

## Geothermische Großanlagen aus Sicht der Fachbehörde



Ingo Schäfer  
Geologischer Dienst NRW

6. Willicher Praxistage, 26. Oktober 2020



### Aufgabe des Geologischen Dienstes NRW

Der GD NRW

- ist die geowissenschaftliche Fachbehörde des Landes
- erkundet den Untergrund, sammelt und archiviert Daten
- stellt Untergrunddaten für die Planung bereit
- wird durch UWB in wasserrechtlichen Verfahren beteiligt
- prüft Anträge auf Plausibilität bzgl. Untergrunderkenntnissen
- bewertet mögliche Auswirkungen von Projekten auf den Untergrund bzw. das Grundwasser
- gibt Empfehlungen z. B. für Nebenbestimmungen
- bringt sein Wissen in Gremien z. B. zur Qualitätssicherung ein

## Was sind große Anlagen?

### LANUV-Arbeitsblatt 39:

„Gemäß VDI-Richtlinie 4640 Blatt 2 ist für größere Anlagen (i. d. R. **Wärmepumpengesamtheizleistung > 30 kW**), Anlagen mit mehr als **2400** **projektierten Jahresarbeitsstunden** oder bei einer **größeren Zahl an Einzelanlagen**...“

„Bei größeren Anlagen (die über den **Bedarf eines Ein- oder Zweifamilienhauses** hinausgehen) oder in besonderen Fällen...“ (Brunnen)



## Was sind große Anlagen?

### VDI-Richtlinie 4640, Blatt 2 (2019):

#### Kleinstanlagen

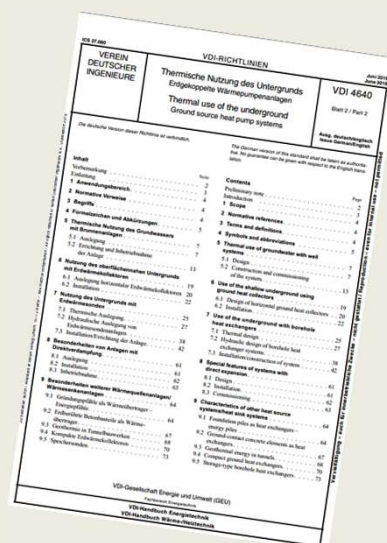
- bis 8 kW Wärmepumpen-Heizleistung
- max. 2 Sonden
- max. 100 m Tiefe

#### Kleinanlagen

- bis 30 kW Wärmepumpen-Heizleistung
- max. 2.400 h Jahresbetriebsstunden
- max. 5 Erdwärmesonden

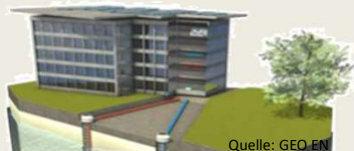
#### Größere Anlagen

- > 30 kW Wärmepumpen-Heizleistung
- > 2.400 Jahresbetriebsstunden
- > 5 Erdwärmesonden



## Was sind große Anlagen?

Verwaltungsgebäude, Schulen etc.



Quelle: GEO EN

Quartiere



Quelle: GEO EN

Neubaugebiete

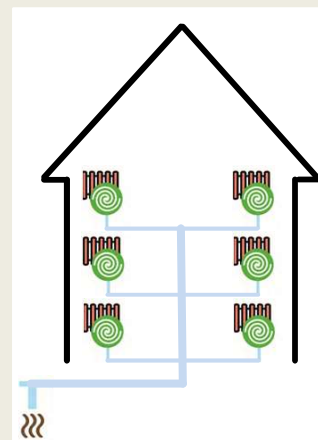
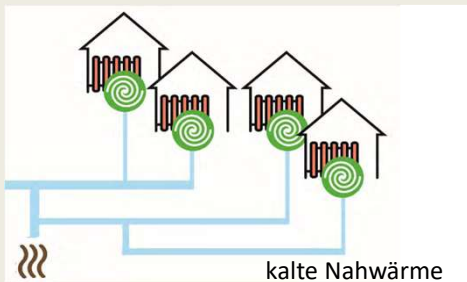
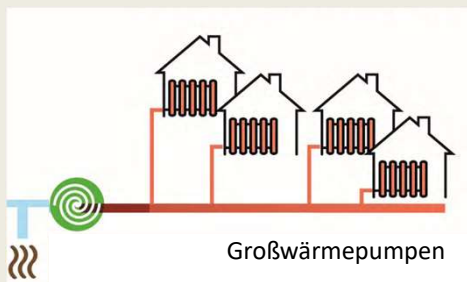


