

3 1300.50
1400.50

WÄRMEQUELLE-WÄRMEABSORBER

Ausgabe

Seite

INHALTSVERZEICHNIS

5/81

- 1.0.0 Allgemeines**
- 2.0.0 Planung**
- 3.0.0 Dimensionierung**
- 4.0.0 Erstellung der Anlagen**
- 5.0.0 Bedienung**
- 6.0.0 Wartung und Störung**

1.1 Prinzip

Wärmeabsorber sind großflächige, statisch belüftete und im Freien angeordnete Wärmetauscher; sie können Wärme aufnehmen:

- aus der Umgebungsluft,
- aus der Luftfeuchtigkeit,
- aus dem Regen und
- über Sonneneinstrahlung.

Wärmeabsorber bilden damit Sammler für die Wärmeaufnahme aus unterschiedlichen Energiequellen.

Der Wärmequelle Luft selbst sind nur die Wärmeinhalte von Luft und Luftfeuchtigkeit zugänglich; der Wärmeabsorber bietet über die Nutzung des Wärmeinhaltes von Regenwasser sowie über die Nutzung der Sonneneinstrahlung zusätzliche Aspekte, er muß jedoch in Zeiten ohne Sonneneinstrahlung um einige Grad Temperaturdifferenz unter der Lufttemperatur betrieben werden, um Wärme aufnehmen zu können.

Die Wärme wird über den geschlossenen Kreislauf einer Sole auf die Wärmepumpe übertragen, eventuell aber auch auf weitere Wärmetauscher, z. B. zur direkten Nutzung für die Warmwasserbereitung oder Schwimmbaderwärmung an sonnigen Sommertagen.

Wärmeabsorber sind statisch belüftet, d. h., sie benötigen kein Gebläse; die Aufstellung im Freien schafft damit keine Geräuschprobleme. Gegen die Leistungsaufnahme des Gebläses einer Luft-/Wasser-Wärmepumpe steht jedoch hier die Leistungsaufnahme der Pumpe für den Soleumlauf.

Als Wärmeabsorber sind bereits verschiedene und sehr unterschiedliche Ausführungen vorgeschlagen worden, die gegenüber den genannten Energiequellen auch ebenso unterschiedliches Verhalten zeigen. Pauschale Aussagen sind daher schlecht möglich; auf die verschiedenen Ausführungen sowie deren Vor- und Nachteile wird noch später eingegangen werden.

1.2 Verfügbarkeit

Luft und Wind, Regen und Sonnenschein sind an jedem Ort vorhanden, allerdings in zeitlich sehr unterschiedlichem Angebot und in unterschiedlicher Mischung.

Bezogen auf den Wärmeabsorber als Sammel-Wärmequelle werden sich daher auch ebenso große Schwankungen in der möglichen Wärmeaufnahme ergeben, und zwar sowohl in der Wärmemenge als auch im Temperaturniveau; der Bereich erstreckt sich von großen Wärmemengen auf direkt nutzbarem Temperaturniveau an Sommertagen mit starker Sonneneinstrahlung bis zu einem Temperaturniveau, auf dem auch eine Nutzung über Wärmepumpen nicht mehr sinnvoll oder nicht mehr möglich erscheint.

Die Grenze einer sinnvollen Nutzung wird hier, ähnlich wie bei der Nutzung der Wärmequelle Luft allein, im allgemeinen um 0 °C anzusetzen sein, dies bedeutet, daß auch Wärmepumpen mit der Wärmequelle Wärmeabsorber bivalent, alternativ oder parallel mit einem zweiten Wärmeerzeuger betrieben werden müssen.

1.3 Auswirkungen auf die Umgebung

Die Betriebstemperatur eines Wärmeabsorbers liegt im allgemeinen niedriger als die Temperatur der Umgebung; dies kann bei nicht sachgerechtem Aufbau Rückwirkungen auf Bauteile haben, die mit dem Wärmeabsorber in Verbindung stehen, z. B. auf eine Dachkonstruktion. Darüber hinaus sind keine Auswirkungen zu erwarten, es sollte jedoch auf die Übereinstimmung des Wärmeabsorber-Konzeptes mit der Umgebung und dem Baustil des Gebäudes geachtet werden.

1.4 Rechtliche Bestimmungen

Wärmeabsorber müssen selbstverständlich den Forderungen der Sicherheit genügen, z. B. denen der Statik und, sofern sie Bestandteile eines Gebäudes bilden, auch der Landesbauordnung bzw. den aus der Landesbauordnung abgeleiteten Vorschriften entsprechen. Ansonsten sind Erstellung und Betrieb von Wärmeabsorbern erlaubnisfrei.

2.1 Technik der Erschließung

Wärmeabsorber erfordern große Flächen, die

- der Luft und der Luftfeuchtigkeit zugänglich sein müssen, d. h. im Gegensatz zu Solarkollektoren keine Abdeckung besitzen dürfen,
- mit Regen beaufschlagt werden können und
- der Sonneneinstrahlung ausgesetzt sind, jedoch auch in der Lage sein müssen, Sonneneinstrahlung zu absorbieren.

Zur Anbringung eignen sich daher vorzugsweise nach Süden ausgerichtete Dachflächen oder Flachdächer. Wärmeabsorber können aber auch als „Energiedächer“ ausgebildet werden, d. h. die Dachfunktion selbst mit übernehmen.

In zweiter Linie kommen aber auch südseitige Hausfassaden oder Freiflächen wie Gartenzäune und dergleichen in Betracht; der Wärmeabsorber kann hier ebenso eine bauliche Funktion wahrnehmen, z. B. selbst den Gartenzaun bilden.

Wärmeabsorber bestehen aus Rohren oder sonstigen Hohlquerschnitten, die außen Wärme aufnehmen und auf die im Innenquerschnitt fließende Sole übertragen. Verschiedene Ausführungen besitzen zur Vergrößerung der äußeren Oberfläche und damit zur Verbesserung der Wärmeaufnahme mit den Rohren in wärmeleitender Verbindung stehende Zusatzflächen.

Bild 1 zeigt ein Register aus Rohrabsorberrn.



BILD 1

Die Verlegung erfolgt z. B. über einem Flachdach und ist verhältnismäßig problemlos. Entsprechend abgestützte Rohrregister besitzen eine gute Eigenstabilität gegen Winddruck und Schneelasten, sie erfordern daher einen geringen Bauaufwand und lassen sich auch nachträglich an bereits bestehenden Bauten anbringen.

Rohrregister können auch als Gartenzaun ausgebildet werden. Diese Ausführung ist ebenso einfach zu installieren und aufgrund ihrer guten Zugänglichkeit leicht zu überwachen. Eventuelle Undichtigkeiten richten keine Schäden an, ein beschädigter Rohrstrang kann auch ohne Fachkenntnisse repariert oder ausgetauscht werden.

Bild 2 zeigt die Verbindung von Rohren mit wärmeleitenden Flächen.

