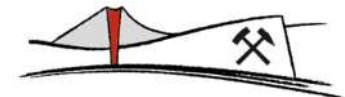




DIE ROLLE DES BODENS BEI DER NUTZUNG OBERFLÄCHENNAHER ERDWÄRME

ULRICH DEHNER





ERDKOLLEKTORTYPEN EINZELFALL – GROßTECHNISCHE LÖSUNG



Erdkolektor Einfamilienhaus (DWWP GmbH)



Grabenkolektor

Energiekörbe, Fa. Betatherm



Slinky Loops



Ground loops



Grabenkolektoren



Erdkolektor im Löss



Grabenkolektor



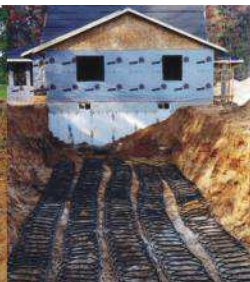
Grabenkolektor



Energiekörbe



Graben mit „Slinkies“



Energiekörbe Fa. Betatherm

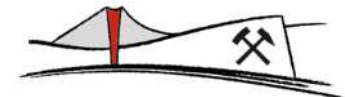


Grabenkolektor



Das Diagramm illustriert den Energiehaushalt der Erdoberfläche. Die extraterrestrische Solarstrahlung beträgt 100%. Von dieser wird 16% reflektiert (11% durch diffuse Streuung, 5% durch direkte Reflexion). Die verbleibende Strahlung wird in direkte (19%) und diffuse (26%) Strahlung unterteilt. Die direkte Strahlung wird weiter in bewölkte (28%) und wolkenfreie (19%) Anteile unterteilt. Die gesamte Strahlung, die die Erdoberfläche erreicht, ist die Globalstrahlung $R_{\downarrow s}$ mit 45%. Die Erdoberfläche verliert Energie durch langwellige Ausstrahlung ($R_{\uparrow l}$) mit 17%, kurzwellige Reflexion ($R_{\uparrow s}$) mit 16%, Evapotranspiration (LE) mit 55% und fühlbare Wärme (H) mit 12%. Die Nettostrahlung R_n beträgt 67%. Der Bodenwärmefluss G ist Null.