Quelle: Südkurier

Gewerbegebäude



Quelle: Report



### Planerseite:

- Grundstücksgröße, Gebäudegrundriss  
Nutzfläche
- Energiebedarf  
(Wärme, Kälte, Strom, Wärmequelle)
- genehmigungsrechtliche  
Rahmenbedingungen (WHG, BBergG)
- geografische Lage  
(hydro-)geologische Verhältnisse
- angestrebter Umweltstandard
- Budget, Finanzierung, Zeitplan

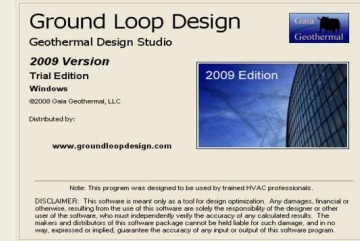
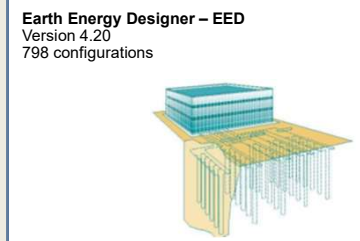
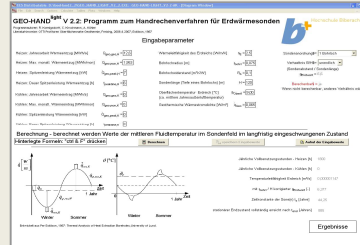


### Fokus GD NRW:

- (hydro-)geologische Standortverhältnisse
- Antragsdaten  
(Energiebedarf, Wärmequelle, Tiefe, Plausibilität)
- Auswirkungen auf das Grundwasser/Oberfläche  
(qualitativ, quantitativ)
- Auswirkung auf benachbarte Grundstücke
- Vorgaben des LANUV-Arbeitsblatts 39
- Thermal Response Test / Simulation
- Prüfung nach StandAG (> 100 m)

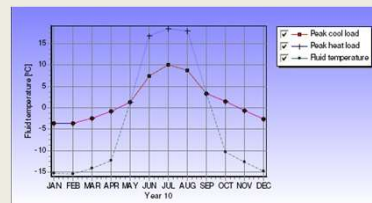


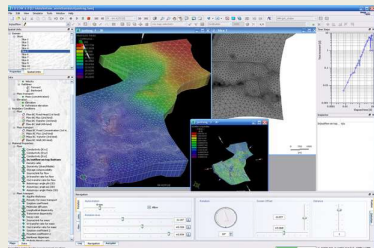
## Auslegung einer Erdwärmesondenanlage – Analytische Verfahren



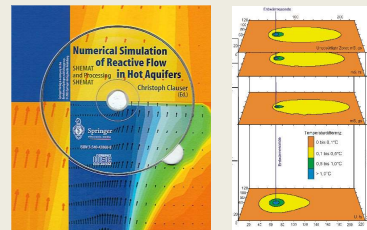
## Auslegung einer Erdwärmesondenanlage – Analytische Verfahren

- Bemessung von Erdwärmesonden bzw. Erdwärmesondenfelder
- Berücksichtigung der Wärmeleitfähigkeit (Einschichtverfahren)
- Berechnung der minimalen und maximalen Fluidtemperaturen in den Sonden im jahreszeitlichen Verlauf
- Rückschluss auf Temperatur im Ringraum (NRW:  $-3^{\circ}\text{C}$  EWS-Vorlauf)
- Berechnung der spez. Entzugsleistungen unter den vorgegebenen Randbedingungen

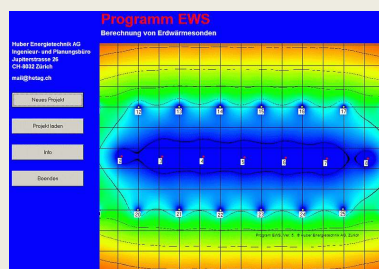




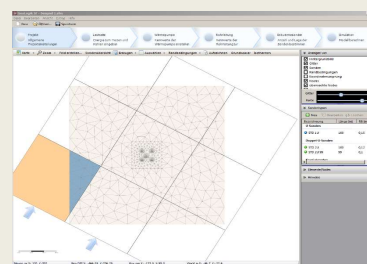
FeFlow



SHEMAT



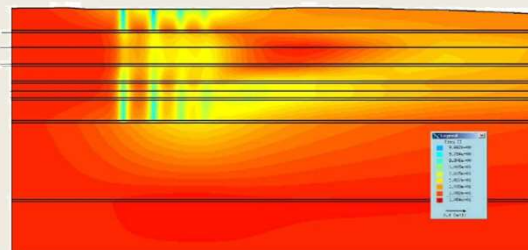
EWS Pro



GeoLogik SF

### Auslegung einer Erdwärmesondenanlage – Finite Elemente-Verfahren

- Bemessung von Erdwärmesonden bzw. Erdwärmesondenfelder
- Entwicklung des therm. Einflusses auf den Untergrund im Umfeld der EWS (benachbarte Grundstücke)
- Berücksichtigung der hydrogeologischen Verhältnisse (Mehrschichtverfahren)



