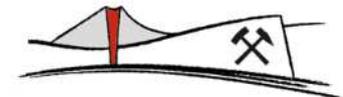




DIE ROLLE DES BODENS BEI DER NUTZUNG OBERFLÄCHENNAHER ERDWÄRME

ULRICH DEHNER





ERDKOLLEKTORTYPEN EINZELFALL – GROßTECHNISCHE LÖSUNG



Erdkolektor Einfamilienhaus (DWWP GmbH)

Grabenkolektor

Energiekörbe, Fa. Betatherm



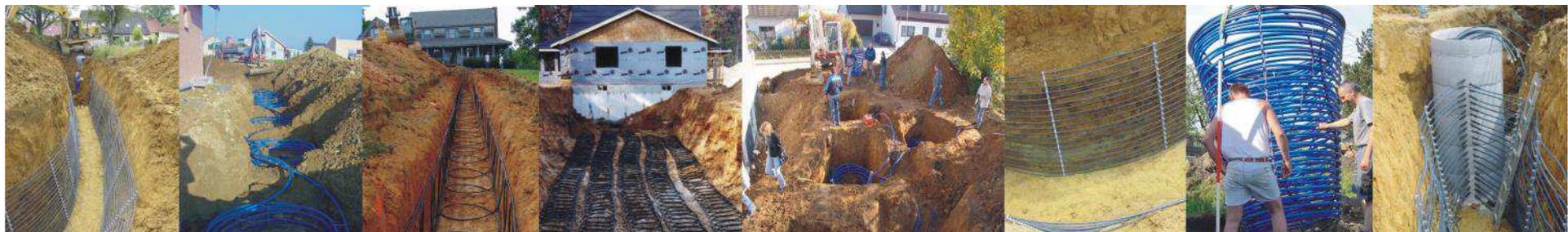
Slinky Loops

Ground loops

Grabenkollektoren

Erdkolektor im Löss

Grabenkolektor



Grabenkolektor

Energiekörbe

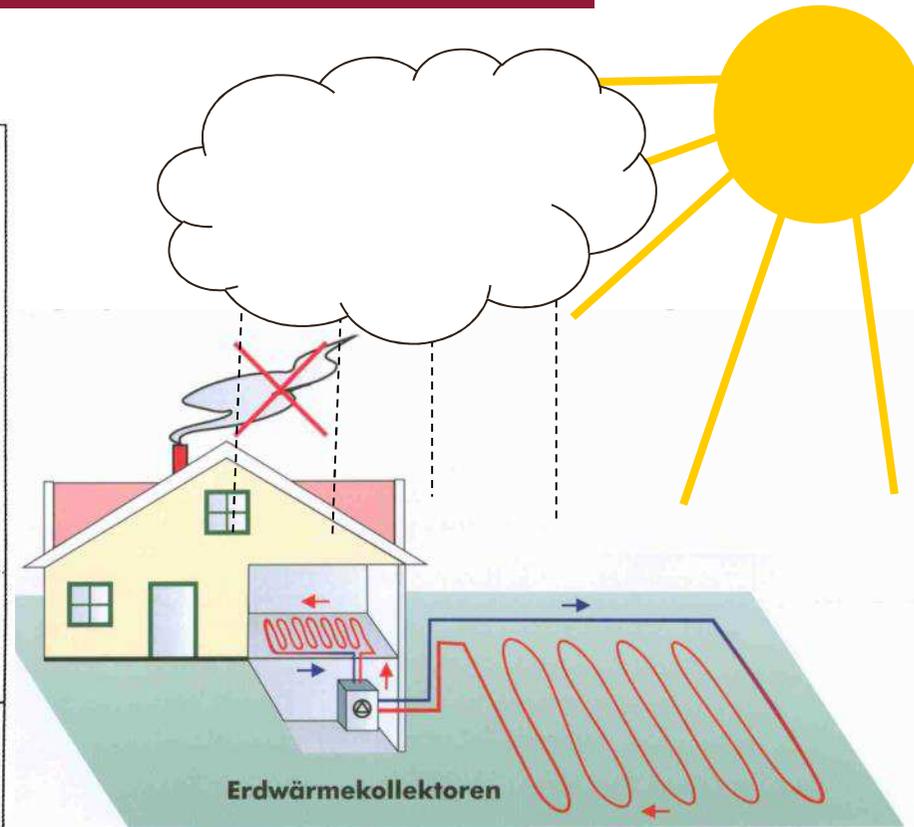
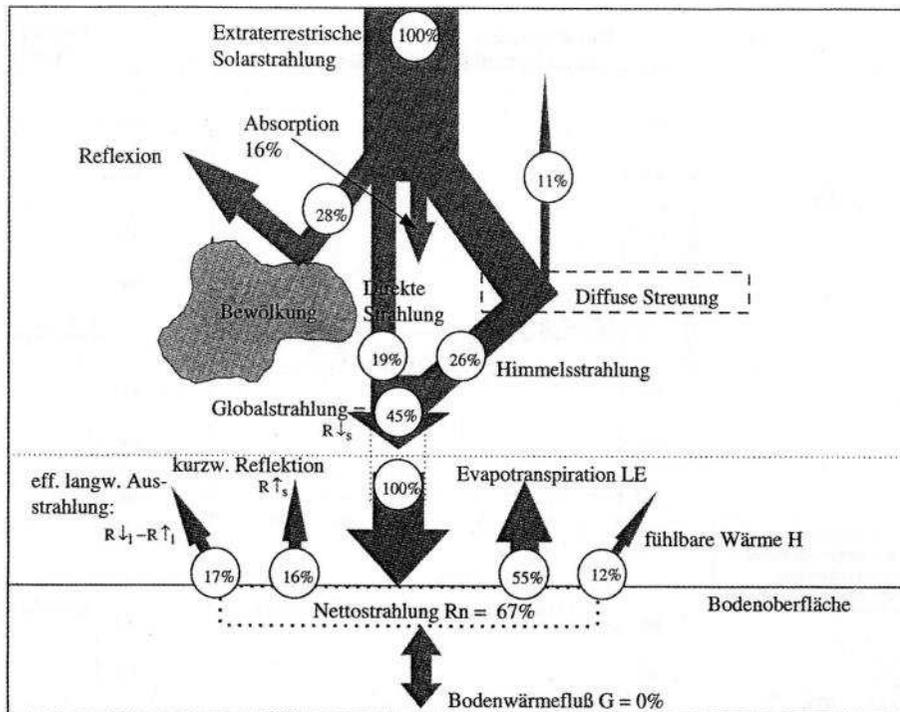
Graben mit „Slinkies“

