

Erdwärmekollektoren und -körbe



Fachgespräch Erdwärmesonden
26. August 2008



© AGO AG Energie + Anlagen

www.ago.ag



Gliederung

- 1. Einleitung**
- 2. Motivation und Ziele**
- 3. Methodik**
 - Festlegung der Bewertungs- und Auslegungskriterien
 - Vorstellung des numerischen Simulationsmodells
 - Vorstellung des analytischen Rechenmodells
- 4. Ergebnisse**
 - Optimierte Auslegung von Erdwärmekollektoren
 - Erdwärmekollektoren als Spitzenlastwärmequelle
 - Sonderbauformen
- 5. Zusammenfassung**

26. August 2008 Folie 2

© AGO AG Energie + Anlagen

www.ago.ag

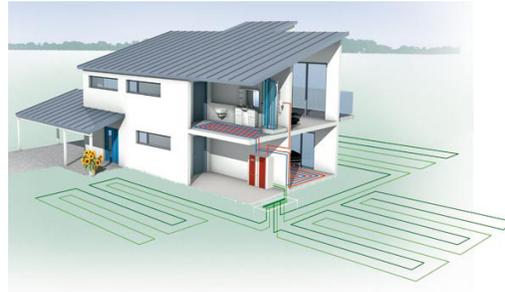
Horizontale Erdwärmekollektoren als Wärmequellenanlage für Wärmepumpen

Vorteile:

- Relativ kostengünstige Erschließung
- Stabiles Temperaturniveau im Winter
- Monovalenter WP-Betrieb möglich

Nachteil:

- Großer Bedarf an unversiegelter Gartenfläche



Quelle: Dimplex

→ **Wirtschaftliche Alternative zu Erdwärmesonden und Luft/Wasser-Wärmepumpen**

Motivation und Ziele

Stand der Technik: VDI 4640

Untergrund	bei 1800 h/a	bei 2400 h/a
Trockener, nichtbindiger Boden	10 W/m ²	8 W/m ²
Bindiger Boden, feucht	20-30 W/m ²	16-24 W/m ²
Wassergesättigter Sand/Kies	40 W/m ²	32 W/m ²

- Rohrabstand zwischen 0,3 und 0,8 m
- Eisradien dürfen nicht zusammen wachsen

- Die VDI-Richtlinie wurde auf Basis empirischer Studien und Erfahrungen erstellt.
- Die letzten wissenschaftlichen Arbeiten stammen aus den 1970er Jahren.
- Es wurden stets nur einzelne Aspekte untersucht und keine Optimierungen durchgeführt.

Ziel: Entwicklung eines umfassenden Rechenmodells zur Bewertung und Optimierung oberflächennaher Erdwärmekollektoren

Wirtschaftlichkeit

Kapitalgebundene Kosten:

- Kollektorrohr
- Verteiler inkl. Armaturen
- Soleflüssigkeit
- Installation (Erdarbeiten)

Verbrauchsgebundene Kosten:

- Stromverbrauch der Wärmepumpe
- Stromverbrauch der Umwälzpumpe



Jahresgesamtkosten

Betriebssicherheit

-Erstarrung der Sole muss vermieden werden
(Erstarrungstemperatur = ca. -13°C)

-Beachtung der Betriebsgrenzen des Verdichters
(Drücke, Temperaturen)

-Einhalten der Herstellerangaben

→ **Minimale Solerücklauftemperatur von -5°C**

-Maximale Druckdifferenz von Standardumwälzpumpen

→ **Maximaler Druckverlust im Kollektor von 35 kPa**

Umweltbeeinflussung

-Vermeidungen von Hebungen und Setzungen der Erdoberfläche

→ Maximaler Eisradius ca. 50 cm

-Gewährleistung des hydraulischen Abflusses, um Matsch an der Erdoberfläche zu vermeiden.

