

16.7 Projektierungshilfen für Wärmepumpenanlagen

Handbuch Wärmepumpen

Planung und Projektierung

Ein neutral verfasstes Fachbuch, welches allen Planer, Handwerker, als Planungsgrundlage dient. Mit vielen Abbildungen, Beispielen und Projektierungsbeispielen.

Verlag: Beuth



Bezug über: Umwelt & Technik,
BEUTH-Verlag
oder
Buchhandel

Informationen zum Inhalt und Umfang des Buches finden Sie unter www.umweltundtechnik.de.

Nachfolgend ein paar grundsätzliche Informationen.

Interessiert? Fordern Sie weitere Unterlagen an!

Grundlagen zur Projektierung einer Wärmepumpenanlage für den "Neubau"

Berechnung der Heizleistung

Gemäß der neuen EnEV (Energieeinsparverordnung) darf bei Neubauten der Wärmebedarf von 40 - 45 W/m² nicht überschritten werden. Ist die zu beheizende Wohnfläche bekannt, kann die erforderliche Heizleistung relativ einfach ermittelt werden. Mittlerweile beträgt die flächenspezifische Heizlast bei Neubauten 30 – 35 W/m²:

$$P_H = F \times 32,5 \text{ W/m}^2$$

$$P_H = \text{Heizleistung [W], [kW]}$$

$$F = \text{zu beheizende Wohnfläche [m}^2\text{]}$$

Weil die Wärmepumpe in der Regel auch zur Warmwasserbereitung genutzt wird ist für die Gesamtheizleistung $P_{H'}$ ein Leistungszuschlag von 15% - 20% erforderlich, d.h.

$$P_{H'} = P_H \times 1,2$$

$$P_{H'} = F \times 1,2 \times 32,5 \text{ W/m}^2$$

oder $P_{ww} = 0,25 \text{ bis } 0,35 \text{ kW/Pers.}$

$$\Rightarrow P_{H'} = P_H + P_{ww}$$



Die Berücksichtigung für die Warmwasserbereitung ist mit zunehmender Isolierung umso wichtiger zu berücksichtigen. Bei einem Neubau gem. EnEF kann die erforderliche Wärmeleistung für die Warmwasserbereitung bis zu 25% ausmachen!

Grundsätzlich ist die Gebäudeheizlast gemäß DIN EN 12831 zu ermitteln!

Des Weiteren sind Sperrzeiten, die bei Sondertarifen gewährt werden, zu berücksichtigen. Die Wärmepumpe muss dann über entsprechende „Leistungsreserven“ verfügen. Der entsprechende Faktor richtet sich nach den Sperrzeiten:

$$S = 24h / (24h - t_{sp})$$

Die so zu berechnende Heizleistung $P_{H''}$ berechnet sich zu:

$$P_{H''} = P_{H'} \times S$$

$$P_{H''} = F \times 1,2 \times S \times 32,5 \text{ W/m}^2$$

mit

$$S = \text{Verhältnis } 24h / \text{Freischaltzeit}$$

$$P_{H''} = \text{Heizleistung unter Berücksichtigung der Sperrzeiten [W], [kW]}$$



Wichtiger Hinweis:

Weil die Sperrzeiten in der Regel tagsüber eingerichtet werden, kann, je nach bauphysikalischen Gegebenheiten S etwas verringert werden. Begründung: Tagsüber ist es wärmer als nachts, wenn die volle Wärmepumpenleistung benötigt wird. Dabei ist jedoch auch zu berücksichtigen ob die Wärmepumpe nachts im abgesenkten Betrieb läuft oder nicht. Im Absenkbetrieb versucht die Wärmepumpe tagsüber die verminderte Nachtleistung wieder aufzuholen. In diesem Fall sollte S nicht vermindert werden. D.h. hier sollten auch gebäudespezifische Gegebenheiten und kundenspezifische Wünsche berücksichtigt werden.

Nun ergibt sich die Frage nach der Wärmequelle, d.h. Grundwasser, Erdsonden oder Erdkollektoren zu stellen. Dazu ist zunächst die Entzugs-, bzw. die **Kälteleistung** zu ermitteln:

Grundlagen zur Projektierung einer Wärmepumpenanlage für den “Altbau”

Weil für Altbauten nicht die EnEV als Grundlage dient ist hier eine sorgfältige Ermittlung der Heizleistung erforderlich.

Doch zunächst ist zu klären, ob der Einsatz einer Wärmepumpe überhaupt möglich und sinnvoll ist. Weil die Vorlauftemperaturen möglichst gering sein müssen, scheiden Altbauten mit Heizkonvektoren und den oftmals recht hohen Vorlauftemperaturen (70°C und mehr) aus - bei Vorlauftemperaturen über 50°C / 55°C ist dies nur mit Hochtemperaturwärmepumpen zu Lasten des Wirkungsgrades, möglich. Hochtemperaturwärmepumpen haben ihren Vorteil insbesondere bei der Warmwasserbereitung, weil damit dann so hohe Vorlauftemperaturen erzielt werden können, um den Legionellenschutz ohne Elektroheizstab einhalten zu können. Hier wäre zuvor eine Gesamtsanierung der Heizungsanlage sinnvoller, damit die entsprechenden Vorlauftemperaturen erzielt werden können.

Dennoch kann sich der Einsatz einer Wärmepumpe trotz der Mehrkosten gegenüber einem Neubau lohnen, weil die Heizkosten bei einem Altbau deutlich über denen eines Neubaus liegen und so das Einsparpotential deutlich größer ist – bei zusätzlichen Komfort (**Fußbodenheizung** zum **Heizen + Kühlen**).

Generell und insbesondere ist auch hier eine Gebäudeheizlastberechnung nach DIN EN 12831 erforderlich!

Sind diese Grundvoraussetzungen erfüllt, ist es ratsam ein Energieberater oder ein Planungsbüro zur genauen Errechnung des Wärmebedarfes hinzuzuziehen.

Wichtige Hinweise:

Auch hier gelten ebenfalls die zuvor erwähnten Hinweise.

Berechnung der Kälteleistung

Für die Projektierung der Wärmequelle, d.h. Erdsonden oder Erdkollektoren, ist die Kälteleistung erforderlich, die aus der Differenz der Wärmepumpenleistung und der elektrischen Leistung der Wärmepumpe ermittelt werden. Die Sperrzeiten des EVU's müssen dabei nicht berücksichtigt werden, weil die Wärmeentzugleistung über 24h gemittelt werden kann.

$$P_K = P_{HWP} - P_E$$

mit P_K = Kälteleistung [W], [kW]
 P_{HWP} = Heizleistung der gewählten Wärmepumpe [W], [kW]
 P_E = Elektroleistung [W], [kW]

und $P_E = P_{HWP} / COP$
 $\Rightarrow P_K = P_{HWP} - P_{HWP} / COP = P_{HWP} \times (1 - 1/COP)$



Ein Hinweis aus der Praxis:

Die Kälteleistung kann in erster Näherung auch einfach mit

$$P_K = P_{HWP} \times 0,8$$

berechnet werden.