Energiekörbe Fa. Betatherm

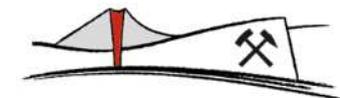
Grabenkolektor



ENERGIEHAUSHALT ERDOBERFLÄCHE



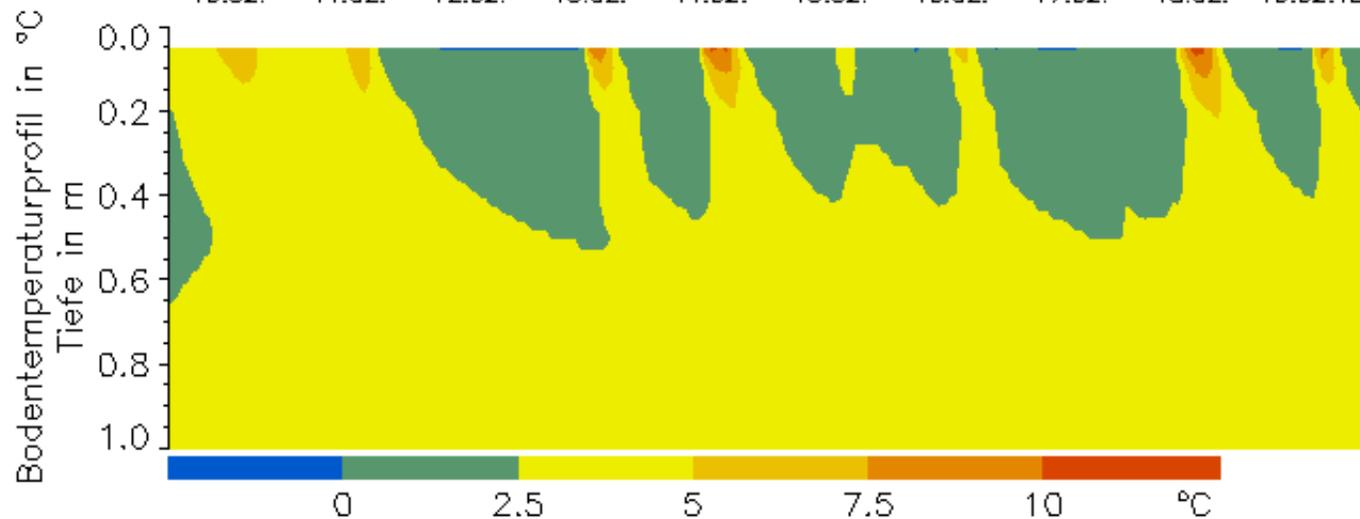
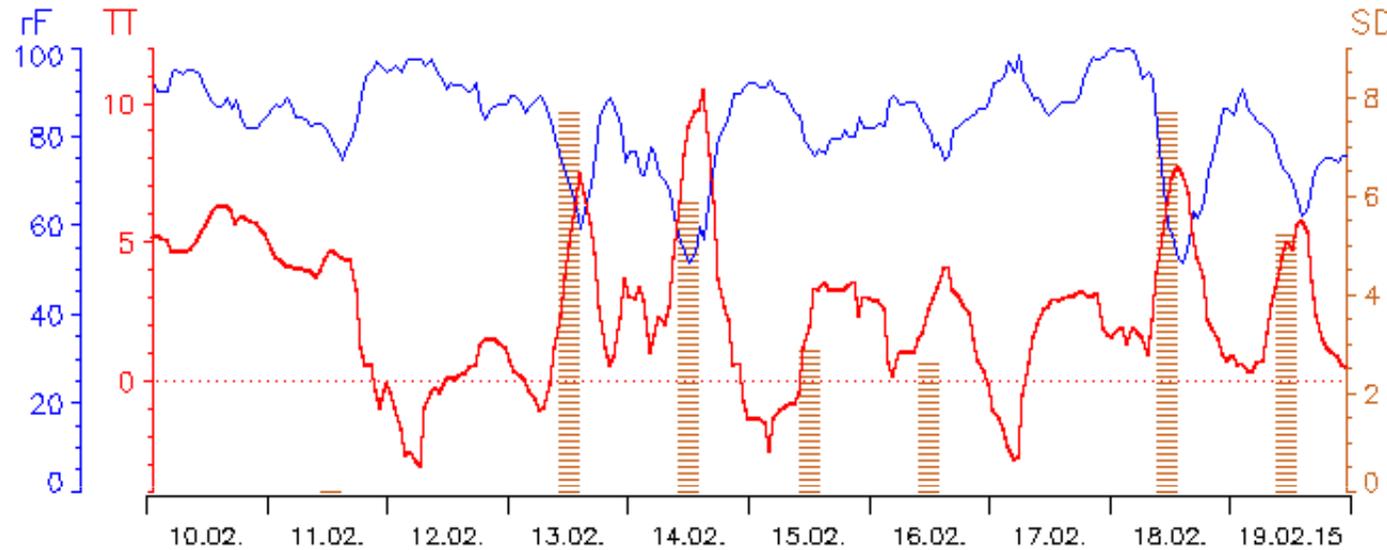
Strahlungsbilanz an der Erdoberfläche (Bachmann 1997)