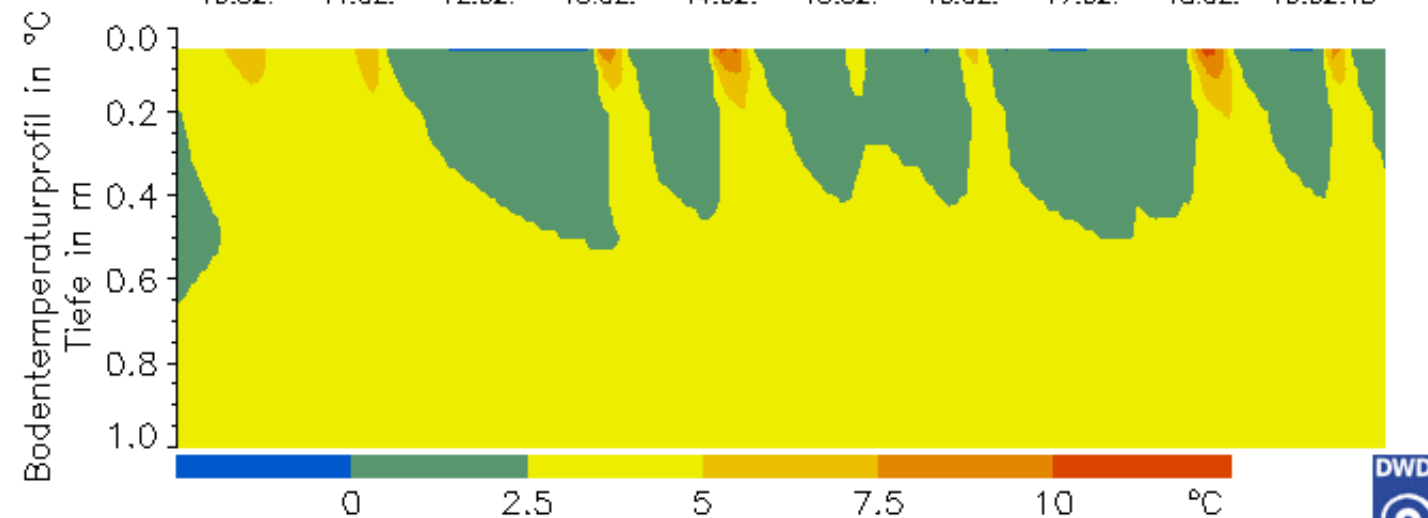
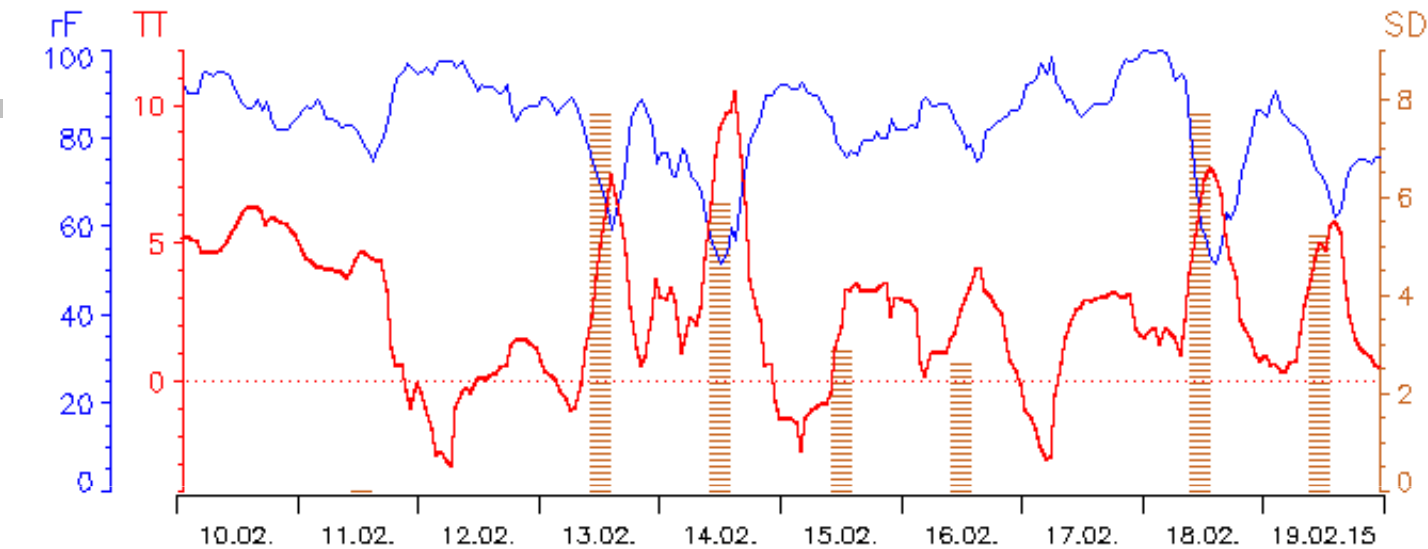
Strahlungstyp	Anteil (%)
Extraterrestrische Solarstrahlung	100%
Reflexion	16%
Diffuse Streuung	11%
Direkte Strahlung	19%
Globalstrahlung ($R_{\downarrow s}$)	45%
eff. langw. Ausstrahlung ($R_{\uparrow l}$)	17%
kurzw. Reflexion ($R_{\uparrow s}$)	16%
Nettostrahlung (R_n)	67%
Evapotranspiration (LE)	55%
fühlbare Wärme (H)	12%
Bodenwärmefluss (G)	0%



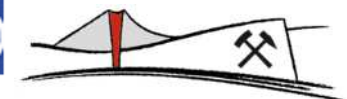


Hannover–Flughafen (55 m)