Projektierung der Wasserbrunnen

Für die Berechnung der erforderlichen Grundmenge bei Wasser-Wasser-Wärmepumpen gilt in erster Annäherung folgende Gleichung:

$$V_{GW} = (P_K \times 0,86 \text{ Km}^3/\text{kWh}) / \times \Delta T$$

mit V_{GW} = Durchflussmenge Grundwasser [m³/h]
 ΔT = Grundwasserabkühlung [K]



Wir empfehlen hierzu unbedingt unsere Durchflussmengen zu den einzelnen Wärmepumpentypen zu berücksichtigen.

Des Weiteren sind die nachfolgenden Grundlagen zur Projektierung für Wasser-Wasser-Wärmepumpen zur berücksichtigen. D.h. **es ist unbedingt die Wasserqualität für die Auslegung des Verdampfers zu berücksichtigen!**



Eine Wasser-Wasser-Wärmepumpe ist stets dann zu empfehlen, wenn eine entsprechende Wasserqualität gewährleistet ist, weil Wasser-Wasser-Wärmepumpen die besten Wirkungsgrade haben. Das Wasser muss vor allem eisen- und manganarm sein.



Weil mit zunehmender Tiefe die Wahrscheinlichkeit erhöhter Eisen- / Manganwerte wächst, sollte der Förderbrunnen nur so tief wie nötig - nicht so tief wie möglich - gebohrt werden. Der Schluckbrunnen sollte tiefer gebohrt werden.



Beim Brunnenbau sind die schwankenden Grundwasserstände zu berücksichtigen. Es sollten die maximalen und minimalen Grundwasserstände bei den entsprechenden Stellen, z.B. bei Geologischen Dienst des jeweiligen Bundeslandes erfragt werden. Im Regelfall kann Ihnen auch Ihr Brunnenbauer diese Informationen geben.

Projektierung der Erdsonden

Aus entsprechenden Tabellen sind die Entzugsleistungen für den vorhandenen Boden zu entnehmen. Hierzu können Informationen von den Geologischen Dienststellen eingeholt werden. Ist die Entzugsleistung bekannt, kann die gesamt erforderliche Erdsondenlänge berechnet werden:

$$L = P_K / P_G$$

mit L = erforderliche Erdsondenlänge [m]
 P_K = Kälteleistung [W], [kW]
 P_{Spez} = spezifische Entzugsleistung der Erde für Erdsonden [W/m]

In der Regel werden die Erdsonden auf mehrere Bohrungen zwischen 50m – max. 100m aufgeteilt. Der Abstand zwischen den Erdsonden sollte min. 5 – 10m betragen.

Projektierung der Erdkollektoren

Aus entsprechenden Tabellen können die Entzugsleistungen für oberflächennahe Böden entnommen werden. Die dann erforderliche Fläche berechnet sich zu:

$$F = P_K / P_{K\text{Spez}}$$

mit F = erforderliche Fläche für die Erdkollektoren [m²]
 P_K = Kälteleistung [W], [kW]
 $P_{K\text{Spez}}$ = Entzugsleistung des Bodens für Erdkollektoren [W/m²]

Nun gilt es noch den Verlegeabstand A zu ermitteln. Dazu dient folgende Gleichung:

$$A = 1\text{m} - P_{K\text{Spez}} \times 0,02\text{m}^3/\text{W}$$

mit A = Verlegeabstand [m]

In dieser Gleichung ist auch die Entzugsleistung berücksichtigt.

Wichtige Hinweise:

Grundsätzlich sollte eine Wärmepumpenanlage monovalent betrieben werden! - Eine Ausnahme sind Luft-Wasser-Wärmepumpen, bei denen bei sehr niedrigen Temperaturen über die Eingabe einer Bivalenztemperatur der Elektroheizstab oder eine Zusatzheizung zugeschaltet werden kann. Dabei ist jedoch die DIN 15450 anzuwenden, die besagt, dass eine Wärmepumpenanlage maximal wirtschaftlich arbeiten sollte und das Zuheizen nicht mehr als 5% der Gesamtjahresheizarbeit betragen darf. Eine Missachtung dieser technischen Regeln hat zur Folge, dass Jahresarbeitszahl, aufgrund des hohen Stromverbrauch, erheblich verschlechtert wird!

Die Jahresarbeitszahl JAZ gibt das Verhältnis zwischen dem jährlichen Wärmebedarf und des jährlichen Strombedarfs für die Wärmepumpe an:

$$JAZ = Q_H / Q_{el}$$

Mit Q_H = Jahresheizarbeit [kWh]
 Q_{el} = Jahresstromverbrauch [kWh]

Elektroheizstäbe dürfen bei Wasser-Wasser- und Sole-Wasser-Wärmepumpen nur im Notbetrieb – und dann per Hand – eingeschaltet werden!

Grundlagen zur Projektierung einer Wärmepumpenanlage

Wasser-Wasser-Wärmepumpen

Wasser-Wasser-Wärmepumpen haben unumstritten den besten Wirkungsgrad. Um eine Wasser-Wasser-Wärmepumpe langfristig sicher betreiben zu können müssen etliche Grundvoraussetzungen erfüllt sein:

-  Das Wasser muss eisen- und manganfrei sein, was ggf. auch mit unserer **AquaBonita-SITU**-Wasseraufbereitungsanlage realisiert werden kann. Darüber hinaus müssen noch weitere Kriterien an die Wasserqualität erfüllt werden:
Siehe Merkblatt Grenzwerte Korrosionsbeständigkeit

-  Der Grundwasserspiegel sollte nicht tiefer als 30m – 40m sein, weil dann zu viel Energie für die Unterwasserpumpen erforderlich ist.
Wird jedoch die Rücklaufleitung in den Schluckbrunnen gleich tief wie die Saugleitung verlegt, gilt das Prinzip der kommunizierenden Röhren.

-  Es muss gewährleistet sein, dass der Schluckbrunnen das zurücklaufende Wasser aufnehmen kann, was z.B. bei lehmigen, wasserundurchlässigen Böden oder bei sehr hohen Grundwasserständen nur schwer möglich ist.
Die Menge des zurückfließenden Wassers hängt von der Wärmepumpe und deren Leistung ab.

