

Solare Warmwasser- erzeugung

Realisierung,
Inbetriebnahme
und Wartung



Impulsprogramm PACER
Bundesamt für Konjunkturfragen

Trägerschaft:

SSIV Schweiz. Spenglermeister- und Instal-
lateur-Verband

Arbeitsgruppe:

Blum Bernhard (Leitung)	Fritz Krebs & Co. AG 3270 Aarberg
Flück Peter	Flück Haustechnik AG 3855 Brienz
Jobin Claude	Agena SA 1510 Moudon
Wiest Marcel	Ernst Schweizer AG 8908 Hedingen



Zeichnungen:

Blum Bernhard
Heimlicher Markus
Jobin Claude
Wiest Marcel

Bilder:

Blum Bernhard

Übersetzung:

Moser Ueli

**Projektbegleiter aus der
PACER-Prorammlleitung:**

Dr. Ch. Filleux

Gestaltung

APUI, Hochfeldstrasse 113, 3000 Bern 26

Copyright Bundesamt für Konjunkturfagen
3003 Bern, Juni 1995.

Auszugsweiser Nachdruck mit Quellenangabe er-
laubt. Zu beziehen bei der Eidg. Drucksachen- und
Materialzentrale (Best.-Nr. 724.213 d)

Vorwort

Das Aktionsprogramm «Bau und Energie» ist auf sechs Jahre befristet (1990–1995) und setzt sich aus den drei Impulsprogrammen (IP) zusammen:

- IP BAU – Erhaltung und Erneuerung
- RAVEL – Rationelle Verwendung von Elektrizität
- PACER – Erneuerbare Energien

Mit den Impulsprogrammen, die in enger Kooperation von Wirtschaft, Schulen und Bund durchgeführt werden, soll der qualitative Wertschöpfungsprozess unterstützt werden. Dieser ist gekennzeichnet durch geringen Aufwand an nicht erneuerbaren Rohstoffen und Energie sowie abnehmende Umweltbelastung, dafür gesteigerten Einsatz von Fähigkeitskapital.

Im Zentrum der Aktivität von PACER steht die Förderung verstärkter Nutzung erneuerbarer Energien. Bis heute ist der Beitrag der erneuerbaren Energien mit Ausnahme der Wasserkraft trotz des beträchtlichen Potentials sehr gering geblieben. Das Programm PACER soll deshalb

- die Anwendungen mit dem besten Kosten-/Nutzenverhältnis fördern,
- den Ingenieuren, Architekten und Installateuren die nötigen Kenntnisse vermitteln,
- eine andere ökonomische Betrachtungsweise einführen, welche die externen Kosten (Umweltbelastung usw.) mit einbezieht sowie
- Behörden und Bauherren informieren und ausbilden.

Kurse, Veranstaltungen, Publikationen, Videos, etc.

Umgesetzt werden sollen die Ziele von PACER durch Aus- und Weiterbildung sowie Information. Die Wissensvermittlung ist auf die Verwendung in der täglichen Praxis ausgerichtet. Sie baut hauptsächlich auf Publikationen, Kursen und Veranstaltungen auf. Zielpublikum sind vor allem IngenieurInnen, ArchitektInnen, InstallateurInnen sowie Angehörige bestimmter spezialisierter Berufszweige aus dem Bereich der erneuerbaren Energien.

Die Verbreitung allgemeiner Information ist ebenfalls ein wichtiger Bestandteil des Programmes. Sie soll Anreize geben bei Bauherren, ArchitektInnen, IngenieurInnen und Behördenmitgliedern. InteressentInnen können sich über das breitgefächerte, zielgruppenorientierte Weiterbildungsangebot in der Zeitschrift IMPULS informieren. Sie erscheint zwei- bis viermal jährlich und ist (im Abonnement, auch in französisch und italienisch) beim Bundesamt für Konjunkturfragen 3003 Bern, gratis erhältlich. Jedem/r Kurs- oder VeranstaltungsteilnehmerIn wird jeweils eine Dokumen-

tation abgegeben. Diese besteht zur Hauptsache aus der für den entsprechenden Anlass erarbeiteten Fachpublikation. Diese Publikationen können auch unabhängig von Kursbesuchen direkt bei der Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale (EDMZ), 3000 Bern, bezogen werden.

