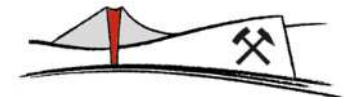




---

# DIE ROLLE DES BODENS BEI DER NUTZUNG OBERFLÄCHENNAHER ERDWÄRME

ULRICH DEHNER





# ERDKOLLEKTORTYPEN EINZELFALL – GROßTECHNISCHE LÖSUNG



Erdkolektor Einfamilienhaus (DWWP GmbH)

Grabenkolektor

Energiekörbe, Fa. Betatherm



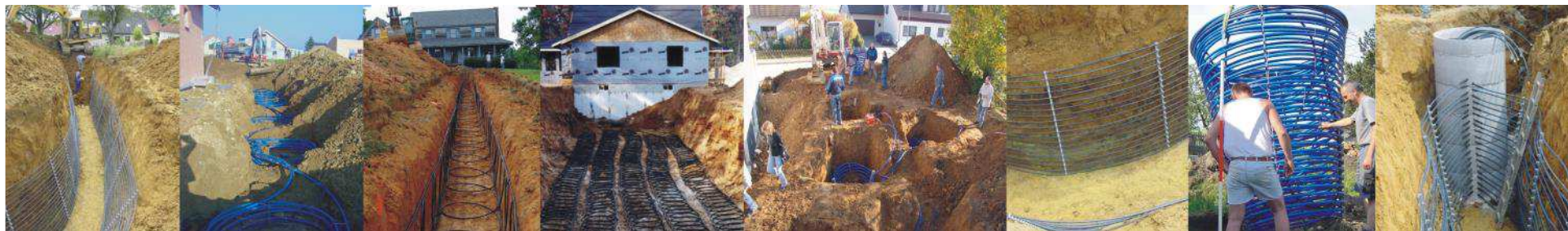
Slinky Loops

Ground loops

Grabenkollektoren

Erdkolektor im Löss

Grabenkolektor



Grabenkolektor

Energiekörbe

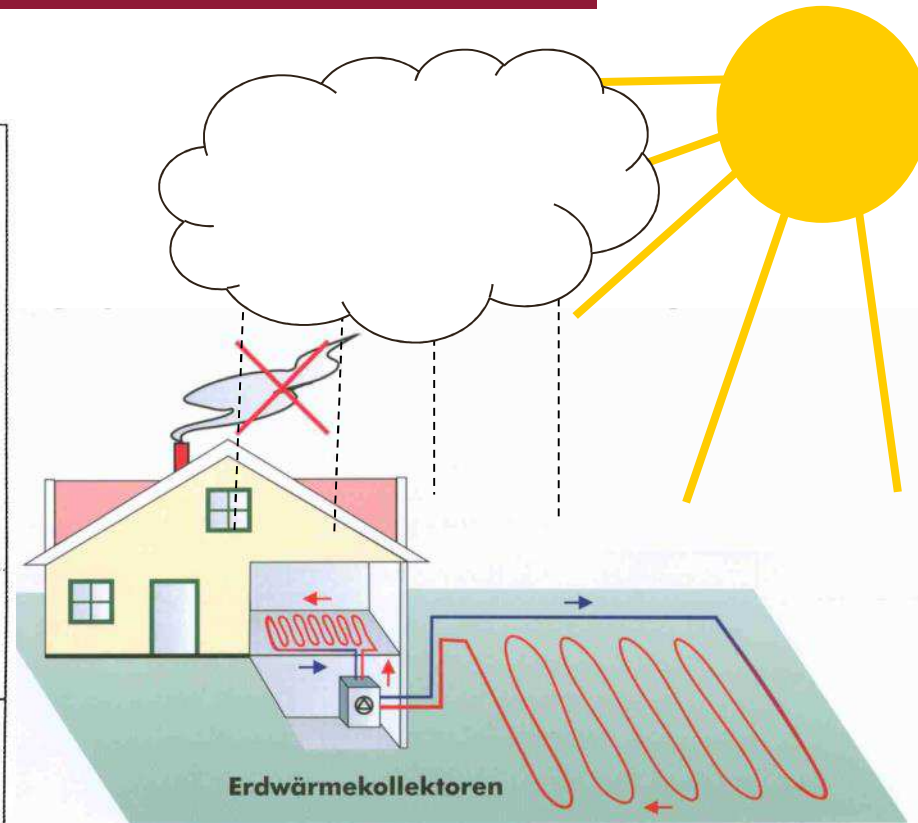
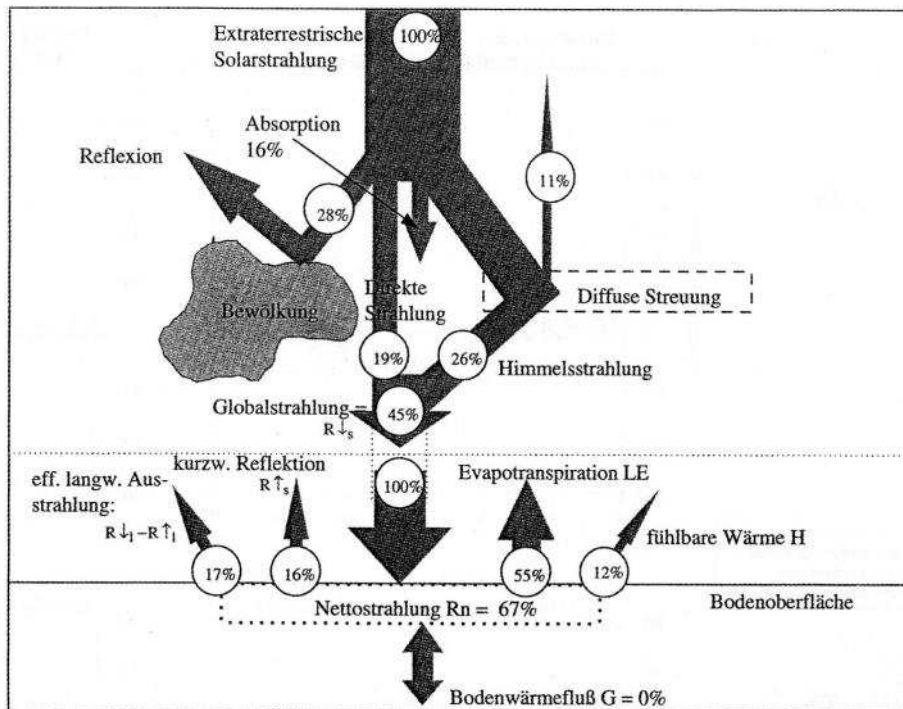
Graben mit „Slinkies“