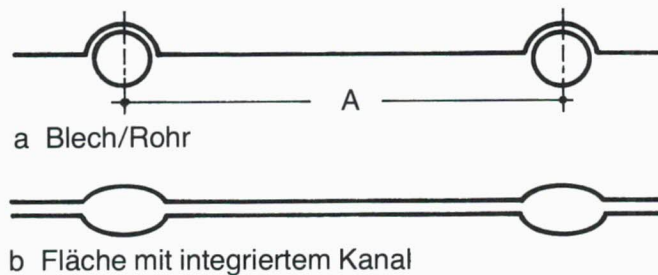


Bild 2

Solche Ausführungen eignen sich besonders zur Anbringung über Steildächern oder vor Fassaden, können aber auch als wärmeabsorbierende Dachhaut (Energiedach) ausgebildet sein.

Eine weitere Anwendungsmöglichkeit besteht in der Form von „Energiesäulen“, das sind senkrecht stehende Rohrbündel aus Rippenrohren, die an einer sonnigen und dem Wind ausgesetzten Freifläche im Garten aufgestellt werden können.

Neben den statischen Erfordernissen bestehen für die Erstellung und den Betrieb von Wärmeabsorb-ern, gleich welcher Ausführung, weitere Bedin-gungen.

- Wärmeabsorber müssen, von Zeiten mit starker Sonneneinstrahlung abgesehen, mit Temperaturen unterhalb der Umgebungstemperatur betrieben werden, um Wärme aufnehmen zu können. Es muß daher immer mit Kondenswasserbildung gerechnet werden; dieses Kondenswasser muß problemlos abzuleiten sein.
- Bauteile dürfen mit dem Wärmeabsorber nicht in wärmeleitender Verbindung stehen, um Kondenswasserbildung und Durchfeuchtung an den Ge-bäuden selbst zu vermeiden. Rohrregister auf Flachdächern oder Absorber-flächen müssen daher mit Abstand gegen die Dachhaut verlegt werden, Energiedächer müssen dampfdiffusionsdicht isoliert sein.

- Wärmeabsorber sind den gleichen Witterungsbedingungen ausgesetzt wie z. B. Dachflächen von Gebäuden. Sie müssen daher aus korrosions-sicherem und gegen Ultraviolett-Strahlung be-ständigem Material bestehen, sowie ausreichende Festigkeit sowohl bei niedrigen Temperaturen im Winter als auch bei hohen Temperaturen im Sommer behalten.

An metallischen Werkstoffen kommen vorzugs-weise Kupfer oder Chrom-Nickel-Stähle in Frage, bei Aluminium muß in den Übergängen auf andere metallische Werkstoffe Elementbildung verhindert werden. Kunststoffe sind meist nicht UV-beständig, es kom-men daher nur wenige Arten überhaupt in Betracht, z. B. UV-stabilisierte Typen von Makrolon oder Or-ganit.

2.2 Erforderliche Qualität des Wärme-trägers

Als Wärmeträger kann, sofern die Anlage über die Wintermonate entleert wird, Wasser verwendet werden. Für die Wahl des Bivalenzpunktes ist hier jedoch die niedrigste Wassereintrittstemperatur der verwendeten Wärmepumpentype maßgebend.

Wird nicht entleert bzw. soll auch bis zu tieferen Bivalenztemperaturen betrieben werden, müssen Frostschutzmittel zugesetzt werden, gegebenen-

falls bis zur niedrigstmöglichen Temperatur der ent-sprechenden Klimazone.

Zu beachten ist, daß die spezifische Wärme der Gemische im allgemeinen mit steigenden Zusätzen sinkt. Die Viskosität steigt sowohl mit dem Anteil der Zusatzstoffe als auch mit fallenden Soletempe-raturen; dies ist bei der Berechnung der erforder-lichen Pumpenleistung zu berücksichtigen.

Zusatzstoffe und Mischungsverhältnisse sowie die wichtigsten physikalischen Eigenschaften dieser Gemische sind in der **Tabelle 1** zusammengestellt.

nach Hersteller-angaben

SOLEGRENZTEMPERATUR -10 °C

Zusatzstoff	Soletemperatur 0 °C			Soletemperatur -10 °C	
	Zusatz Vol.-%	Viskosität mm ² /s	Spez. Wärme Wh/kg K	Viskosität mm ² /s	Spez. Wärme Wh/kg K
Antifrogen N	20	2	1,07	5	1,06
Antifrogen L (Lebensmittelber.)	25	6	1,09	10	1,08
Chlorcalciumlauge (Ca Cl ₂)	12,7	1,81	1,17	4,14	-
TKL (Äthylen-Glycol + Propandiol)	20	8	-	14,6	-
Fricofin (Äthylen-Glycol)	20	3,6	1,01	ca. 5	0,94
PKL 100 (Gemisch von Glycolen)	40	8	1,00	13,7	0,99

SOLEGRENZTEMPERATUR -20 °C

Zusatzstoff	Soletemperatur 0 °C			Soletemperatur -20 °C	
	Zusatz Vol.-%	Viskosität mm ² /s	Spez. Wärme Wh/kg K	Viskosität mm ² /s	Spez. Wärme Wh/kg K
Antifrogen N	34	3	0,98	11	0,99
Antifrogen L	38	12	1,02	45	1,01
Chlorcalciumlauge	21	-	1,17	8,78	-
TKL	34	-	-	-	-
Fricofin	33	5	0,95	ca. 9,3	0,92
PKL 100	40	8	1,00	26	0,98

TABELLE 1

2.3 Potential und Wärmeinhalt

In diesem Kapitel werden Potential und Wärmeinhalt der Energiequellen Luft, Regen und Sonneneinstrahlung abgeleitet.

Der Wärmeabsorber selbst ist passiv, d. h. diesen Energiequellen nur ausgesetzt und kann den Energiequellen nur Anteile entnehmen, auf deren Größe im Kapitel Dimensionierung eingegangen wird.

2.3.1 Luft und Luftfeuchtigkeit

Die mittlere Tages-Lufttemperatur ändert sich mit dem Jahresverlauf, überlagert sind die Schwankungen der Lufttemperatur im Tagesverlauf, sie betragen im Sommer durchschnittlich 10 K, im Winter etwa 4 K, aber auch die relative Feuchtigkeit der Luft zeigt ähnliche Veränderungen.