Zuständigkeiten

Um das ambitionierte Bildungsprogramm bewältigen zu können, wurde ein Organisations- und Bearbeitungskonzept gewählt, das neben der kompetenten Bearbeitung durch SpezialistInnen auch die Beachtung der Schnittstellen sowie die erforderliche Abstützung bei Verbänden und Schulen der beteiligten Branchen sicherstellt. Eine aus VertreterInnen der interessierten Verbände, Schulen und Organisationen bestehende Kommission legt die Inhalte des Programmes fest und stellt die Koordination mit den übrigen Aktivitäten zur Förderung der erneuerbaren Energien sicher. Branchenorganisationen übernehmen die Durchführung der Weiterbildungs- und Informationsangebote. Für deren Vorbereitung ist das Programmleitungsteam (Dr. Jean-Bernard Gay, Dr. Charles Filleux, Jean Graf, Dr. Arthur Wellinger, Irene Wüllemmin BfK) verantwortlich. Die Sachbearbeitung wird im Rahmen von Arbeitsgruppen erbracht, die inhaltlich, zeitlich und kostenmässig definierte Einzelaufgaben zu lösen haben.

Dokumentation

Die vorliegende Dokumentation behandelt den Themenbereich «Solare Warmwassererzeugung für Warmwasser und Heizungsunterstützung». Es werden Grundlagen für die Planung, Grössenbestimmung, Montage und Wartung beschrieben und erläutert. Der Schwerpunkt dieser Dokumentation liegt in der Übermittlung von Fachwissen für die Planung und Montage für Sanitär- und Heizungs-Fachpersonal.

Nach einer Vernehmlassung und dem Anwendungstest in einer Pilotveranstaltung ist die vorliegende Dokumentation sorgfältig überarbeitet worden. Dennoch hatten die Autoren freie Hand, unterschiedliche Ansichten über einzelne Fragen nach eigenem Ermessen zu beurteilen und zu berücksichtigen. Sie tragen denn auch die Verantwortung für die Texte. Unzulänglichkeiten, die sich bei den praktischen Anwendungen ergeben, können bei einer allfälligen Überarbeitung behoben werden. Anregungen nehmen das Bundesamt für Konjunkturfragen oder der verantwortliche Redaktor/Kursleiter entgegen (vgl. S. 2).

Für die wertvolle Mitarbeit zum Gelingen der vorliegenden Publikation sei an dieser Stelle allen Beteiligten bestens gedankt.

Juni 1995 Bundesamt für Konjunkturfragen
Dr. B. Hotz-Hart
Vizedirektor für Technologie

Inhaltsverzeichnis

A	Einführung	6
1	Warum eigentlich Sonnenenergie?	6
2	Hinweise zur Buchbenützung	7
3	Zielpublikum	9
4	Zielsetzung	9
5	Abgrenzung	9
B	Grundlagen	11
1	Meteorologische Grundlagen	12
2	Sonnenkollektor	18
3	Funktionsprinzip einer Sonnenenergieanlage	26
4	Vorgehen	35
C	Material	37
1	Sonnenkollektoren	41
2	Rohrleitungen	42
3	Hydraulische Gruppe	45
4	Wassererwärmer	52
5	Einfüllsystem	56
6	Regelung	57
D	Warmwasser im Einfamilienhaus	59
	Varianten und Ergänzungen zum Grundschema	62
	Vorschlag für die Standardanlage	65
1	Sonnenkollektoren	66
2	Rohrleitungen Solarkreislauf	70
3	Hydraulische Kompaktgruppe	71
4	Wassererwärmer	76
5	Wärmeträgermedium	79
E	Warmwasser im Mehrfamilienhaus	85
	Varianten und Ergänzungen zum Grundschema	89
	Vorschlag für die Standardanlage	93
1	Sonnenkollektoren	94
2	Rohrleitungen Solarkreislauf	98
3	Hydraulische Kompaktgruppe	99
4	Wassererwärmer	104
5	Wärmeträgermedium	108

F	Warmwasser und Heizung im Ein- und Zweifamilienhaus	115
	Varianten und Ergänzungen zum Grundschema	118
	Definition der Standardanlage	121
	Vorschlag für die Standardanlage	122
1	Sonnenkollektoren	124
2	Rohrleitungen Solarkreislauf	128
3	Hydraulische Kompaktgruppe	129
4	Speicher für Heizung und Warmwasser	134
5	Wärmeträgermedium	138

G	Montage, Inbetriebnahme, Wartung	145
	Montage der Installation	147
	Inbetriebnahme der Installation	163
	Wartung der Installation	174