Energiekörbe Fa. Betatherm

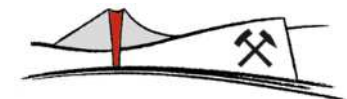
Grabenkolektor



# ENERGIEHAUSHALT ERDOBERFLÄCHE



Strahlungsbilanz an der Erdoberfläche (Bachmann 1997)

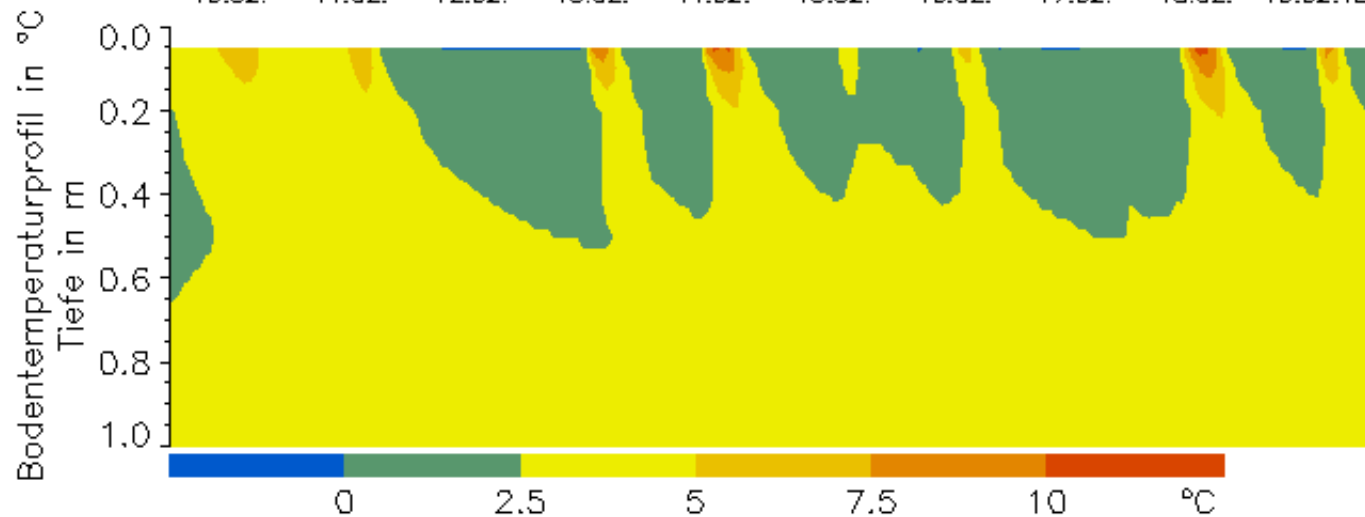
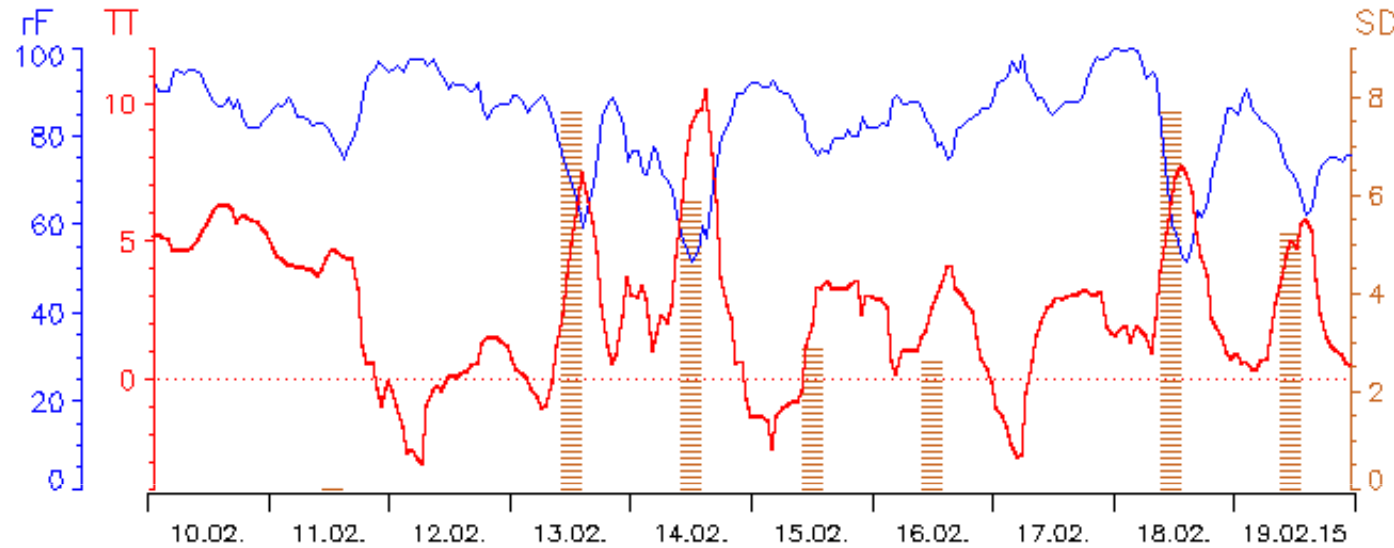




