

GEO-SOLARTHERMISCHE HEIZUNG UND  
KÜHLUNG  
KOMBINIERT MIT TIEFER- UND OBERFLÄCHENNAHER  
GEOTHERMIE ZUR ENERGIEVERSORGUNG  
DES  
GEBÄUDEBESTANDES UND NEUBAUS  
DER FIRMA WIPOTEC

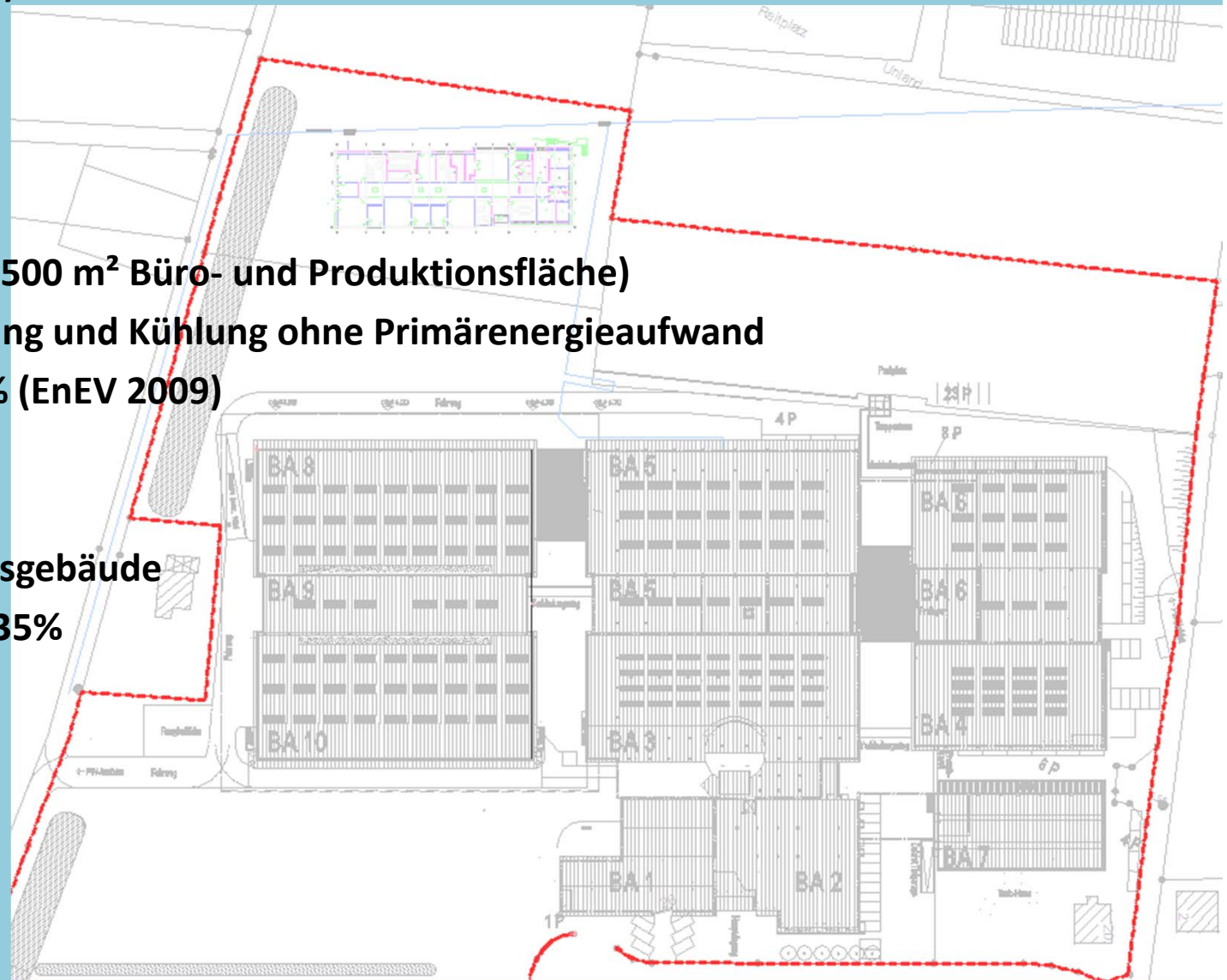
## Mitteltiefe Geothermie

Projektvorstellung von  
Otto Reisig

# Zielsetzung(en): **LOW PRIMÄR ENERGIE BUILDING**

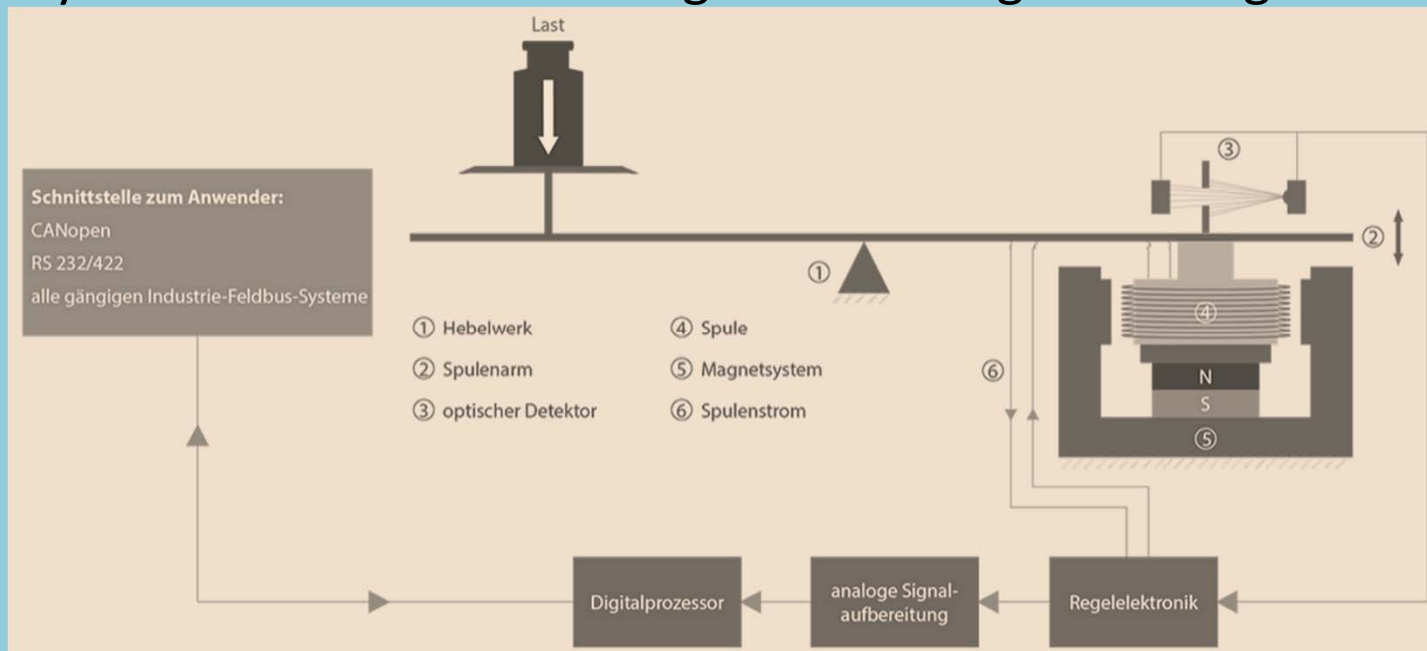
## Weitere Ziele:

- Energie vor Ort
- Neubau BA 8 -10 (ca. 8500 m<sup>2</sup> Büro- und Produktionsfläche)  
Gebäudeheizung und Kühlung ohne Primärenergieaufwand
- CO<sub>2</sub> Reduktion um 70% (EnEV 2009)
- Sanierung der Bestandsgebäude
- CO<sub>2</sub> Reduktion um 30-35%



# WIPOTEC GmbH

Die Wipotec GmbH ist Innovationsführer und international anerkannter Systemlieferant bei der Integration intelligenter Wägetechnik.



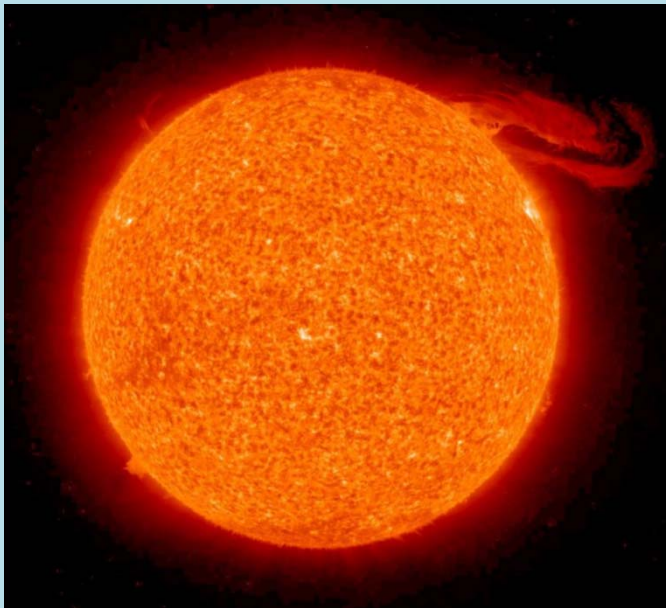
Das Unternehmen hat vor über 25 Jahren den "Monoblock" - die Kernkomponente moderner Wägezellen - entwickelt und hochpräzise Wägetechnik industrietauglich gemacht. Der Monoblock erlaubt bei kürzesten Einschwingzeiten höchste Genauigkeit und ist Garant für zuverlässige Wägungen in rauer industrieller Umgebung.

Unser Kerngeschäft ist die Entwicklung, Produktion und Integration von ultraschnellen Präzisionswägezellen und hightech Wägesystemen für Hochgeschwindigkeitsanwendungen.

# GEO – SOLAR - Projekt

Unsere regenerativen Energielieferanten für

## SOLARTHERMIE



-Solarkonstante  $1367 \text{ W/m}^2$  (Erdatmosphäre)

- max.  $1000 \text{ W/m}^2$  an der Erdoberfläche

Potenzial:  $1,5 \times 10^{18} \text{ kWh/a}$

( 10.000-facher Weltenergiebedarf)

## GEO THERMIE



Die wichtigsten Daten der Erde:

Durchmesser:	12 756 km
Masse:	$59,75 \times 10^{23} \text{ kg}$
Dichte:	$5,5 \text{ g/cm}^3$
Oberflächentemperatur:	$-51 \text{ bis } +48 \text{ }^\circ\text{C}$
Atmosphäre, Gashülle:	Stickstoff, Sauerstoff
Mittlerer Sonnenabstand:	1 Astronomische Einheit AE = 149 600 000 km
Umlaufzeit:	365,2422 Tage
Mittlere Bahngeschwindigkeit:	29,79 km/s
Rotationsperiode (siderisch):	23,9345 Stunden

# Grundlagen

## Bauweise für den Neubau

in Anlehnung an den Passivhaus-Standard

Opake Bauteile :	U	0 0,15 W/m <sup>2</sup> K
Fenster:	U <sub>w</sub>	0 0,80 W/m <sup>2</sup> K
Luftdichtheit:	n50	0 0,6 h <sup>-1</sup>

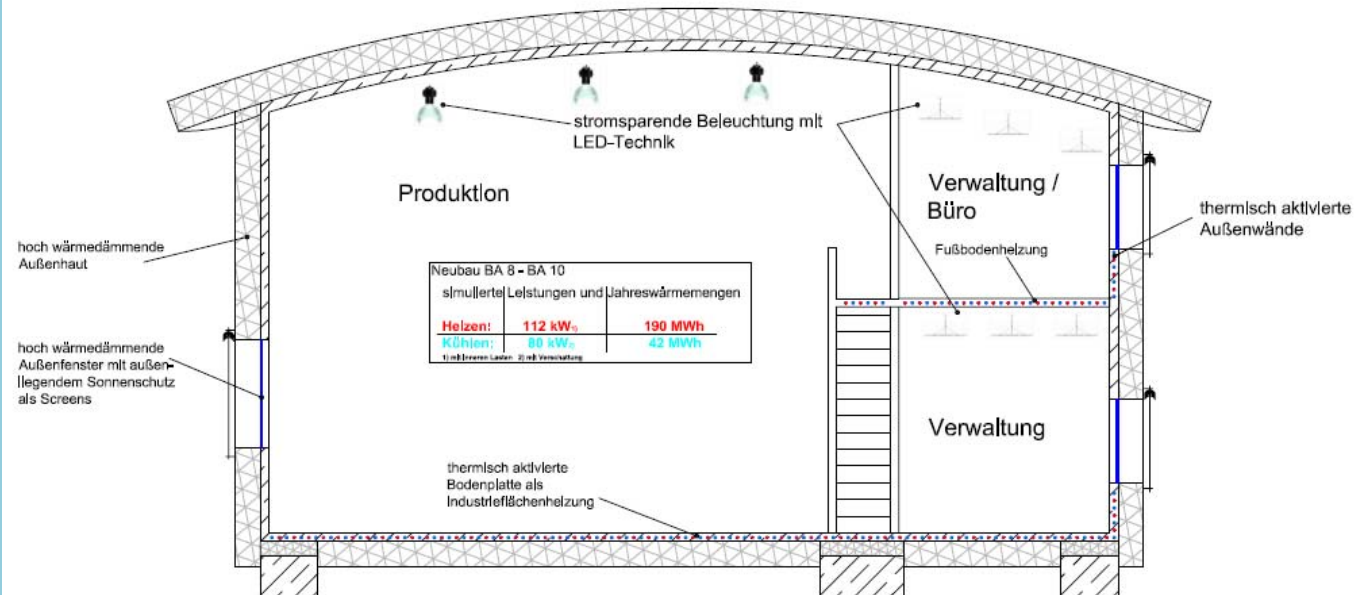
Im Projekt:

max. Heizlast:	P <sub>HZ</sub>	0 15 W/m <sup>2</sup>
Jahresheizwärmebedarf:	Q <sub>n</sub>	0 25 kWh/m <sup>2</sup> a

max. Kühllast:	P <sub>HZ</sub>	0 11 W/m <sup>2</sup>
Jahreskühlwärmebedarf:	Q <sub>n</sub>	0 6 kWh/m <sup>2</sup> a