— 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



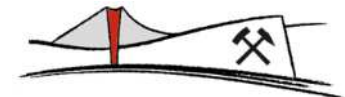


PARAMETER

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



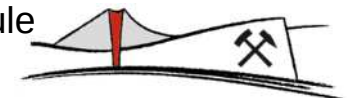


THERMISCHE EIGENSCHAFTEN WICHTIGER BODENBESTANDTEILE

	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



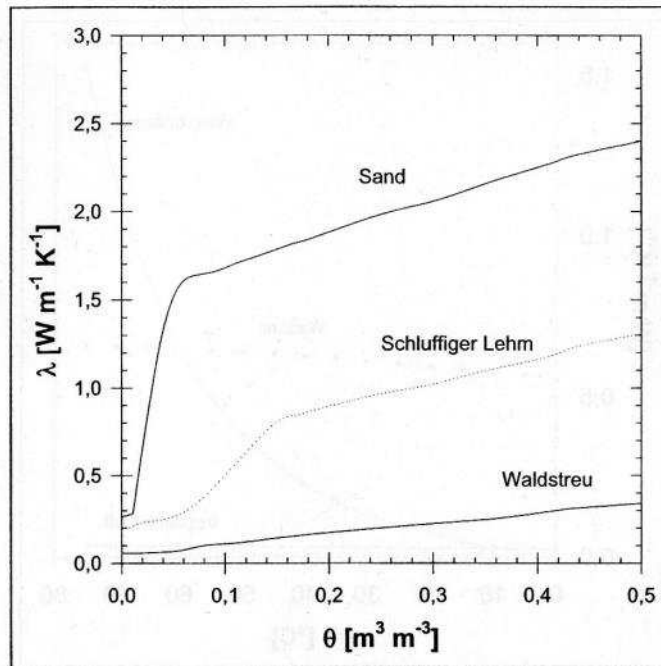


KONSEQUENZEN

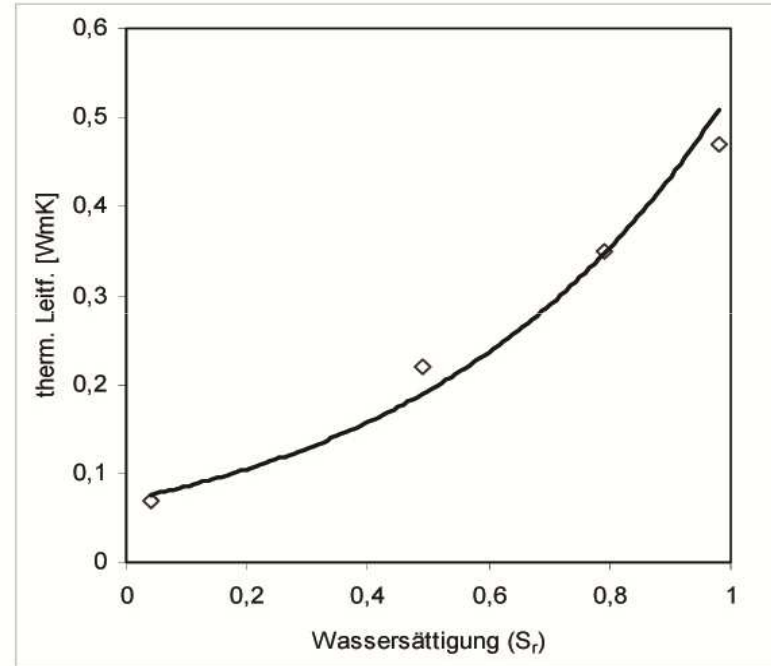
- Trockene Böden haben geringere Wärmekapazitäten und geringere Wärmeleitfähigkeiten als feuchte
- Sandige Böden haben auf Grund des höheren Quarzgehaltes höhere Wärmeleitfähigkeiten als tonige und organische Böden
- Mit zunehmenden Wassergehalten steigen Wärmekapazität und Wärmeleitfähigkeit
- Beim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