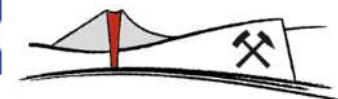


Hannover-Flughafen (55 m)

— rel. Feuchte in % (rF) — Lufttemperatur in °C (TT) ☐ Sonnenscheindauer in Std. (SD)



Deutscher Wetterdienst (erstellt 20.2.2015 8:16 UTC)  
Kontakt: Landwirtschaft@dwd.de







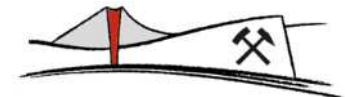
# PARAMETER

---

**spezifische Wärmekapazität**  $C$  [ $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \text{K}^{-1}$ ]  $C_v$  [ $\text{J m}^{-3} \text{K}^{-1}$ ]

**thermische Leitfähigkeit – Wärmeleitfähigkeit**  $\lambda$  [ $\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$ ]

**thermische Diffusivität – Temperaturleitfähigkeit**  $\alpha = \lambda/C_v$  [ $\text{m}^2 \text{s}^{-1}$ ]



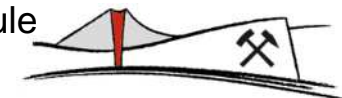


# THERMISCHE EIGENSCHAFTEN WICHTIGER BODENBESTANDTEILE

|                      | Wärmekapazität<br>$\text{MJ m}^{-3} \text{K}^{-1}$ | Wärmeleitfähigkeit<br>$\text{W m}^{-1}\text{K}^{-1}$ |
|----------------------|--|--|
| <b>Quarz</b>         | 2,12   | 8,80   |
| <b>Tonminerale</b>   | 2,01   | 2,92   |
| <b>org. Substanz</b> | 2,51   | 0,25   |
| <b>Wasser</b>        | <b>4,19</b>  | <b>0,57</b>  |
| <b>Eis</b>           | <b>1,88</b>  | <b>2,18</b>  |
| <b>Luft</b>          | 0,00126  | 0,025  |

(Quelle: De Vries 1975, Bachmann 2005)

MJ = 1 Mio. Joule

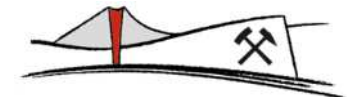




# KONSEQUENZEN

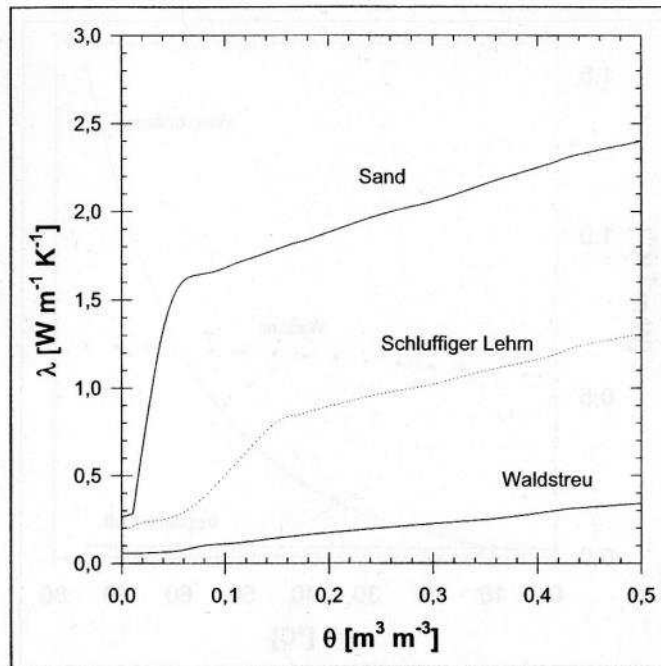
---

- Trockene Böden haben geringere Wärmekapazitäten und geringere Wärmeleitfähigkeiten als feuchte
- Sandige Böden haben auf Grund des höheren Quarzgehaltes höhere Wärmeleitfähigkeiten als tonige und organische Böden
- Mit zunehmenden Wassergehalten steigen Wärmekapazität und Wärmeleitfähigkeit
- Beim Phasenübergang von Wasser ändern sich seine thermischen Eigenschaften
- **Textur, Dichte und Porenvolumen steuern den Wasserhaushalt und somit die thermischen Eigenschaften des Bodens**