Entwicklungspotential für den  
Industriebaustandard:

- Wärmedämmung AW
- Dach
- erdreichberührende Bauteile
- Beleuchtung (LED 50 – 67% ESP)
- Lüftungstechnik WRG > 75%
- bedarfsorientierter  
hygienischer Luftwechsel

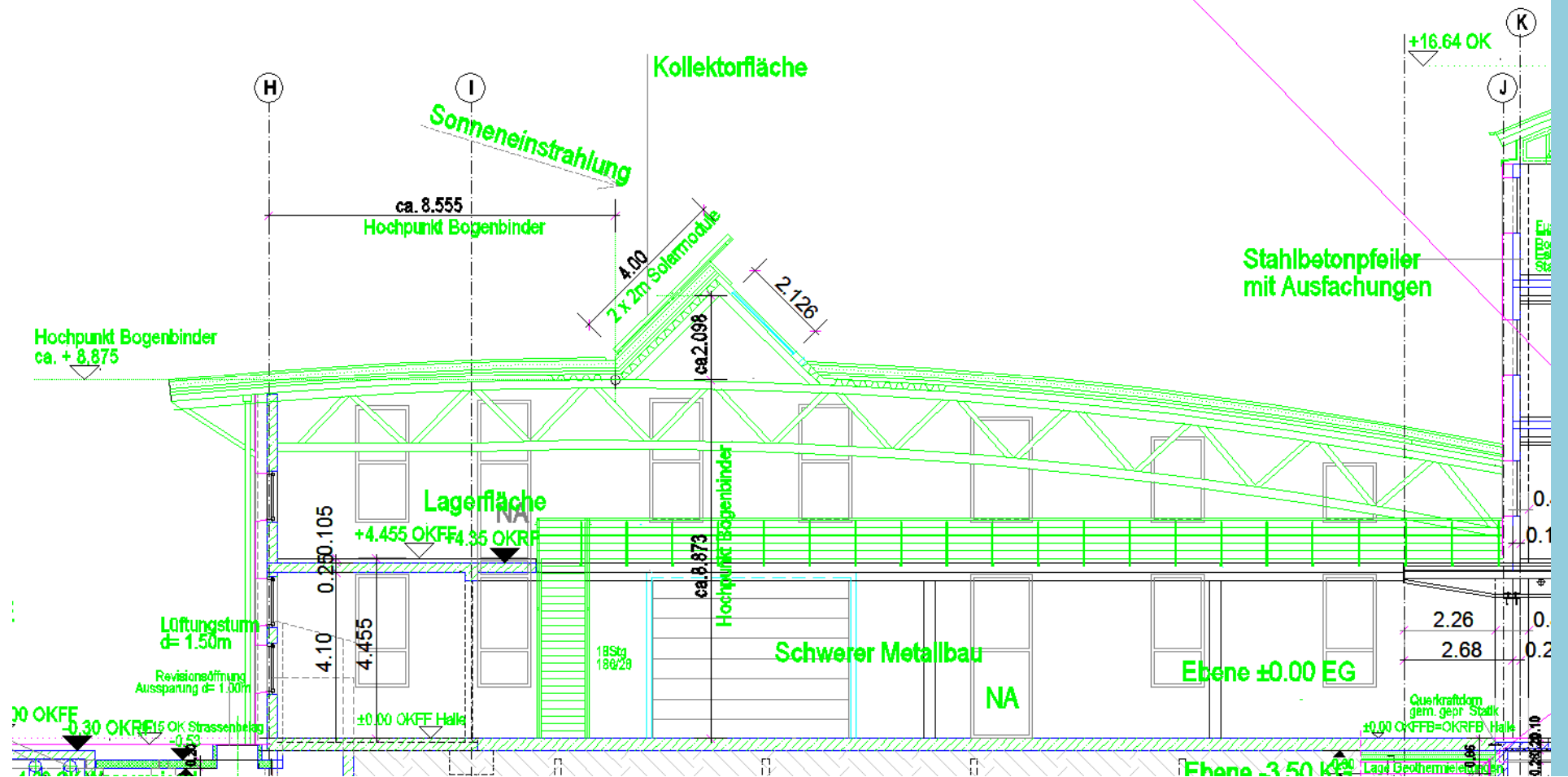


# Grundlagen

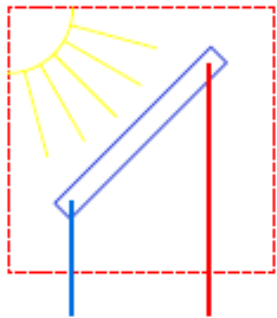
## Bauweise für den Neubau

z.B.: der Dachreiter als Neuentwicklung

- bestmögliche Erhaltung des U-Wertes
- Nordlicht für die Hallen (Kühllast, Ausleuchtung)
- Montageort der Solarkollektoren (opt. Ausrichtung)



# Grundlagen Bauteile: Solaranlage mit 490 m<sup>2</sup> (brutto)



therm.  
Solarkollektor

Aperturfläche: 438 m<sup>2</sup>  
Ausrichtung: Süd -24°  
Neigung: 45°  
Geogr. Länge / Breite: 7,795° / 49,449°



Entwicklungspotential für die Solarthermie:

- Simulationsverfahren für solarthermisches Heizen und Kühlen

Simulationsergebnisse: (auf Grundlage der Klimadaten)

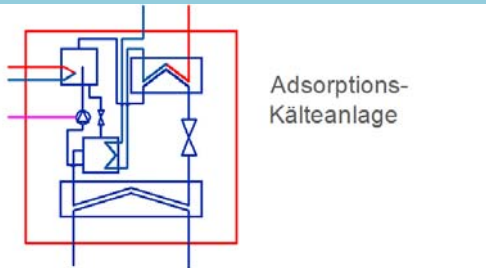
Einstrahlung in Kollektorebene: max. 443 kW; max. 1.140 kWh/m<sup>2</sup>a

Kollektorerträge:	gesamt	Heizen	Kühlen (in)	Kühlen (out)
max. Leistung in kW:	290	290	260	100
Ertrag in MWh/a:	220	90	130	72
spez. Ertrag in kWh/m <sup>2</sup> a:	448	182	266	



# Grundlagen

## Bauteile: Adsorptionskälte 100 kW



Adsorptions-Kälteanlage

Vorteile der Adsorptionstechnik:

- geringe Antriebstemperatur (ab 45°C)
- betriebsstabil auch bei höheren Rückkühltemperaturen
- geringer Leistungsbedarf (< 400 W)
- Keine umweltschädlichen Kältemittel
- Betriebsmittel Wasser und Zeolith

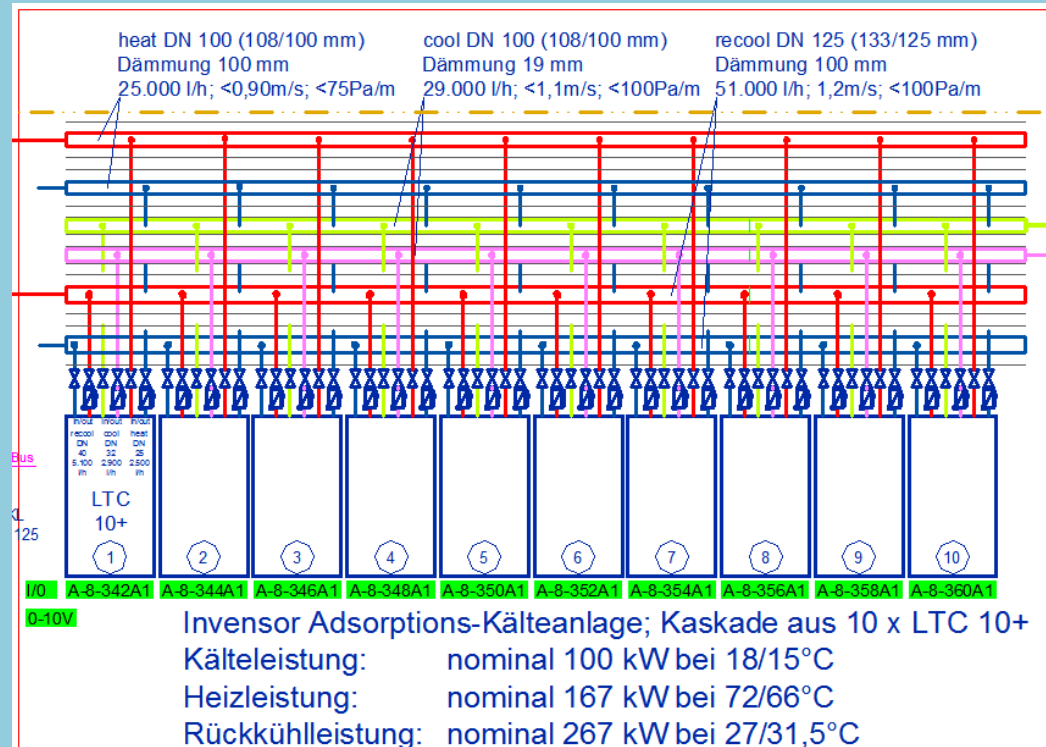
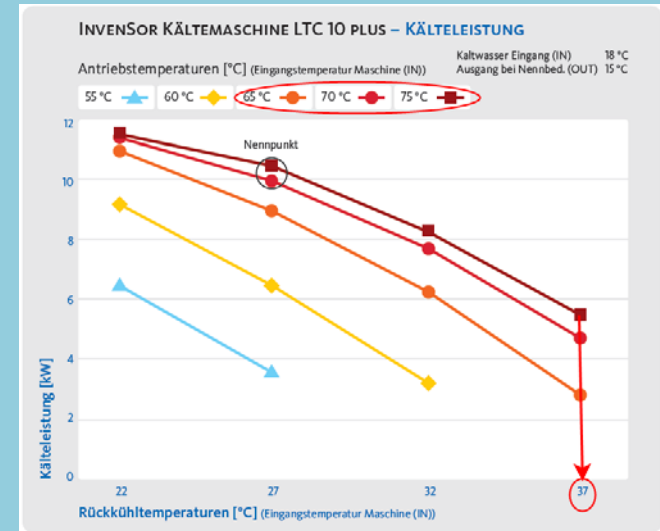
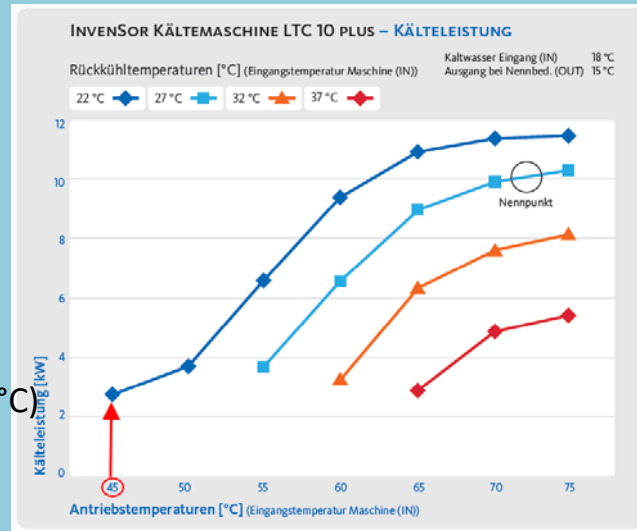
Nachteile der Adsorptionstechnik:

- geringes COP (<0,65)
- Leistung je Anlage (10kW bei LTC)
- hoher Anlagenaufwand (Kaskade)
- hohe Investitionskosten

Nachteile der Adsorptionstechnik:

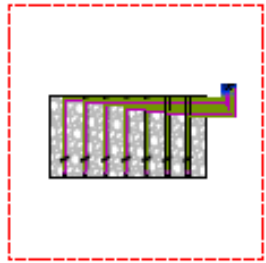
- Hoher Anteil an Abwärme

jedoch nicht in diesem Projekt!