Wichtiger Hinweis:

Bei größeren Wärmepumpenanlagen, etwa größer 20 kW, kann der Einsatz einer Wasser-Wasser-Wärmepumpe auch bei eisen- und manganhaltigen Wässern sinnvoll sein. Mit unseren **AquaBonita-SITU**-Wasseraufbereitungsanlagen können diese Wässer subterrestrisch (unterirdisch) aufbereitet werden. Somit wird das dem Grundwasserleiter wieder zugeführte Wasser nicht verändert. Diese Kombination:

Wärmepumpe + AquaBonita-SITU-Wasseraufbereitung bietet Ihnen nur
Umwelt & Technik

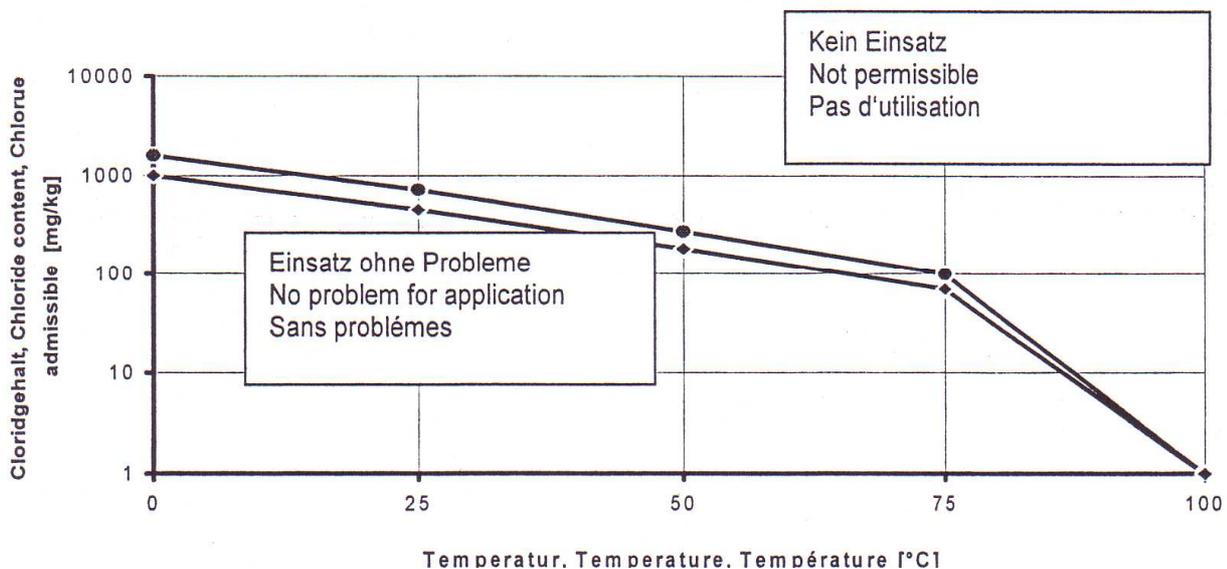
Bei geringeren Kosten kann so ein höherer Wirkungsgrad erzielt werden!

Grundlagen zur Projektierung einer Wärmepumpenanlage

Wasser-Wasser-Wärmepumpen

Merkblatt / Grenzwerte Korrosionsbeständigkeit

Wasserinhaltsstoffe + Kennwerte	Platten-WT, kupfergelötet	Platten-WT, nickelgelötet
pH-Wert:	7 – 9 (unter Beachtung SI-Index)	6 – 10
Sättigungsindex SI (delta pH-Wert):	-0,2 < 0 < +0,2	keine Festlegung
Gesamthärte:	6 – 15 °dH	6 – 15 °dH
Leitfähigkeit:	10 ... 500 µS/cm	keine Festlegung
abfiltrierbare Stoffe:	< 30 mg/l	< 30 mg/l
Chloride (Cl):	siehe Diagramm unten	siehe Diagramm unten
freies Chlor (Cl):	< 0,5 mg/l	< 0,5 mg/l
Schwefelwasserstoff (H ₂ S):	< 0,05 mg/l	keine Festlegung
Ammoniak (NH ₃ / NH ₄ ⁺):	< 2 mg/l	keine Festlegung
Sulfat (SO ₄):	< 100 mg/l	< 300 mg/l
Hydrogenkarbonat (HCO ₃ ⁻):	< 300 mg/l	keine Festlegung
Hydrogenkarbonat / Sulfat:	> 1,0	keine Festlegung
Sulfid (S ²⁻):	< 1 mg/l	< 5 mg/l
Nitrat (NO ₃):	< 100 mg/l	keine Festlegung
Nitrit (NO ₂):	< 0,1 mg/l	keine Festlegung
Eisen (Fe):	< 0,2 mg/l	< 0,2 mg/l
Mangan (Mn):	< 0,1 mg/l	< 0,1 mg/l
freie, aggressive Kohlensäure (H ₂ CO ₃):	< 20 mg/l	keine Festlegung



Zulässiger Chloridgehalt in Abhängigkeit der Temperatur (1.4404 / SA240 316L)

Grundlagen zur Projektierung einer Wärmepumpenanlage

Wasser-Wasser-Wärmepumpen - Unterwasserpumpe - Rohrleitungen (PE)

Für den Betrieb einer Wasser-Wasser-Wärmepumpe muss der Mindestdurchfluss des Brunnenwassers durch den Verdampfer unbedingt eingehalten werden. Des Weiteren muss der Druckverlust des Gesamtsystems berücksichtigt werden. Für die Ermittlung des Gesamtdruckverlustes gilt folgende Gleichung:

$$\Delta P = P_L + P_{FB} + P_{WP}$$

mit P_L = Druckverlust in der Zu- und Ableitung,
 P_{FB} = Druckverluste aller Formteile und Bögen
 P_{WP} = Druckverlust des Verdampfers der Wärmepumpe – siehe hierzu Montage- und Bedienungsanleitungen

Für die Ermittlung des Druckverlustes in der Zu- und Ableitung dient folgende Tabelle:

Druckhöhenverluste in PE-Kunststoffrohren

Durchflussmenge			Kunststoffleitungen PELM / PEW PEN 10											
m³/h	l/min	l/sec	PELM				PEW							
			25	32	40	50	63	75	90	110	125	140	160	180
			20,4	26,2	32,6	40,6	51,4	61,4	73,5	90,0	102,2	114,6	130,8	147,2
0,6	10	0,16	0,49	0,30	0,19	0,12								
			1,8	0,66	0,27	0,085								
0,9	15	0,25	0,76	0,46	0,3	0,19	0,12							
			4,0	1,14	0,6	0,18	0,63							
1,2	20	0,33	1,0	0,61	0,39	0,25	0,16							
			6,4	2,2	0,9	0,28	0,11							
1,5	25	0,42	1,3	0,78	0,5	0,32	0,2	0,14						
			10,0	3,5	1,4	0,43	0,17	0,074						
1,8	30	0,50	1,53	0,93	0,6	0,38	0,24	0,17						
			13,0	4,6	1,9	0,57	0,22	0,092						
2,1	35	0,58	1,77	1,08	0,69	0,44	0,28	0,2						
			16,0	6,0	2,0	0,70	0,27	0,12						
2,4	40	0,67	2,05	1,24	0,80	0,51	0,32	0,23	0,16					
			22,0	7,5	3,30	0,93	0,35	0,16	0,063					
3,0	50	0,83	2,54	1,54	0,99	0,63	0,4	0,28	0,2					
			37,0	11,0	4,8	1,40	0,50	0,22	0,09					
3,6	60	1,00	3,06	1,85	1,2	0,76	0,48	0,34	0,24	0,16				
			43,0	15,0	6,5	1,90	0,70	0,32	0,13	0,050				
4,2	70	1,12	3,43	2,08	1,34	0,86	0,54	0,38	0,26	0,18				
			50,0	18,0	8,0	2,50	0,83	0,38	0,17	0,068				
4,8	80	1,33		2,47	1,59	1,02	0,64	0,45	0,31	0,2				
				25,0	10,5	3,00	1,20	0,50	0,22	0,084				
5,4	90	1,5		2,78	1,8	1,15	0,72	0,51	0,35	0,24	0,18			
				30,0	12,0	3,50	1,30	0,57	0,26	0,092	0,05			
6,0	100	1,67		3,1	2,0	1,28	0,8	0,56	0,39	0,26	0,2			
				39,0	16,0	4,6	1,80	0,73	0,30	0,17	0,07			
7,5	125	2,08		3,86	2,49	1,59	1,00	0,70	0,49	0,33	0,25	0,20		
				50,0	24,0	6,6	2,50	1,10	0,50	0,18	0,10	0,55		
9,0	150	2,50			3,0	1,91	1,20	0,84	0,59	0,39	0,30	0,24		
					33,0	8,6	3,5	1,40	0,63	0,24	0,13	0,075		
10,5	175	2,92			3,5	2,23	1,41	0,99	0,69	0,46	0,36	0,28		
					38,0	11,0	4,3	1,80	0,78	0,30	0,18	0,09		
12,0	200	3,33			3,99	2,55	1,6	1,12	0,78	0,52	0,41	0,32	0,25	
					50,0	14,0	5,5	2,4	1,0	0,40	0,22	0,12	0,065	
15	150	4,17				3,19	2,01	1,41	0,98	0,66	0,51	0,40	0,31	0,25
						21,0	8,0	3,70	1,50	0,57	0,34	0,18	0,105	0,06
18	300	5,00				3,82	2,41	1,69	1,18	0,78	0,61	0,48	0,37	0,29
						28,0	10,5	4,60	1,95	0,77	0,45	0,25	0,13	0,085
24	400	6,67					3,21	2,25	1,57	1,05	0,81	0,65	0,50	0,39
							19,0	8,0	3,60	1,40	0,78	0,44	0,23	0,15
30	500	8,33					4,01	2,81	1,96	1,31	1,02	0,81	0,62	0,49
							28,0	11,5	5,0	2,0	1,20	0,63	0,33	0,21
36	600	10,0					4,82	3,38	2,35	1,57	1,22	0,97	0,74	0,59
							37,0	15,0	6,6	2,6	1,50	0,82	0,45	0,28
42	700	11,7					5,64	3,95	2,75	1,84	1,43	1,13	0,87	0,69
							47,0	24,0	8,0	3,5	1,90	1,10	0,60	0,40
48	800	13,3						4,49	3,13	2,09	1,62	1,29	0,99	0,78
								26,0	11,0	4,5	2,60	1,40	0,81	0,48
54	900	15,0						5,07	3,53	2,36	1,83	1,45	1,12	0,80
								33,0	13,5	5,5	3,20	1,70	0,95	0,58
60	1000	16,7						5,64	3,93	2,63	2,04	1,62	1,24	0,96
								40,0	16,0	6,7	3,90	2,2	1,2	0,75
75	1250	20,8							4,89	3,27	2,54	2,02	1,55	1,22
									25,0	9,0	5,0	3,0	1,6	0,95
90	1500	25,0							5,88	3,93	3,05	2,42	1,86	1,47
									33,0	13,0	8,0	4,1	2,3	1,40
105	1750	29,2							6,86	4,59	3,56	2,83	2,17	1,72
									44,0	17,5	9,7	5,7	3,2	1,9
120	2000	33,3								5,23	4,06	3,23	2,48	1,96
										23,0	13,0	7,0	4,0	2,4
150	2500	41,7								6,55	5,08	4,04	3,10	2,45
										34,0	18,0	10,5	6,0	3,5
180	3000	50								7,86	6,1	4,85	3,72	2,94
										45,0	27,0	14,0	7,6	4,0
240	4000	66,7									8,13	6,47	4,96	3,92
											43,0	24,0	13,0	7,5
300	5000	83,3										8,08	6,2	4,89
												33,0	18,0	11,0

Die oberen Zahlen geben die Strömungsgeschwindigkeit in m/sec. an; die unteren Zahlen geben den Druckhöhenverlust je 100m gerader Rohrleitung in m an. Rauheit: K=0,01mm, T=10°C

Weitere Hinweise für die Projektierung der Rohrleitungen für **Geo-Max**[®]-Wasser-Wasser-Wärmepumpen

-  Die Strömungsgeschwindigkeit sollte maximal 1,5 m/Sec, besser 1,0m/Sec nicht überschreiten.
-  Druckverluste bedeuten Energieverluste!
Daher sollten die Rohrleitungen eher etwas dicker als zu klein ausgelegt werden!
-  Auch die Rohrleitungslänge ist zu beachten.
-  Auch die Druckverluste in Bögen, T-Stücken und Armaturen sind zu berücksichtigen!

Siehe Tabelle:

	1"	1 ¼"	1 ½"	2"	2 ½"	3"	3 ½"	4"	5"	6"
90°-Bögen und Absperrschieber	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,6	1,7	2,0	2,5
T-Stücke und Rückschlagventile	4,0	5,0	5,0	5,0	6,0	6,0	6,0	7,0	8,0	9,0

Die Druckverluste in Bögen, Absperrschiebern, T-Stücken und Rückschlagventilen entspricht der Länge eines geraden Rohres, wie Sie in den letzten beiden Zeilen der Tabelle genannt sind.

-  Zum Schutz einer **Geo-Max**[®]-Wasser-Wasser-Wärmepumpe empfehlen wir grundsätzlich einen Strömungswächter! Ohne diesen erlischt die Gewährleistung auf den Verdampfer (wasserseitiger Wärmetauscher).