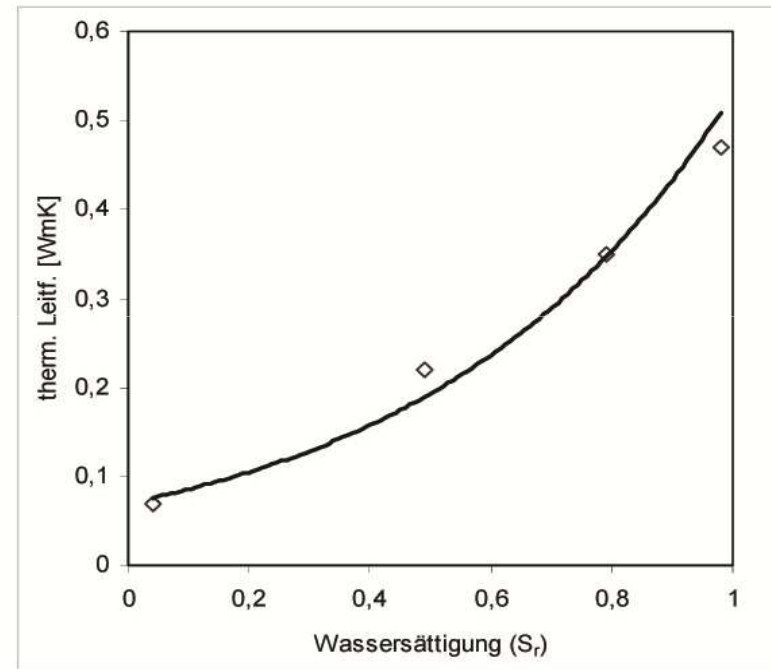




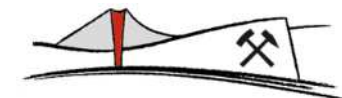
# LEITFÄHIGKEITSFUNKTIONEN IN ABHÄNGIGKEIT VOM WASSERGEHALT



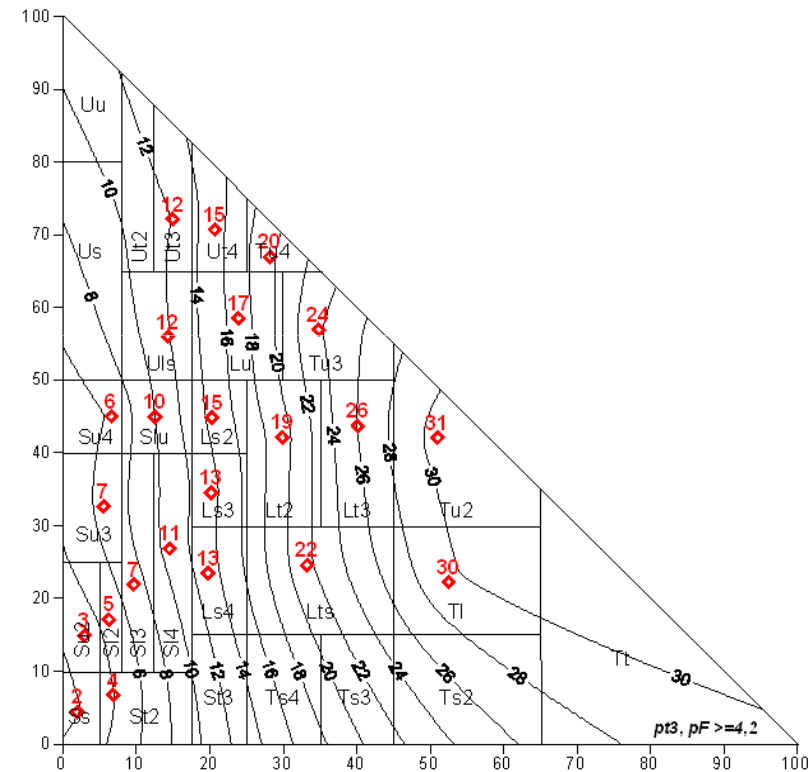
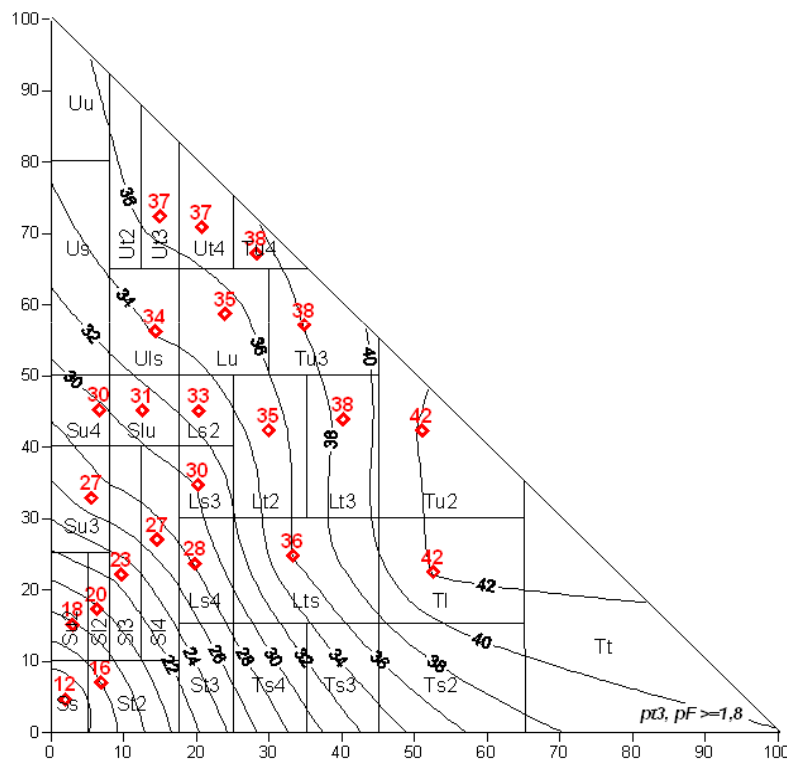
**Thermische Leitfähigkeit für Sand, schluffigen Lehm und organisches Auflagematerial in Abhängigkeit vom volumetrischen Wassergehalt (Quelle: Bachmann 2005)**



**Thermische Leitfähigkeit von Torf in Abhängigkeit vom volumetrischen Wassergehalt nach Daten von Coté & Conrad 2006 (Quelle: Dehner, Müller, Schneider 2007)**

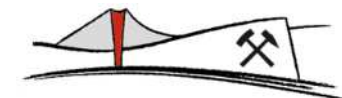


# WASSERGEHALTE VON BÖDEN UNTERSCHIEDLICHER TEXTUR



Wassergehalte bei pF 1,8 und pF 4,2 (Angaben in Vol.-%)  
Trockenrohdichte 1,5 g/cm<sup>3</sup>, Gesamtporenvolumen ~ 44 %

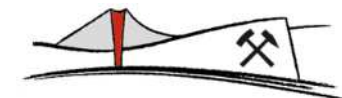
Quelle: [http://www.lgb-rlp.de/bodenphysikalische\\_kennwerte.html](http://www.lgb-rlp.de/bodenphysikalische_kennwerte.html)