Diagramm 2 den Tagesverlauf der Lufttemperatur für die Monate Januar, Juli und Oktober,

Diagramm 1 zeigt den Jahresverlauf der mittleren Tages-Lufttemperaturen am Beispiel Berlin und Kiel,

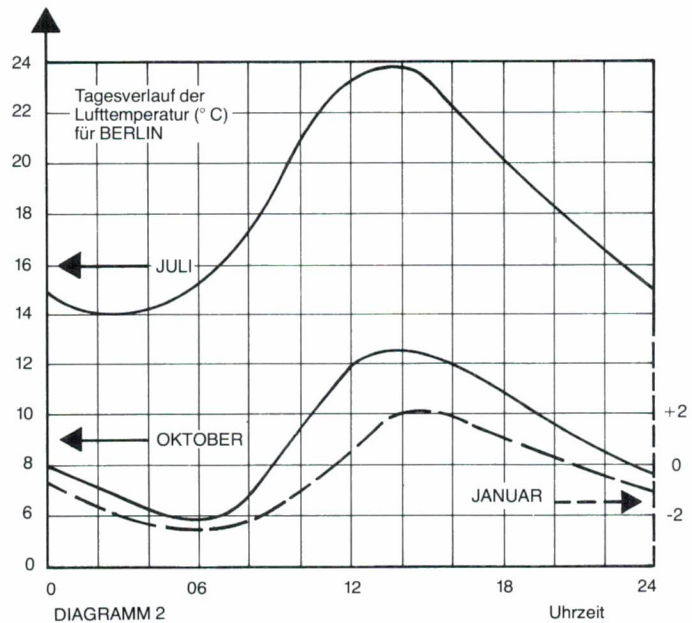
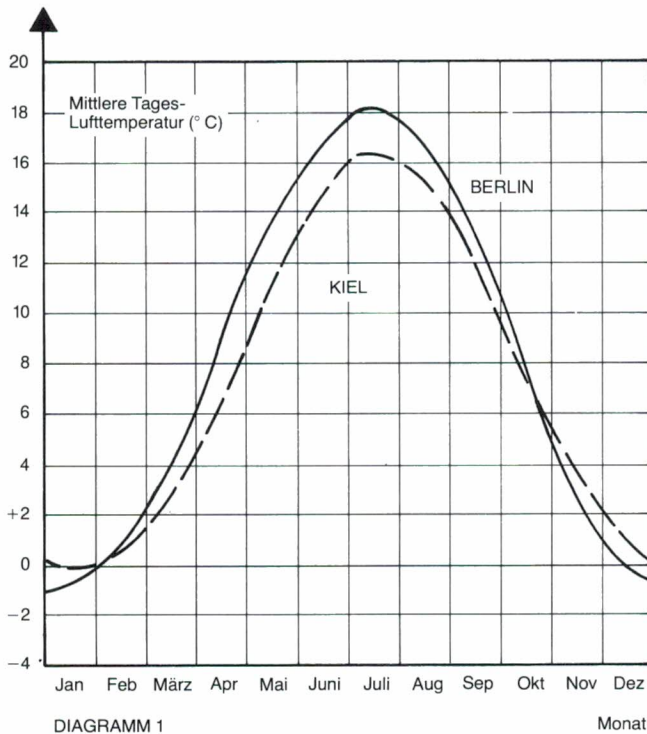
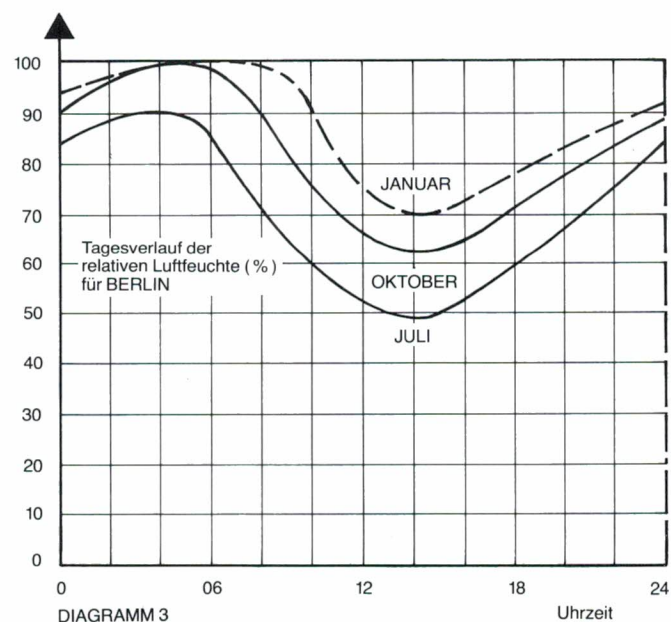


Diagramm 3 den Tagesverlauf der Luftfeuchtigkeit, ebenso für Januar, Juli und Oktober, jeweils für Berlin.



Zur Abschätzung der aus dem jeweiligen Luftzustand von Lufttemperatur (fühlbare Wärme) und Luftfeuchtigkeit (latente Wärme) **theoretisch gewinnbaren Gesamt-Wärmemenge** ist in der

Tabelle 2 weiter zugrunde gelegt, daß die Luft um 6 K abgekühlt wird.

Monat		Juli		Oktober		Januar	
Uhrzeit		06.00	14.00	06.00	14.00	06.00	14.00
Temperatur	°C	15,5	24,0	6,0	12,5	-2,5	+2,0
Feuchtigkeit	%	85	49	100	62	100	70
Gewinn aus fühlbarer Wärme (6 K)	Wh/m ³	2,1	2,0	2,1	2,1	2,2	2,1
Gewinn aus latenten Wärmen (6 K)	Wh/m ³	0,4	∅	1,8	∅	1,2	0,4
Gesamt	Wh/m³	2,5	2,0	3,9	2,1	3,4	2,5

TABELLE 2

Die Werte für den theoretischen Gesamt-Wärmegewinn zeigen, daß hohe Luftfeuchtigkeit eine bedeutende Rolle spielt, bei Werten unter 70 % sind dagegen kaum merkliche Anteile aus der latenten Wärme des Wasserdampfgehaltes der Luft zu erwarten.

In der Praxis bilden jedoch auch die Konstruktion des Wärmeabsorbers, insbesondere dessen wirk-same Oberfläche und die Windgeschwindigkeit, d. h. das Heranführen der Luftmengen an den Wärmeabsorber **entscheidende Faktoren für die tatsächlich gewinnbaren Wärmemengen.**

2.3.2 Wind

besitzt kein eigenes Wärmepotential, verbessert jedoch den Wärmeübergang von der Luft auf den Absorber.

Dies führt:

- zu erhöhtem Wärmegewinn, wenn die Absorber-temperatur niedriger liegt als die Lufttemperatur,
- jedoch auch zu einer Abkühlung des Absorbers, wenn dessen Temperatur durch Sonneneinstrahlung höher liegt als die Temperatur der vorbeistreichenden Luft.

2.3.3 Regen

Wasser besitzt in bezug auf den Wärmeabsorber gegenüber Luft zwei Vorteile:

- Der Wärmeübergang auf direkt beaufschlagte Flächen ist um ein Vielfaches besser,
- der Wärmehalt von Wasser ist mit 1,16 Wh/kg · K erheblich höher als der Wärmehalt von Luft mit 0,28 Wh/kg · K.

Regen entsteht jedoch in größeren Höhen und besitzt daher niedrigere Temperaturen als die Luft in Erdbodennähe; die Temperatur der Atmosphäre fällt je 1000 m Höhe um durchschnittlich 6,5 K. In unseren Breiten kann mit Niederschlagsmengen von 500 bis 1000 mm pro Jahr gerechnet werden. Im Mittel sind es 690 mm/Jahr, davon fallen etwa 20 % als Schnee und Hagel, die für die Nutzung über Wärmeabsorber keinen Beitrag leisten können. Bezogen auf die beaufschlagte Absorberfläche entspricht dies einer aus Regen gewinnbaren Wärmemenge von 670 Wh/m² · K · a oder bei 6 K Entwärmung einer gewinnbaren Wärmemenge von 4 kWh/m² Absorberfläche im gesamten Jahresverlauf. Dabei ist auch noch zu berücksichtigen, daß der Absorber bei Regentemperaturen um 5 °C bereits zu vereisen beginnt. Der durchschnittliche Regenanfall liegt unter 5 mm/h; die bei einer Entwärmung um 6 K während des Regens bestenfalls gewinnbare Leistung aus dem Regenwasser beträgt somit unter 35 W/m² beaufschlagter Absorberfläche.