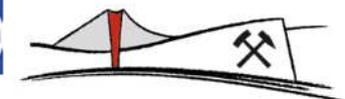


Hannover-Flughafen (55 m)

— 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



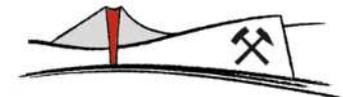


PARAMETER

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

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

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



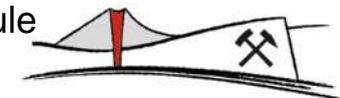


THERMISCHE EIGENSCHAFTEN WICHTIGER BODENBESTANDTEILE

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

(Quelle: De Vries 1975, Bachmann 2005)

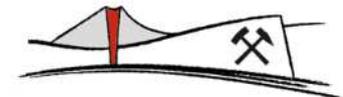
MJ = 1 Mio. Joule



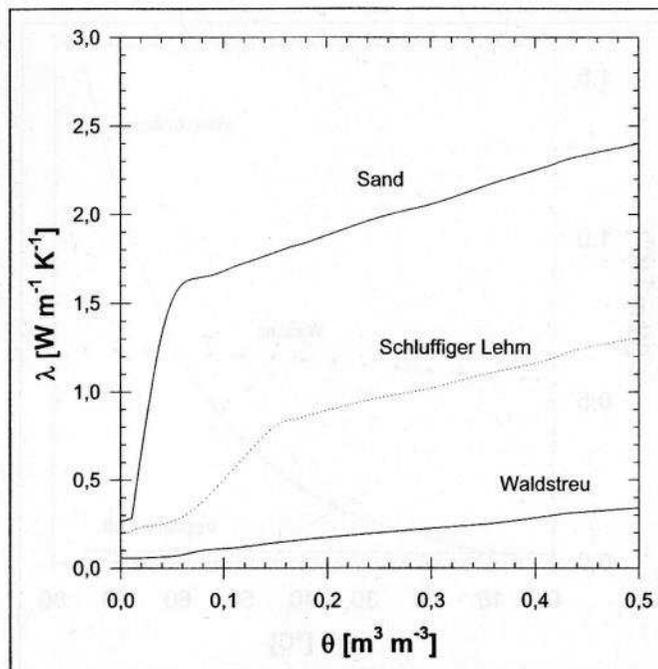


KONSEQUENZEN

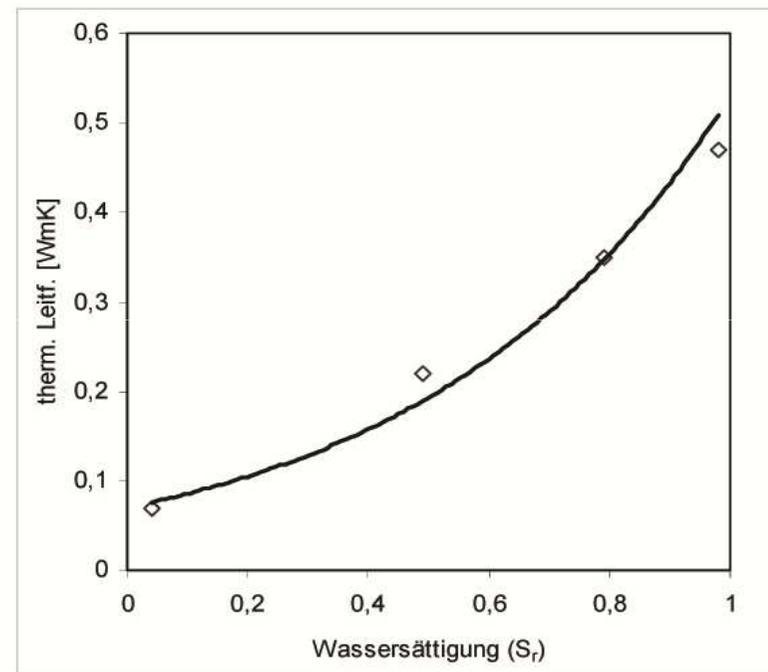
- Trockene Böden haben geringere Wärmekapazitäten und geringere Wärmeleitfähigkeiten als feuchte
- Sandige Böden haben auf Grund des höheren Quarzgehaltes höhere Wärmeleitfähigkeiten als tonige und organische Böden
- Mit zunehmenden Wassergehalten steigen Wärmekapazität und Wärmeleitfähigkeit
- Beim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