Für den von uns empfohlenen Strömungswächter gilt folgende Auswahltabelle:

Nenndurchmesser des Rohres	1"	1 ¼"	1 ½"	2"	2 ½"	3"	4"	6"	8"
Minimale Einstellung des Schaltpunktes bei zunehmenden Durchfluss in m³/h	1,3	1,7	2,6	3	5	6,8	10	16,5	37
Minimale Einstellung des Schaltpunktes bei abnehmenden Durchfluss in m³/h	0,9	1,25	1,9	2,2	3,7	5,2	8,5	14,5	33
Maximale Einstellung des Schaltpunktes bei zunehmenden Durchfluss in m³/h	2,9	3,8	5,9	6,7	11,7	15,8	21,5	43	76
Maximale Einstellung des Schaltpunktes bei abnehmenden Durchfluss in m³/h	2,8	3,7	5,8	6,6	11,5	15,6	21	36	70

Wichtiger Hinweis!

Diese o.g. Angaben sollen zur Dimensionierung der Rohrleitungen dienen.
Für den ordnungsgemäßen Betrieb sind die vom Hersteller genannten technischen Informationen gültig.

In grober Annäherung sind für unsere **Geo-Max**[®]-Wasser-Wasser-Wärmepumpen folgende Nenngrößen für die Rohrleitungen (PE) in erster Annäherung zu empfehlen:

Wärmepumpentyp	min. Durchfluss in m³/h	min. Nennweite PE-Rohr
Geo-Max [®] -Wasser-Wasser-WP WW 9.300	1,7	1" – DN 32
Geo-Max [®] -Wasser-Wasser-WP WW 12.600	2,3	1" – DN 32
Geo-Max [®] -Wasser-Wasser-WP WW 16.100	2,9	1" – DN 32
Geo-Max [®] -Wasser-Wasser-WP WW 18.500	3,4	1 ¼" – DN 40
Geo-Max [®] -Wasser-Wasser-WP WW 22.700	4,2	1 ½" – DN 50
Geo-Max [®] -Wasser-Wasser-WP WW 26.700	4,8	1 ½" – DN 50
Geo-Max [®] -Wasser-Wasser-WP WW 32.200	5,8	1 ½" – DN 50
Geo-Max [®] -Wasser-Wasser-WP WW 37.000	6,8	2" – DN 63
Geo-Max [®] -Wasser-Wasser-WP WW 45.400	8,4	2 ½" – DN 75
Geo-Max [®] -Wasser-Wasser-WP WW 53.400	9,6	2 ½" – DN 75

Wichtiger Hinweis!

Bei langen Rohrleitungen können auch größere Nennweiten erforderlich sein!

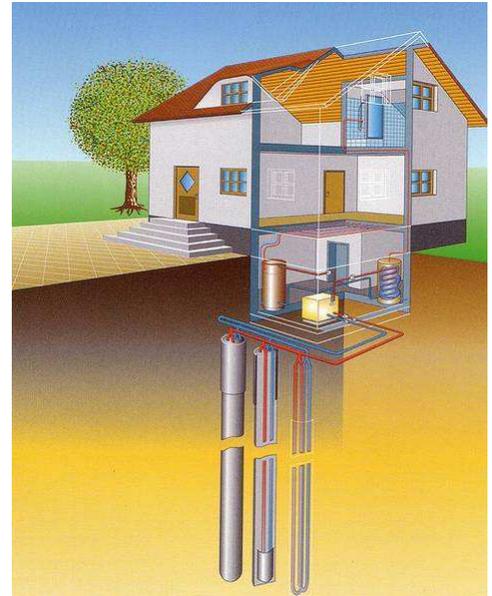
Angaben ohne Gewähr - Änderungen vorbehalten!

Grundlagen zur Projektierung von Sole-Wasser-Wärmepumpen-Anlagen

Sole-Wasser-Wärmepumpen haben ein geschlossenes System, so dass ein langfristig sicherer Betrieb gewährleistet werden kann. Die Wärmepumpenanlage ist daher vom Grundwasser weitestgehend unabhängig. Zur Erschließung der Wärmequelle dienen entweder Erdsonden oder Erdkollektoren. Grundlage zur Projektierung der Wärmequelle ist die ermittelte Kälteleistung.

... mit Erdsonden

Bei Erdsonden ist darauf zu achten, dass diese ausreichend und nicht zu knapp dimensioniert werden. Zu knapp dimensionierte Erdsonden haben zu niedrige Soletemperaturen, was den Wirkungsgrad verschlechtert und führen im schlimmsten Fall zum Vereisen des Erdreiches. Dies wiederum kann dazu führen, dass die Wärmepumpe abschaltet und auf Störung geht.



Für die Entzugsleistungen gem. VDI 4640 sowie der Kälteaufnahmeleistung für Erdsonden (Kühlen) P_{Spez} gelten folgende Richtwerte:

Spezifische Entzugsleistung von Erdsonden			
Bodenbeschaffenheit	spez. Entzugsleistung		Aufnahmeleistung
	1800h/a	2400h/a	
Trockener Sand, Kies	< 25 W/m	< 20 W/m	< 10 W/m
Trockenes Lockergestein	20 – 25 W/m	15 – 20 W/m	9 – 12 W/m
Trockener Ton, Lehm	20 – 30 W/m	20 – 25 W/m	12 – 19 W/m
feuchter Ton, Lehm	35 – 50 W/m	30 – 40 W/m	18 – 25 W/m
Festgestein mit geringer Wärmeleitung	40 – 45 W/m	35 – 40 W/m	21 – 28 W/m
Wasserführendes Lockergestein	50 – 55 W/m	45 – 50 W/m	28 – 31 W/m
Kalksandstein	55 – 70 W/m	45 – 60 W/m	28 – 37 W/m
wasserführenden Sand, Kies	65 – 80 W/m	55 – 75 W/m	34 – 40 W/m
Sandstein	60 – 70 W/m	55 – 65 W/m	34 – 40 W/m
Saure Magnetite (z.B. Granit)	65 – 85 W/m	55 – 70 W/m	37 – 43 W/m
Basische Magnetite (z.B. Basalt)	40 – 65 W/m	35 – 55 W/m	20 – 38 W/m
Gneis	70 – 85 W/m	60 – 70 W/m	35 – 40 W/m

Erdsonden werden in der Regel aus 4 parallel vertikal verlaufenden PE-Rohren, DN 25mm (3/4“) oder DN 32mm (1“) erstellt.

Die Bohrtiefe hängt dabei von den geogenen Bedingungen ab.