2.3.4 Sonneneinstrahlung

Langjährige Messungen haben unter Berücksichtigung aller mindernden Einflüsse für das Gebiet der Bundesrepublik Deutschland im Jahresmittel einen Globalstrahlungswert von 114 W/m² ergeben. Der Hauptanteil der Einstrahlung fällt jedoch in die Sommermonate. In den Wintermonaten, in denen Heizwärmebedarf besteht, steht dagegen nur ein geringer Anteil zur Verfügung.

Im **Diagramm 4** sind über den Jahresverlauf tägliche Durchschnittswerte der Globalstrahlung sowie die Anteile der direkten und der diffusen Einstrahlung dargestellt.

Die tägliche Globaleinstrahlung beträgt:

in Juli 5 kWh/m² · d

im Oktober 1,5 kWh/m² · d

im Januar 0,4 kWh/m² · d

Diesen mittleren Tageseinstrahlungen überlagert ist ein Tagesverlauf, der jedoch durch die unterschiedlichen Bewölkungsverhältnisse starken zeitlichen Schwankungen unterworfen ist.

Die Einstrahlung bewirkt, daß die Temperatur des Absorbers über die Lufttemperatur ansteigt, eine bestrahlte Fläche kann jedoch,

- abhängig von ihrem Absorptionskoeffizienten, nur einen Teil der Einstrahlung absorbieren, sie gibt gleichzeitig,
- abhängig von ihrem Emissionskoeffizienten, einen Teil der bereits absorbierten Einstrahlung über langwellige Wärmestrahlung wieder ab.

Da eine Wärmeabsorberfläche keine Abdeckung besitzt, geht ein weiterer Teil der aufgenommenen Wärme, abhängig von

- der Temperaturdifferenz zwischen Absorberfläche und der umgebenden Luft und
- der Windgeschwindigkeit am Absorber

zusätzlich durch Konvektion an die Umgebung verloren.

Wird dem Absorber Wärme entnommen, fällt dessen Temperatur, umgekehrt kann

- bei gegebener Einstrahlung sowie
- einer gewünschten Vorlauftemperatur des Absorbers

nur eine bestimmte Wärmemenge entnommen werden.

Die Zusammenhänge sind im **Diagramm 5** für das Beispiel Kupferdach mit geschwärzter Oberfläche („Cu-Schwarz“, Absorptionskoeffizient 0,89, Emissionskoeffizient 0,17) für eine Windgeschwindigkeit 2 m/sec (Wärmeverlust durch Konvektion 22 W/m² · K) dargestellt. Dem Diagramm kann entnommen werden, welche Leistung in W/m² am Absorber, abhängig von:

- der Einstrahlung in W/m² und
- der Temperaturdifferenz zwischen Absorber und Umgebungsluft

zur Verfügung steht.

Die Einstrahlung ist durch einen Bereich von 800 bis 1000 W/m² begrenzt; diese Werte werden maximal im Juli auf einer nach Süden ausgerichteten Fläche unter dem Azimutwinkel von 45° erreicht. Im Mai können nur 400 W/m² zwischen 10.00 und 12.00 Uhr erwartet werden. Der Schnittpunkt mit der Linie 10 K ergibt eine Absorberleistung von ca. 65 W/m², dies besagt, daß der Absorber bei einer Lufttemperatur von 20 °C, entsprechend 10 K Temperaturdifferenz eine Temperatur von 30 °C erreicht, wenn 65 W/m² abgenommen werden.

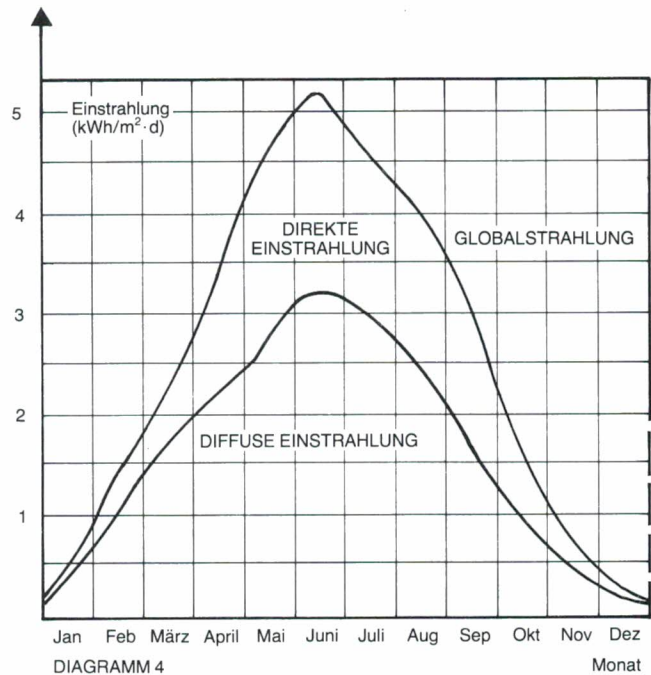


DIAGRAMM 4

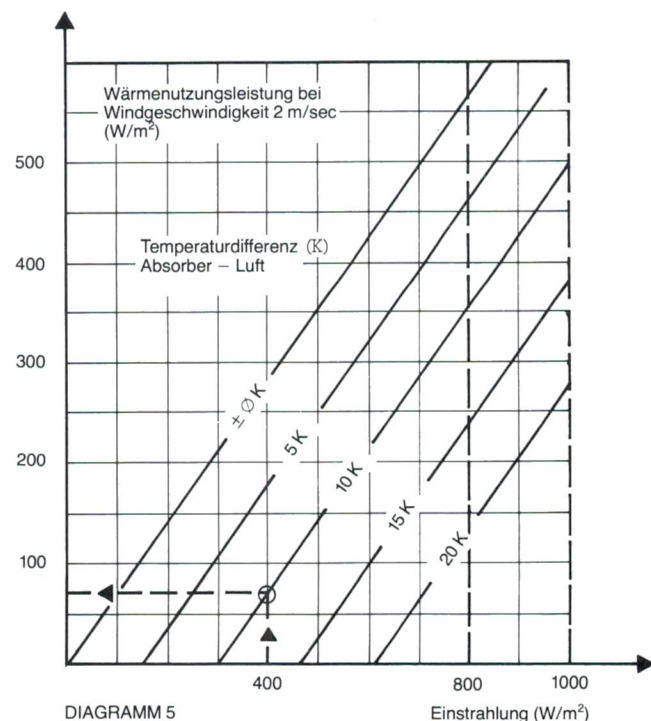
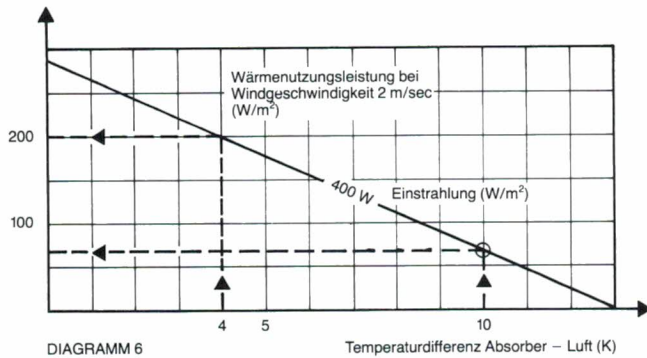