# MODELLE ZUR SIMULATION DER THERMISCHEN LEITFÄHIGKEIT



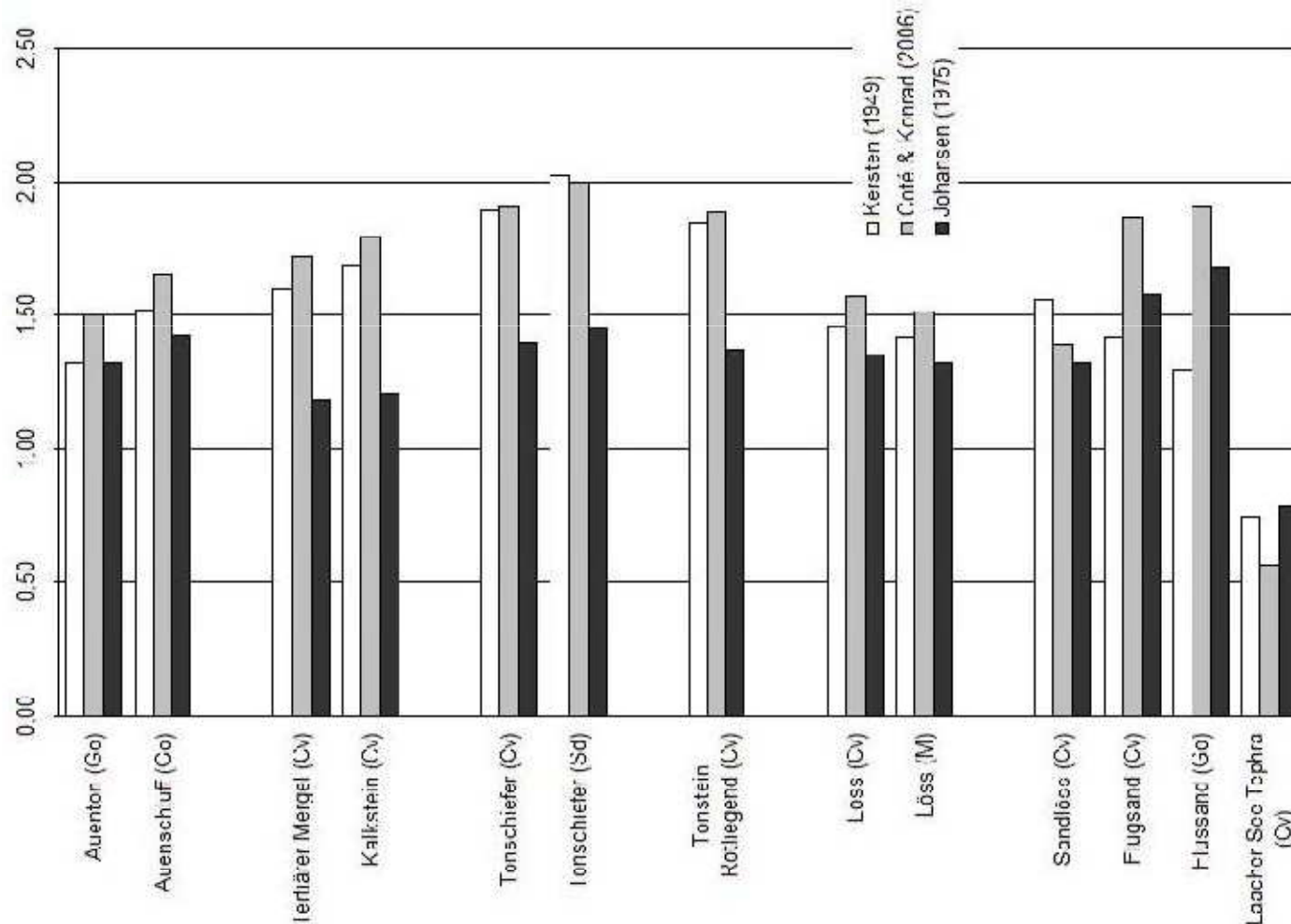
| Modelle   | Parameterbedarf  | Datenverfügbarkeit  | Statistischer Fehler | Temperaturbereich                      |
|---|--|---|----------------------|--|
| DE VRIES (1963)   | Wassergehalt, Anteile und Leitfähigkeiten der wesentlichen Bodenbestandteile (Humus, Quarz, Tonminerale), Kornform | Einzelparameter sind mit Ausnahme des Humusgehaltes i. d. R. nicht in Bodendatenbanken verfügbar              | 10 %                 | k. A.                                  |
| JOHANSEN (1975), CÔTÉ & KONRAD (2005), LU et al. (2007) | Porosität, Trockenrohdichte, Sättigungsgrad, Quarzgehalt, Leitfähigkeit der Festsubstanz                           | Porosität und Trockenrohdichte aus Bodendaten ableitbar, nicht jedoch Quarzgehalt                             | k. A.                | k. A.                                  |
| KERSTEN (1949)  | Wassergehalt, Dichte, Korngröße  | Dichte und Korngröße über Bodendatenbanken verfügbar, Wassergehalt kann korngößenspezifisch abgeleitet werden | 25 %                 | gefrorene und ungefrorene Verhältnisse |