H	Anhang	179
	Solarenergie – finanzielle Aspekte	202
	Wirtschaftlichkeit	203
	Arbeitssicherheit	206
	Literaturverzeichnis	211

	Publikationen und Videos des Impulsprogrammes PACER	213
--	--	------------

A Einführung

1 Warum eigentlich Sonnenenergie?

1.1 Die Sonnenenergie ist unser LEBENSNERV. Ohne Sonnenstrahlung gäbe es auf der Erde KEIN Lebewesen!

Also verdanken wir dem ausserirdischen Kernreaktor Sonne:

- das Holz der Wälder
- die Kohle-, Erdöl- und Erdgaslager, die während Millionen von Jahren gespeichert wurden
- die Wasserkraft der Seen und Flüsse, welche aus den Wolken, die Sonnenkraft hochgezogen haben, ununterbrochen gespiesen werden und mit menschlicher Intelligenz sekundär in Form von Wärme und Elektrizität zu nutzen verstehen
- die direkt genutzte Sonnenenergie durch Kollektoren.

Die anfallende Energie vom Kernreaktor Sonne ist:

- umweltfreundlich, erzeugt keinen Abfall
- unfall- und strahlungssicher bei intakter Atmosphäre
- ohne Anschaffungs- und Betriebskosten
- in unbegrenzter Menge vorhanden.

Also Grund genug, sich mit Sonnenenergie zu befassen!

1.2 Die Sonnenenergienutzung ist für uns Sanitär- und Heizungsfachleute eine Herausforderung, weil:

- durch Sonnenenergieanlagen können Arbeitsplätze erhalten oder geschaffen werden
- mit Sonnenenergieanlagen können Gewinne erarbeitet werden
- eine Sonnenenergieanlage ist für viele Sanitär- und Heizungsfachleute eine neue Technologie
- für Sonnenenergie ist ein grosses Interesse vorhanden
- Sonnenenergieanlagen sind energetisch wirtschaftlich.

Also Grund genug, sich mit Sonnenenergie zu befassen!

1.3 Die Sonnenenergienutzung hilft, NICHTERNEUERBARE Energie einzusparen!

Also Grund genug, sich mit Sonnenenergie zu befassen!



Energiemenge:

Es wurde errechnet, dass die an einem einzigen Tag in Form von Sonnenstrahlen auf die Erde einfallende Energiemenge ausreichen würde, um den heutigen Energiebedarf für viele Jahre zu decken.



Es gibt genug bestehende Flächen, um ohne zusätzlichen Landverlust die Sonnenenergie zu nutzen.

Sonnenenergie nutzen kann auch heissen:

- Sorge zu unserer Umwelt tragen
- Lebensqualität erhalten oder verbessern.

2 Hinweise zur Buchbenutzung

Seiteneinteilung

- Dieses Handbuch setzt sich aus 8 Kapiteln zusammen, welche von A bis H unterteilt sind.
- In jedem dieser Kapitel beginnt die Seitennummerierung bei 1, wobei die Bezeichnung des Kapitels beigelegt ist; z.B.:
C1, C2, C3, C4 usw. für Kapitel C
D1, D2, D3, D4 usw. für Kapitel D.
- Die Kopfzeile jeder Seite bezeichnet von links nach rechts betrachtet:
 - den Titel des Kapitels
 - den Buchstaben des entsprechenden Kapitels
 - die Seitenzahl im entsprechenden Kapitel.
 Beispiel: E. Warmwasser im Mehrfamilienhaus – E2.
- Die Seitenzahl unten an jeder Seite gibt die Seitennummer bezogen auf die Gesamtheit der Seiten des Buches an.
- Ein Kapitelverzeichnis, das zu Beginn des entsprechenden Kapitels aufgeführt ist, erlaubt es, dank der Angabe der Seitenzahl den gewünschten Anlagenteil im Buch rasch zu finden. Es bietet eine Gesamtübersicht der behandelten Themen.

Sie sind Kursteilnehmer

Während des Kurses werden Ihnen die jeweils behandelten Seiten vom Referenten angegeben. So haben Sie alle Graphiken und Schemata direkt vor Ihren Augen. In leeren Zwischenräumen steht Ihnen Platz für persönliche Notizen und Anmerkungen zur Verfügung.