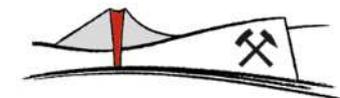
LEITFÄHIGKEITSFUNKTIONEN IN ABHÄNGIGKEIT VOM WASSERGEHALT



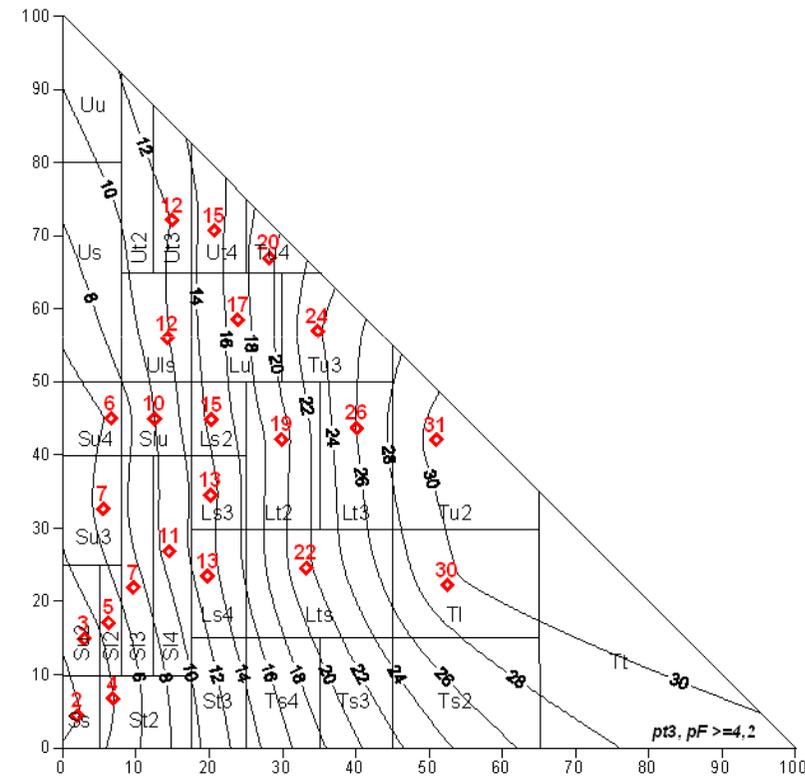
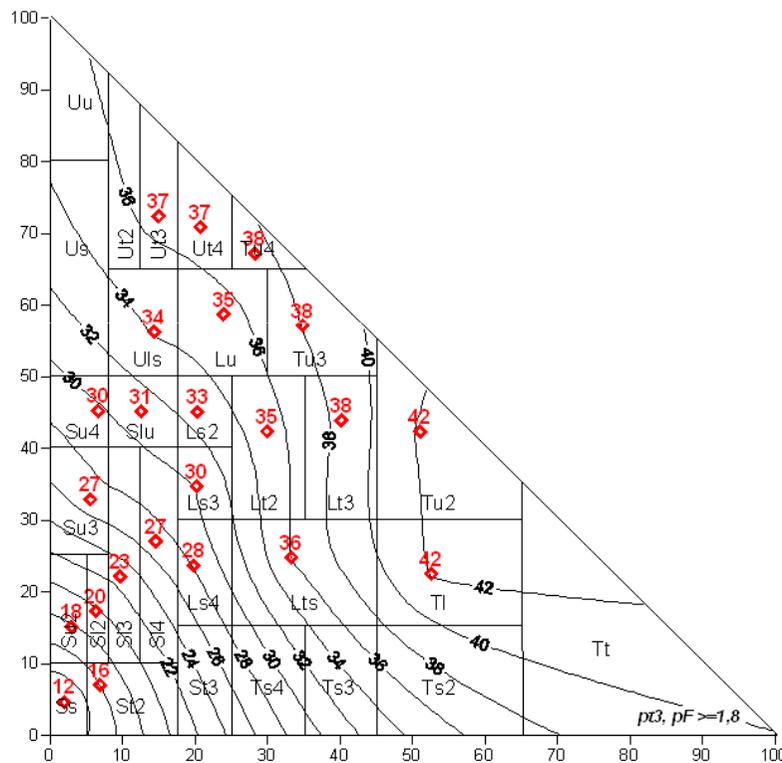
Thermische Leitfähigkeit für Sand, schluffigen Lehm und organisches Auflagematerial in Abhängigkeit vom volumetrischen Wassergehalt (Quelle: Bachmann 2005)