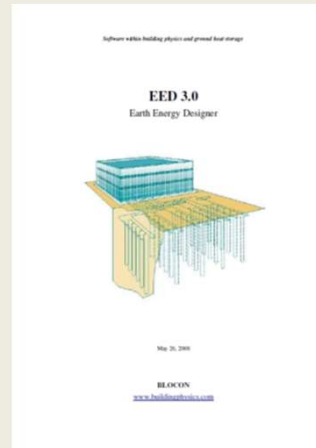
Die Software **Earth Energy Designer (EED)** ist die im deutschsprachigen Raum derzeit am häufigsten eingesetzte Software zur Bemessung von EWS-Anlagen / -feldern

**Entwickler**

- Dr. Thomas Blomberg,
- Prof. Johan Claesson,
- Dr. Per Eskilson,
- Prof. Göran Hellström,
- Dr. Burkhard Sanner

**Vertrieb / Version / Preis / Demo + Anleitung**

Fa. Blocon Sweden bzw. Fa. Blocon USA  
aktuelle Version: 4.20  
Einzelplatz-Lizenz: 2.090 €  
<http://www.buildingphysics.com>



**Heizungsanlage**

- Wärmebedarf und Arbeitszahl (= Entzugsbedarf)
- Grund- und Spitzenlast
- Betrachtungszeitraum
- Jahresbetriebsstundenzahl
- Betriebsvariante (Heizen / Kühlen)

**Untergrund**

- Oberflächentemperatur (Klima)
- thermische Eigenschaften des Untergrund
  - Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$
  - Wärmekapazität  $c$
- geothermischer Wärmestrom

**Bohrung und Erdwärmesonde**

- Erdwärmesonden, thermische Eigenschaften
- Sondenanordnung (Länge, Anzahl, Anordnung und Abstand der einzelnen Sondenrohre)
- Eigenschaften des Wärmeträgermittels
- Fließgeschwindigkeit des Wärmeträgermittels
- Eigenschaften der Bohrlochverfüllung

**Untergrundeigenschaften**

Wärmeleitfähigkeit: 2.300 W/(m·K)  
 Spez. Wärmekapazität (vol): 2.160 MJ/(m³·K)  
 Mittl. Temperatur a.d. Erdoberfläche: 11.000 °C  
 Geothermischer Wärmefluss: 0.00000 W/m²

**Bohrungen und Erdwärmesonden**

Erdwärmesonde: DoppelU  
 Sondenanzahl: 1  
 Tiefe: 170.0 m  
 Sondenabstand: 8.0 m  
 Bohrdurchmesser: 152.000 mm  
 Übergangswärml. Röhre/Verfüllung: 0.00000 m²·K/W  
 Wärmeleitfähigkeit der Verfüllung: 2.000 W/(m·K)  
 U-Rohr: Außendurchmesser: 32.000 mm, Wandstärke: 3.000 mm, Wärmeleitfähigkeit: 0.420 W/(m·K), U-Rohr-Mittenabstand: 74.000 mm

**Grundlast**

Gesamtlast (ohne WW): Jahresarbeit und monatliche Verteilung  
 Monatsliche Heiz- und Kühlarbeit

[MWh]	Heizen	Kühlen	Erdsseite
Gesamtlast	26.400	0.000	
JAZ	4.00	2.00	
Januar	0.195	0.000	3.000
Februar	0.146	0.000	2.200
März	0.125	0.000	2.475
April	0.099	0.000	1.900
Mai	0.064	0.000	1.250
Juni	0.000	0.000	0.000
Juli	0.000	0.000	0.000
August	0.000	0.000	0.000
September	0.061	0.000	1.200
Oktober	0.087	0.000	1.775
November	0.117	0.000	2.210
Dezember	0.144	0.000	2.900
Summe	1	0	19.8

Wärmeleistung (W/m²): Gesamtlast 0.000 JAZ 3.00

Wärmeleistung (W/m²): Wärmepumpe Erdsseite Gebäude  
 Heizen 26.40/4 (+ 26.40/4) = 26.4 (19.8)  
 W/m² Da/1/3 = 0/2/3 = 0 (0)  
 Kühlen Da/1/2 = 0/2/2 = 0 (0)

Wärmestrom (W/m²): Wärmepumpe Gebäude Erdsseite  
 Heizen 6.6 → = 26.4 Erdsseite 19.8  
 Kühlen Wärmepumpe Gebäude Erdsseite 0 → = 0 Erdsseite 0

Wärmeentzug aus dem Erdschicht 19.8/4/0/19.8

EED ermöglicht dem Nutzer die Prüfung, ob bei Zusammenspiel aller Komponenten und Randbedingungen die benötigten Energiemengen bei Einhaltung der gewünschten Temperaturgrenzen eingehalten werden.