Sie möchten sich ein wenig Theorie im Bereich der Sonnenstrahlung aneignen

In diesem Fall wenden Sie sich im Kapitel «**B Grundlagen**», den Abschnitten «1.1 bis 1.5 – Meteorologische Grundlagen» zu. In diesem Kapitel werden Ihnen die grundlegenden theoretischen Voraussetzungen über die Sonnenstrahlung vermittelt.

Sie möchten mehr über die Sonnenkollektoren, ihre Funktionsweise und ihre Anwendung wissen

In diesem Fall wenden Sie sich im Kapitel «**B Grundlagen**», den Abschnitten «2. Sonnenkollektoren» und «3. Funktionsprinzip einer Sonnenenergieanlage» zu.

In diesen Kapiteln wird die Funktionsweise der Sonnenkollektoren und deren Installationsarten

erklärt. Sie lernen die verschiedenen Kollektortypen unterscheiden, lernen ihre genaue Funktionsweise und ihre spezifischen Einsatzmöglichkeiten kennen. Zusätzlich werden die Kollektortests der nationalen Solarenergie Prüf- und Forschungsstelle (SPF) am interkantonalen Technikum in Rapperswil vorgestellt.



Sie möchten mehr über das Vorgehen wissen, z.B. über die Offertselektion, Baubewilligung oder Subventionen.

In diesem Fall wenden Sie sich im Kapitel «**B Grundlagen**» dem Abschnitt «4. Vorgehen» zu.

Sie möchten die benötigten Materialien auswählen und ihre Funktion in einer Solarinstallation kennenlernen.

In diesem Fall wenden Sie sich dem Kapitel «**C Material**» zu.

Der grösste Teil des Materials (Armaturen, Fittings usw.), das in einer Solarinstallation verwendet wird, ist übliches Material der Heizungs- oder Sanitärtechnik.

In Kapitel C werden Kenntnisse über dieses Material zusammengefasst und in Hinsicht auf die Betriebsbedingungen in Solaranlagen so präzisiert, dass eine Auswahl der geeigneten Materialien möglich ist.

Daneben werden dort zusätzlich einige spezielle Solaranlagematerialien (Kollektorverbindung, Frostschutzmittel usw.) vorgestellt.

Sie möchten:

- **die Grösse einer Anlage bestimmen, sei es für ein Projekt oder für die Ausführung**
- **eine Offerte erstellen.**

Wenden Sie sich je nach konkretem Fall einem der drei folgenden Kapitel zu:

«**D Warmwasser im Einfamilienhaus**»

«**E Warmwasser im Mehrfamilienhaus**»

«**F Warmwasser und Heizung im Ein- und Zweifamilienhaus**»

Diese Kapitel erlauben eine rasche und einfache Grössenbestimmung der Solaranlage Ihrer Wahl. Jedes Kapitel ist nach dem gleichen Prinzip aufgebaut. Sie finden dort immer folgenden Aufbau:

- Grundschemata der Installation
- Varianten und Ergänzungen zum Grundschemata mit Informationen über die Funktionsprinzipien
- Inhaltsverzeichnis
- Übersichtstabelle, wie Sie in diesem Kapitel etwas am schnellsten finden. Es sind zwei Lösungsvorgänge aufgezeichnet:
 1. die Normanlage
 2. die von der Norm abweichende Anlage
- Zusammenstellung der technischen Daten
- Beispiel eines Offertextes.

Sie realisieren die Montage und die Inbetriebnahme der Installation.

Im Kapitel «**G Montage, Inbetriebsetzung und Wartung**» finden Sie in den Teilen Montage und Inbetriebsetzung alle Informationen, welche Sie für eine erfolgreiche Montage der Kollektoren und der Solarinstallation benötigen. **Warnungen vor möglichen Fehlern, die zu vermeiden sind und zu respektierende Punkte sind klar hervorgehoben.**

Die Beschreibung des Vorgehens für die Inbetriebnahme ist detailliert. Sie zeigt die zu erledigenden

Arbeiten auf, weist auf auszuführende Kontrollen hin und beschreibt die nötigen Betriebsinstruktionen.

Welche Unterhaltsarbeiten sind nötig, was tun im Falle einer Panne?

Im Kapitel «**G Montage, Inbetriebsetzung und Wartung**» finden Sie im Abschnitt «Wartung» alle möglichen Funktionsfehler und die Wege zu deren Behebung. Eine Kontrollliste gibt Ihnen an, welche periodischen Kontrollen durchzuführen sind, damit die Anlage möglichst lange und zufriedenstellend funktioniert.

Und was Sie sonst noch wissen müssen ...