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

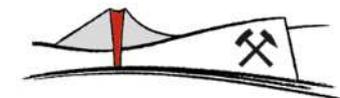


WASSERGEHALTE VON BÖDEN UNTERSCHIEDLICHER TEXTUR



Wassergehalte bei pF 1,8 und pF 4,2 (Angaben in Vol.-%)
Trockenrohdichte 1,5 g/cm³, Gesamtporenvolumen ~ 44 %

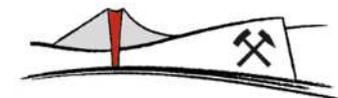
Quelle: http://www.lgb-rlp.de/bodenphysikalische_kennwerte.html



MODELLE ZUR SIMULATION DER THERMISCHEN LEITFÄHIGKEIT

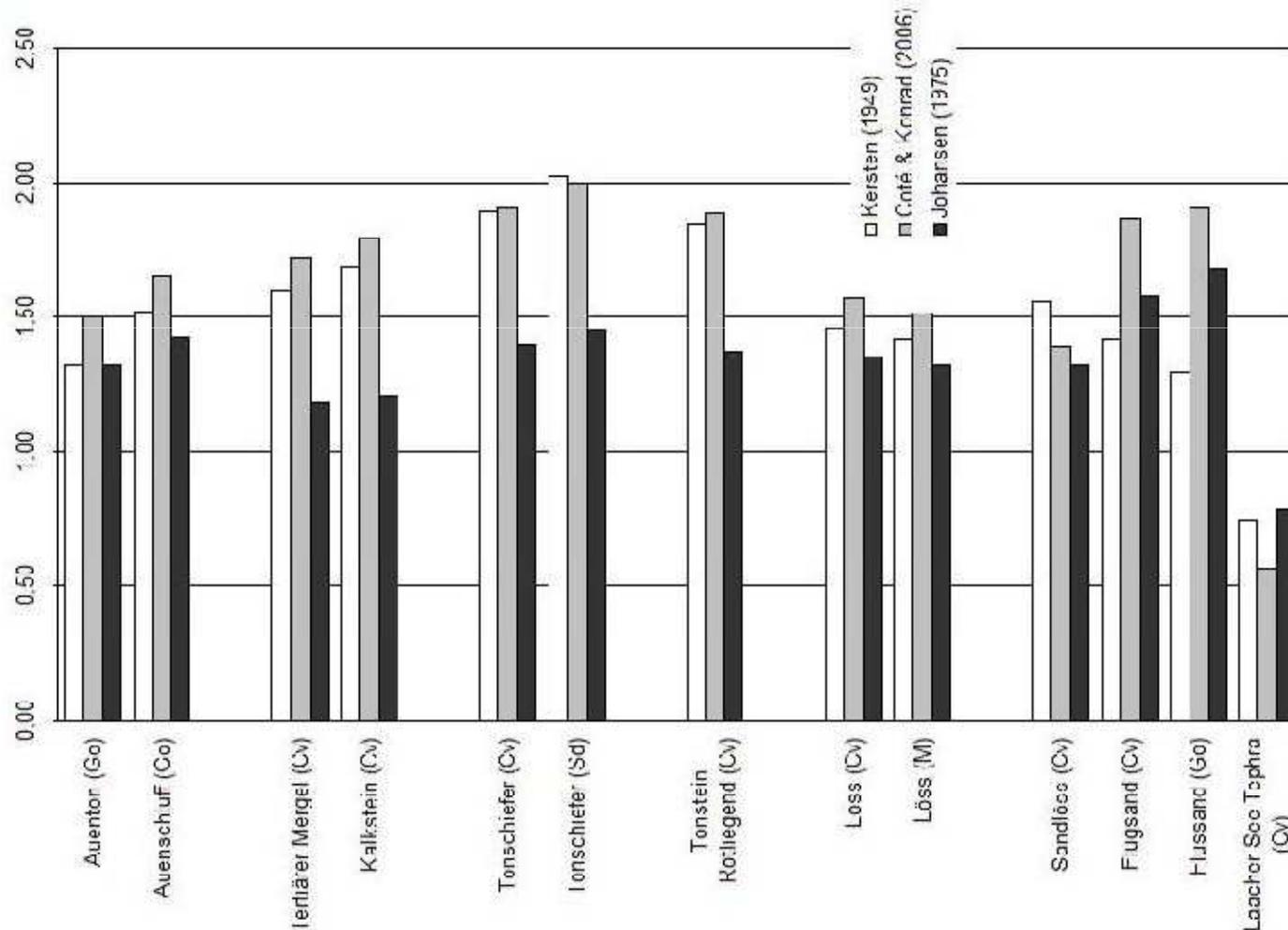


| Modelle | Parameterbedarf | Datenverfügbarkeit | Statistischer Fehler | Temperaturbereich |
|---|--|---|----------------------|--|
| DE VRIES (1963) | Wassergehalt, Anteile und Leitfähigkeiten der wesentlichen Bodenbestandteile (Humus, Quarz, Tonminerale), Kornform | Einzelparameter sind mit Ausnahme 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 |

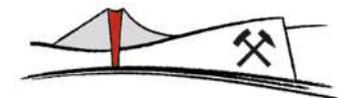




THERMISCHE LEITFÄHIGKEIT VON BÖDEN (WASSERGEHALT BEI FELDKAPAZITÄT, BERECHNET NACH VERSCH. AUTOREN)