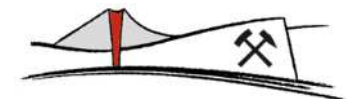
LEITFÄHIGKEITSFUNKTIONEN IN ABHÄNGIGKEIT VOM WASSERGEHALT



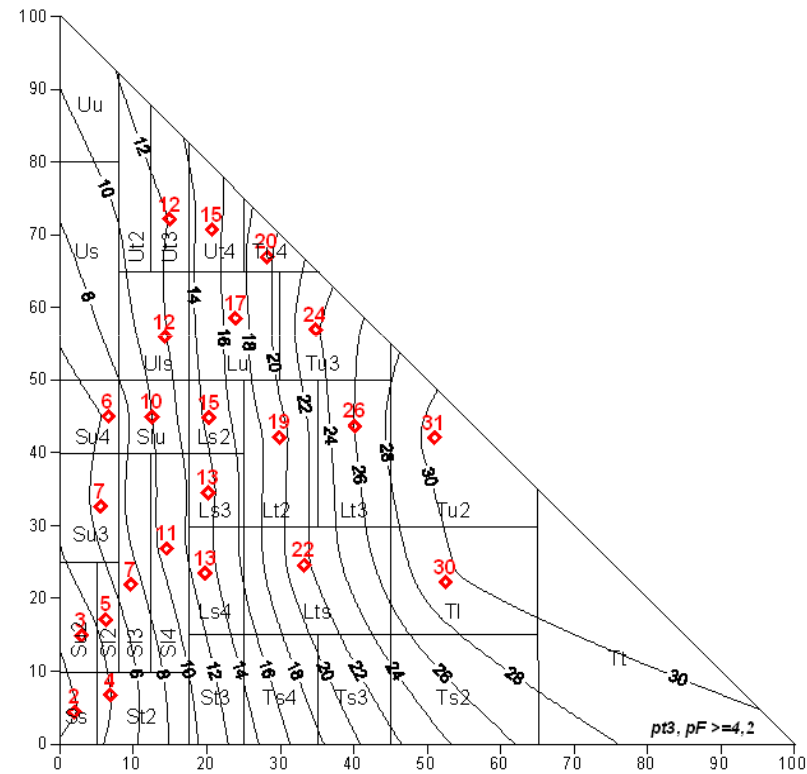
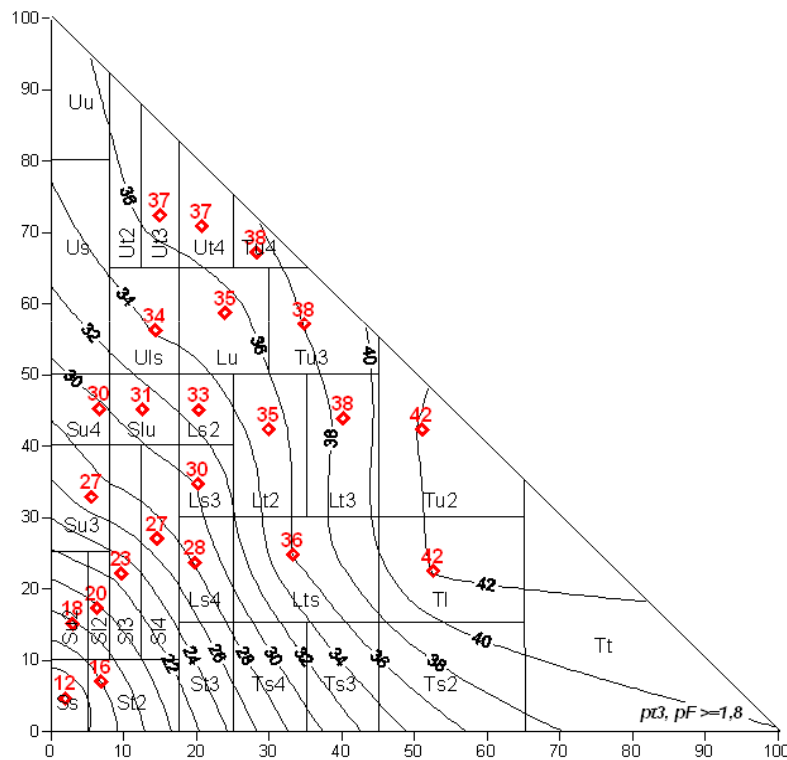
Thermische Leitfähigkeit für Sand, schluffigen Lehm und organisches Auflagematerial in Abhängigkeit vom volumetrischen Wassergehalt (Quelle: Bachmann 2005)



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

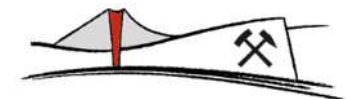


WASSERGEHALTE VON BÖDEN UNTERSCHIEDLICHER TEXTUR



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

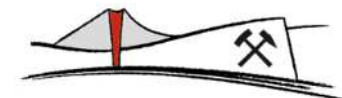
Quelle: http://www.lgb-rlp.de/bodenphysikalische_kennwerte.html