Das Kapitel «**H Anhang**» fasst weitere praktische Informationen zu wichtigen Fragen zusammen, so wie z.B. finanzielle Aspekte, Wirtschaftlichkeit, Sicherheitsvorschriften bei der Montage usw. Ebenfalls in Kapitel H finden Sie **technische Tabellen und Diagramme**. Einige davon werden Sie bei der Grössenbestimmung einer Anlage nach Kapitel D, E, und F benötigen.

Schlusswort

Auch wenn dieses Buch faszinierend ist, werden Sie bald merken, dass es kein Roman ist! Es ist schwer, den Inhalt in einmaliger Lektüre aufzunehmen und zu verarbeiten.

Dieses Handbuch will Ihnen deshalb vor allem ein Werkzeug bei Ihrer Arbeit sein. Sie werden es mehrere Male zur Hand nehmen und diese Teile davon studieren, die Sie im entsprechenden Moment benötigen und die Ihre brennendsten Fragen beantworten.

Wir hoffen sehr, dass wir mit unserer Arbeit diese Ziele auch erreicht haben und das vorliegende Buch Ihnen in diesem Sinne dienen kann.

Wir wünschen Ihnen viel Vergnügen und Erfolg bei Ihrer zukünftigen Realisierung von Solaranlagen.



3 Zielpublikum

Dieses Lernhandbuch «Solare Warmwassererzeugung, Realisierung, Inbetriebnahme und Wartung» wendet sich an interessierte Sanitär- und Heizungsfachleute der Planungs- und Ausführungsstufe, sowie alle angehenden dipl. Sanitär- und Heizungsinstallateure.

Angesprochen sind:
Kleinunternehmer
Filialleiter
Technisches Personal

welche Interesse an der Sonnenenergie aufweisen oder in dieser Arbeit eine Chance für die Zukunft sehen.

4 Zielsetzung

Solaranlagen sind Systeme mit Techniken, die an Bedeutung zunehmen, da sie eine interessante Alternative zur traditionellen Wärmeerzeugung bilden. Sanitär- und Heizungsfachleute tun gut daran, sich jetzt schon mit den nötigen Kenntnissen vertraut zu machen um die Chance der Zukunft zu nutzen.

Der Kurs «Solare Warmwassererzeugung, Realisierung, Inbetriebnahme und Wartung» vermittelt praxisnah und umsetzbar jenes Wissen und Können, das eine effiziente Installation und Montage ermöglicht. Das hierzu erarbeitete Lehrmittel wird am Kurs im Detail behandelt und dient dem Kurs Teilnehmer als praktisches Nachschlagewerk.

Eine weitere Zielsetzung ist, dass der Unternehmer in der Lage ist, den Einbau einer Anlage mit allen anderen Handwerkern zu koordinieren.

Andere nötige Handwerker:

- Maurer
- Elektriker
- Spengler
- Dachdecker.

5 Abgrenzung

Die Abgrenzung dieses Lehrmittels ist mit den Anlagentypen, für Warmwasser im Ein- und Mehrfamilienhaus, resp. Warmwasser und Heizungsunterstützung im Ein- und Zweifamilienhaus, abgesteckt.



Gute Voraussetzungen:

- Überzeugung, dass Sonnenenergie das Richtige sein kann
- keine Vorurteile
- keine leeren Versprechungen
- gute Kenntnisse.



Zielsetzung:

- Nach dem Kurs sind auch SIE von der Sonnenenergie überzeugt
- Vorurteile abbauen
- Kenntnisse vermitteln.