# Grundlagen



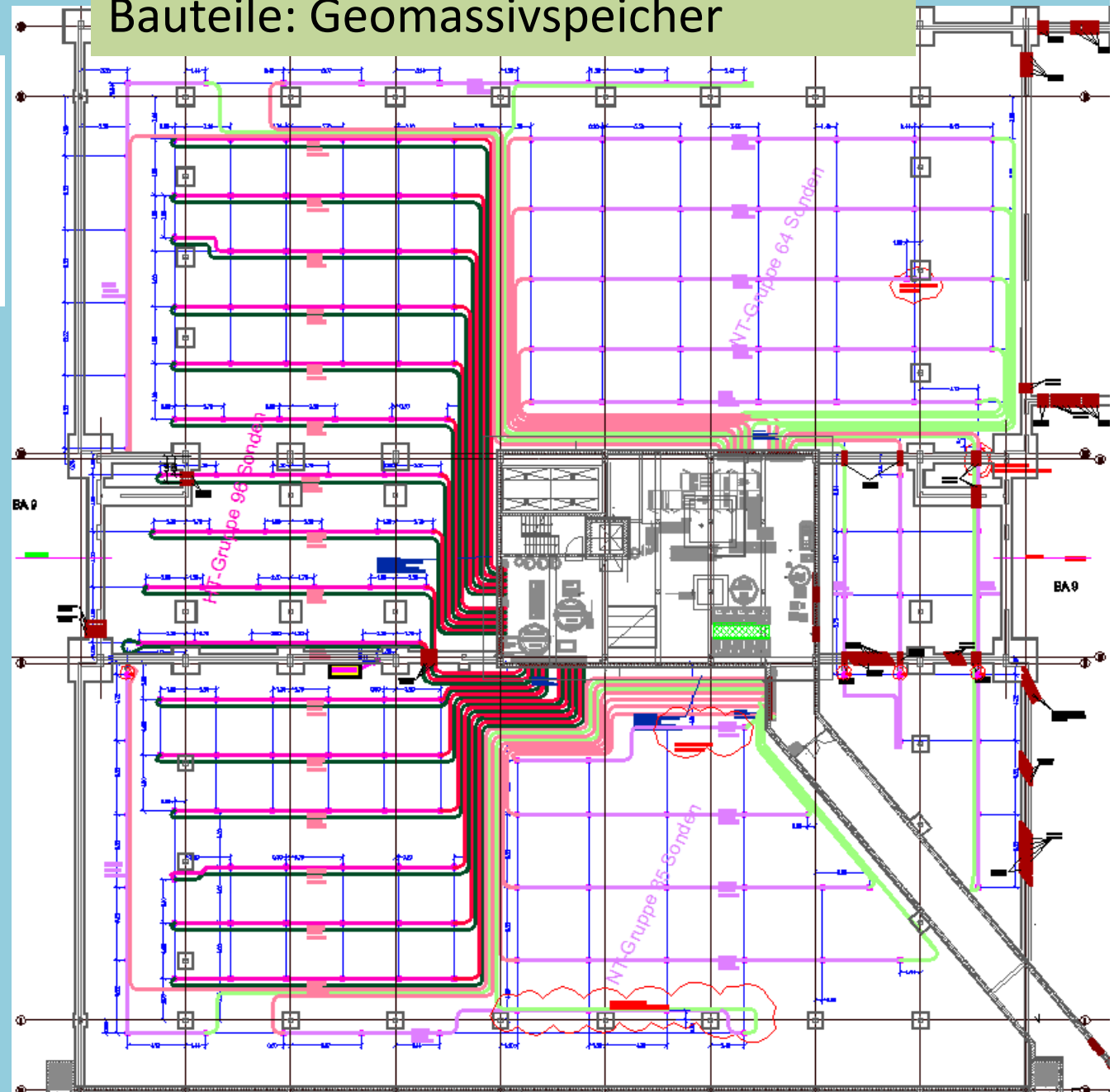
Geomassiv-Speicher

Oberflächennahe Geothermie mit dem Ziel

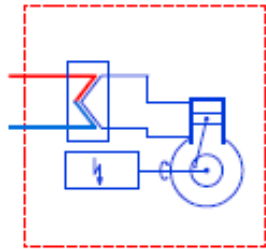
1. der Energiespeicherung (saisonaler Speicher) aus Abwärme (Kühlung, Druckluft) und Überschuss Solar
2. der Energiewiederverwendung für die Raumheizung, Lüftung

195 Erdsonden als Doppel-U-Rohr-Sonden  
Teufe 28 m (Grundwasser!)  
Hochtemperaturgruppe 96 Sonden  
Niedertemperaturgruppe 99 Sonden

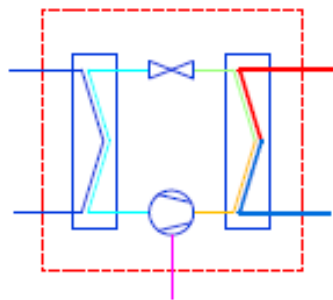
## Bauteile: Geomassivspeicher



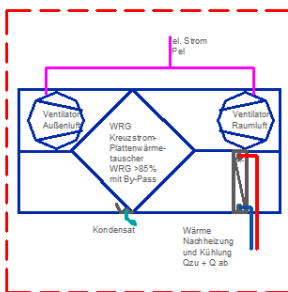
# Grundlagen



Wärmerückgewinnung  
Drucklufterzeugung



Wärmerückgewinnung  
Serverraumkühlung



Lüftungsgerät A+  
mit WRG > 85%  
Kühl- und Heizregister

## Bauteile: Wärmerückgewinnung

Betriebsbedingte Drucklufterzeugung für die Fertigung:

- Antriebsleistung 26 kW el. (Anschlussleistung)
- Abwärmepotential bis über 70% der Anschlussleistung  
→ bis 20 kW thermisch

Vorteil: hohe Temperaturen sind erreichbar  
(bis 70 °C Wassertemperatur)

Kühler Kopf für die IT:

Server von Rechenzentren setzen fast die gesamte Anschlussleistung in Wärme um.

Gewähltes Konzept: Aktive Kühlung mit Wärmerückgewinnung  
→ 2 x 29 kW Abwärmeleistung (max.)

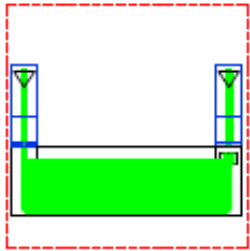
Vorteil: ganzjährig

Frischer Wind:

Hygienischer Luftwechsel durch zentrales Lüftungsgerät mit hocheffizienten Rotationswärmtauscher sowie speziell auf die Temperaturquellen angepasste Wärmetauscher für die Nachbehandlung (Heizen / Kühlen)

# Grundlagen

## Bauteile: regenerative Luftvorbehandlung



Außenluftvorwärmung /  
Außenluftvorkühlung  
Rohrregister im Regenrück-  
haltebecken mit By-Pass

Entwicklungspotential !

Außenluftvolumenstrom: bis zu 23.000 m<sup>3</sup>/h

Vorbehandlung der Außenluft mittel Luft-Wasser-Wärmetauscher

30 Rohre aus Edelstahl 254 x 2,0 mm, Länge 70 m

Gesamtlänge 2100 m, therm. Oberfläche 1648 m<sup>2</sup>

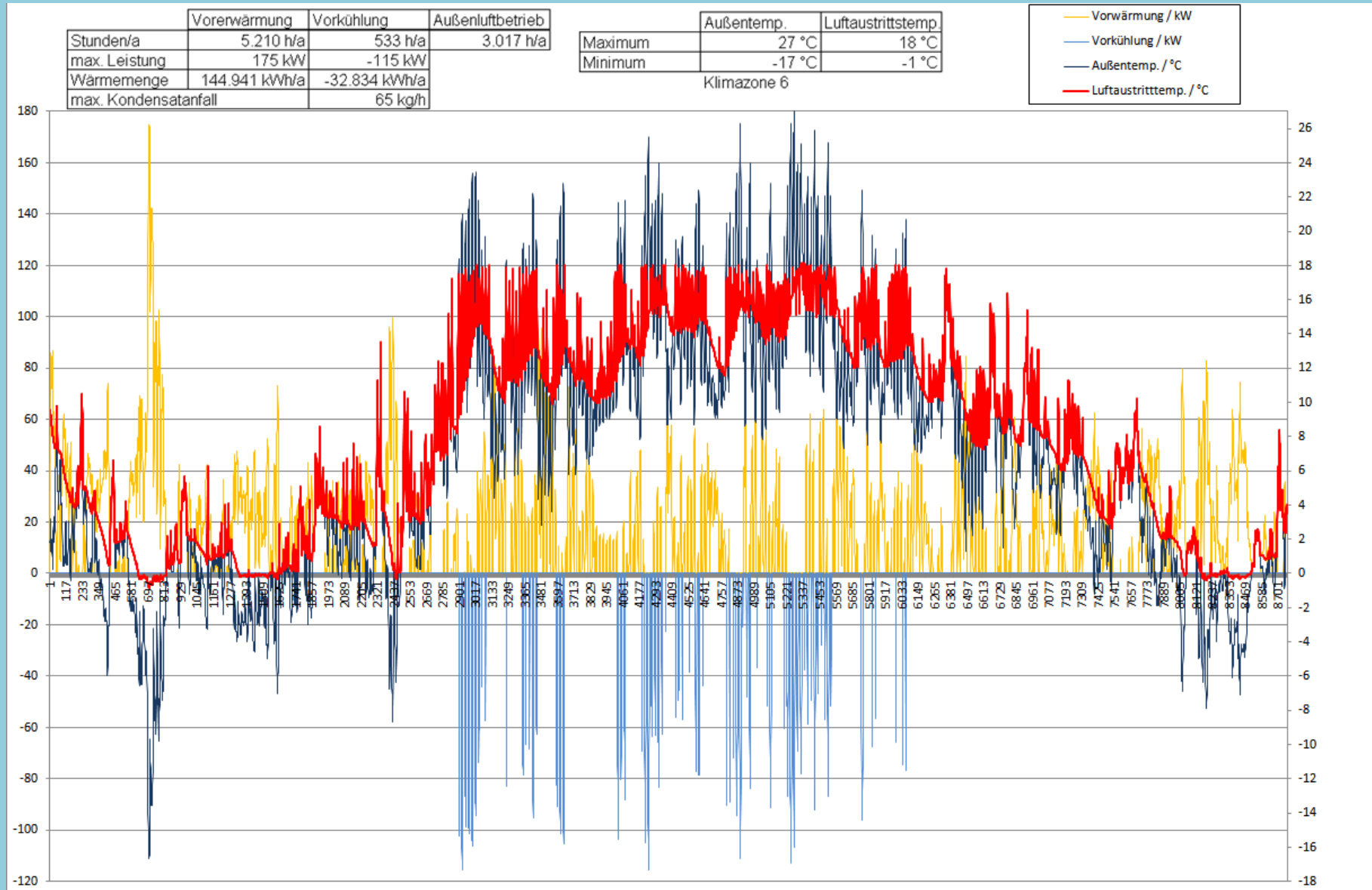
Einbauort: im Regenrückhaltebecken mit 990 m<sup>3</sup> permanenten  
Wasserinhalt

Schaltbar: je nach Außen- bzw. Wassertemperatur mittels 2 Lüftung-  
türmen



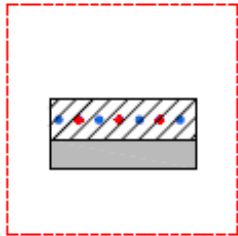
# Grundlagen

## Bauteile: regenerative Luftvorbehandlung

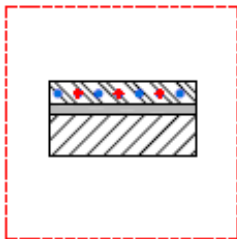


# Grundlagen

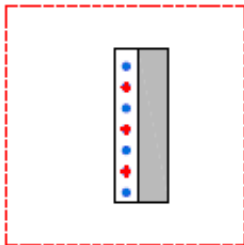
## Bauteile: Wärmeübertragung



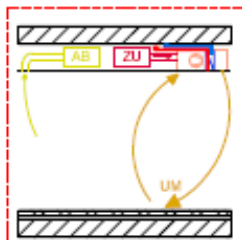
Bauteilaktivierung  
als Industrieflächenheizung/  
Kühlung  
in der Produktion



Bauteilaktivierung  
als Fußbodenheizung/Kühlung  
in den Büroräumen



optional  
Bauteilaktivierung  
als Wandheizung/Kühlung  
in den Büroräumen  
im Brüstungsbereich



Induktionslüftungsgeräte  
mit Hochleistungs-Heiz-/  
Kühlregister  
für Büroräume

Wärmeübertragung zum Heizen und Kühlen der Räume angepaßt an die Wärme- und Kälteversorgung