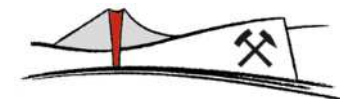




# THERMISCHE LEITFÄHIGKEIT VON BÖDEN (WASSERGEHALT BEI FELDKAPAZITÄT, BERECHNET NACH VERSCH. AUTOREN)

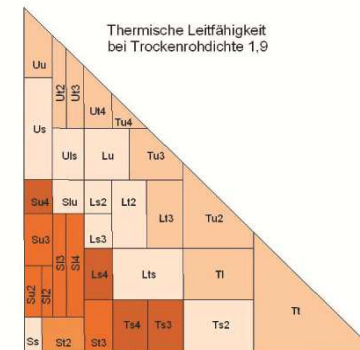
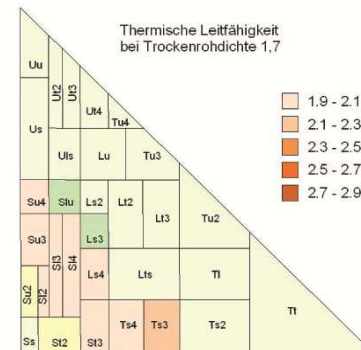
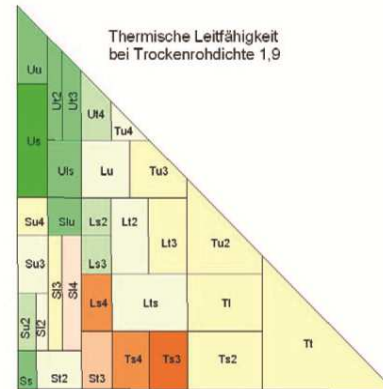
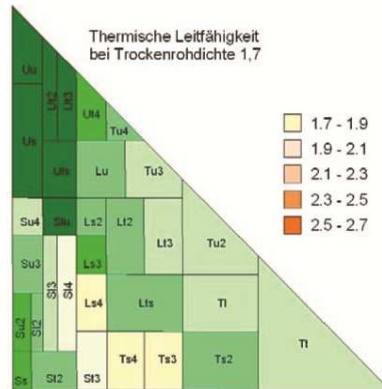
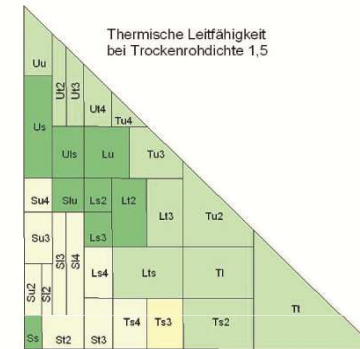
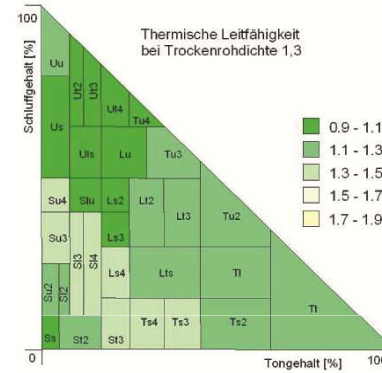
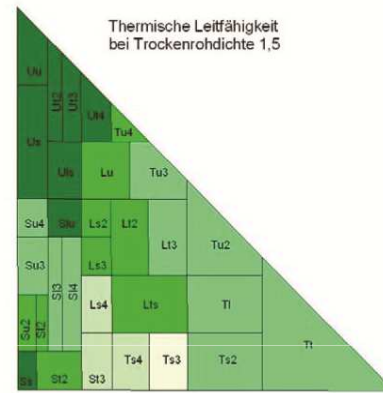
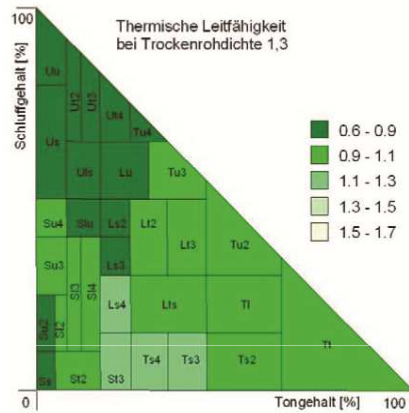


Angaben in  $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$  (Quelle: Dehner 2007)



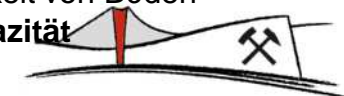


# THERMISCHE LEITFÄHIGKEIT VON BÖDEN IM KORNGRÖSSENDIAGRAMM



Ableitung der Thermischen Leitfähigkeit von Böden (Angaben in  $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ ) **am permanenten Welkepunkt**

Ableitung der Thermischen Leitfähigkeit von Böden (Angaben in  $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ ) bei **Feldkapazität**

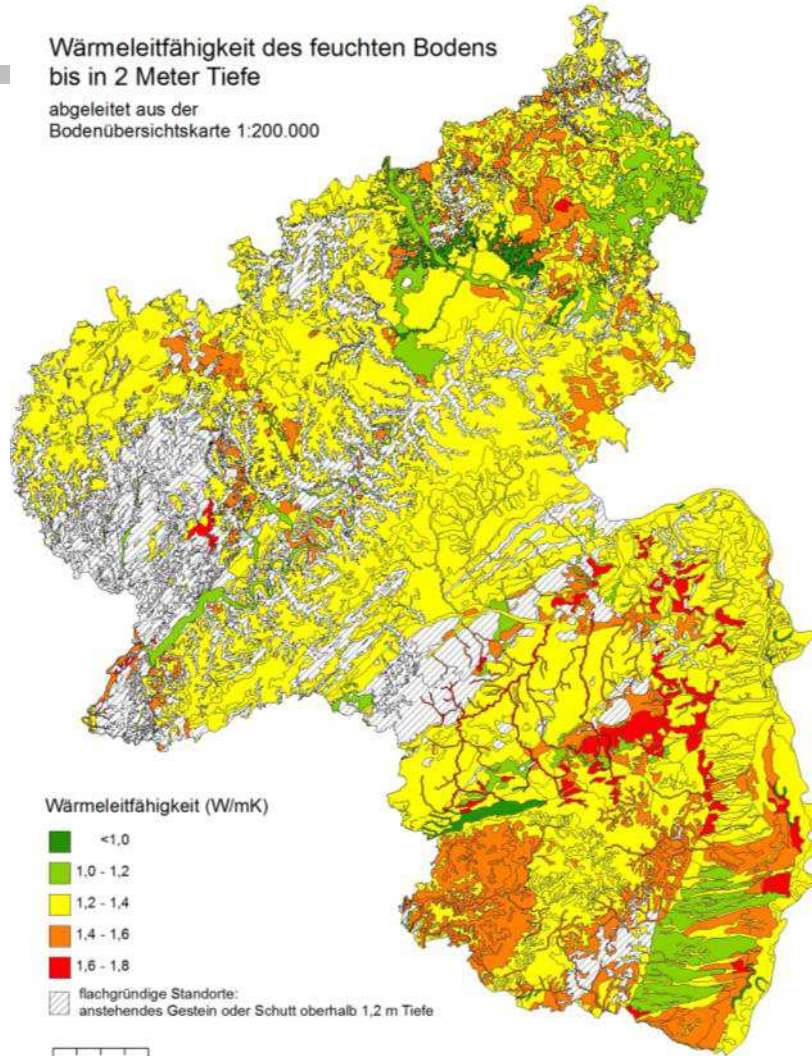




# KARTOGRAPHISCHE BEISPIELE

Wärmeleitfähigkeit des feuchten Bodens  
bis in 2 Meter Tiefe

abgeleitet aus der  
Bodenübersichtskarte 1:200.000



Wärmeleitfähigkeit (W/mK)

