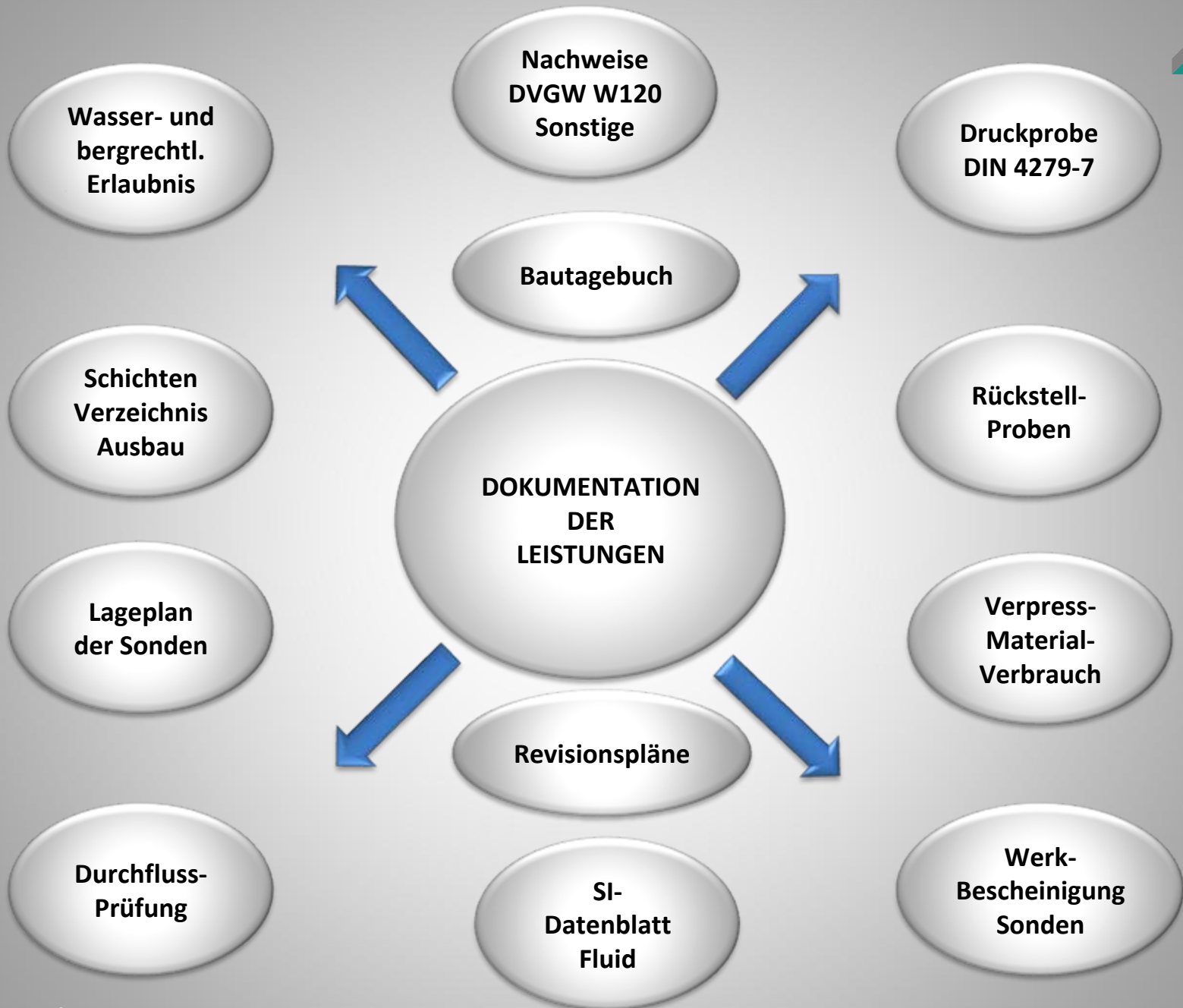
EHPA-DACH-Q-Label

Die Qualitätssicherung umfasst alle Bohrarbeiten und sonstige Bauleistungen bis zur vereinbarten Übergabestelle, die zum Einbringung der Erdwärmesonden bis zu deren einwandfreiem Betrieb notwendig sind. Dies umfasst:

- Einhaltung der jeweils gültigen Verordnungen, Richtlinien und Gesetze
- die Bohr- und Aufschlussarbeiten
- eine Plausibilitätskontrolle der vorgegebenen Sondenauslegung auf Basis der VDI 4640
- das Einbringen der Erdsonden
- das Hinterfüllen (Verpressung) der Erdsonden
- die zugehörigen Prüfungen und Tests

Bohrunternehmen mit Gütesiegel verpflichten sich

- zur umweltschonenden Erstellung der Anlage
- zur fachgerechten Beratung der Auftraggeber
- zur Einhaltung der geltenden Sicherheitsvorschriften
- zur Einhaltung aller behördlichen Genehmigungsauflagen
- zum Einsatz qualifizierten Personals
- zur Ausführung nach neustem Stand der Technik
- zum Einsatz von zugelassenem Material
- zur qualifizierten Durchführung aller Prüfungen
- zur vollständigen Dokumentation



Gesetze-Normen-Richtlinien

(Auszug aus dem Gütesiegel)

Wasserhaushaltsgesetz WHG, Wassergesetze der Länder

Bundesberggesetz BBergG mit den zugehörigen Verordnungen

VDI-Richtlinie 4640 „Thermische Nutzung des Untergrundes

Leitfäden der Bundesländer zur Erdwärmennutzung

DIN-EN-Normen (siehe Anhang VDI 4640 und Leitfäden der Länder)

DVGW-Richtlinien (Deutscher verein des Gas- und Wasserfaches e.V.)

DVGW-Arbeitsblätter, Arbeitsordner BWP, sonstige Arbeitsblätter

VDEW Richtlinien und Empfehlungen

**Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit**



LOHR
F R O V X O

Wärmepumpen-Institut

Sallstraße 76 Frommershäuser Str. 92

30171 Hannover 34246 Vellmar

T 0511-23527-29 T 0561-98235-44

info@LOHRconsult.de

www.LOHRconsult.de