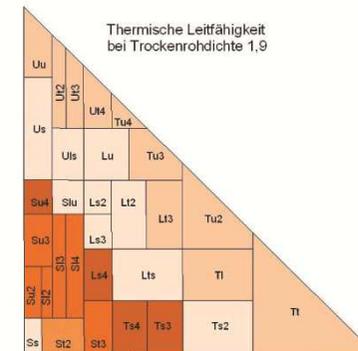
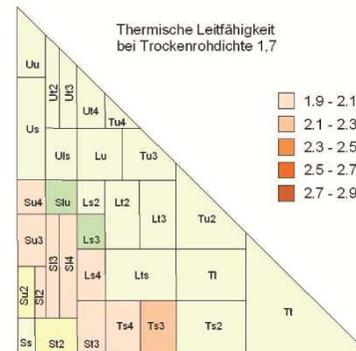
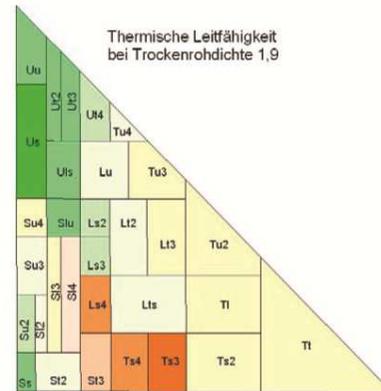
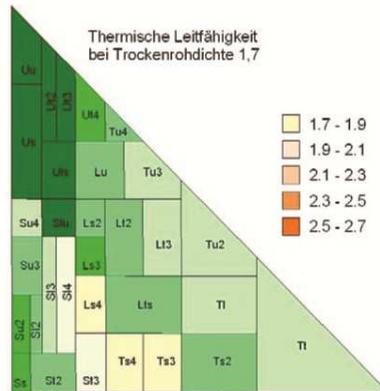
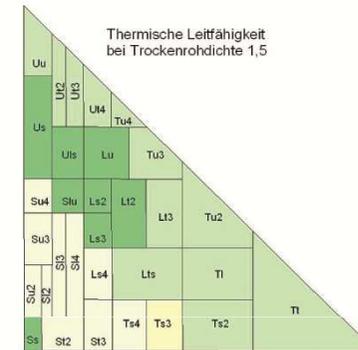
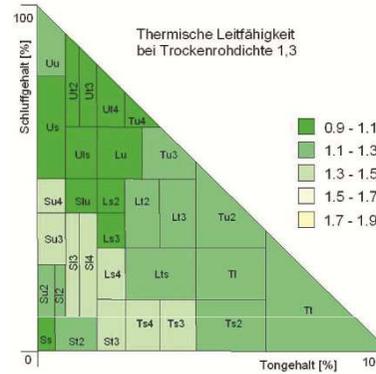
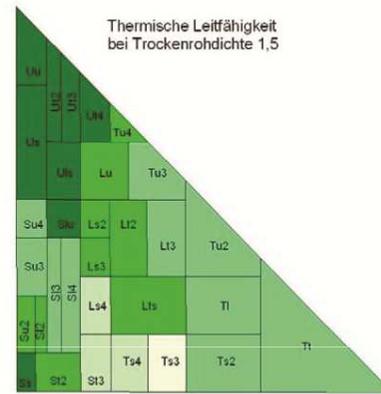
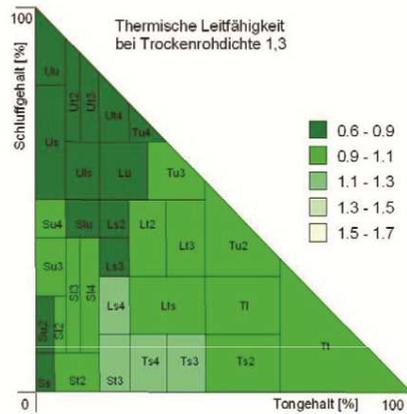


Angaben in $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ (Quelle: Dehner 2007)