Hauptlastabtragung (und Speichermasse)

statische Wärmeübertragungselemente

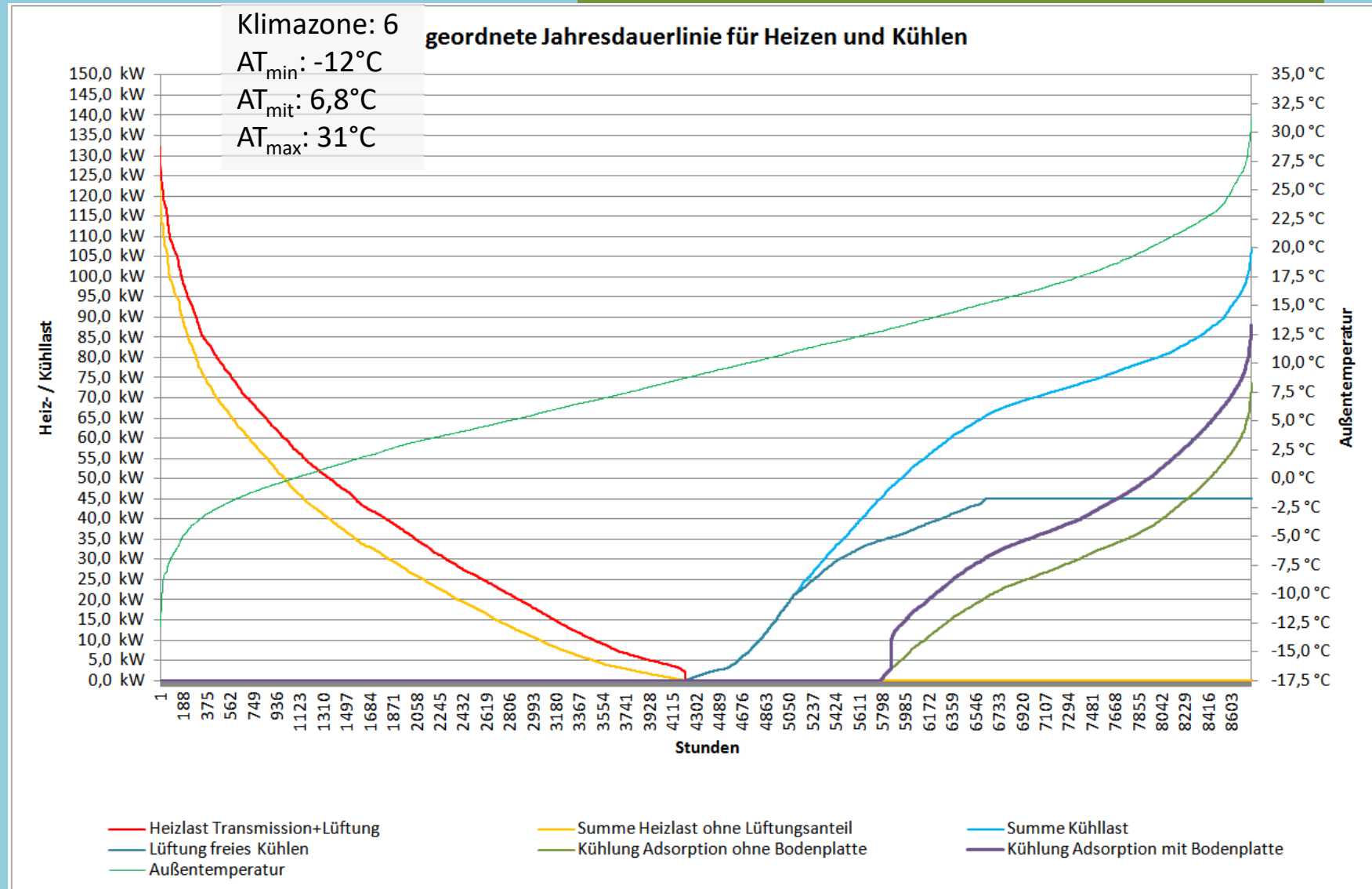
-Industrieflächenheizung (H: 28/23°C; K: 17/22°C)

-Fußbodenheizung (H: 28/22°C; K: 17/23°C)

Ausgleichende Maßnahmen

Dynamische Wärmeübertragungselemente

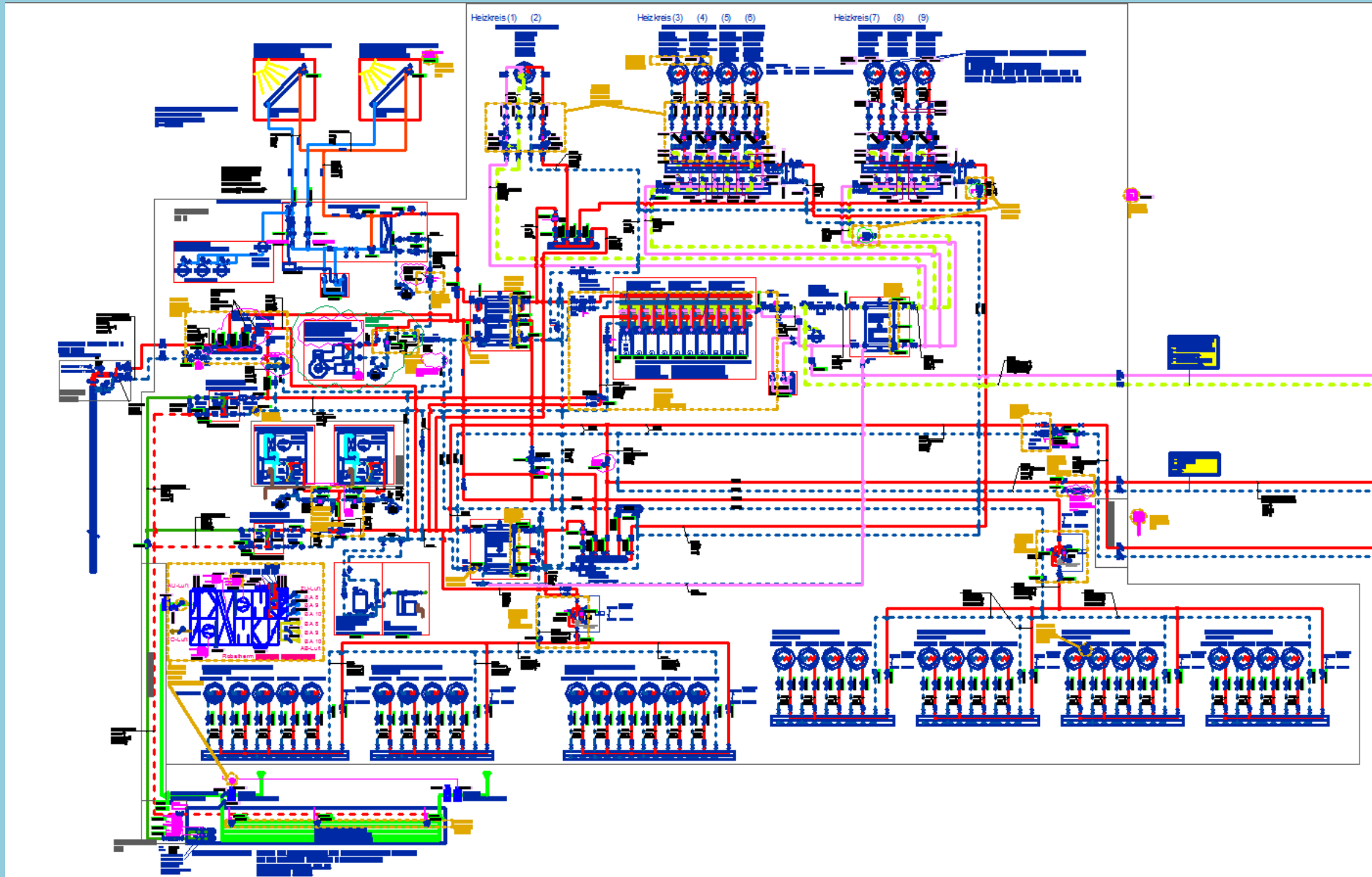
- Induktionslüftungsgeräte in den Büros (H: 28/22°C; K: 16/23°C)



Heizlast brutto: 132kW; Jahreswärmebedarf: ca. 166 MWh/a (vgl. konventionell Erdgas bei  $F \sim 0,88$  ; 18.800 m<sup>3</sup>; ~47 to Co<sub>2</sub>)

Kühllast brutto: 107 kW; Jahreskältebedarf: ca. 244 MWh/a (vgl. konventionell Strom bei JAZ~2,8 ; 87.150 kWh; ~54 to Co<sub>2</sub>)

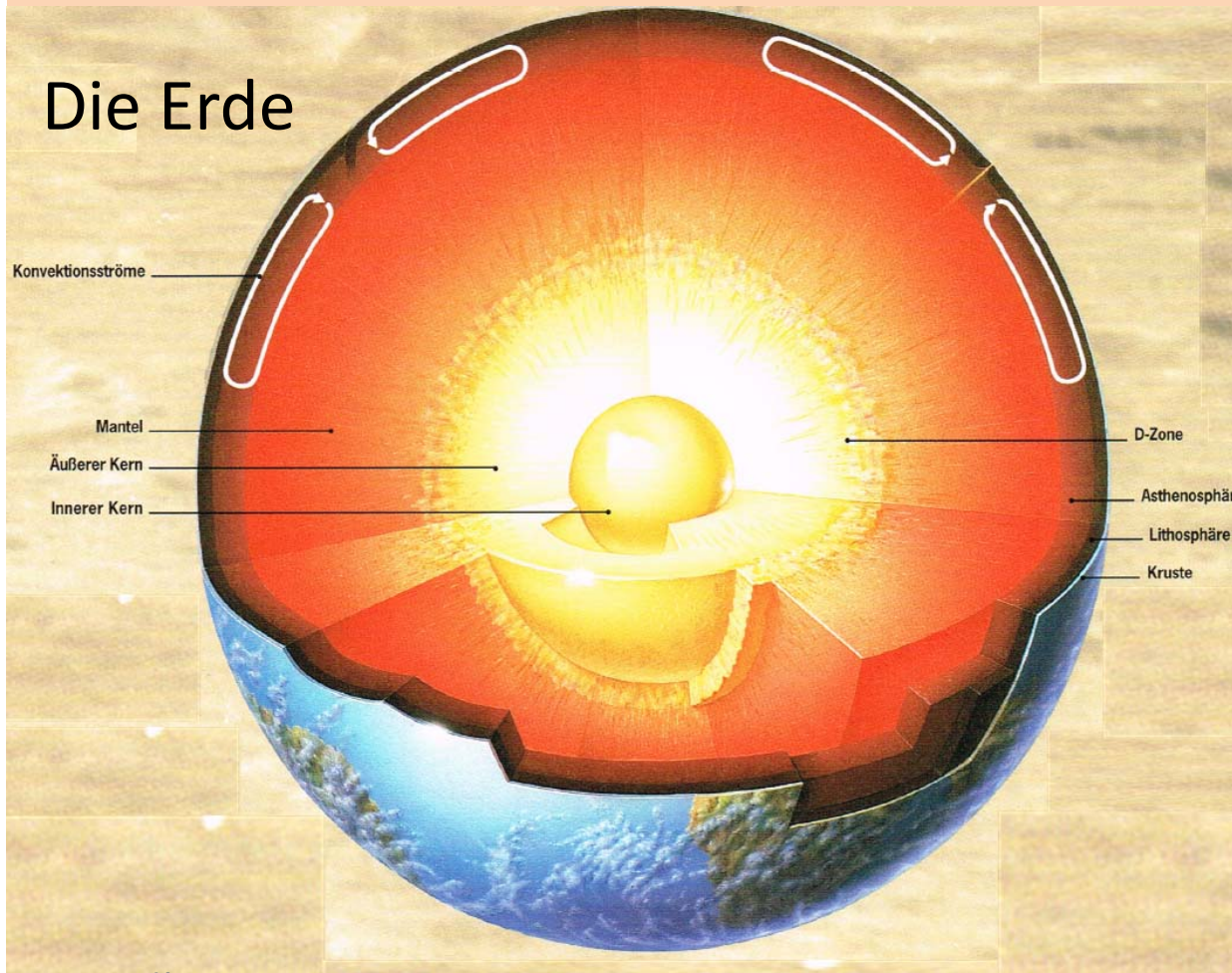
Kühllast netto: 88 kW; Jahreskältebedarf: ca. 90 MWh/a (vgl. konv. Strom bei JAZ~2,8 ; 32.150 kWh; ~19 to Co<sub>2</sub>) (LWT + freies Kühlen)



siehe Aushang

# Geothermie

## Die Erde



### Erdkruste:

- 0,4 % der Erdmasse
- Oberfläche 510.000.000 km<sup>2</sup> (100%)
- Mächtigkeit 30 – 60 km unter den Kontinenten (29%)  
5 – 7 km unter den Ozeanen (71%)

### Kern:

32,5% der Erdmasse

#### Innerer Kern:

- 2600 km ; ca. 6000 °C, fest

#### Äußerer Kern:

- 2900 m bis 5100 km Tiefe
- 3000 bis 5000 °C
- flüssig

### Mantel:

66,7% der Erdmasse

#### D-Zone:

- 200 - 300 km

#### Unterer Mantel:

- 600 m bis 2900 km Tiefe
- ca. 2000 °C
- flüssig

#### Übergangszone:

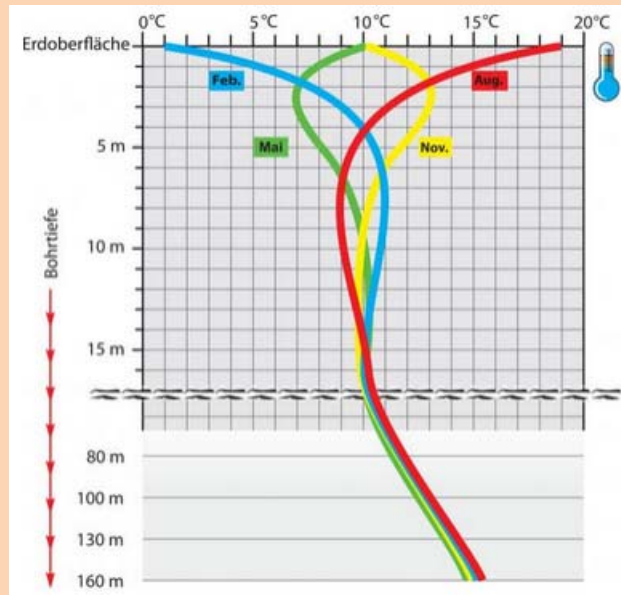
- 410 bis 600 km Tiefe

#### Oberer Mantel:

- 410 m bis 0 km Tiefe



# Geothermie



Oberflächennahe Geothermie:

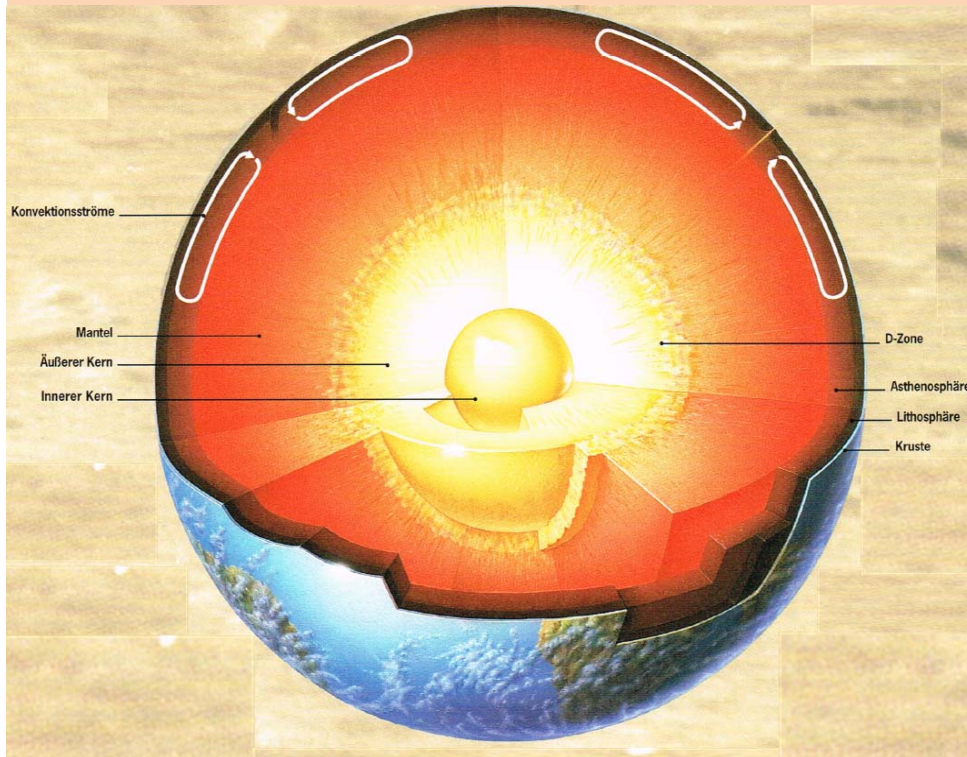
Teufenbereich bis 400 m

- Einfluss von Witterung und Sonneneinstrahlung
- Nutzung als Wärme- und Kältequelle
- Wärmenutzung meist nur mittelbar

Mitteltiefe Geothermie:

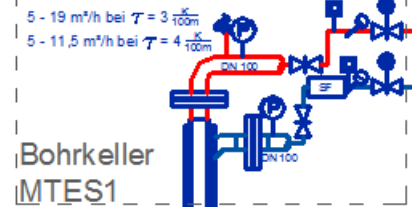
Teufenbereich 400 m bis 2000 m

- natürlicher Temperaturgradient 3K/100m
- Nutzung als Wärmequelle
- Wärmenutzung auch unmittelbar (Ziel) möglich



# Mitteltiefe Geothermie Zielhorizont 1.500 m

Mitteltiefe Erdsonde MTES 1  
1500 Meter  
Wasserinhalt: ~27.500 Liter



Zielsetzungen im Zusammenhang mit dem Projekt  
WIPOTEC:

Sicherheit:

geschlossenes System (Koaxialsonde)  
nur Wärmeaustausch, kein stofflicher Austausch  
Betriebsmittel Wasser ohne jegliche Zusätze  
(Grundwasser)

Bohrverfahren:

Standardisierung der Herstellung mit mobilen  
Bohrgerüst



# Mitteltiefe Geothermie Zielhorizont 1.500 m

Zielsetzungen im Zusammenhang mit dem Projekt  
WIPOTEC:

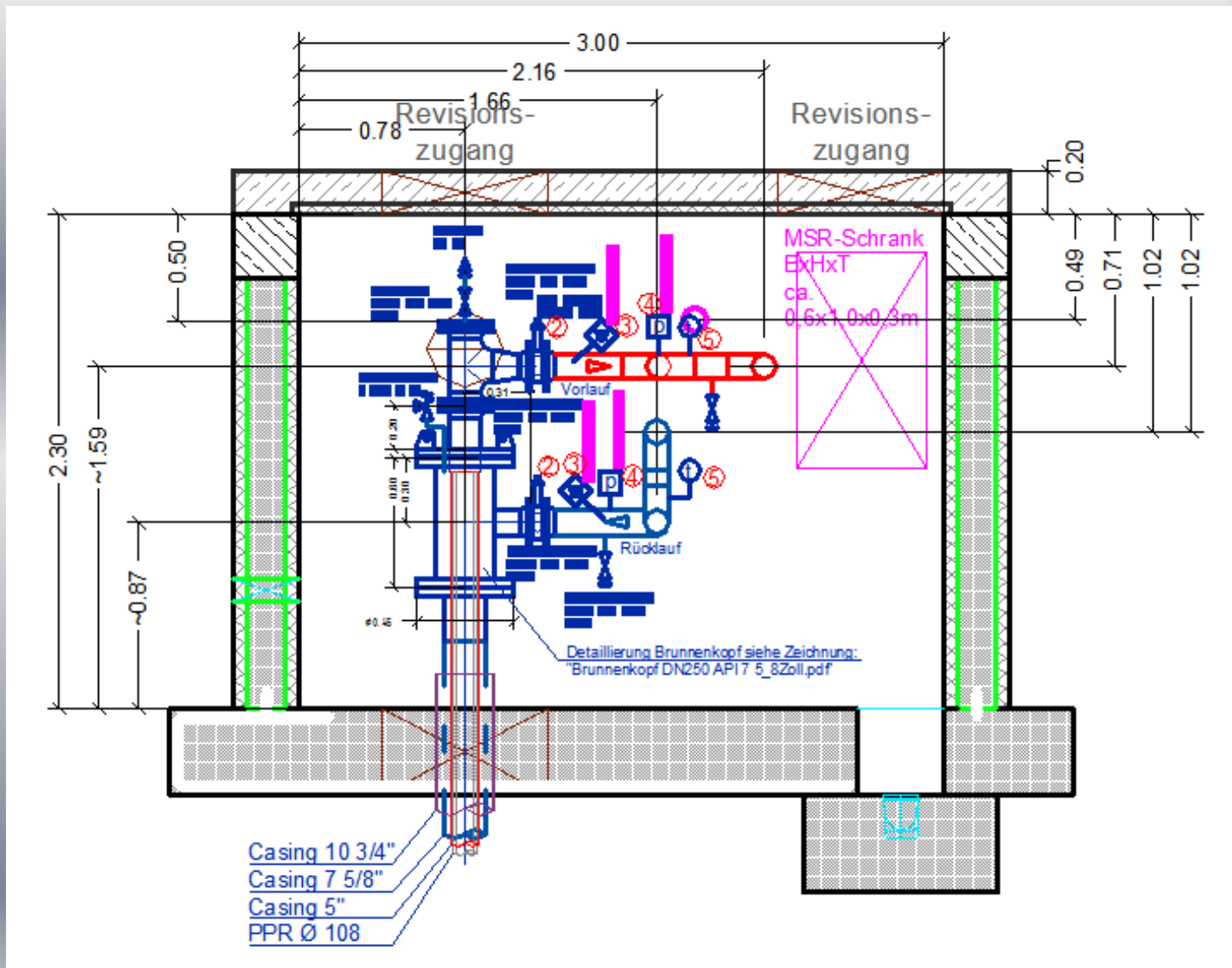
Nutzung:                   unmittelbar für Neubau BA 8–10 & KITA  
                                  ohne Trennwärmetauscher  
                                  im Nahwärmenetz

mittelbar für die Bestandsgebäude BA 1-3  
in Verbindung mit Gas-Absorptionswärmepumpe

Optimierung:           thermische und hydraulische Entwicklung der  
                              Konstruktion zum Ausbau der  
                              Mitteltiefen Bohrung zur Koaxialsonde

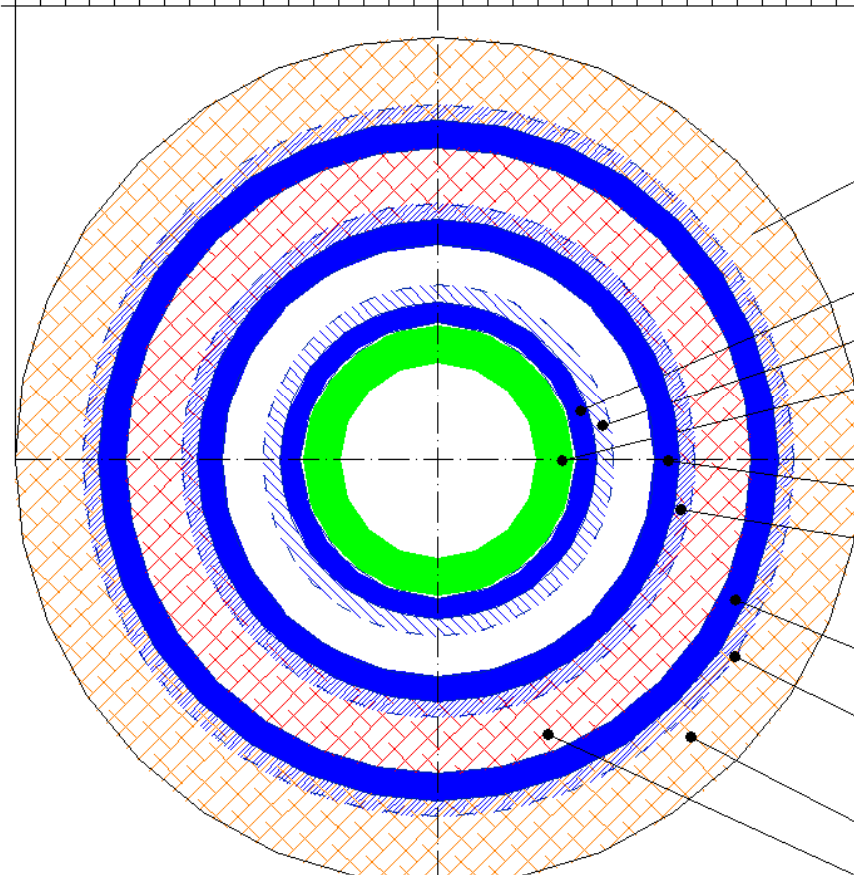


# Bohrkeller



# Aufbau der Koaxialsonde im Süßwasserhorizont

Horizontal Maße in Meter



**Bohrung von 0 bis 250 m**  
12 1/4", DA 340 mm, Ringspalt mind. 30 mm

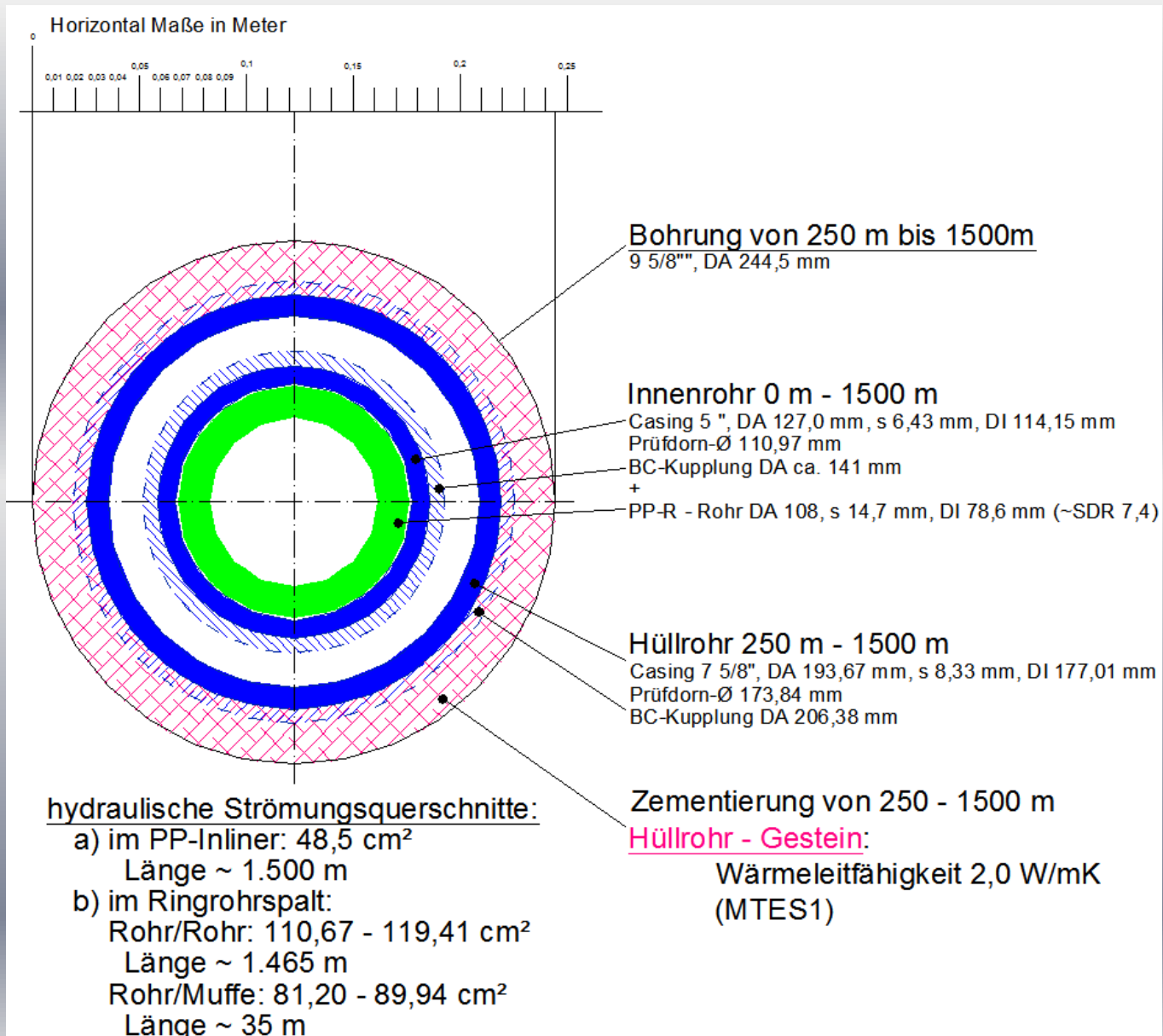
**Innenrohr 0 m - 1500 m**  
Casing 5", DA 127,0 mm, s 6,43 mm, DI 114,15 mm  
Prüfdorn-Ø 110,97 mm  
BC-Kupplung DA ca. 141 mm  
+  
PP-R - Rohr DA 108, s 14,7 mm, DI 78,6 mm (~SDR 7,4)