→ Rechtzeitiges Zurücktauen der Eisradien im Frühjahr

Einflussgrößen auf Erdwärmekollektoren

-Klima (Temperaturverlauf, Niederschläge, Wind)

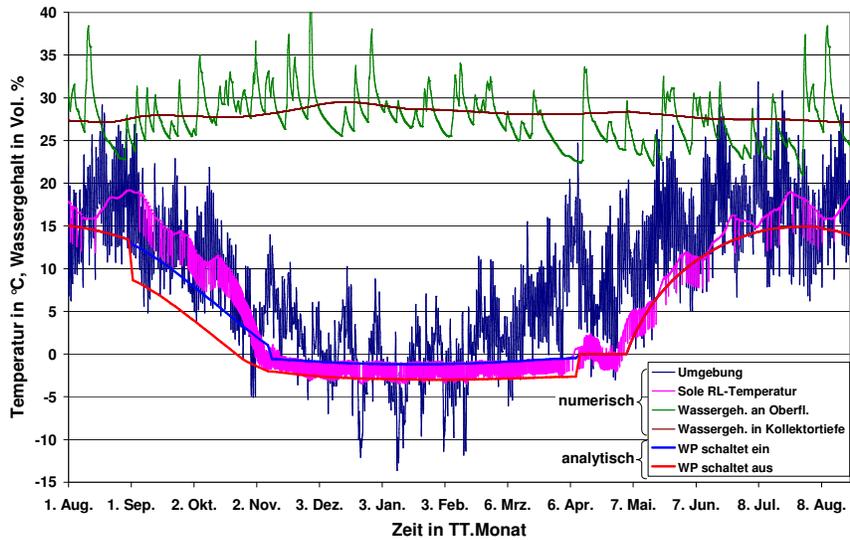
-Erdreich (Hydraulische Leitfähigkeit, Feldkapazität, Korngröße
Kornmaterial, Wassergehalt, Dichte, Wärmeleitfähigkeit,
spez. Wärmekapazität, latente Speicherkapazität)

-Hydraulische Auslegung (Rohrmaterial, Temperaturspreizung,
Strömungsform, Wärmeträger)

-Geometrische Auslegung (Rohrdurchmesser, Verlegetiefe,
Rohrabstand)

→ Bondenkundliche, hydrogeologische, thermische und
physikalische Aspekten müssen in Kombination
berücksichtigt werden.

Vergleich: numerische Simulation ↔ analytisches Modell

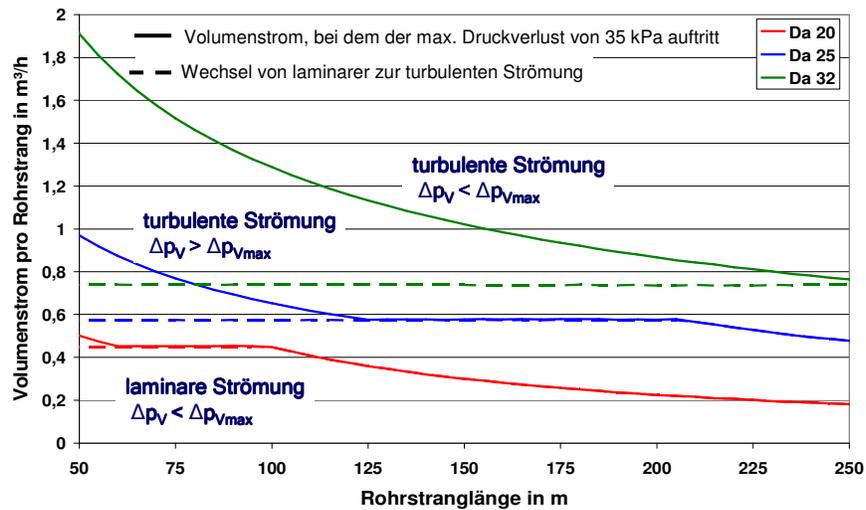


26. August 2008 Folie 9

© AGO AG Energie + Anlagen

www.ago.ag

Hydraulische Auslegung



26. August 2008 Folie 10

© AGO AG Energie + Anlagen

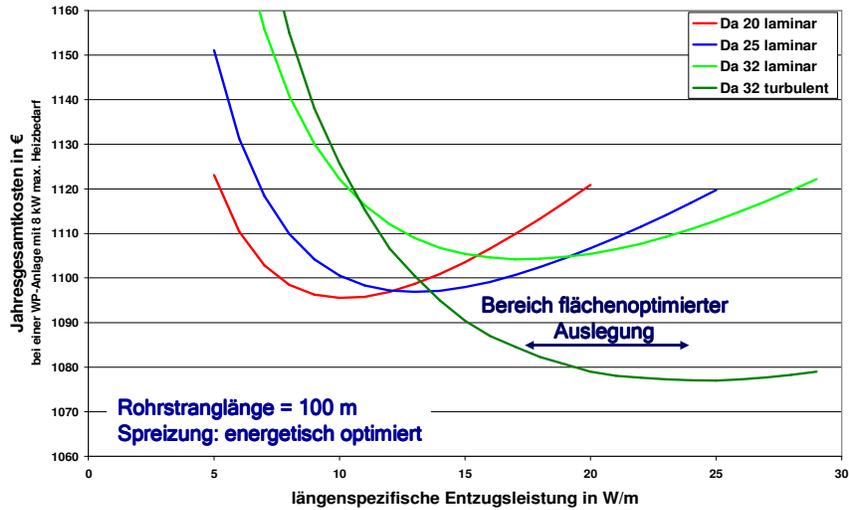
www.ago.ag

Ergebnisse:

Optimierte Auslegung horizontaler Erdwärmekollektoren



Wirtschaftlich optimierte hydraulische Auslegung



26. August 2008 Folie 11

© AGO AG Energie + Anlagen

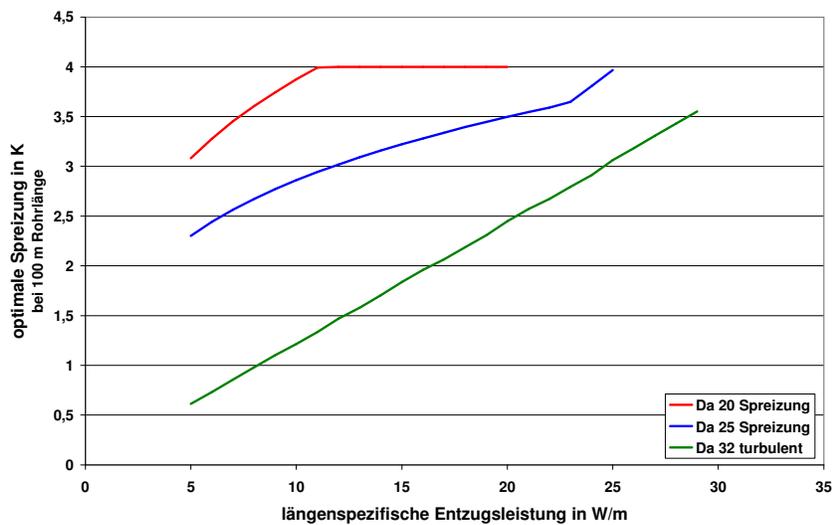
www.ago.ag

Ergebnisse:

Optimierte Auslegung horizontaler Erdwärmekollektoren



Optimierte Hydraulische Auslegung



26. August 2008 Folie 12

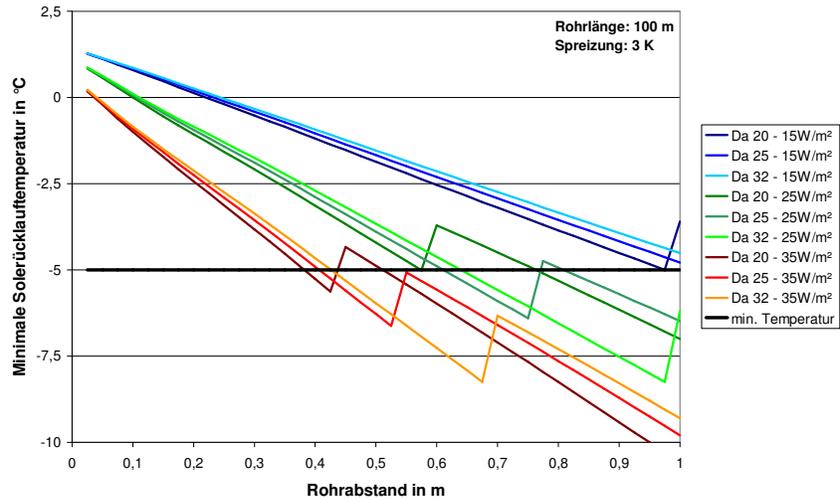
© AGO AG Energie + Anlagen

www.ago.ag

Ergebnisse:

Optimierte Auslegung horizontaler Erdwärmekollektoren

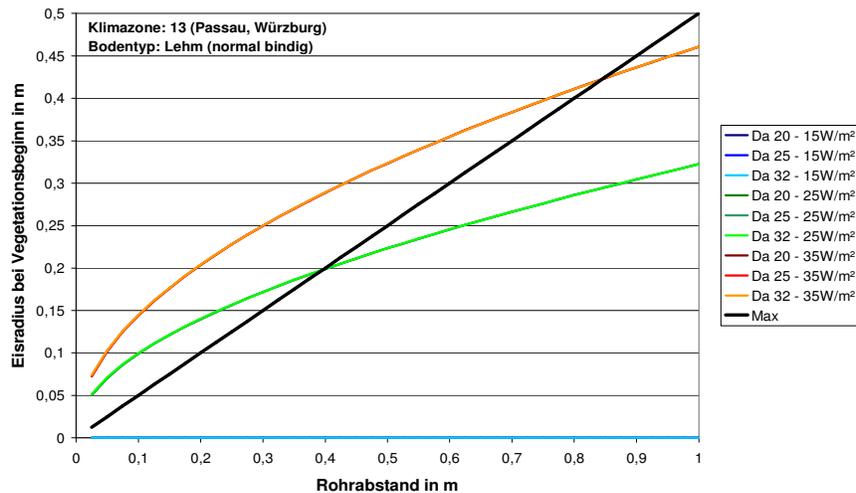
Rohrabstand und Betriebssicherheit



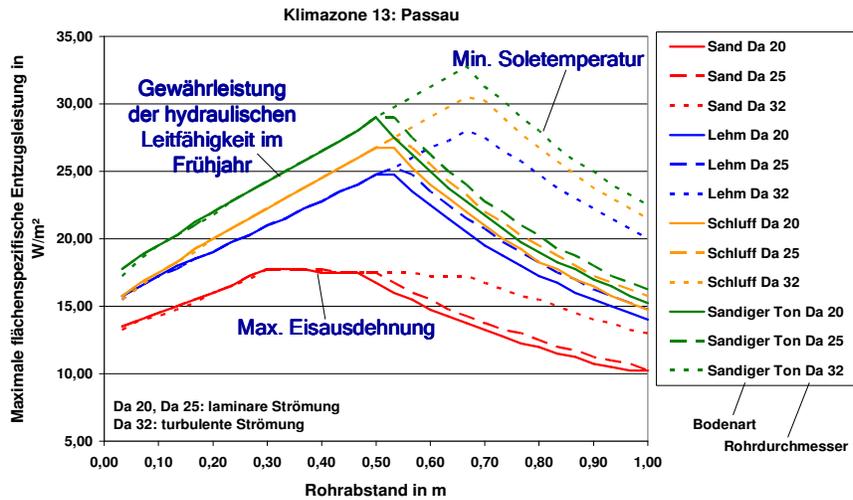
Ergebnisse:

Optimierte Auslegung horizontaler Erdwärmekollektoren

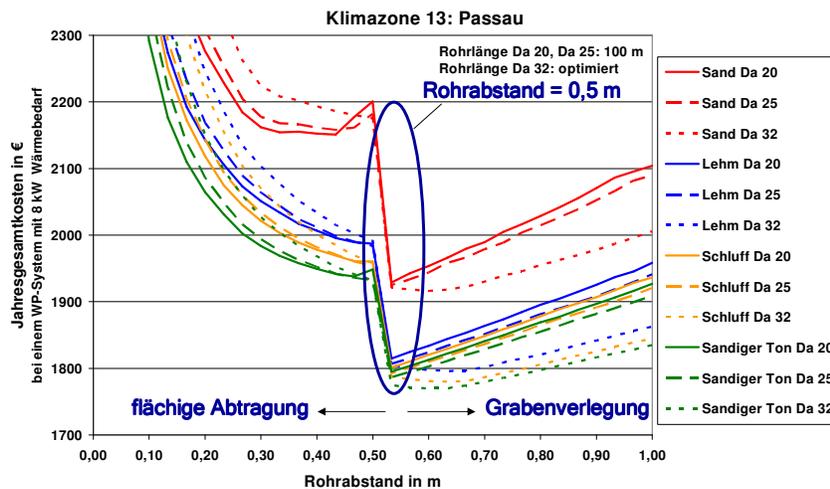
Rohrabstand und Umweltbeeinflussung



Flächenoptimierte Auslegung



Wirtschaftlichkeit der Auslegung



Unterschiede zwischen den Klimazonen nach DIN 4710

DIN 4710:2003-01

Nr.:	Referenzort	Jahresmittel in °C	Amplitude in K	Niederschlag in mm/a
1	Bremerhaven	9	7,9	741,4
2	Rostock-Warnemünde	8,4	8,25	589
3	Hamburg-Fuhlsbüttel	8,5	8,1	770,3
4	Potsdam	9,5	10,25	573,9
5	Essen	8,1	6,45	733
6	Bad Marienberg	6,8	8,4	1168,7
7	Kassel	8,8	8,6	698,4
8	Braunlage	6	8,25	1263,8
9	Chemnitz	7,6	8,85	700,7
10	Hof	6,3	9,15	742
11	Fichtelberg	3	8,15	1117,7
12	Mannheim	10,2	9,1	667,6
13	Passau	7,9	9,9	636,6
14	Stötten	6,8	8,9	1068,5
15	Garmisch-Partenkirchen	6,8	9,4	1363,5