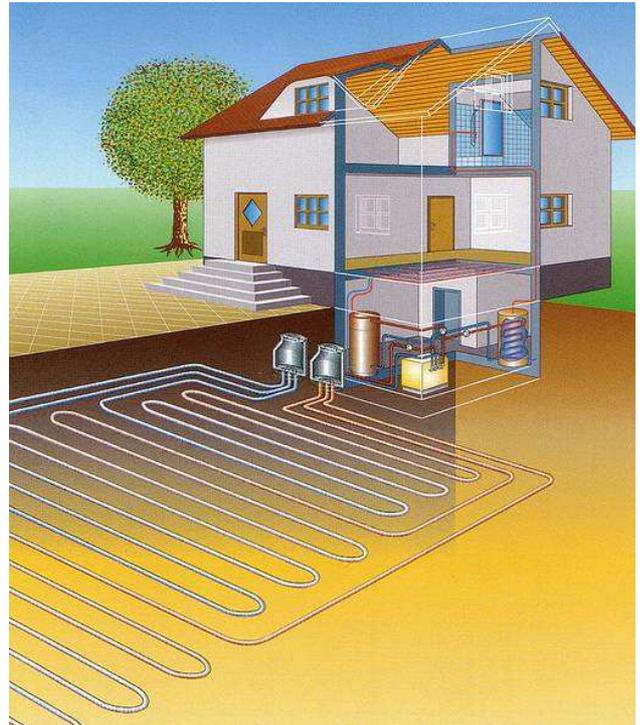
Wichtiger Hinweis:

Bei der Ermittlung der Entzugsleistung sind die unterschiedlichen Entzugsleistungen aller zu nutzenden Bodenschichten zu beachten.

Wasser führende Schichten, in den oberen Stockwerken, mit Grundwasserbewegung – die jedoch nicht zu hoch bewertet werden darf – können höhere Entzugsleistung haben als tiefere Schichten, in denen davon auszugehen ist, dass dort das Grundwasser steht.

... mit Erdkollektoren

Bei Erdkollektoren ist ebenfalls darauf zu achten, dass diese ausreichend groß dimensioniert und in die richtige Tiefe verlegt werden: min. 1,2 - max. 1,5m. Dabei werden horizontal PE-Rohre verlegt, je nach Bodenverhältnissen DN 25mm / DN 32mm mit einem Rohr-Abstand von 0,3m bis 0,8m. Die einzelnen Kreise sollten alle die gleiche Länge von ca. 80m bis max. 100m haben. - Je größer die Kreise sind, desto größer ist der Druckverlust und damit die erforderliche Leistung für die Umwälzpumpe. Die gleich langen Kreise werden dann nach Tichelmann angeschlossen, damit alle Kreise gleichmäßig durchströmt werden. Beim Einbau der Rohre ist darauf zu achten, dass diese nicht durch Steine oder andere scharfkantigen Gegenstände beschädigt oder eingedrückt werden können. Ggf. sind die Rohre in Feinsand oder weichen Boden zu verlegen.



Für die Entzugsleistungen $P_{K_{spez}}$ für Erdkollektoren $P_{K_{spez}}$ gelten folgende Richtwerte:

Spezifische $P_{K_{spez}}$ Entzugsleistungen von Erdkollektoren		
Bodenart	Entzugsleistung bei 1.800 h/a(W/m ²)	Entzugsleistung bei 2.400 h/a(W/m ²)
trockener Sand, Kies	8 - 12 W/m ²	6 - 10 W/m ²
feuchter Sand, Kies	15 - 20 W/m ²	12 - 16 W/m ²
trockener Ton, Lehm	20 - 25 W/m ²	15 - 20 W/m ²
feuchter Ton, Lehm	25 - 30 W/m ²	20 - 24 W/m ²
Wasser führende Böden	30 - 40 W/m ²	25 - 32 W/m ²

Hinweis:

Hierzu nennt VDI 4640 Richtwerte, die etwas weniger umfangreich gefasst sind.

Je nach Bodenverhältnissen und eventuellen Inhomogenitäten können die Werte für die spezifischen Entzugsleistungen erheblich schwanken.

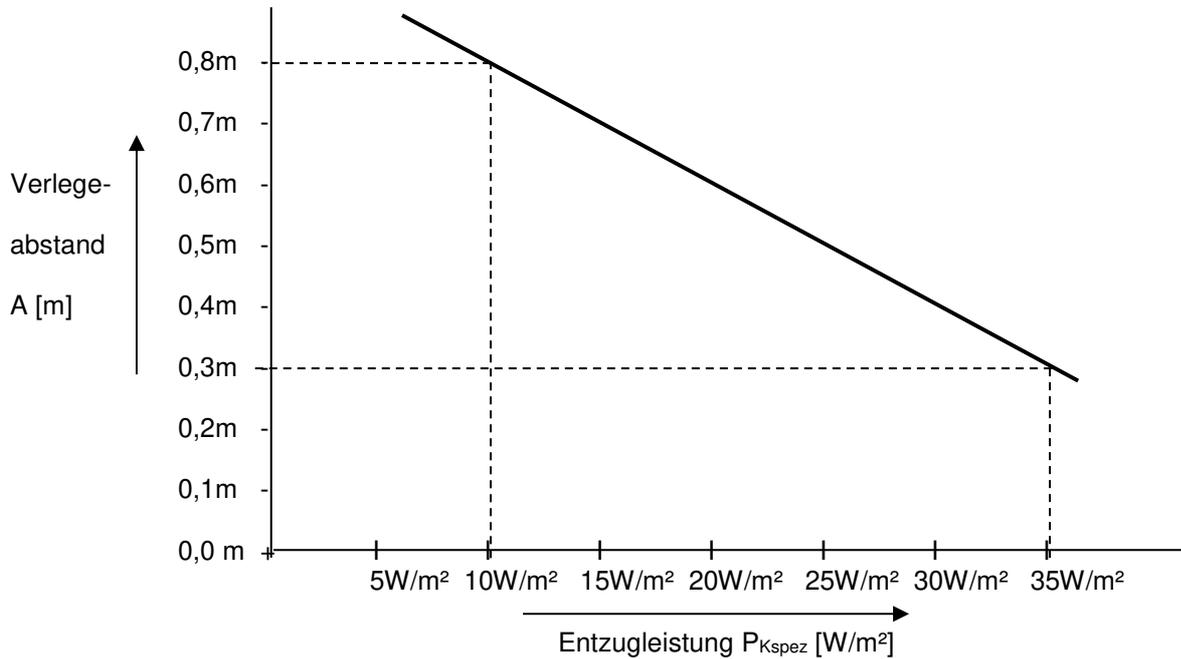
Berechnung der Heizleistung aus Massestrom und Temperaturdifferenz

$$Q = P \cdot t = m \cdot c \cdot (T_2 - T_1) \quad \text{mit} \quad m = \text{Massestrom [kg/h]} \quad T_2 = \text{Eintrittstemperatur [K]}$$

$$= m \cdot c \cdot \Delta T \quad \Delta T = \text{Temperaturdifferenz} \quad T_1 = \text{Austrittstemperatur [K]}$$

$$Q = \text{Wärmeleistung [W]} \quad c = \text{spez. Wärmekapazität Wasser} = 1,163 \text{ Wh/(kg}\cdot\text{K)}$$

Für die Ermittlung des maximalen Verlegeabstandes A kann folgendes Diagramm zur Hilfe genommen werden:



Der maximale Verlegeabstand kann auch mit folgender Gleichung berechnet werden:

$$d_k = 1\text{m} - P_{K\text{spez}} \times 0,02\text{m}^3/\text{W}$$



Dabei ist zu berücksichtigen, dass der Verlegeabstand eher etwas größer jedoch nicht geringer sein darf!