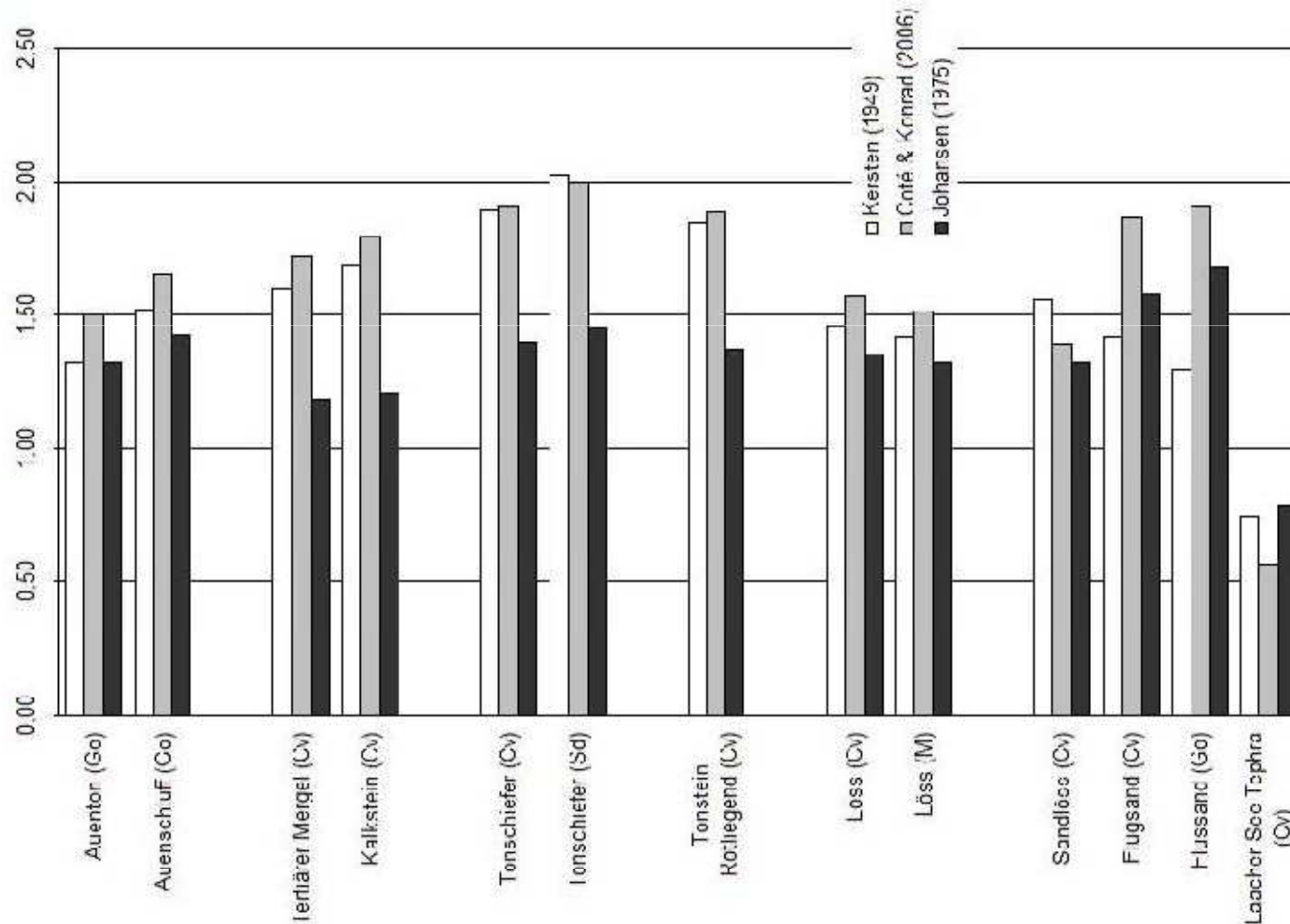
MODELLE ZUR SIMULATION DER THERMISCHEN LEITFÄHIGKEIT



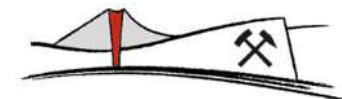
Modelle	Parameterbedarf	Datenverfügbarkeit	Statistischer Fehler	Temperaturbereich
DE VRIES (1963)	Wassergehalt, Anteile und Leitfähigkeiten der wesentlichen Bodenbestandteile (Humus, Quarz, Tonminerale), Kornform	Einzelparameter sind mit Ausnahme des Humusgehaltes i. d. R. nicht in Bodendatenbanken verfügbar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