B Grundlagen

1	Meteorologische Grundlagen	12
1.1	Strahlungsarten	12
1.2	Strahlung auf die Horizontalfläche	13
1.3	Strahlung auf die geneigte Fläche	15
1.4	Orientierung der Fläche (Süd-Abweichung)	16
1.5	Beschattung	17
2	Sonnenkollektor	18
2.1	Prinzip des Sonnenkollektors	18
2.2	Kollektorarten	18
2.3	Flachelementkollektor, Funktionsprinzip und Aufbau	19
2.4	Einbaukollektor	20
2.5	Vakuum-Röhrenkollektor	20
2.6	Niedertemperaturkollektor	21
2.7	Kollektormaterialien	22
2.7.1	Transparente Abdeckung	22
2.7.2	Absorber	22
2.7.3	Wärmedämmung	22
2.7.4	Kollektorrahmen	22
2.8	Kollektortest	23
2.8.1	Leistungstest	23
2.8.2	Qualität und Auswahl der Kollektorprodukte	24
2.9	Bruttowärmeertragsberechnungen	24
3	Funktionsprinzip einer Sonnenenergieanlage	26
3.1	Funktion bei Standardsystemen	26
3.1.1	Thermosyphoneffekt	28
3.2	Energieflussdiagramm	29
3.3	Solare Wassererwärmung	31
3.4	Wassererwärmung mit Heizungsunterstützung	32
3.4.1	Kombinierter Heizungs- und Warmwasserspeicher	32
3.4.2	System für getrennte Bewirtschaftung von Wassererwärmer und Heizungsspeicher	33
3.5	Warmwasser mit Bassinerwärmung	34
4	Vorgehen	35
4.1	Offertselektion	35
4.2	Datenerhebung, Projektierung	35
4.3	Baubewilligung	35
4.4	Subventionen	35

1 Meteorologische Grundlagen

1.1 Strahlungsarten

Die Sonne strahlt riesige Energiemengen gleichmässig ins Weltall.

Ihre Abstrahlungsleistung beträgt ca. 63'500 kW pro m^2 Sonnenoberfläche.

Durch die mittlere Erddistanz von ca. 150 Millionen Kilometer reduziert sich diese Leistung auf durchschnittlich 1370 W pro m^2 ausserhalb der Atmosphäre (Bild B01). Dieser Wert unterliegt nahezu keinen zeitlichen Schwankungen und wird deshalb auch Solarkonstante genannt.

Die Solarkonstante stellt die maximal mögliche Strahlung auf die Erdoberfläche dar, wenn durch die Erdatmosphäre keine Abschwächung erfolgen würde.

Die schliesslich übrigbleibende, auf den Erdboden auftreffende gesamte Sonneneinstrahlung wird **Globalstrahlung** genannt. Sie beträgt im Maximum ca. 1000 W/m^2 und kann unterteilt werden in:

- * **Direktstrahlung** (bei klarem Himmel direkt einfallendes Sonnenlicht)
- * **Diffusstrahlung** (insbesondere an Wolken gestreutes Sonnenlicht)

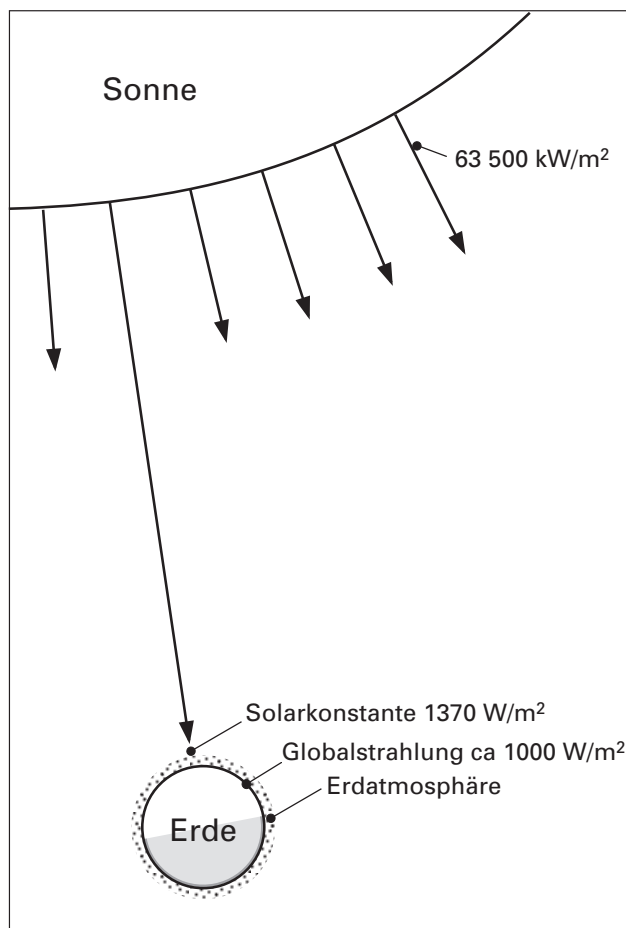


Bild B01

Bild B02 zeigt die Aufteilung des Sonnenlichtes in die verschiedenen Strahlungsarten.

Begriffe:

Leistung bezieht sich auf einen momentanen Wert und hat bei Strahlung pro Fläche die Einheit W/m^2 .