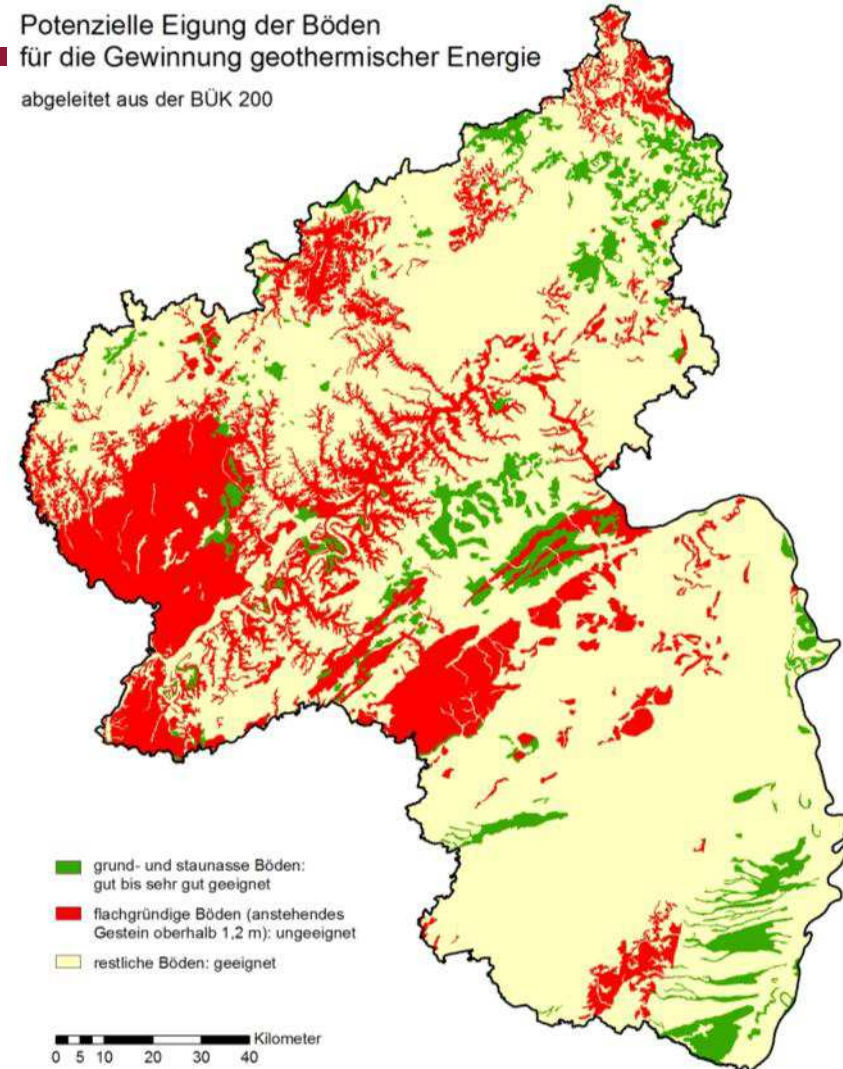
- <1,0
- 1,0 - 1,2
- 1,2 - 1,4
- 1,4 - 1,6
- 1,6 - 1,8