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**

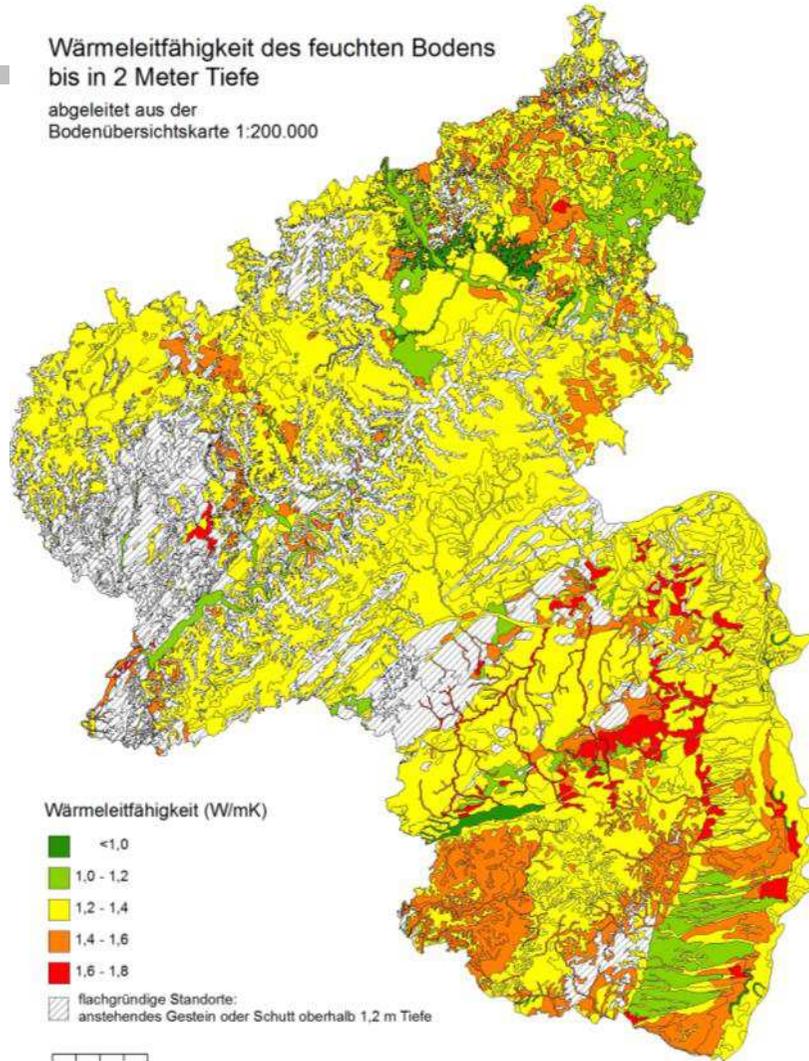




KARTOGRAPHISCHE BEISPIELE

Wärmeleitfähigkeit des feuchten Bodens
bis in 2 Meter Tiefe

abgeleitet aus der
Bodenübersichtskarte 1:200.000



Wärmeleitfähigkeit (W/mK)

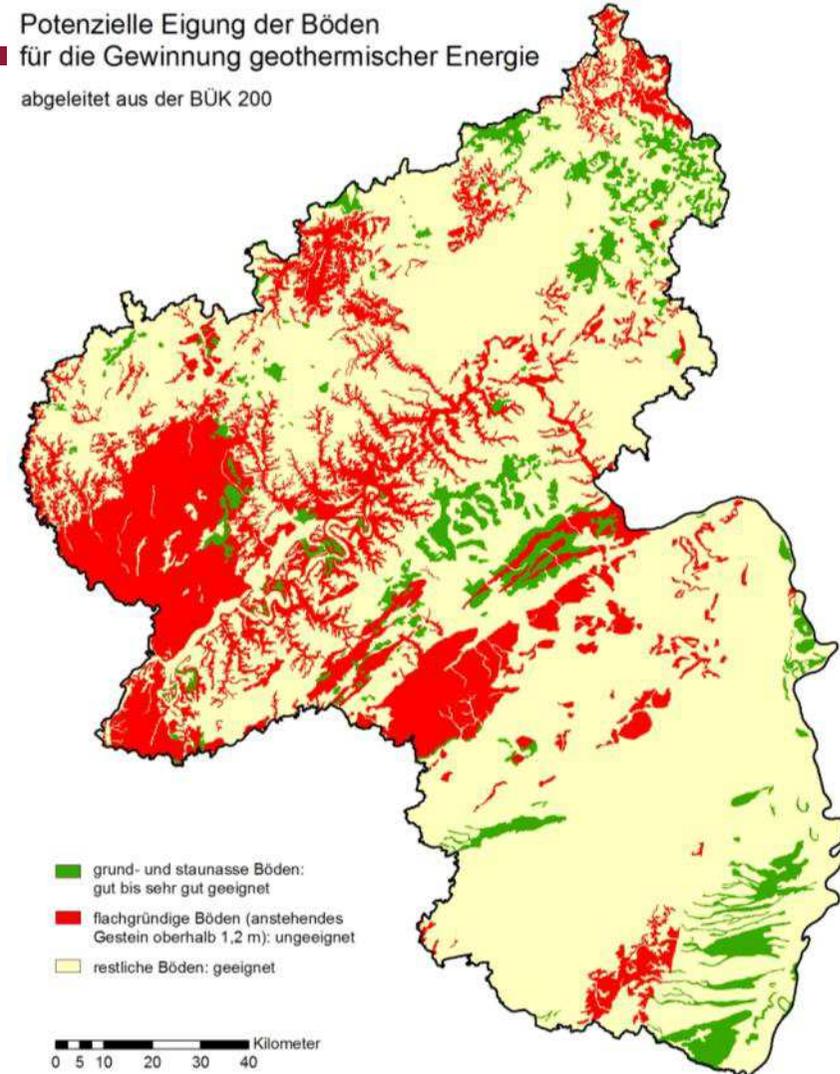
- <1,0
- 1,0 - 1,2
- 1,2 - 1,4
- 1,4 - 1,6
- 1,6 - 1,8