Energie bezieht sich auf eine bestimmte Zeitperiode und ergibt sich aus der Leistung multipliziert mit der Zeit.

Die Einheit der eingestrahnten Energie pro Fläche und Zeiteinheit ist $kWh/(m^2 \cdot a)$ oder $kWh/(m^2 \cdot Mt)$.

Beispiel:

Über das Jahr aufsummiert ergeben sich folgende Strahlungswerte auf eine horizontale Fläche für 3 in der Schweiz oftmals verwendete Messstellen:

Ort	Globalstrahlung in $kWh/(m^2 \cdot a)$	Direktstrahlung in $kWh/(m^2 \cdot a)$	Diffusstrahlung in $kWh/(m^2 \cdot a)$
Kloten	1124	528	556
Davos	1323	701	622
Locarno	1378	746	533

Klimazonen:

Kloten gilt als Referenzmessstation für das Schweizer Mittelland, Davos für die Bergregionen und Locarno für die Südschweiz.

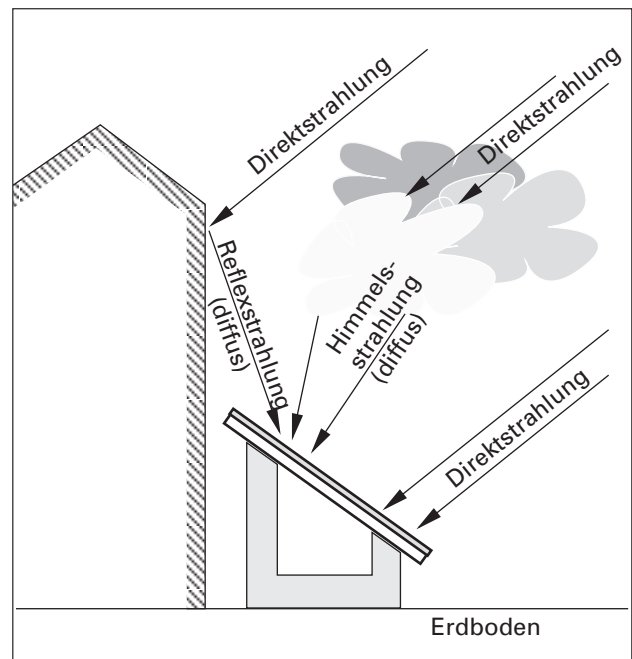


Bild B02

1.2 Strahlung auf die Horizontalfläche

Die Erde dreht sich in einer Ebene (sog. Ekliptik) um die Sonne.

Diese Umlaufbewegung dauert 365 Tage und 6 Stunden, wobei die sechs Stunden alle 4 Jahre durch den Schalttag kompensiert werden.

Da die Rotationsachse der Erde gegenüber der Erdbahnebene eine Neigung von $23,5^\circ$ aufweist, entstehen die 4 Jahreszeiten (Bild B03).

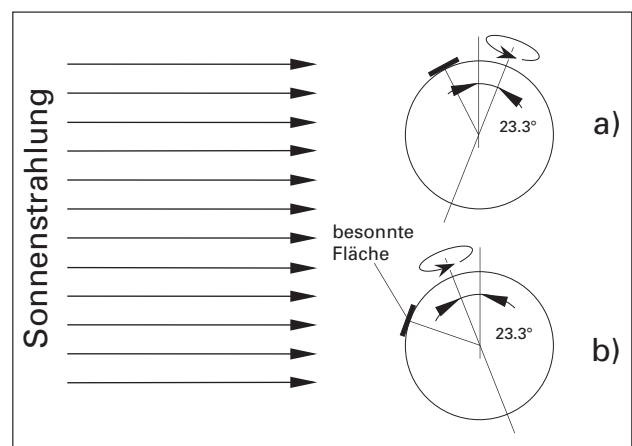


Bild B03

Dadurch ändert sich die Globalstrahlung mit dem jeweiligen Diffusstrahlungsanteil im Jahreszyklus. Diese Veränderung ist in Bild B04 für Kloten ersichtlich.

Zu beachten gilt, dass das Globalstrahlungsverhältnis vom Juli zum Januar ca. 10:1 betragen kann.

Zudem dreht sich die Erde innert 24 Stunden einmal um ihre Achse.

Bild B05 zeigt die Werte der sich dadurch ändernden Globalstrahlung mit der jeweiligen Diffusstrahlung im Tagesverlauf.

Die maximale Globalstrahlung beträgt ca. 1000 W/m².