Hinweis:

Es besteht auch die Möglichkeit die oftmals kostengünstigeren Erdkollektoren mit den deutlich effektiveren Erdsonden zu kombinieren. Bei entsprechender Verlegung können Erdsonden an Erdkollektoren auch nachgerüstet werden.

Für die Rohrleitungen (PE) vom Verteiler der Erdsonden / Erdkollektoren zur **Geo-Max®**-Wärmepumpe empfehlen wir folgende Auswahltabelle:

Wärmepumpentyp	min. Durchfluss in m³/h	min. Nennweite PE-Rohr
Geo-Max® -Sole-Wasser-WP SW 4.600	1,2	1" – DN 32
Geo-Max® -Sole-Wasser-WP SW 5.900	1,5	1" – DN 32
Geo-Max® -Sole-Wasser-WP SW 7.000	1,8	1" – DN 32
Geo-Max® -Sole-Wasser-WP SW 8.300	2,0	1" – DN 32
Geo-Max® -Sole-Wasser-WP SW 10.300	2,6	1 ¼" – DN 40
Geo-Max® -Sole-Wasser-WP SW 12.400	3,2	1 ¼" – DN 40
Geo-Max® -Sole-Wasser-WP SW 15.000	3,9	1 ½" – DN 50
Geo-Max® -Sole-Wasser-WP SW 16.800	4,4	1 ½" – DN 50
Geo-Max® -Sole-Wasser-WP SW 18.800	4,8	1 ½" – DN 50
Geo-Max® -Sole-Wasser-WP SW 23.100	6,0	2" – DN 63
Geo-Max® -Sole-Wasser-WP SW 26.800	7,0	2" – DN 63
Geo-Max® -Sole-Wasser-WP SW 33.100	8,6	2" – DN 63
Geo-Max® -Sole-Wasser-WP SW 40.100	10,4	2" – DN 63

Wichtiger Hinweis!

Bei langen Rohrleitungen können auch größere Nennweiten erforderlich sein!

Grundsätzlich ist für die Projektierung von Erdsonden / Erdkollektoren die technische Regel VDI 4640-2 anzuwenden!

Auslegung der Pumpen

Unterwasserpumpe

Siehe Projektierung einer Wasser-Wasser-Wärmepumpe.



Die Förderleistung muss ausreichend groß sein, weil ansonsten das Wasser zu stark ausgekühlt werden kann. Das führt dann dazu, dass der Druck im Kältekreislauf zu stark abfällt, was dann zu einer „Niederdruckstörung“ führt. Im Extremfall – leider jedoch nicht sehr selten – vereist der Verdampfer, was eine teure Reparatur erforderlich macht.

Solepumpe

Siehe Projektierung einer Sole-Wasser-Wärmepumpe. Eine falsch dimensionierte Solepumpe führt zu folgenden Problemen:



Eine zu kleine Solepumpe führt zur Unterversorgung der Wärmepumpe. Der Druck im Kältekreislauf fällt zu stark ab, was dann zu einer „Niederdruckstörung“ führt.

Eine zu große Solepumpe ist unnütz teuer und kostet zu viel Strom.

Ladepumpe – siehe technische Auslegungsdaten



Die Förderleistung muss eingehalten werden.

Oftmals werden die Ladepumpen zu klein dimensioniert. Das hat dann zur Folge, dass die Wärmepumpe die erzeugte Wärme nicht abgeben kann (insbesondere bei der Warmwasserbereitung). Dadurch steigt der Druck im Kältekreislauf zu stark an, was dann zu einer „Hochdruckstörung“ führt.

Heizkreispumpe(n)

Die Heizungspumpe des / der Heizkreise sind entsprechend den Regeln der Heizungsanlagentechnik zu dimensionieren.



Dabei ist jedoch zu beachten, dass die Summe der Förderleistungen in den / die Heizkreise deutlich kleiner sein muss als die Gesamtförderleistung der Ladepumpe. Ist dies nicht der Fall, kann sich keine Schichtung im Pufferspeicher aufbauen.

Technische Daten der Pumpen – siehe weiter vorne.

Warmwasserbereitung und -leitungen

Für die Warmwasserbereitung ist ein ausreichend dimensionierter Warmwasserspeicher erforderlich. Die passenden Speicher finden Sie unter der Rubrik 19.

Aber auch die Warmwasserleitungen sollten ausreichend groß dimensioniert werden, um auch beim öffnen weiterer Warmwasserzapfstellen die Warmwasserversorgung nicht plötzlich zusammenbricht.



Wenn beide Hinweise berücksichtigt werden, wird das Duschen ein Vergnügen bleiben.

Begründung:

1. Damit genug Warmwasserreserven im Speicher zur Verfügung stehen,
2. weil eine Wärmepumpe zum Laden des Warmwasserspeichers mit Ihrer geringeren Leistung eine längere Aufheizzeit benötigt als ein Gas- oder Ölkessel und
3. weil eine Wärmepumpe zum Laden des Warmwasserspeichers mit einer geringeren Vorlauftemperatur eine größere Wärmetauscherfläche benötigt, die ein größerer Warmwasserspeicher hat.

Deswegen empfehlen wir bei Wärmepumpenanlagen grundsätzlich bivalente Warmwasserspeicher oder Hochleistungswarmwasserspeicher.

Außerdem ist für die Warmwasserbereitung durchaus eine Solaranlage empfehlenswert, weil die Leistungsziffer einer Wärmepumpe bei den höheren Vorlauftemperaturen deutlich geringer ist und daher mehr Strom erforderlich ist.

Für die Leitungsdimensionierung ist darauf hinzuweisen, dass die Warmwasserleitungen ausreichend groß bemessen werden, weil die Warmwassertemperatur im Regelfall um 5 – 10°C (oder sogar mehr) geringer ist als dies bei Gas- oder Ölkessel der Fall ist.