DIAGRAMM 5



Zum besseren Verständnis ist dieses Beispiel auch im **Diagramm 6** eingezeichnet, welches die Wärmenutzungsleistung für die Einstrahlung 400 W/m^2 als Funktion der Temperaturdifferenz zwischen Absorber und Umgebungsluft enthält. Dem Diagramm kann auch entnommen werden, daß in diesem

Beispiel (Lufttemperatur 20°C) die Absorbertemperatur 33°C erreichen würde, wenn keine Leistung abgenommen wird. Bei einer Leistungsentnahme von 200 W/m^2 hingegen würde die Absorbertemperatur auf 24°C (entsprechend 4 K) fallen.

In Norddeutschland werden im Mai in der Zeit zwischen 10.00 und 12.00 Uhr Einstrahlungen von 400 W/m^2 mit einer Wahrscheinlichkeit von 50% überschritten, d. h., daß die angegebenen Temperaturen und Leistungen in diesem Zeitraum für durchschnittlich eine Stunde pro Tag zu erwarten sein werden.

Eine Direktnutzung von Wärmeabsorbern wird aufgrund des erreichbaren Temperaturniveaus bestenfalls in den Hochsommermonaten für die Warmwasserbereitung und zur Schwimmbaderwärmung möglich sein. Die Einstrahlungsleistung erreicht jedoch auch im Frühjahr und im Herbst noch gute Werte und kann dort über die Nutzung mittels Wärmepumpe noch einen deutlichen Beitrag zur Heizwärmeversorgung leisten.

3.0.0 Dimensionierung

Zur Dimensionierung der „Sammler-Wärmequelle“ Wärmeabsorber sollte davon ausgegangen werden, daß

- bivalent betrieben werden muß, d. h. ein zweiter Wärmeerzeuger bei Außentemperaturen unter $+2$ bis $+3^\circ\text{C}$ mindestens zur Verfügung steht und
- auch längere Zeiträume ohne Regen und ohne Sonneneinstrahlung zu erwarten sind.

Zugrunde gelegt werden kann jedoch in jedem Falle Luft und eine mindestens geringe Luftbewegung in der Größenordnung von 2 m/sec .

Die **Diagramme 7 und 8** zeigen für Wärmeabsorber aus Rohren die spezifische Wärmenutzungsleistung (ohne latente Wärme aus dem Feuchtigkeitsgehalt der Luft) in Watt pro K Temperaturdifferenz gegen die Umgebung und je Meter Rohr als Funktion der Windgeschwindigkeit. Die Kurven für Kunststoffrohre verlaufen mit der Windgeschwindigkeit flacher als die Kurven für Metallrohre, da der Wärmedurchgang durch die Rohrwandung bei Kunststoffen einen bereits mitbestimmenden Einfluß besitzt. Der Rechnung zugrunde gelegt ist weiter, daß die Rohre als Zaun mit $1,5 \text{ m}$ Höhe verlegt sind und einen gegenseitigen Abstand von etwa 3fachem Rohrdurchmesser besitzen; sie bilden damit waagerechte Rohrregister, deren Rohrzahl dem Rohrdurchmesser verkehrt proportional ist.

BEISPIEL

Für Kunststoffrohre mit einem Durchmesser von 30 mm ergibt sich bei einer Windgeschwindigkeit von 2 m/sec eine spezifische Wärmenutzungsleistung von $2 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ und damit bei 16 Rohren eine spezifische Wärmenutzungsleistung von etwa $32 \text{ W/K} \cdot \text{m}$ Zaunlänge.

Wird der Absorber mit 6 K Temperaturdifferenz unter der Lufttemperatur betrieben, erhält man 192 W/m Zaunlänge.

Bei 10 kW Wärmebedarf am Bivalenzpunkt $+3^\circ\text{C}$ und einer Leistungszahl von 3 der Wärmepumpe ist eine Wärmequellenleistung von $6,7 \text{ kW}$ erforderlich und damit unter den getroffenen Annahmen **eine Zaunlänge von 35 m .**

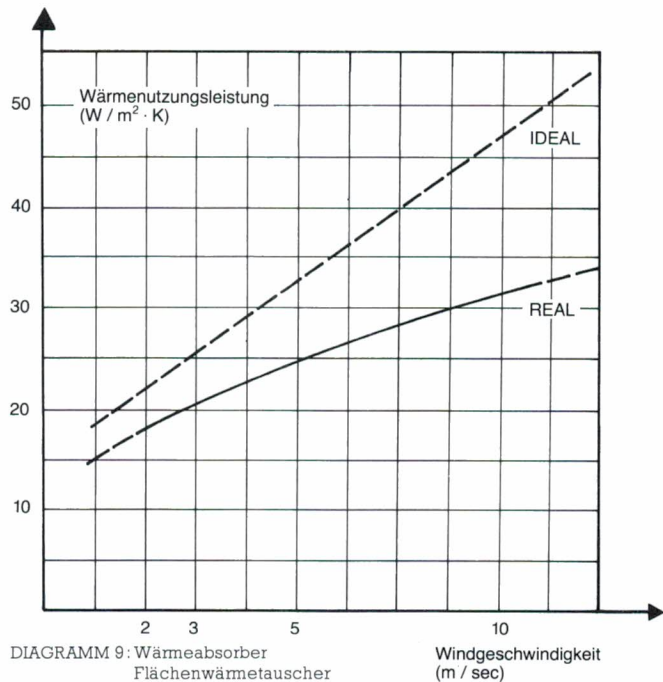
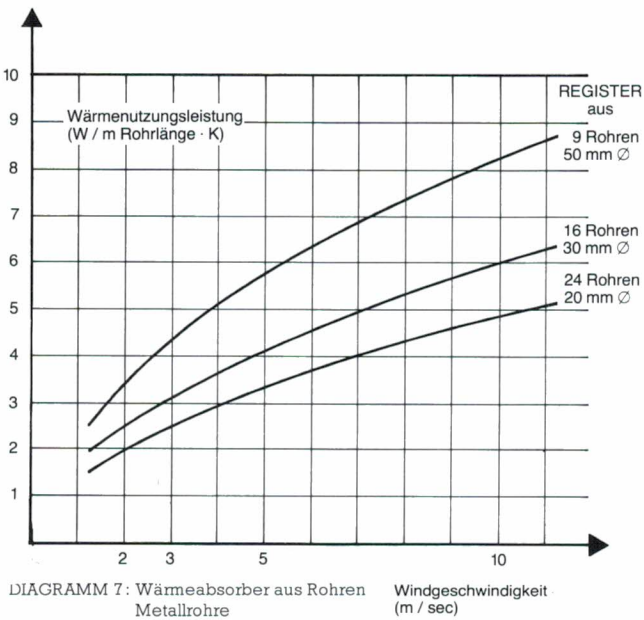
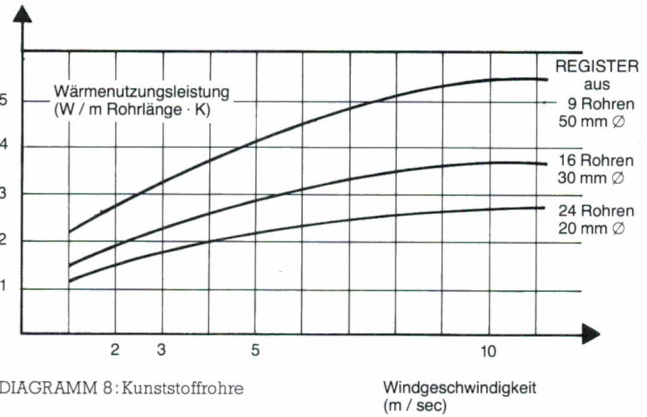
Bei einer Temperaturspreizung von 3 K der Sole und einer mittleren Absorbertemperatur von 6 K unter der Lufttemperatur von $+3^\circ\text{C}$ würde die Sole mit $-1,5^\circ\text{C}$ in die Wärmepumpe eintreten.