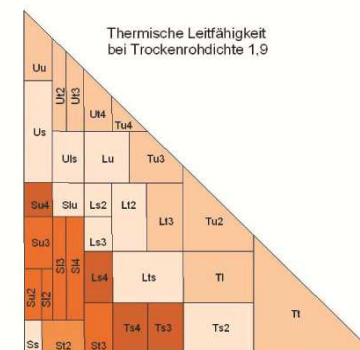
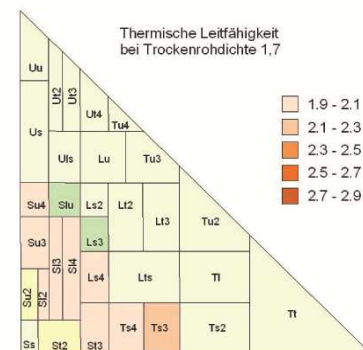
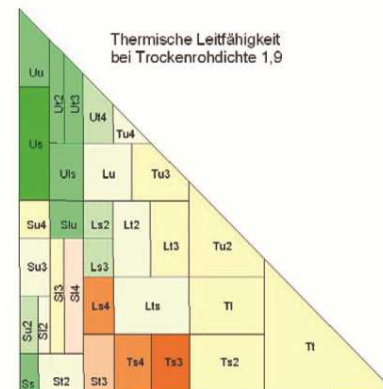
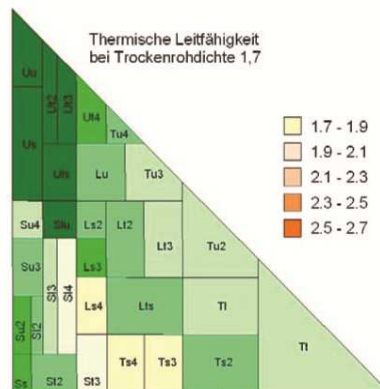
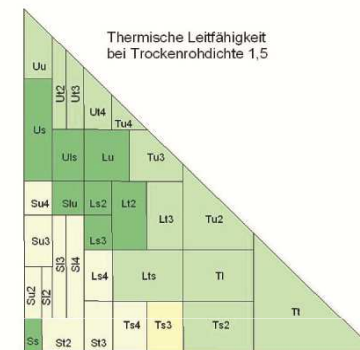
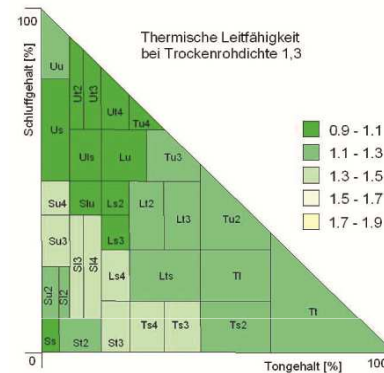
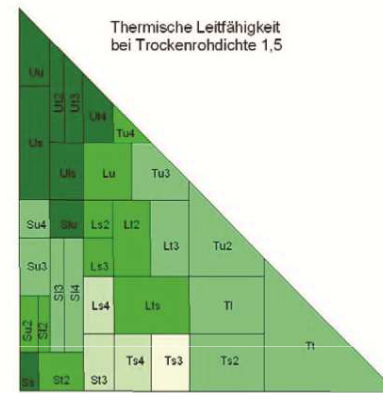
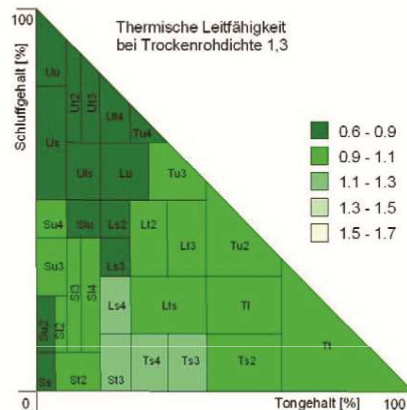
THERMISCHE LEITFÄHIGKEIT VON BÖDEN (WASSERGEHALT BEI FELDKAPAZITÄT, BERECHNET NACH VERSCH. AUTOREN)



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**

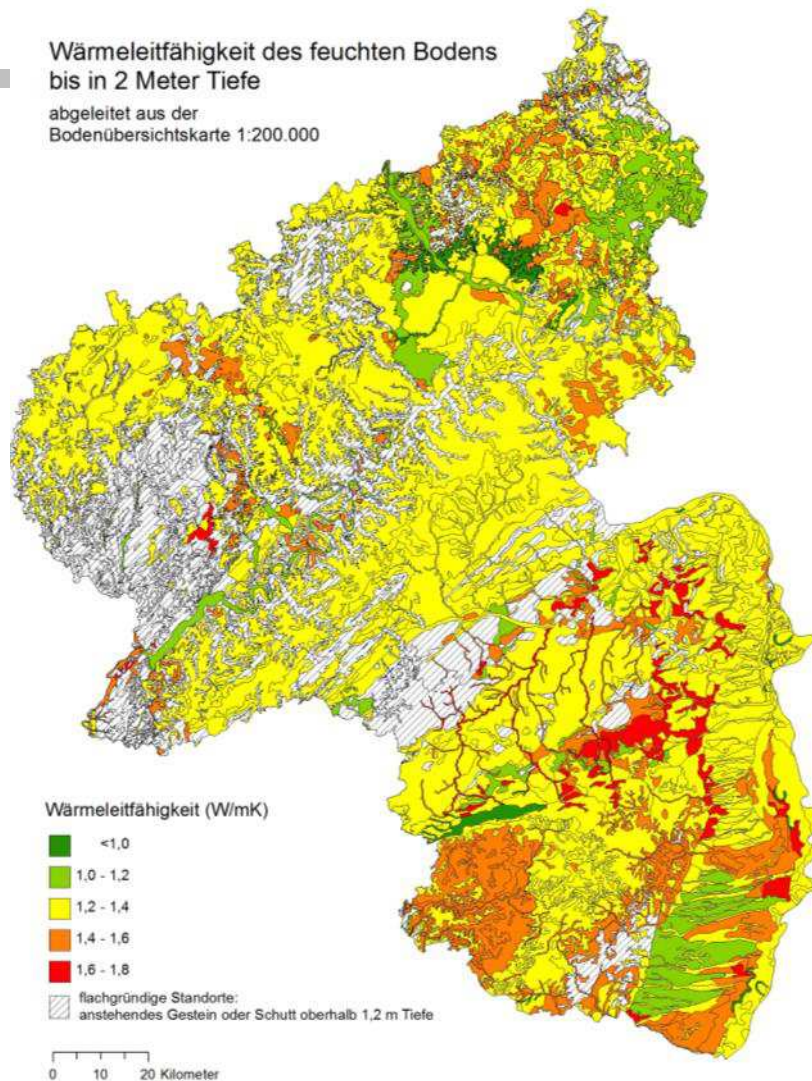
Ableitung der Thermischen Leitfähigkeit von Böden
(Angaben in $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$) bei **Feldkapazität**