Berechnungsbeispiel eines Neubaus mit 175m² zu beheizende Wohnfläche

1. Berechnung der Heizleistung:

$$P_H = F \times 40 \text{ W/m}^2$$

$$P_H = 175 \text{ m}^2 \times 40 \text{ W/m}^2 \\ = 7,0 \text{ kW}$$

In der Regel bewohnen in etwa 4 Personen ein EFH. Soll die Warmwasserbereitung ebenfalls über die Wärmepumpe erfolgen, sollte dies mit dem Faktor 1,2 berücksichtigt werden. Die erforderliche Wärmeleistung errechnet sich so zu:

$$P_{H'} = 7,0 \text{ kW} \times 1,2$$

$$P_{H'} = 8,4 \text{ kW}$$

Das EVU bietet einen Sondertarif an, unter der Voraussetzung dass pro Tag in der Summe 4 Stunden Sperrzeiten geschaltet werden:

$$S = 24\text{h} / (24\text{h} - t_{sp}) = 24\text{h} / 20\text{h} \\ = 1,2$$

Die so zu berechnende Heizleistung $P_{H''}$ berechnet sich zu:

$$P_{H''} = 8,4 \text{ kW} \times 1,2$$

$$\mathbf{P_{H''} = 10,1 \text{ kW}}$$

Mit einer entsprechenden Wärmepumpe ist dann ein monovalenter Betrieb sicher möglich. Hier kann je nach Einschätzung die nächst (geringfügig) kleinere oder die nächst größere Wärmepumpe gewählt werden.

Nun ergibt sich die Frage nach der Wärmequelle, d.h. Grundwasser, Erdsonden oder Erdkollektoren. Je nach Wärmequelle ist dann die entsprechende Wärmepumpe auszuwählen.

2. Auswahl der Wärmepumpe

Ist eine entsprechende Wasserqualität, insbesondere hinsichtlich Eisen / Mangan gegeben, ist die Wasser-Wasser-Wärmepumpe **Geo-Max[®]** WW 11.600 die optimale Wärmepumpe.

Wird eine Sole-Wasser-Wärmepumpe gewünscht oder erforderlich, ist die Sole-Wasser-Wärmepumpe **Geo-Max[®]** SW 10.300 die optimale Wärmepumpe.

3. Berechnung der Kälteleistung

$$P_K = P_{H'} - P_{H'} / \text{COP} = P_{H'} \times (1 - 1/\text{COP})$$

$$P_K = 10,3 \text{ kW} \times (1 - 1 / 4,2)$$

$$P_K = 7,8 \text{ kW}$$

bzw. $P_K = 0,8 \times P_{H'}$

$$P_K = 10,3 \text{ kW} \times 0,8$$

$$\mathbf{P_K = 8,24 \text{ kW}}$$

4.1 Projektierung der Erdsonden

Werden die Erdsonden in wasserführenden Sand / Kies eingebaut, kann von einer Entzugsleistung von ca. 55 W/m ausgegangen werden. Bei einer erforderlichen Kälteleistung von 8.240 W müssen also

$$\mathbf{L = 8.240 \text{ W} / 55 \text{ W/m} = 150\text{m}}$$

gebohrt werden. In der Praxis würden z.B. **3 Erdsonden** mit einer Tiefe von jeweils **50m** gebohrt werden.

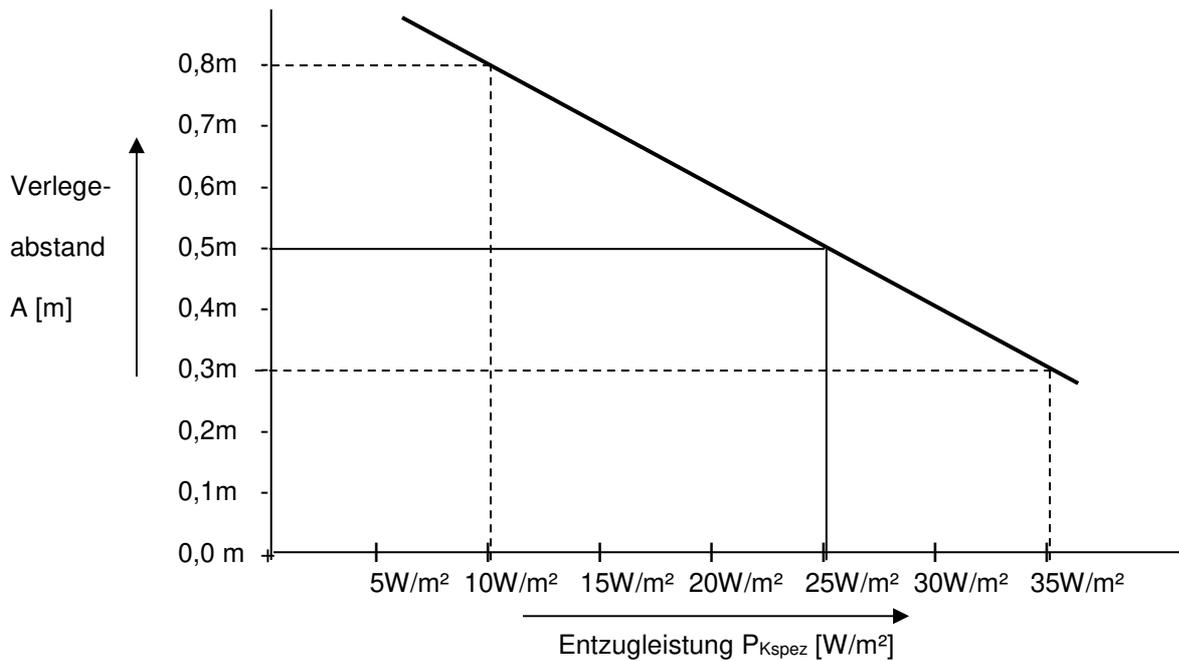
4.2 Projektierung der Erdkolektoren

Werden die Erdkolektoren in feuchtem Ton / Lehm verlegt, kann von einer Entzugsleistung von ca. 25 W/m^2 ausgegangen werden. Bei einer erforderlichen Kälteleistung von 8.400 W ist also eine Fläche von

$$F = 8.240 \text{ W} / 25 \text{ W/m}^2 = 330\text{m}^2$$

erforderlich.

Weil es sich hier um einen Boden mit einer hohen Entzugsleistung handelt, können die Rohre entsprechend dichter verlegt werden.



Der maximale Verlegeabstand beträgt daher max. $0,5\text{m}$; der optimale Verlegeabstand beträgt $0,4 - 0,5\text{m}$.

Der maximale Verlegeabstand d_k kann auch mit folgender Gleichung berechnet werden:

$$d_k = 1\text{m} - P_{k\text{spez}} \times 0,02\text{m}^3/\text{W}$$