Quelle: DIN 4710 und DWD

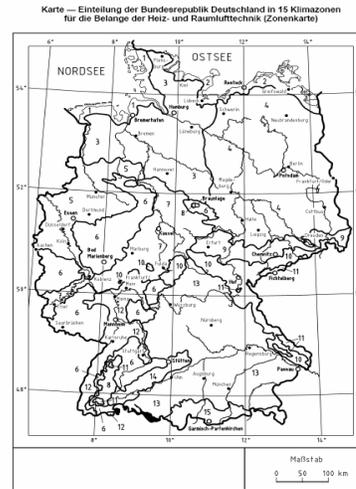


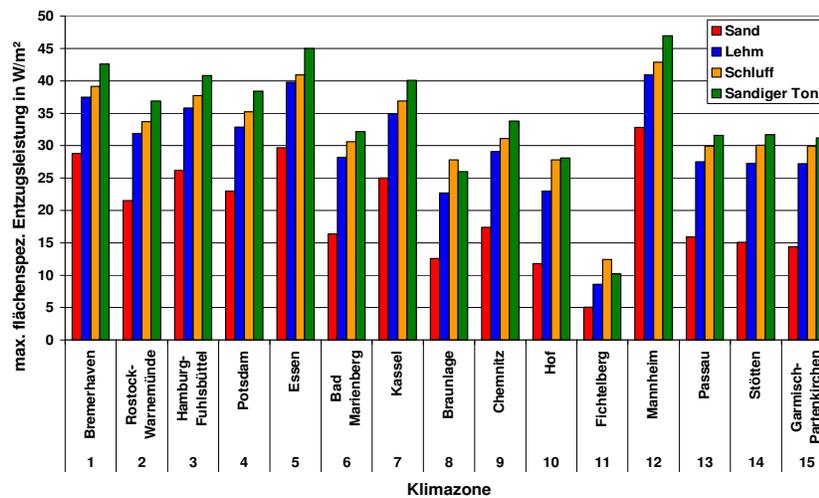
Bild 1 — Zonenkarte

26. August 2008 Folie 17

© AGO AG Energie + Anlagen

www.ago.ag

Max. Entzugsleistung in den unterschiedlichen Klimazonen



26. August 2008 Folie 18

© AGO AG Energie + Anlagen

www.ago.ag

Ergebnisse:

Erdwärmekollektoren als Spitzenlastwärmequelle



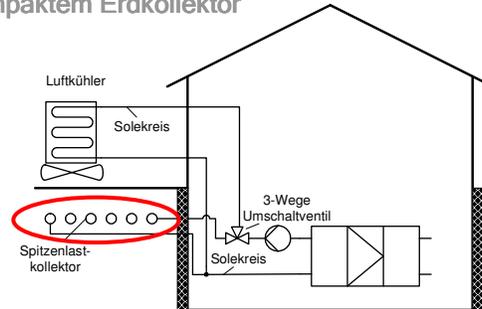
Nutzung horizontaler Erdwärmekollektoren als Spitzenlastwärmequelle bivalenter Wärmepumpensysteme

Idee:

- Hauptwärmequelle Luft (günstig, überall verfügbar)
- Spitzenlastabdeckung mittels kompaktem Erdkolektor

Vorteile:

- Ganzjährig hohe Wärmequellentemperatur
- Kostengünstige Erschließung
- Geringer Flächenbedarf