KARTOGRAPHISCHE BEISPIELE

Wärmeleitfähigkeit des feuchten Bodens
bis in 2 Meter Tiefe

abgeleitet aus der
Bodenübersichtskarte 1:200.000

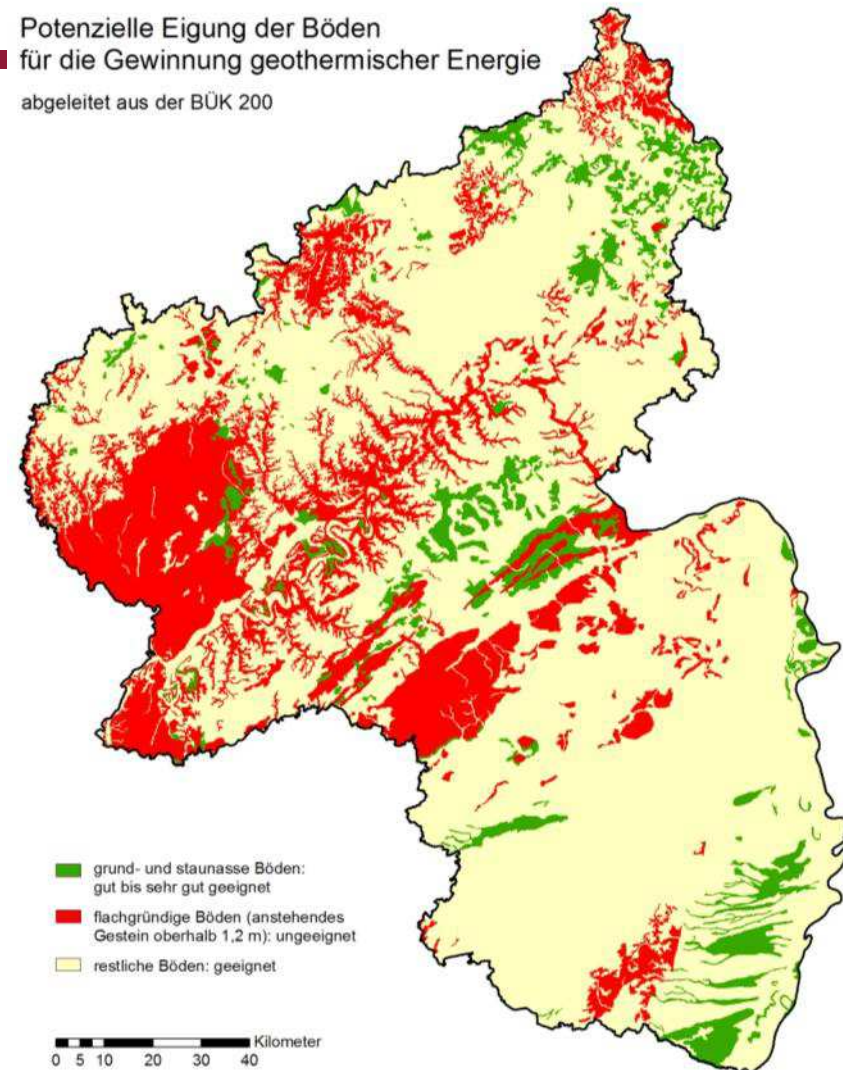


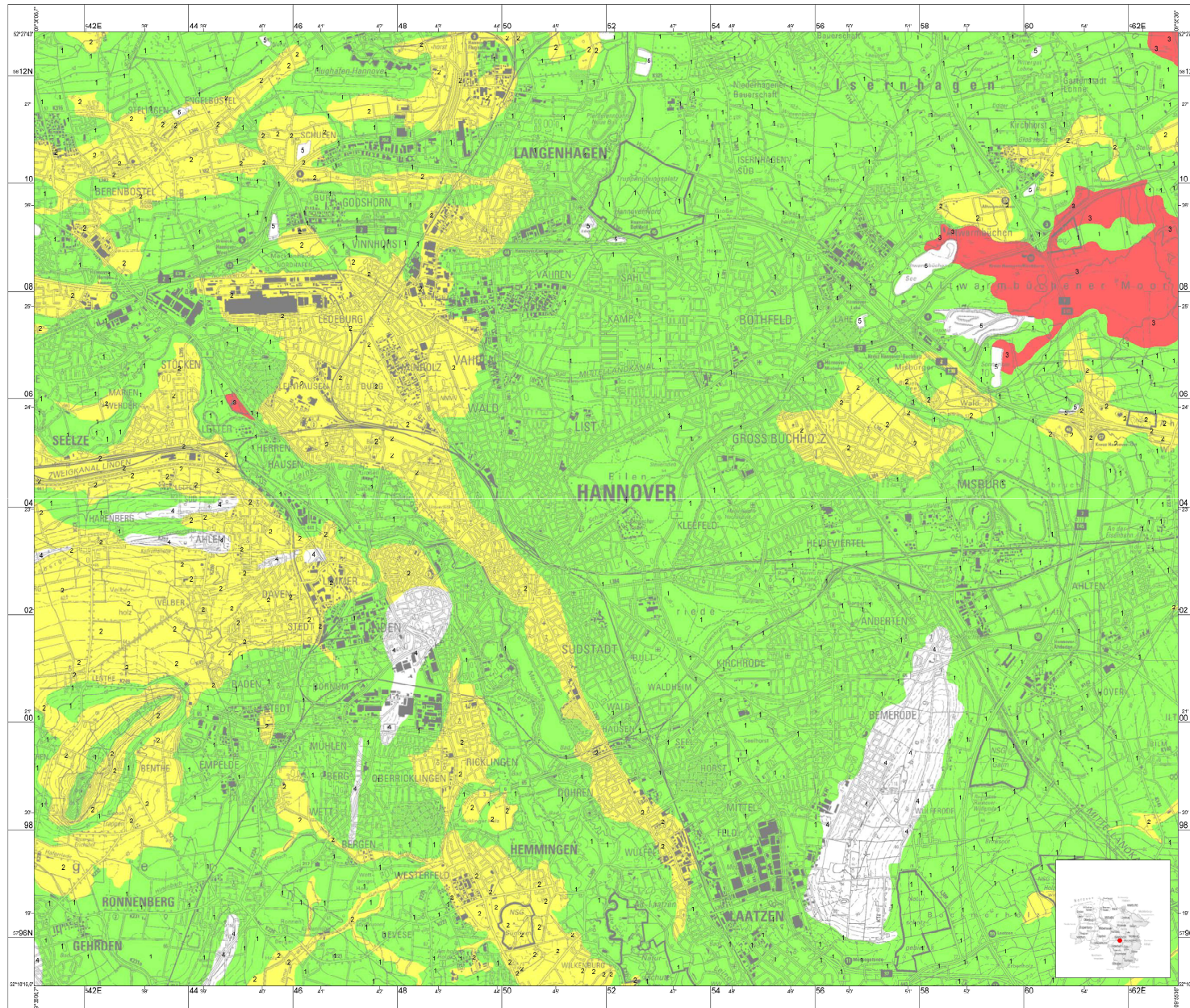
Berechnung der Wärmeleitfähigkeit nach Dehner, U., Müller, U. & J. Schneider (2007):
Erstellung von Planungsgrundlagen für die Nutzung von Erdkollektoren. Geoberichte 5. Hannover.



Potenzielle Eigung der Böden
für die Gewinnung geothermischer Energie

abgeleitet aus der BÜK 200





- Legende**
- Potenzielle Standorteignung für Erdwärmekollektoren für Einbauteufe 1,2 - 1,5m
- 1 gut geeignet - Wärmeentzugleistung >30W/m²
 - 2 geeignet - Wärmeentzugleistung 20-30 W/m²
 - 3 wenig geeignet - Wärmeentzugleistung <20 W/m²
 - 4 nicht geeignet (Fels 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).

Ausgabe vom: 21.01.2015

Maßstab 1 : 50 000
500 0 500 1000 1500 2000 m

LBEG Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie
GEOTRIZENTRUM HANNOVER
Dillweg 2, 30655 Hannover
www.lbeg.niedersachsen.de

Abteilung XXXXXXXXXX
Referat XXXXXXXXXX
Ansprechpartner: XXXXXXXXXX
Fax: +49(0)511/843-XXXX
Fax: +49(0)511/843-XXXX
XXXXXXXXXX@lbeg.niedersachsen.de

Das LBEG 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 LBEG gestattet. Als Vervielfältigung gelten: z.B. Fotokopie, Mikroverfilmung, Laserkopierung, 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



Rheinland-Pfalz

LANDESAMT FÜR GEOLOGIE
UND BERGBAU

VIELEN DANK FÜR IHRE
AUFMERKSAMKEIT

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