Diagramm 9 zeigt für eine Versuchsausführung eines Energiedaches (RWE-Veröffentlichung) die spezifische Wärmenutzungsleistung in Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit. Im Gegensatz zum Rohrabsorber besteht jedoch hier ein deutlicher Unterschied zwischen einem idealen und einem realen Flächenwärmetauscher, der durch die Wärmeübergänge und Wärmedurchgänge der entsprechenden Energiedach-Ausführung bedingt ist.

BEISPIEL

Die Ermittlung der erforderlichen Absorberfläche erfolgt analog der Rechnung des Rohrabsorbers. Bei einer Luftbewegung von 2 m/sec ergeben sich $18 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ und bei 6 K Temperaturdifferenz gegen Lufttemperatur 108 W/m^2 Energiedach. Für 10 kW Wärmebedarf und einer Wärmepumpen-Leistungszahl 3 werden somit **62 m² Energiedach** benötigt.

Die in den Diagrammen 7, 8 und 9 angegebenen Werte für die spezifischen Wärmenutzungsleistungen sind als Richtwerte für die Auslegung zu verstehen. In der Praxis werden sich über die nicht berücksichtigten, jedoch auch nicht immer vorhandenen Zusatz-Einflüsse von Luftfeuchtigkeit, Regen und Einstrahlung günstigere durchschnittliche Nutzungsleistungen und aufgrund geringerer erforderlicher Temperaturdifferenzen durch diese Zusatz-Einflüsse auch bessere Wärmepumpen-Leistungszahlen erzielen lassen. Zu erwarten sind auch weitere Verbesserungen der Energiedach-Konzeptionen; hier wird, ebenso wie bei speziellen Wärmeabsorber-Konstruktionen, wie Energiestapel oder Energiesäulen, auf die technischen Daten der Hersteller verwiesen.



4.1 Ausführungen

Den schematischen Aufbau einer Wärmepumpenanlage für die Wärmequelle Wärmeabsorber zeigt

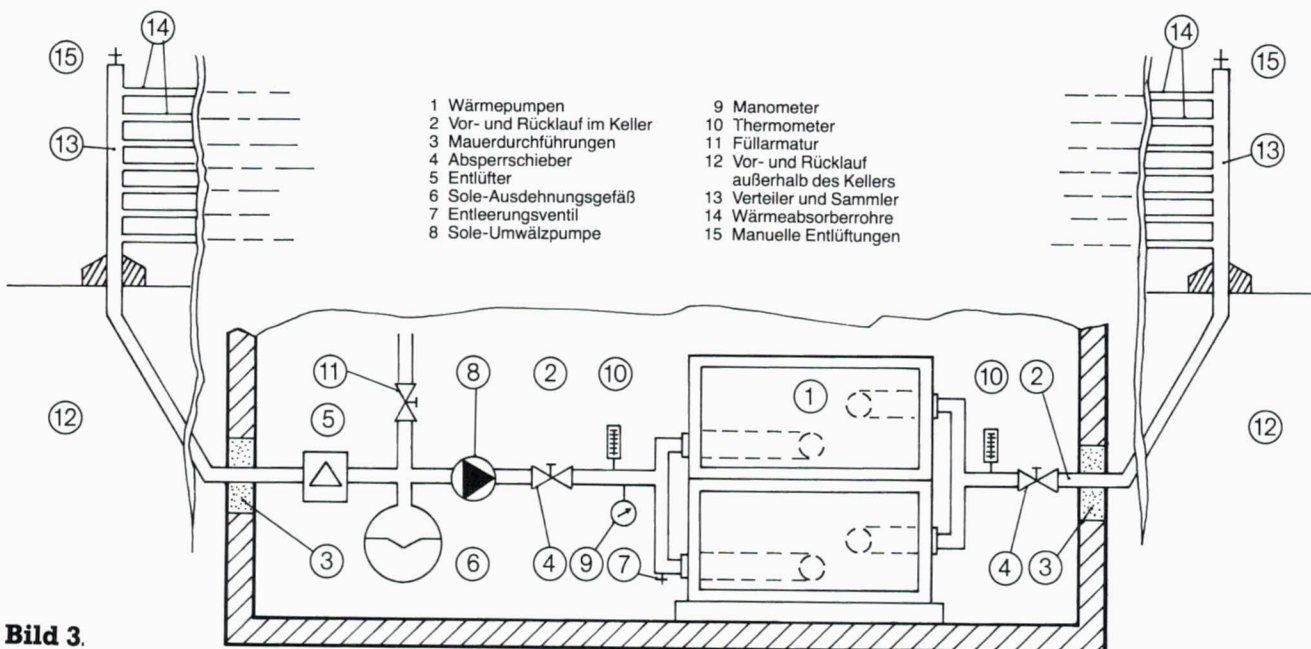


Bild 3.

Die Anordnungsmöglichkeiten von Wärmeabsorbern und die zugehörigen Anforderungen an die Installation lassen sich in zwei Gruppen zusammenfassen.

4.1.1 Ausführungen, die nicht mit einem Gebäude in wärmeleitender Verbindung stehen.

Dazu gehören Energiezäune, Energiesäulen und Energiestapel. Aufstellung und Anschluß an die Wärmepumpe sind im allgemeinen unproblematisch, **bitte beachten Sie jedoch:**

Wärmeabsorber leben mit der Umwelt.

Die Aufstellung sollte daher an Orten erfolgen, zu denen Sonne und Regen, insbesondere jedoch der Wind freien Zutritt haben.