26. August 2008 Folie 19

© AGO AG Energie + Anlagen

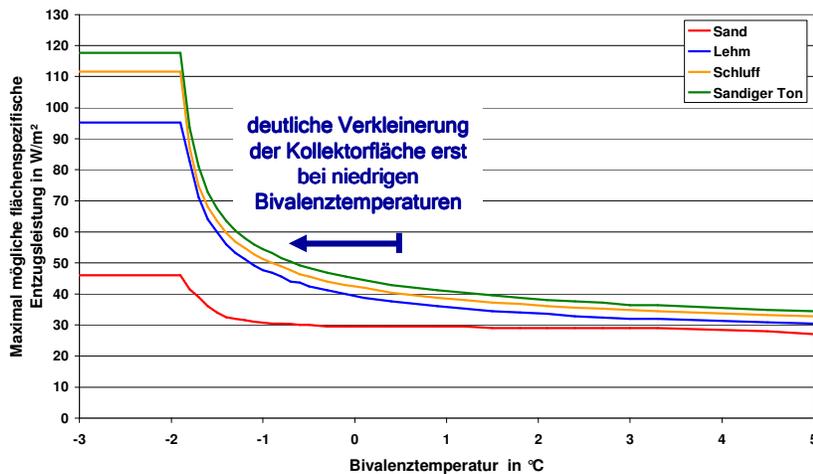
www.ago.ag

Ergebnisse:

Erdwärmekollektoren als Spitzenlastwärmequelle



Maximale Entzugsleistung in Abhängigkeit von der Bivalenztemperatur (Klimazone 13 Passau)



26. August 2008 Folie 20

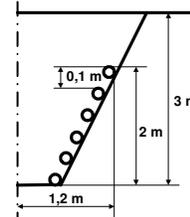
© AGO AG Energie + Anlagen

www.ago.ag

Auslegung von Sonderbauformen
(anhand einer analytischen Näherungsrechnung)

Grabenkollektor (einseitiger Wärmeeintrag)

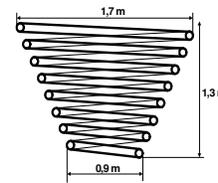
	Klimazone 12		Klimazone 13	
	monovalent	bivalent	monovalent	bivalent
Sand	90	119	58	66
Lehm	144	183	81	117
Schluff	154	195	82	128
Sandiger Ton	164	204	91	134



Max. längenspezifische Leistung in W/m

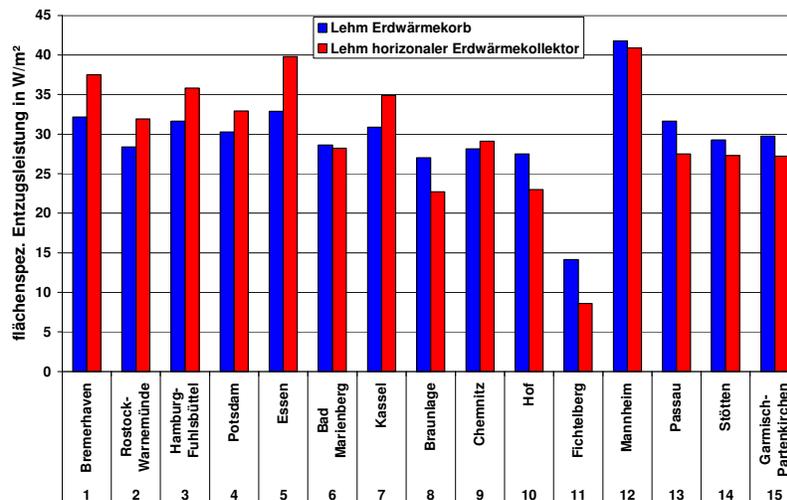
Erdwärmekorb (Abstand zu Nachbarkörben 4 m)

	Klimazone 12		Klimazone 13	
	einer allein	4 Nachbarn	einer allein	4 Nachbarn
Sand	438	364	314	284
Lehm	668	564	506	452
Schluff	704	600	542	464
Sandiger Ton	772	658	580	522



Max. Leistung pro Erdwärmekorb in W

Unterschiede zwischen Erdwärmekorb und Kollektor
(4-Nachbarkörbe mit 4 m Korbmittelpunkt Abstand)



- Es existieren eindeutige **Kriterien** und **Einsatzgrenzen** zur Bewertung oberflächennaher Erdwärmekollektoren.
- Anhand von Rechenmodellen, lassen sich alle relevanten **Auslegungsparameter** von horizontalen Erdwärmekollektoren und Sonderbauformen energetisch und wirtschaftlich **optimieren**.
- Die **Klimaregion** und die **hydraulische Auslegung** müssen bei der Dimensionierung neben den **Bodeneigenschaften** mit berücksichtigt werden.
- Bei einer **Spitzenlastnutzung** eines Erdwärmekollektors kann der **Flächenbedarf** deutlich **verringert** werden.
- Mit **Sonderbauformen** kann der Flächenbedarf nur **geringfügig** bezüglich horizontaler Erdwärmekollektoren **verringert** werden.



Herzlichen Dank
für Ihre
Aufmerksamkeit