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

0 10 20 Kilometer

Potenzielle Eignung der Böden
für die Gewinnung geothermischer Energie

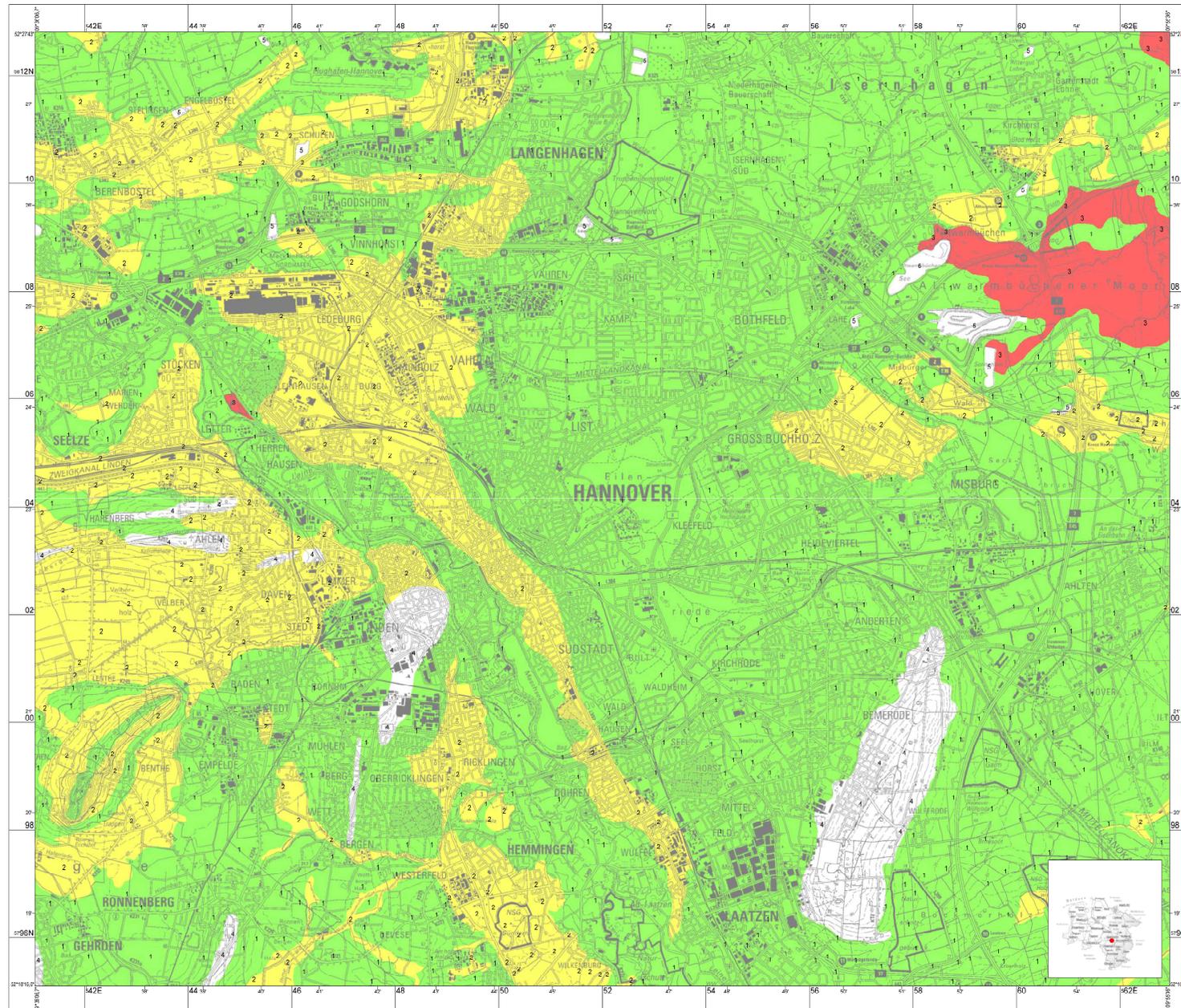
abgeleitet aus der BÜK 200



- 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

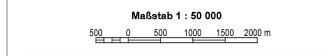
- 1 gut geeignet - Wärmeentzugleistung: >30 W/m²
- 2 geeignet - Wärmeentzugleistung: 20-30 W/m²
- 3 wenig geeignet - Wärmeentzugleistung: <20 W/m²
- 4 nicht geeignet (Fals Bodenklasse 7 n. DIN 18300)
- 5 keine Zuordnung möglich

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



LfEG Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie
GEOTRUMM HANNOVER
 Dillweg 2, 30555 Hannover
 www.lfeg.niedersachsen.de

Abteilung XXXXXXXXXXXX
 Referat XXXXXXXXXXXX
 Ansprechpartner: XXXXXXXXXXXX
 Fax: +49(0)511843-3333
 Fax: +49(0)5118435-3333
 XXXXXXXXXXXX@lfeg.niedersachsen.de

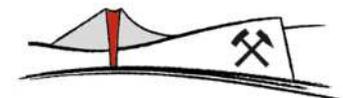
Das LfEG führt die NBS-Daten mit der Erfüllung seiner öffentlichen Aufgaben erforderlichen Sorgfalt. Es übernimmt jedoch keine Gewähr für Richtigkeit und Vollständigkeit dieser Daten. Eine Vervielfältigung dieses Ausdrucks ist nur mit Erlaubnis des LfEG gestattet. Als Vervielfältigung gelten z.B. Fotokopie, 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