**Hüllrohr 250 m - 1500 m**  
Casing 7 5/8", DA 193,67 mm, s 8,33 mm, DI 177,01 mm  
Prüfdorn-Ø 173,84 mm  
BC-Kupplung DA 206,38 mm

**Ankerrohrtour 250 m tief**  
Casing 10 3/4", DA 273,05 mm, s 8,89 mm, DI 255,27 mm  
Prüfdorn-Ø 251,31 mm  
BC-Kupplung DA 285,75 mm

Zementierung jeweils über gesamte Länge 0-250 m  
**Ankerrohrtour - Gestein:** Wärmeleitfähigkeit ca. 0,9 W/mK  
**Hüllrohr - Ankerrohrtour:** Wärmeleitfähigkeit ca. 0,9 W/mK

# Aufbau der Koaxialsonde im Salzwasserhorizont



# Hydraulik der Koaxialsonde

1659 WIPOTEC

Tiefe Erdsonde
Grundlagen:
1 Geometrie

Außenrohr	Stahl	Innenrohr	Stahl + PP-R
Da	193,7 mm	Da	127,0 mm
Di	177,0 mm	Di	78,6 mm
S	8,3 mm	S	24,2 mm
Ai	246,2 cm <sup>2</sup>	Ai	48,5 cm <sup>2</sup>
Li	55,6 cm	Li	24,7 cm
Aa	294,7 cm <sup>2</sup>	Aa	126,7 cm <sup>2</sup>
La	60,9 cm	La	39,9 cm

Hüllrohr API Casing 7 5/8"  
mit Innenrohr API Casing 5" mit Inliner PP-R 108(110)x14,7 mm SDR 7,4  
DA Muffe Innenrohr API Casing 5": DA ~141 mm

Ringquerschnitt	119,5 cm <sup>2</sup>
-----------------	-----------------------

Volumen Sonde	25.202 Liter	bei Sondenlänge	1.500 m
---------------	--------------	-----------------	---------

## 2 Strömungsgeschwindigkeit

Volumenstr.	Innen wi	Ringquer wa	(wi-wa)/wa
0 m <sup>3</sup> /h	0,00 m/s	0,00 m/s	
5 m <sup>3</sup> /h	0,29 m/s	0,12 m/s	146%
10 m <sup>3</sup> /h	0,57 m/s	0,23 m/s	146%
15 m <sup>3</sup> /h	0,86 m/s	0,35 m/s	146%
20 m <sup>3</sup> /h	1,14 m/s	0,46 m/s	146%
25 m <sup>3</sup> /h	1,43 m/s	0,58 m/s	146%
30 m <sup>3</sup> /h	1,72 m/s	0,70 m/s	146%
35 m <sup>3</sup> /h	2,00 m/s	0,81 m/s	146%

## 3 Rohrreibungsverlust

Rohrpaarung RP

RP1	Außenrohr		Innenrohr	
	193,7 mm	177,0 mm	127,0 mm	78,6 mm

Hüllrohr API Casing 7 5/8" + Innenrohr API Casing 5" mit Inliner PP-R 108(110)x14,7 mm (SDR7,4)

Massenstr.	Volumenstrom		RP1												
	innen	ausen	Ri	Ra	R muffe	Ri+Ra	Ri	Ra	R muffe	Ri+Ram	Ri	Ra	R muffe	Ri+Ram	
5.500 kg/h	5,57 m <sup>3</sup> /h	5,53 m <sup>3</sup> /h	0,14 mbar/m	0,06 mbar/m	0,15 mbar/m	0,20 mbar/m									
7.750 kg/h	7,85 m <sup>3</sup> /h	7,79 m <sup>3</sup> /h	0,26 mbar/m	0,11 mbar/m	0,28 mbar/m	0,31 mbar/m									
11.000 kg/h	11,14 m <sup>3</sup> /h	11,06 m <sup>3</sup> /h	0,48 mbar/m	0,20 mbar/m	0,52 mbar/m	0,63 mbar/m									
15.500 kg/h	15,70 m <sup>3</sup> /h	15,58 m <sup>3</sup> /h	0,83 mbar/m	0,38 mbar/m	0,96 mbar/m	1,28 mbar/m									
20.000 kg/h	20,26 m <sup>3</sup> /h	20,10 m <sup>3</sup> /h	1,41 mbar/m	0,60 mbar/m	1,53 mbar/m	2,04 mbar/m									

API Casing 5" Länge 1484 m, 162 Muffen Muffenlänge 30 cm  
d.h.: Anteil Muffe: 0,0327, Anteil Casing 0,9673

## 4 Druckverlust bei Tiefensonde mit 1500 Meter bei Casinglänge 1484m

Massenstr.	RP1		
	dp		
5.500 kg/h	0,30 bar		50% Massenstrom bei 4K/100m
7.750 kg/h	0,55 bar		50% Massenstrom bei 3K/100m
11.000 kg/h	1,03 bar		100% Massenstrom bei 4K/100m
15.500 kg/h	1,91 bar		100% Massenstrom bei 3K/100m
20.000 kg/h	3,02 bar		max.

Auftrieb bei gleicher Sondenleistung ~ 300 kW und unterschiedlichen Temperaturgradienten

Temp.-Grad.	SDR 7,4		mittlere Dichte	
3,0 K/100m	Außen	Innen	995,95 kg/m <sup>3</sup>	990,56 kg/m <sup>3</sup>
	Differenzdruck 791,94 mbar			
4,0 K/100m	Außen	Innen	992,91 kg/m <sup>3</sup>	983,64 kg/m <sup>3</sup>
	Differenzdruck 1.364,60 mbar			

## Thermodynamische Berechnung der Tiefen Erdsonde mit 1500 Meter Bohrtiefe als ideale Sonde und reale Sonde

Dichte Wasser  $997,04 \text{ kg/m}^3$  bei  $25^\circ\text{C}$

Hüllrohr	API-Casing 7 5/8", s 8,33mmr	Stahl	
	0,1937 m Da	<b>48 W/mK</b>	Wärmeleitfähigkeit
	0,1770 m Di		

Ankerrohrto	API-Casing 10 3/4", s 8,89mmr	Stahl	
	0,2731 m Da	<b>48 W/mK</b>	Wärmeleitfähigkeit
	0,2553 m Di		

Komposit-Kernrohr		PP-R	SDR 7,4
Inliner	0,1080 m Da	<b>0,22 W/mK</b>	Wärmeleitfähigkeit
	0,0786 m Di		
Stahl-Casing	0,1270 m Da	<b>48 W/mK</b>	Wärmeleitfähigkeit
5", s 6,43mm	0,1141 m Di		

im Rohrringspalt	Wasser	0,012 m <sup>2</sup> Querschnittsfläche
		0,36 m/s Strömungsgeschwindigkeit
		1963 W/m <sup>2</sup> K ai

im Kernrohr	Wasser	0,005 m <sup>2</sup> Querschnittsfläche
		0,89 m/s Strömungsgeschwindigkeit
		2.681 W/m <sup>2</sup> K ai

<b>250-1500m</b>	Bohrung 9 5/8"	
Zementierung zum Gestein	<b>0,2445 m</b> Da	<b>2,0 W/mK</b> Wärmeleitfähigkeit
	0,1937 m Di	

nicht isolierte Länge	<b>0,40%</b>
mit nicht isolierter Länge	5,77 W/mK
bei 100% isolierter Länge	4,29 W/mK

nur Stahlrohr	374,39 W/mK
	5,77188405

Wärmeübergang	Kr=	51 W/mK bezogen auf die Rohrlänge
	kA=	83 W/m <sup>2</sup> K bezogen auf die Rohraußenfläche

<b>0-1500 m</b>		
Wärmeübergang	Kr=	5,77 W/mK bezogen auf die Rohrlänge
	kA=	14,47 W/m <sup>2</sup> K bezogen auf die Rohraußenfläche (Casing)

<b>0-250m</b>	Bohrung 12 1/4"	
Zementierung zum Gestein	<b>0,3112 m</b> Da	<b>1,0 W/mK</b> Wärmeleitfähigkeit
	0,2731 m Di	
Zementierung zwischen Casings	0,2553 m Da	<b>1,0 W/mK</b> Wärmeleitfähigkeit
	0,1937 m Di	

**obere 300m durchgehend isoliert**  
**untere 50m nicht isoliert**

Wärmeübergang	Kr=	15 W/mK bezogen auf die Rohrlänge
	kA=	13 W/m <sup>2</sup> K bezogen auf die Rohraußenfläche

Bohrtiefe	1500 m
Temperaturgradient	<b>3,0 K/100m</b>
Sonden-Massenstrom	<b>15.500 kg/h</b>
Injektionstemperatur	<b>20,0 °C</b>

<b>Ergebnis bei idealer Sonde ohne inneren Wärmeaustausch</b>	
mittlere Sondenleistung	<b>0,29 kW/m</b>
Gesamtsondenleistung	<b>427,9 kW</b>
Sondenaustrittstemperatur	<b>43,7 °C</b>

<b>Ergebnis bei realer Sonde mit inneren Wärmeaustausch</b>	
mittlere Sondenleistung	<b>0,20 kW/m</b>
Gesamtsondenleistung	<b>305,0 kW</b>
Sondenaustrittstemperatur	<b>36,9 °C</b>

Berechnungsfelder										
Wärmeübergang am Hüllrohr						Wärmeübergang am Kernrohr				
Bohrtiefe	Medium	Gestein	Temperaturdi	Wärmeleistun	Dichte	Medium inne	Medium ausse	Temperaturdi	Wärmeleistun	Dichte
	ti	ta	dt	Q	ρ	ti	ta	dt	Q	ρ
0 m	20,0 °C	9,0 °C	-11,0 K	0,00 kW	998,18 kg/m <sup>3</sup>	36,9 °C	20,0 °C	-16,9 K	-0,072 kW	992,40 kg/m <sup>3</sup>
1 m	20,0 °C	9,0 °C	-11,0 K	-0,17 kW	998,18 kg/m <sup>3</sup>	36,9 °C	20,0 °C	-16,9 K	-0,072 kW	992,40 kg/m <sup>3</sup>
1493 m	43,5 °C	53,8 °C	10,3 K	0,52 kW	989,06 kg/m <sup>3</sup>	43,7 °C	43,5 °C	-0,2 K	-0,071 kW	988,95 kg/m <sup>3</sup>
1494 m	43,5 °C	53,8 °C	10,3 K	0,52 kW	989,04 kg/m <sup>3</sup>	43,7 °C	43,5 °C	-0,2 K	-0,062 kW	988,95 kg/m <sup>3</sup>
1495 m	43,5 °C	53,9 °C	10,3 K	0,52 kW	989,03 kg/m <sup>3</sup>	43,7 °C	43,5 °C	-0,1 K	-0,052 kW	988,95 kg/m <sup>3</sup>
1496 m	43,6 °C	53,9 °C	10,3 K	0,52 kW	989,01 kg/m <sup>3</sup>	43,7 °C	43,6 °C	-0,1 K	-0,042 kW	988,95 kg/m <sup>3</sup>
1497 m	43,6 °C	53,9 °C	10,3 K	0,52 kW	988,99 kg/m <sup>3</sup>	43,7 °C	43,6 °C	-0,1 K	-0,032 kW	988,95 kg/m <sup>3</sup>
1498 m	43,6 °C	53,9 °C	10,3 K	0,52 kW	988,98 kg/m <sup>3</sup>	43,7 °C	43,6 °C	-0,1 K	-0,021 kW	988,95 kg/m <sup>3</sup>
1499 m	43,7 °C	54,0 °C	10,3 K	0,52 kW	988,96 kg/m <sup>3</sup>	43,7 °C	43,7 °C	0,0 K	-0,011 kW	988,95 kg/m <sup>3</sup>
1500 m	43,7 °C	54,0 °C	10,3 K	0,52 kW	988,95 kg/m <sup>3</sup>	43,7 °C	43,7 °C	0,0 K	0,000 kW	988,95 kg/m <sup>3</sup>