Daten- und Ergebnistabelle der letzten Simulation (R...)

EED Version 3.13, www.buildingphysics.com, license zor  
 Eingabedatei:  
 Diese Ausgabedatei: Datum: 25.01.2009 Uhrzeit: 15:50:20

Anmerkungen zum Projekt  
 (1)

DATEN KURZFASSUNG

Knoten	-
Anzahl Bohrungen	2
Tiefe der Erdwärmesonde	81.74 m
Erdwärmesondenlänge gesamt	163.48 m

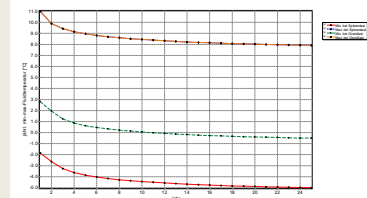
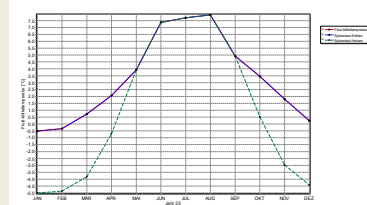
EINGABEDATEN (PLANUNG)

UNTERGRUND

Wärmeleitfähigkeit des Erdreichs	2.300 W/(m·K)
Spez. Wärmekapazität des Erdreichs	2.160 MJ/(m³·K)
Mittl. Temperatur d. Erdoberfläche	11.00 °C
Gebirgsleitender Wärme flux	0.0000 W/m²

BOHRUNG UND ERDWÄRMESONDE

Sondenanordnung	1 (*2 : 1 x 2, line*)
Tiefe der Erdwärmesonde	81.74 m
Abstand der Erdwärmesonden	8.00 m
Sondentyp	9098L-U
Bohrlochdurchmesser	152.00 mm
U-Rohr, Außendurchmesser	32.000 mm
U-Rohr, Wandstärke	3.000 mm
U-Rohr, Wärmeleitfähigkeit	0.400 W/(m·K)
U-Rohr, Mittenabstand d. U-Schenkel	74.000 mm
Wärmeleitfähigkeit der Verfüllung	2.000 W/(m·K)



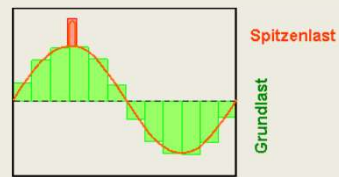
**- Grund- und Spitzenlast -**

**Grundlast**

Vorgabe des mtl. Wärmebedarfs. Keine Vorgabe von Leistung oder Laufzeiten!

**Spitzenlast**

Vorgabe von Leistung und Laufzeiten!



Grundlast

Grundlast (ohne WW):  
 Jahresarbeit und monatliche Verteilung  
 Monatliche Heiz- und Kühlarbeit

[MWh]	Heizen	Kühlen	Erdseite
Gesamt	17,632	0,000	Aktuelle Bilanz
JAZ	4,00	3,00	
	<input type="checkbox"/> Direkt	<input type="checkbox"/> Direkt	
Januar	0,195	0,000	2,050
Februar	0,138	0,000	1,825
März	0,121	0,000	1,800
April	0,103	0,000	1,352
Mai	0,063	0,000	0,972
Juni	0,000	0,000	0,000
Juli	0,000	0,000	0,000
August	0,000	0,000	0,000
September	0,063	0,000	0,972
Oktober	0,086	0,000	1,137
November	0,121	0,000	1,800
Dezember	0,138	0,000	1,825
Summe:			