flachgründige Standorte:  
anstehendes Gestein oder Schutt oberhalb 1,2 m Tiefe

0 10 20 Kilometer

Potenzielle Eignung der Böden  
für die Gewinnung geothermischer Energie

abgeleitet aus der BÜK 200

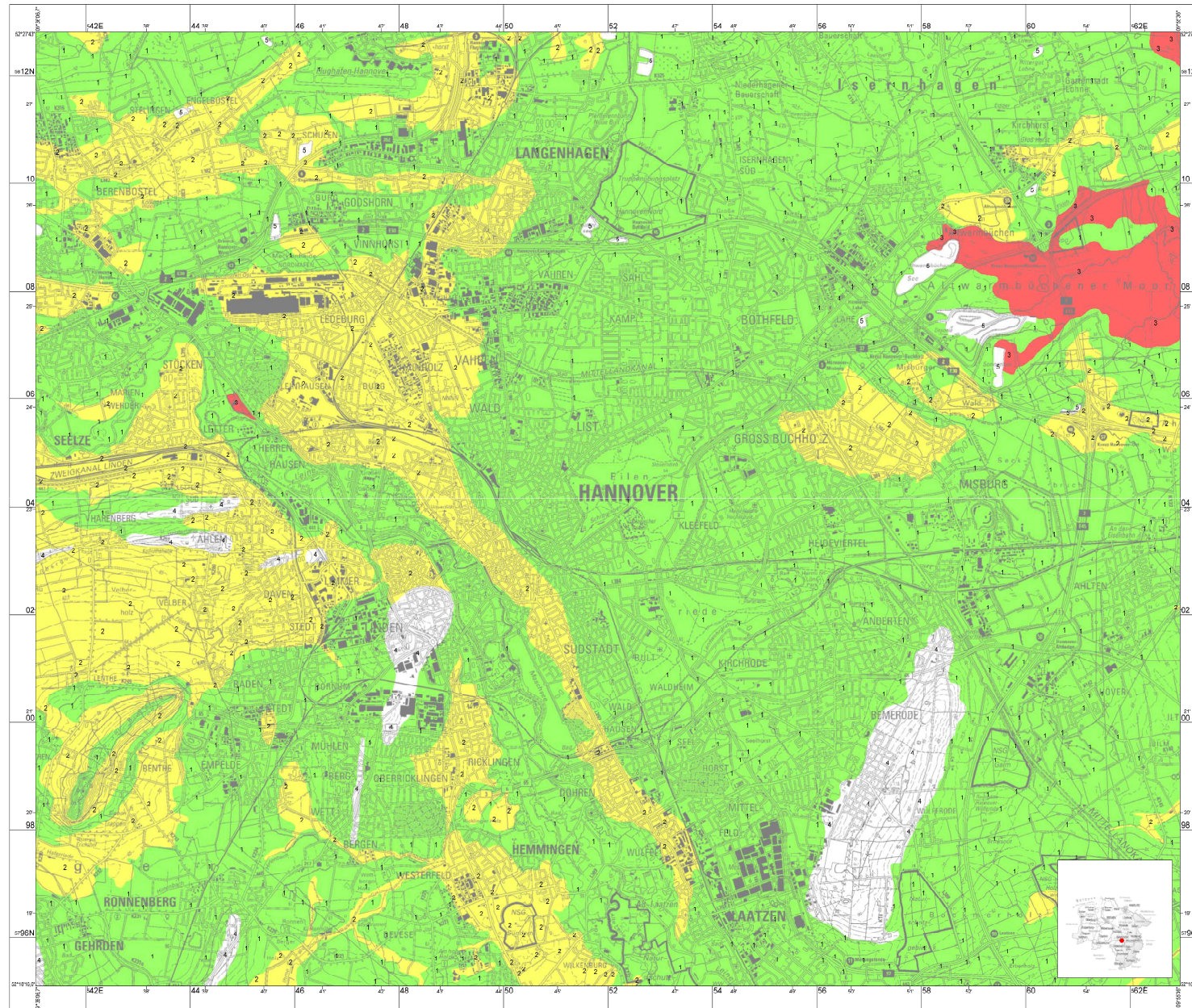


- grund- und staunasse Böden:  
gut bis sehr gut geeignet
- flachgründige Böden (anstehendes  
Gestein oberhalb 1,2 m): ungeeignet
- restliche Böden: geeignet

0 5 10 20 30 40 Kilometer



**Geothermie**  
Potenzielle Standorteignung



**Legende**

Potenzielle Standorteignung für Erdwärmekollektoren für Einbautiefe 1,2 - 1,5m

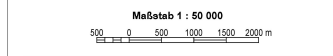
- 1 gut geeignet - Wärmeentzugleistung: >30 W/m²
- 2 geeignet - Wärmeentzugleistung: 20-30 W/m²
- 3 wenig geeignet - Wärmeentzugleistung: <20 W/m²
- 4 nicht geeignet (Fals Bodenklasse 7 n. DIN 18300)
- 5 keine Zuordnung möglich

**Thematische Grundlage**

**Topographische Grundlage**

Quelle: Auszug aus den Geobasisdaten der Niedersächsischen Vermessungs- und Katasterverwaltung, 2011, Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung Niedersachsen (LGLN).

**Abgabe vom:** 21.01.2015



|   |  |
|---|--|
| <b>L&amp;EG</b><br>Landesamt für<br>Bergbau, Energie<br>und Geologie<br><br>Geozentrum Hannover<br>Dillweg 2, 30555 Hannover<br>www.lbeg.niedersachsen.de | Abteilung XXXXXXXXXXXX   |
|   | Referat XXXXXXXXXXXXXXXX   |
|   | Ansprechpartner: XXXXXXXXXXXXXXXX  |
|   | Fön: +49(0)511843-3333<br>Fax: +49(0)5118435-3333<br>XXXXXXXXXXXX@beg.niedersachsen.de |

Das L&EG führt die NBS-Daten mit der Erfüllung seiner öffentlichen Aufgaben erforderlichen Sorgfalt. Es übernimmt jedoch keine Gewähr für Richtigkeit und Vollständigkeit dieser Daten. Eine Vervielfältigung dieses Ausdrucks ist nur mit Erlaubnis des L&EG gestattet. Als Vervielfältigung gelten z.B. Fotokopie, Mikroverfilmung, Ligaturierung, Scannen sowie Speicherung auf Datenträgern.



# MESSUNG THERMISCHER PARAMETER VOR ORT



Rheinland-Pfalz

LANDESAMT FÜR GEOLOGIE  
UND BERGBAU



# ZUSAMMENFASSUNG

- Erdkollektoren nutzen die im Boden gespeicherte solare und atmosphärische Energie.
- Voraussetzung für diese Art der Energiegewinnung ist ein Eingriff in den oberflächennahen Untergrund.
- Um die Bodenfunktionen zu erhalten müssen beim Einbau der Kollektoren zu starke Verdichtungen vermieden werden.
- Mächtigkeit, Textur (Feinboden, Grobboden), Trockenrohdichte und Wassergehalt bestimmen die Eignung von Böden für eine thermische Nutzung. Die genannten Parameter sind mit einfachen Feldmethoden bestimmbar.
- Die thermischen Eigenschaften von Böden können über Modelle beschrieben werden.
- Vorort Messungen sind mit einfachen Feldgeräten möglich.
- Auf der Basis von Bodenkarten können verschiedene Planungsgrundlagen bereitgestellt werden.



Erstellung von  
Planungsgrundlagen  
für die Nutzung  
von Erdwärmekollektoren





---

VIELEN DANK FÜR IHRE  
AUFMERKSAMKEIT

Landesamt für Geologie und Bergbau  
Rheinland-Pfalz  
Emy-Roeder-Str. 5  
55129 Mainz