# Dynamische Sondensimulation

## Entwicklung für ein realistisches Belastungsprofil

Daten Heizlast aus Jahresdauerlinie Neubau BA8-10 für Transmission und Lüftung; Datei: 1659 Heiz-Kühllast\_2014-09-02.xlsx

geforderte Sondenleistung in W als Mittelwerte aller Tage pro Monat und Tagsstunde

Tag/Mon	Tagesstunde	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
31	Januar	67467	68480	70657	72713	74620	76621	78605	23652	25289	23145	14360	8501	7454	6431	5997	5403	4751	8309	9529	59926	61314	62679	64021	65344
28	Februar	68602	71593	74502	77530	80346	83154	85906	32090	33771	20423	11977	8030	6458	5963	3683	4442	4932	4729	7957	56238	58646	61140	63574	66088
31	März	46028	49153	52324	55739	59225	62822	66664	14127	7038	4309	863	939	0	0	0	0	0	0	0	32594	34970	37386	40054	42905
30	April	37330	41062	45312	49663	54349	59384	62674	4871	984	0	870	0	0	0	0	0	0	0	0	17988	23362	26424	29814	33511
31	Mai	16781	19181	22096	25232	28725	32576	20944	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	881	5625	8234	10301	13060
30	Juni	10286	12286	14444	17280	20028	23196	12041	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1970	4366	5523	7602
31	Juli	4747	5444	6933	8703	10095	12194	3150	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	113	471	1486	2060	3157
31	August	4649	5711	6755	8544	10868	13295	11533	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	156	682	1434	2163	3128
30	September	9976	11723	13514	15562	17785	20231	22922	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3759	5100	6188	7512	9343
31	Oktober	22655	24870	27196	29710	32132	34881	37740	2134	528	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14927	16454	18278	20140	22195
30	November	48887	50891	52856	54870	57077	59345	61546	11443	12622	4949	2730	1551	697	494	601	1560	2100	3166	3190	43243	44414	45654	46854	48135
31	Dezember	61905	63503	65359	67269	69011	70883	72774	21421	23671	22705	12775	7932	5701	4215	4340	5031	7629	10109	9987	57241	58043	58915	59629	60217

kWh/Monat
29923
27770
18821
14628
6313
3871
1815
2136
4309
9419
19766
27908
167 MWh/a

Sondendurchfluss in l/h als Mittelwerte aller Tage pro Monat und Tagsstunde

Annahme: konstante Spreizung von: 5 K

Tagesstunde	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Januar	11593	11767	12141	12495	12823	13166	13507	4064	4346	3977	2468	1461	1281	1105	1031	928	816	1428	1637	10297	10536	10771	11001	11229
Februar	11788	12302	12802	13323	13806	14289	14762	5514	5803	3509	2058	1380	1110	1025	633	763	848	813	1367	9664	10078	10506	10924	11356
März	7909	8446	8991	9578	10177	10795	11455	2428	1209	740	148	161	0	0	0	0	0	0	0	5601	6009	6424	6883	7373
April	6415	7056	7786	8534	9339	10204	10770	837	169	0	149	0	0	0	0	0	0	0	0	3091	4014	4541	5123	5758
Mai	2884	3296	3797	4336	4936	5598	3599	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	151	967	1415	1770	2244
Juni	1768	2111	2482	2969	3442	3986	2069	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	338	750	949	1306
Juli	816	935	1191	1496	1735	2095	541	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	81	255	354	542
August	799	981	1161	1468	1867	2285	1982	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27	117	246	372	537
September	1714	2014	2322	2674	3056	3477	3939	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	646	876	1063	1291	1605
Oktober	3893	4274	4673	5105	5522	5994	6485	367	91	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2565	2828	3141	3461	3814
November	8401	8745	9083	9429	9808	10198	10576	1966	2169	850	469	267	120	85	103	268	361	544	548	7431	7632	7845	8051	8271
Dezember	10638	10912	11231	11559	11859	12180	12505	3681	4068	3902	2195	1363	980	724	746	864	1311	1737	1716	9836	9974	10124	10246	10348

Sondendurchfluss in l/h als Mittelwerte aller Tage pro Monat und Tagsstunde

Annahme: konstante Spreizung von: 5 K Jedoch Vmin= 9000 l/h

Tagesstunde	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
Januar	11593	11767	12141	12495	12823	13166	13507	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000	10297	10536	10771	11001	11229
Februar	11788	12302	12802	13323	13806	14289	14762	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9664	10078	10506	10924	11356
März	9000	9000	9000	9578	10177	10795	11455	9000	9000	9000	9000	9000	0	0	0	0	0	0	0	9000	9000	9000	9000	9000	
April	9000	9000	9000	9000	9339	10204	10770	9000	9000	0	9000	0	0	0	0	0	0	0	0	9000	9000	9000	9000	9000	
Mai	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9000	9000	9000	9000	9000	
Juni	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9000	9000	9000	9000	
Juli	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9000	9000	9000	9000	9000	
August	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9000	9000	9000	9000	9000	
September	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9000	9000	9000	9000	9000	
Oktober	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9000	9000	9000	9000	9000	
November	9000	9000	9083	9429	9808	10198	10576	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000	
Dezember	10638	10912	11231	11559	11859	12180	12505	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9836	9974	10124	10246	10348

# Dynamische Sondensimulation

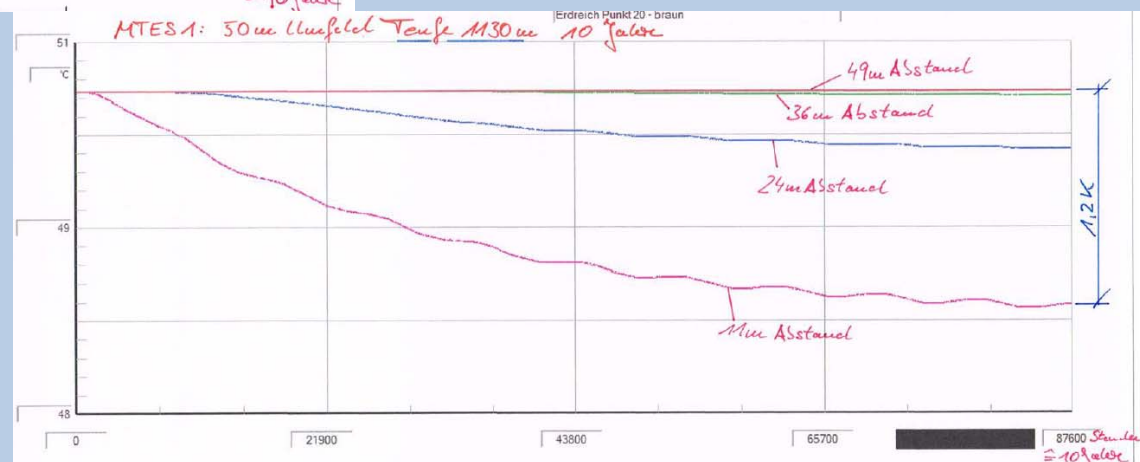
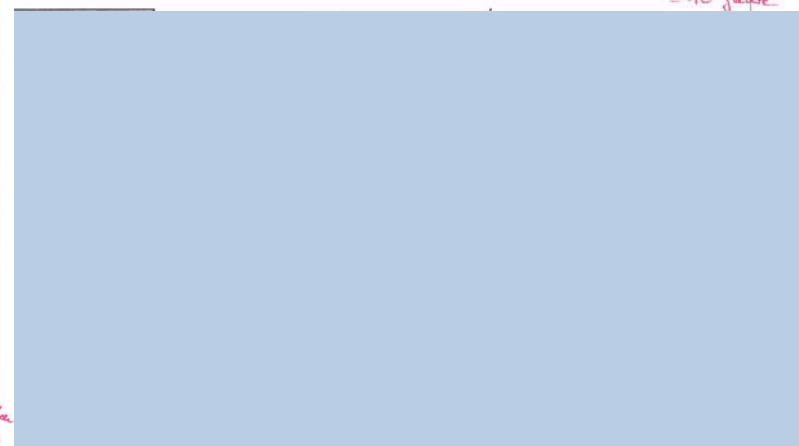
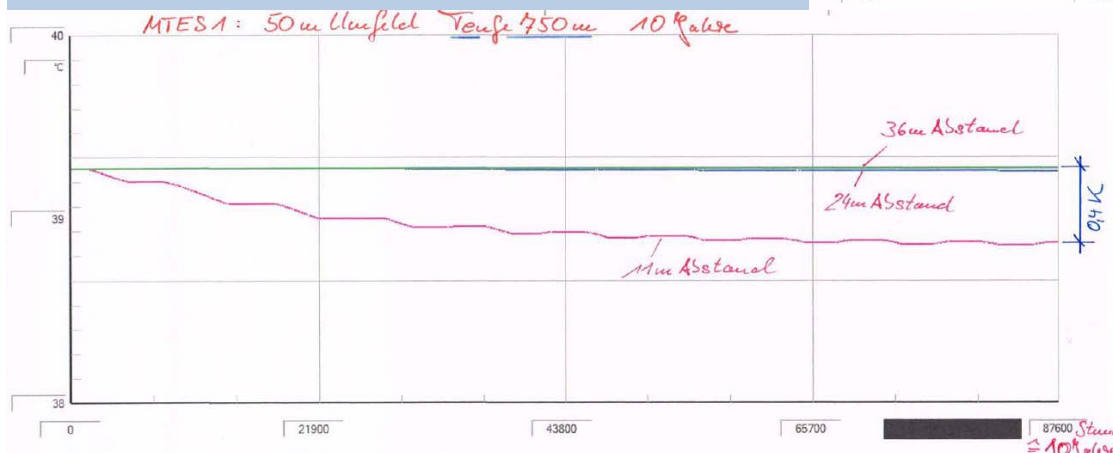
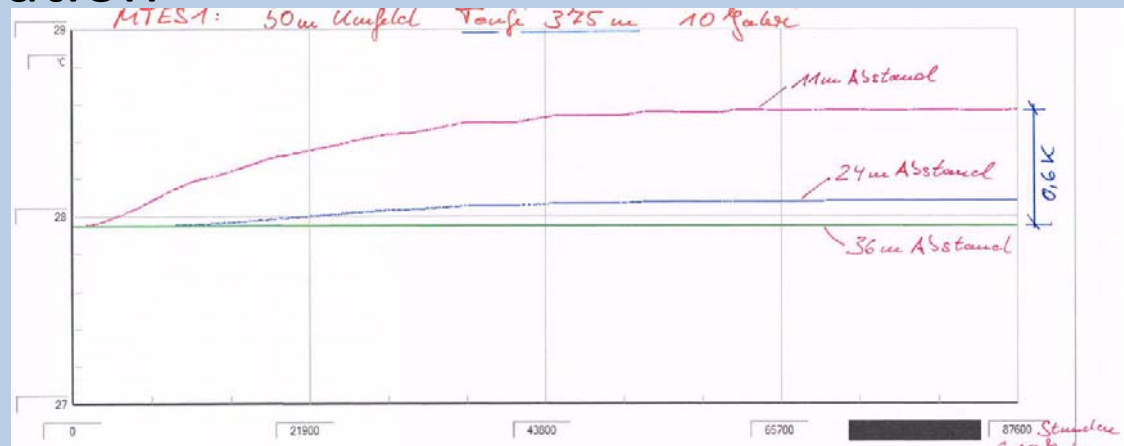
Auswertung:

Bewertung als rein konduktives System

Eintrittstemperatur: 20 °C

Belastung gemäß Profil Neubau

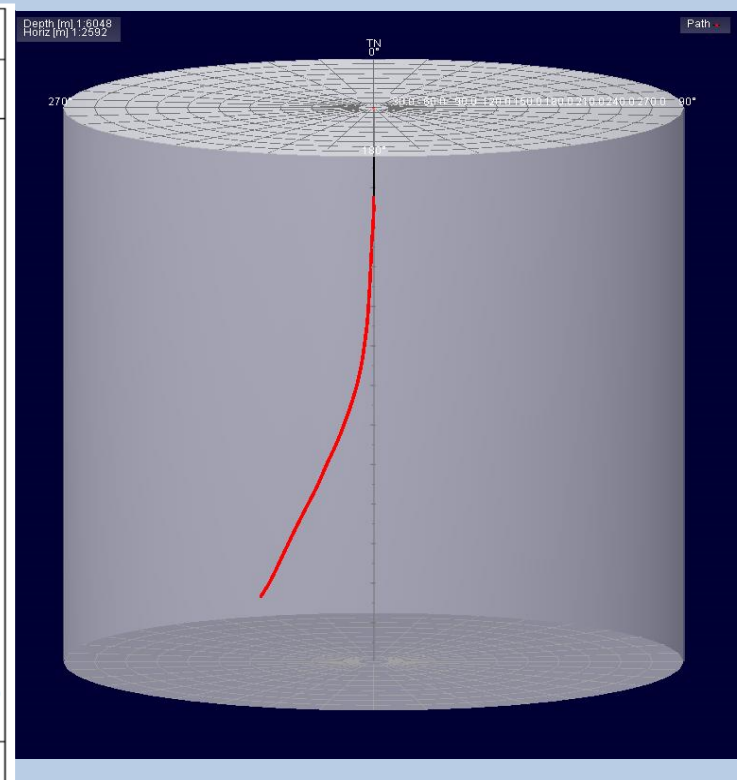
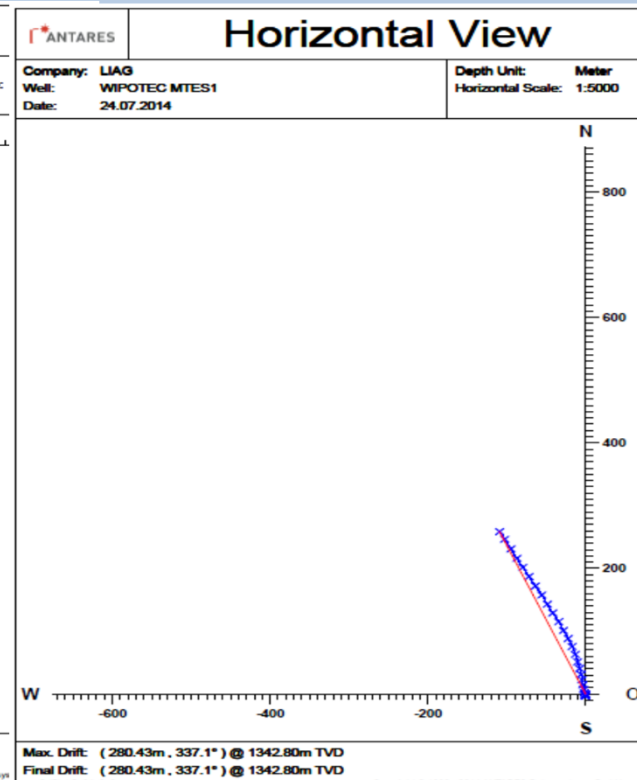
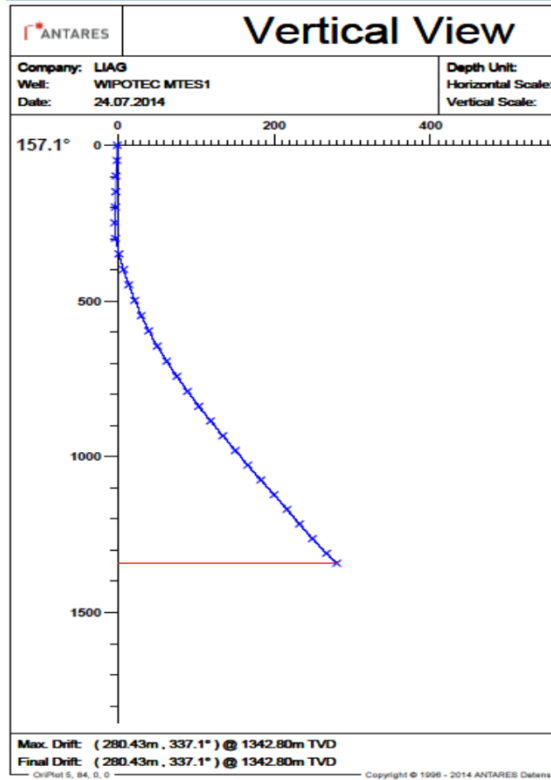
Zeitraum: 10 Jahre



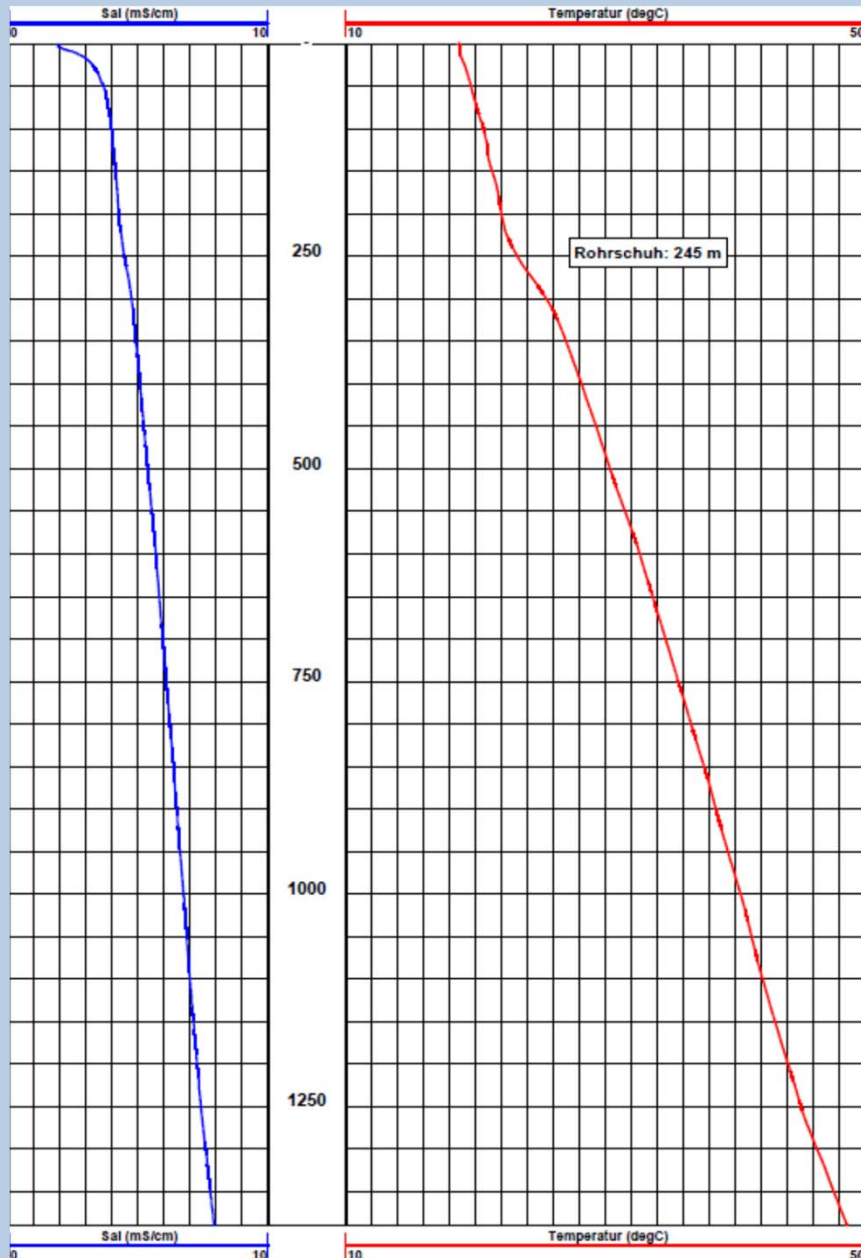
# Wissenschaftliche Auswertung der Bohrung

(Bohrtiefe)

- 0 - 123 m Buntsandstein, Trifels-Formation
- 210 m Zechstein, Stauf-Formation
- 1200 m Rotliegend, Standenbühl-Formation
- 1370 m Rotliegend, Donnersberg-Formation, Schallodenbach-Subformation, an der Basis (1355 – 1370 m) die Effusiva der Lavaserie 1
- 1430 m Rotliegend, Donnersberg-Formation, Schweisweiler-Subformation
- 1500 m Rotliegend, Thallichtenberg-Formation.



# Wissenschaftliche Auswertung der Bohrung



Erreichte Teufe: ~ 1.450 m  
Bohrlänge: 1.500 m

Temperatur bei 1390m: ~ 52°C \*  
Vorhandener Temp.-Gradient: ~3,1 K/100m

\*: Temperatur unmittelbar nach Bohrung (Spülung!)  
Messkabel nur 1.400 m

# Erste Betriebswerte

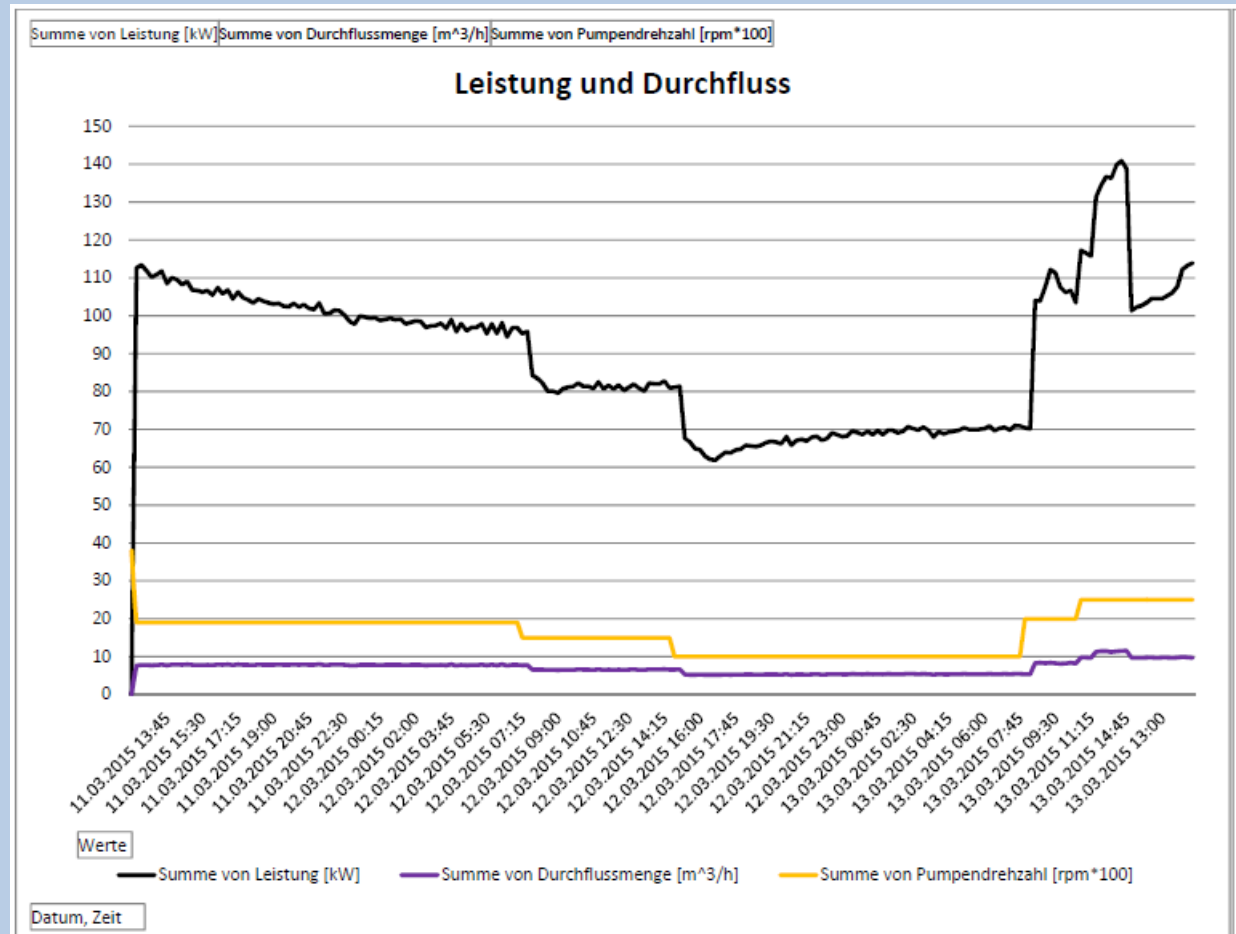
Die Mitteltiefe Erdsonde MTES1 ist seit Anfang Januar 2015 im Testbetrieb.

Die derzeitige Heizleistung mit rund 80 kW und erreichte Vorlauftemperatur mit 28°C ist für den Neubau BA8-10 ausreichend.

Die prognostizierte max. Leistung von rund 300 kW konnte derzeit noch nicht erreicht werden.

Optimale Betriebsweise muss noch ermittelt werden.

Für die Untersuchung der MTES1 wird der Einbau einer LWL-Mess-Technik beabsichtigt.

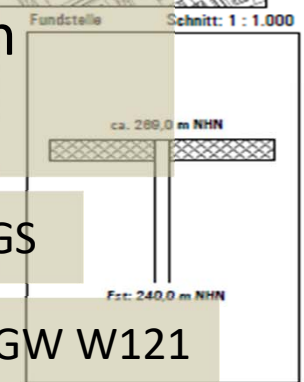


# Weitere Schritte



**WIPOTEC**  
**Erdwärme**

1. Bergrechtliches Genehmigungsverfahren vor Bohrbeginn  
Sonderbetriebsplan für das Abteufen der Bohrung
2. Beantragung des Bewilligungsfeldes für den Abbau von Bodenschätzen
3. Erstellung des Hauptbetriebsplanes für den Betrieb von Anlagen zur Gewinnung von Bodenschätzen



§ BGBL

BVOT RLP

§ BBergG

GefStoffV

§ WHG

VAwS

TRGS

DVGW W121

## zu guter Letzt: ein paar Zahlen, Daten, Fakten

Kosten der MTES1:	rund 1.3 Mio € ( ca. 900 €/m)
Bohrdauer:	31.03. bis 27.07.2014
Sondenausbau:	bis 07.08.2014
Bohrgut (Abraum):	420 to; ca. 300 m <sup>3</sup>
Zementation:	41 m <sup>3</sup>



Vielen Dank für die Aufmerksamkeit.

Glück Auf