Wärmeabsorber sind auch extremen Umwelteinflüssen ausgesetzt.

Sie müssen daher genügend stabil und ausreichend fest verankert sein, um auch Stürmen und Schneelasten standhalten zu können.

Wärmeabsorber sind auch der direkten Sonneneinstrahlung ausgesetzt.

Im Falle von Kunststoffabsorbern ist unbedingt auf Beständigkeit gegenüber UV-Strahlung zu achten.

Wärmeabsorber können im Betrieb undicht werden.

Anschlüsse und Verbindungen der Zu- und Ableitungen bzw. Sammler und Verteiler von Rohrregistern sollten zugänglich angeordnet werden.

Vor- und Rücklaufleitungen zur Wärmepumpe sollten im Erdreich aus PE-Rohren verlegt werden, im Aufstellungsraum der Wärmepumpe aus PVC bestehen.

Vor- und Rücklaufleitungen führen gegenüber Kellertemperaturen kalte Sole.

Die Durchführungen durch die Kellerwand müssen gegen das Mauerwerk, Rohrleitungen und Bauteile innerhalb des Gebäudes dampfdiffusionsdicht isoliert werden.

Beim Füllen der Anlage muß entlüftet werden, ebenso diffundiert Sauerstoff aus der Luft durch nahezu alle Kunststoffe.

Es muß ein Luftabscheider eingesetzt werden, welcher sowohl den Füllvorgang erleichtert als auch bei Kunststoffen im Kreislauf in die Anlage eindiffundierten Sauerstoff entlüftet. Sofern sich eine Füllstandsanzeige anbringen läßt, dient diese zur Feststellung eventueller Leckagen im System.

Die möglichen Temperaturen von Anlagen mit kompakten Wärmeabsorbern bzw. Energiezäunen erstrecken sich auf einen Bereich von -18 bis +50 °C. Die Volumenänderung der Sole mit der Temperatur erfordert ein Druckausgleichsgefäß. Bei geschlossener Bauweise muß ein automatisches Entlüftungsventil vorgesehen werden; zugängliche manuelle Entlüftungen an den höchsten Stellen des Systems werden zusätzlich empfohlen.

4.1.2 Ausführungen, die mit Gebäuden in Verbindung stehen.

Dies sind über Dach montierte Energiestapel und Rohrregister oder Energiedächer selbst.

Bitte stellen Sie zusätzlich sicher:

Der Sonneneinstrahlung direkt ausgesetzte Flächenabsorber können im Hochsommer Temperaturen um 70 °C erreichen.

Die Verwendung von Kunststoffen, auch im gesamten Wärmequellen-Kreis, kann hier nicht mehr empfohlen werden.

Wärmeabsorber und deren Zu- und Ableitungen führen bei fehlender Sonneneinstrahlung gegenüber der Umgebung kalte Sole.

Kältebrücken über die Befestigungen zum Bauwerk müssen vermieden, Niederführungen innerhalb des Gebäudes ebenfalls dampfdiffusionsdicht isoliert werden.

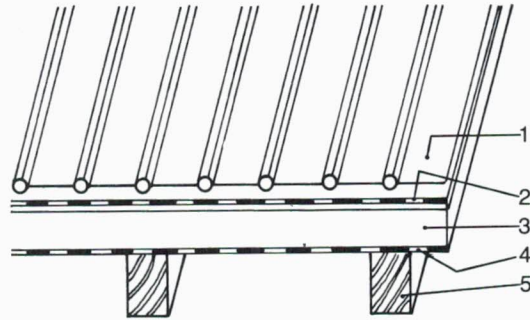
Ebenso ist auf Korrosionsbeständigkeit aller Befestigungselemente zu achten.

Energiedächer müssen einerseits die volle Dachfunktion übernehmen, werden jedoch andererseits, wie alle Wärmeabsorber, bei Temperaturen unterhalb der Umgebung betrieben.

Sie müssen daher ebenso dicht, stabil und korrosionsbeständig sein wie eine normale Dachhaut. Der Aufbau erfordert spezielle Konstruktionen, um Kondenswasserbildung, Durchfeuchtung und Schimmelbildung zu vermeiden. Beispiele entsprechend einer RWE-Publikation sind in den **Bildern 4** dargestellt.

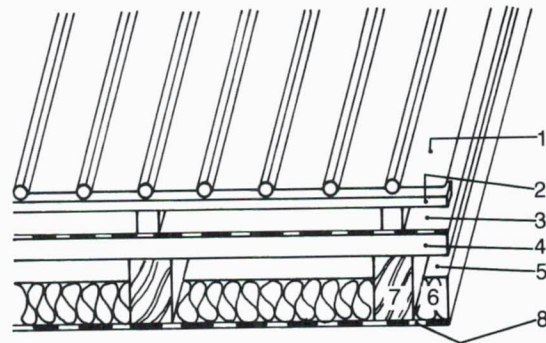
Energiedächer erfordern neben einer ausgereiften und erprobten Konstruktion auch eine sehr sorgfältige Montage, um Funktion und Sicherheit auf lange Betriebszeiten zu gewährleisten. Aufträge sollten daher nur an erfahrene Fachunternehmen unter der Auflage entsprechender Langzeitgarantie erteilt werden.

Bei allen mit Gebäuden in Verbindung stehenden Wärmeabsorbern können Undichtigkeit zu Schäden führen, deren Beseitigung sehr teuer werden kann. Alle Bauteile des Wärmeabsorbers, die Sole führen, und sämtliche Rohrleitungen und Verbindungsstücke im Kreislauf sollten bis 10 bar druckfest sein, das gesamte System vor Inbetriebnahme mit 10 bar abgedrückt werden.



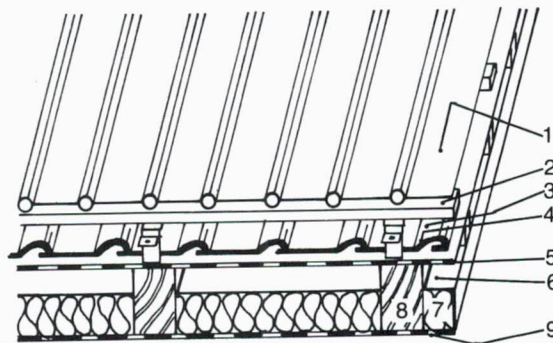
a Steildach

- 1 Absorber
- 2 Abdichtung mit Dampfausgleich
- 3 Wärmedämmung
- 4 Dampfsperre
- 5 Dachsparren



b Belüftetes Dach

- 1 Absorber
- 2 Absorber-Unterkonstruktion
- 3 Absorber-Belüftungsraum
- 4 Kälteisolierende Dichtungsschicht
- 5 Dach-Belüftungsraum
- 6 Wärmedämmung
- 7 Dachsparren
- 8 Dampfsperre



c Auf-Dach-Montage

- 1 Absorber
- 2 Absorber-Unterkonstruktion
- 3 Absorber-Belüftungsraum
- 4 Dachziegel
- 5 Unterspannbahn
- 6 Dach-Belüftungsraum
- 7 Wärmedämmung
- 8 Dachsparren
- 9 Dampfsperre

4.1.3 Sonstige Hinweise

Bei sehr günstiger Lage eines Energiedaches wird in den Hochsommermonaten eine Direktnutzung möglich sein. Der Vollständigkeit halber sind in **Bild 5 und Bild 6** entsprechende Systemschemen dargestellt.