Spitzenlast

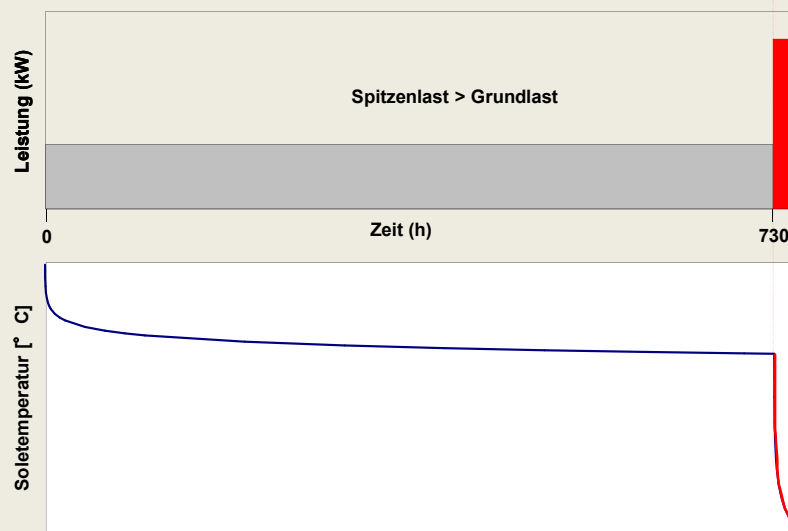
	Heizspitzen		Kühlspitzen	
	Leistung [kW]	Dauer [h]	Leistung [kW]	Dauer [h]
Januar	10,000	8,000	0,000	0,000
Februar	10,000	8,000	0,000	0,000
März	10,000	0,000	0,000	0,000
April	10,000	0,000	0,000	0,000
Mai	10,000	0,000	0,000	0,000
Juni	10,000	0,000	0,000	0,000
Juli	10,000	0,000	0,000	0,000
August	10,000	0,000	0,000	0,000
September	10,000	0,000	0,000	0,000
Oktober	10,000	0,000	0,000	0,000
November	10,000	0,000	0,000	0,000
Dezember	10,000	0,000	0,000	0,000

Graphik    Übernehmen

### Grund- und Spitzenlast: Modellannahme und „Realität“



### Grund- und Spitzenlast: Modellannahme und „Realität“



## Nachvollziehbarkeit/Plausibilität

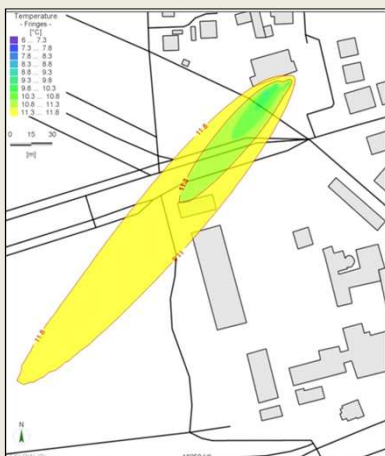
- die Berechnungen sind Teil des Antrages. Die Ergebnisse müssen nachvollziehbar und anhand der dokumentierten Eingabeparameter reproduzierbar sein (\*.txt, Screenshot)
- die in der Berechnung verwendeten Parameter (Sondenabstand, Bohrdurchmesser, Sondenanzahl etc.) müssen mit den Antragsdaten übereinstimmen
- Modellrechnungen gehen über den gesamten Betrachtungszeitraum (25 – 50 Jahre) von gleichbleibenden Nutzerverhalten aus

## typische Empfehlungen

- Auslegung der Anlage nicht nachvollziehbar oder passt nicht zum Antrag → Nachforderung eine plausiblen Berechnung
- Betrachtung der Spitzenlast fehlt → Nachforderung einer Spitzenlastberechnung
- minimale Temperatur erreicht genau die Grenztemperatur + einzelne Randparameter sind für den Best Case ausgelegt (Wlf, Dauer der Spitzenlast, Untergrundtemperatur) → Temperatursensor am Ausgang Wärmepumpe
- Minimale Temperatur unterhalb der Grenztemperatur → Anpassung der Anlagenauslegung an wasserrechtliche Vorgaben
- Signifikante Grundwasserströmung + Nutzer in Nachbarschaft → Forderung einer Finte-Elemente-Simulation oder Temperaturmonitoring im An- und Abstrom

### Best Practice (aus Sicht des GD NRW)

- frühzeitige Kontaktaufnahme seitens des Planers mit der UWB, um im Vorfeld die rechtlichen Rahmenbedingungen/Anforderungen für die Planung abzuklären (UWB/Planer/Auftraggeber/GD NRW)
- frühzeitige Abfrage der verfügbaren geologischen Daten sowie Gefährdungsbeurteilung seitens des Planers
- bei Durchführung eines Thermal Response Test die wasserrechtliche Erlaubnis auf die erste Bohrung beschränken
- Anzeige- und Dokumentationspflicht gemäß GeolDG in Nebenbestimmung aufnehmen



Vielen Dank für  
Ihre Aufmerksamkeit.