Die bisherigen Ausführungen zeigen, daß die tatsächlichen Leistungen von Wärmeabsorbem durch eine Vielzahl von Faktoren bestimmt werden, die sich nicht immer im voraus abschätzen lassen. Es wird daher empfohlen, die Anlage zunächst mit einer geringeren Wärmepumpenleistung bis zu einem höheren Bivalenzpunkt zu betreiben und erst nach ausreichender Erfahrung auf die optimal mögliche Wärmepumpenleistung zu ergänzen.

Das KÜPPERSBUSCH-Wärmepumpen-Modulsystem bietet dafür ideale Voraussetzungen.

4.2 Kosten

Wärmeabsorber sind nach Art, Aufbau, Material und Installationsaufwand ebenso verschieden wie deren Kosten.

Ein Energiezaun aus Kunststoffrohren kann verhältnismäßig problemlos und billig errichtet werden, Energiedächer, die allen Forderungen genügen sollen, sind teuer und werden voraussichtlich auch nur bei Neubauten in Betracht kommen, wenn das Energiekonzept bereits bei der Bauplanung berücksichtigt werden kann.

Pauschale Angaben zu den Kosten des Wärmeabsorbers selbst sind daher nicht möglich; hingegen kann für die Verlegung der Zuleitungen zur Wärmepumpe und deren Anschluß, einschließlich der Armaturen des Wärmequellenkreises, mit Kosten in der Größenordnung von DM 4000,- gerechnet werden.

4.3 Erlaubnis Antrag

Erstellung und Betrieb von Wärmeabsorbem sind erlaubnisfrei.

4.4 Ausschreibung

Analog zu 4.2 Kosten lassen sich in diesem Rahmen Ausschreibungstexte nicht vorschlagen.

Grundsätzlich sollten jedoch:

- bei allen Wärmeabsorber-Ausführungen, die mit Gebäuden in Verbindung stehen, Architekten oder Baumeister eingeschaltet werden.
- Für alle Ausführungen empfiehlt es sich, den Gesamtauftrag einem Unternehmer zu übertragen, der sowohl für die Anlagenauslegung als auch für die Funktion voll verantwortlich zeichnet.
- sowie entsprechende Garantien über Sicherheit, Leistung und Lebensdauer der Anlage schriftlich zu vereinbaren.

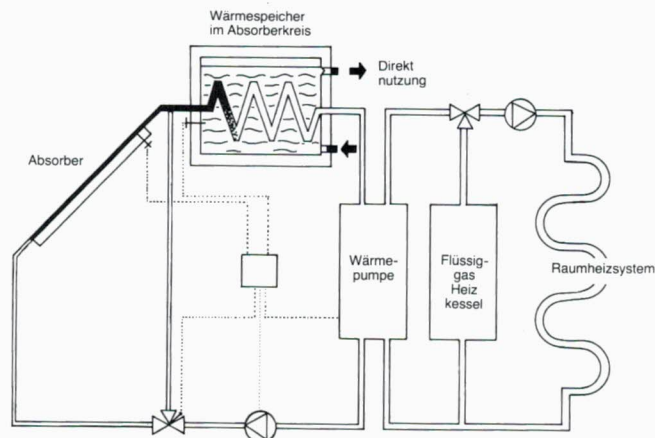


BILD 5 : Systemschema einer Wärmepumpenheizung mit ENERGIE-DACH und Solekreis-Speicher

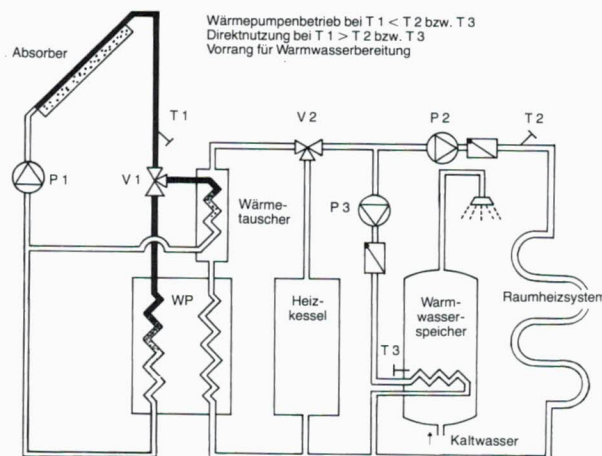


BILD 6 : Einbindung des Energie-Daches für Wärmepumpen-Betrieb und Direkt-Nutzung

5.00 Bedienung

5.1 Vor Inbetriebnahme

Zur Füllung der Anlage wird der Schieber der Füllarmatur geöffnet, ebenso, soweit vorhanden, die manuellen Entlüftungen an den höchsten Punkten der Anlage.

Die Pumpe fördert Sole aus dem externen Solebehälter, die Entlüftungen sind zu schließen, wenn dort Sole austritt. Der Kreislauf ist jedoch weiter zu betreiben, bis auch aus dem automatischen Entlüfter keine Luft mehr austritt. Der Schieber der Füllarmatur wird geschlossen – die Anlage ist betriebsbereit.

5.2 Inbetriebnahme

Die Wärmepumpe kann jetzt in Betrieb genommen werden, die Anlage arbeitet bedienungs- und wartungsfrei, sollte jedoch von Zeit zu Zeit überwacht werden.

6.00 Wartung und Störung

Überwacht werden sollten:

Bei offenen Anlagen der Niveaustand im Ausdehnungsgefäß.

Der Druck vor der Wärmepumpe.

Die Temperaturen vor und nach der Wärmepumpe bei Wärmepumpenbetrieb.

Feststellbar sind Soleverluste

Druckabfall kann ebenfalls auf Leckagen hinweisen, jedoch auch auf eine verringerte Pumpenleistung.

Die Temperaturen vor der Wärmepumpe lassen unter Beachtung der Aussagen in den Kapiteln 2.3 und 2.4 Rückschlüsse auf das Verhalten des Wärmeabsorbers zu und sollten mindestens im ersten Jahr bei extremen Verhältnissen, z. B. der Sonneneinstrahlung, beobachtet werden.

Steigende Temperaturdifferenz weist im allgemeinen auf zu geringen Soleumlauf hin.

Richtig dimensionierte und verlegte Wärmeabsorber dürfen keine Störungen verursachen.

Quellennachweis:

Berichte
Zentralamt des Deutschen Wetterdienstes
Offenbach

Arbeitsblätter
Deutscher Kältetechnischer Verein

Nutzung solarer Strahlungsenergie
Umschau-Verlag
BMFT

Das Energiedach
Information
RWE-AG

Wärmeabsorber
Einflüsse von Regen und Wind
Vorträge 1980 H. Duras

Thermische Prozesse
Pfriemer Verlag
J.A. Duffy und W.A. Beckmann