Damit die unterschiedliche Einstrahlung je nach geographischer Lage in der Schweiz berücksichtigt werden kann, unterteilt man diese in 16 Strahlungsregionen. Die folgende Tabelle zeigt die Strahlungswerte (Jahreswerte) der für die jeweilige Strahlungsregion relevanten Ortschaft:

Ort	Globalstrahlung in kWh/(m ² *a)	Diffusstrahlungsanteil in %
Luzern	1109	55
Delémont	1126	55
Basel	1141	54
Zürich	1123	53
Bern	1167	53
Brienz (BE)	1196	48
Monthey	1199	48
Glarus	1210	48
Fribourg	1216	47
Genève	1233	46
Locarno	1360	42
Davos	1323	47
Sion	1373	42
Airolo	1376	46
Reckingen	1394	46
Zermatt	1479	42

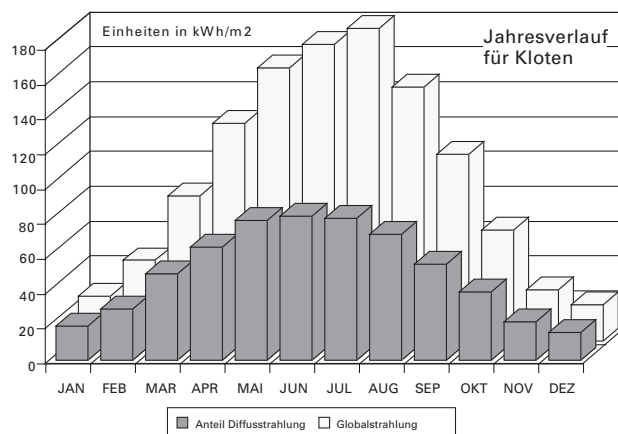


Bild B04

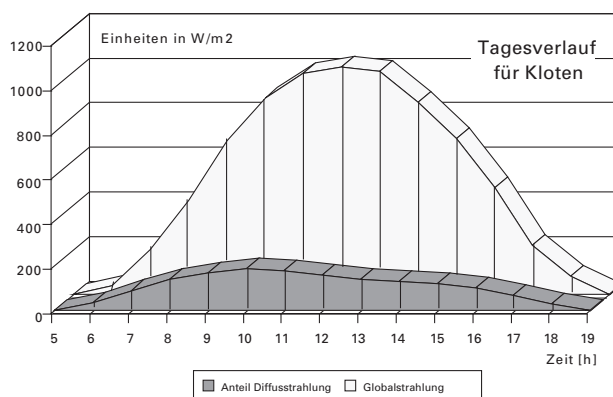


Bild B05

Da der Diffusanteil immer ca. 50% beträgt, werden in der Schweiz praktisch ausschliesslich Sonnenkollektoren verwendet, welche sowohl den Direkt- als auch den Diffusstrahlungsanteil nutzen können.

1.3 Strahlung auf die geneigte Fläche

Während des jährlichen Umlaufes der Erde um die Sonne ändert sich die maximale Sonnenhöhe um 47° (Bild B06).

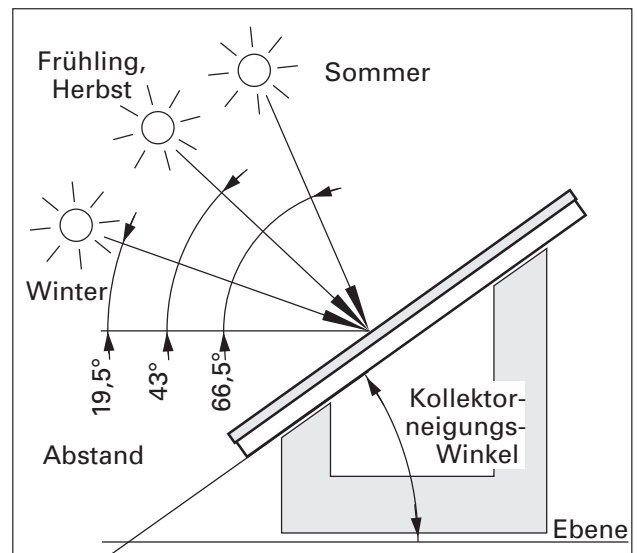


Bild B06

Um die Sonneneinstrahlung gut zu nutzen, sollte die beschienene Fläche möglichst senkrecht zur Strahlungsrichtung stehen (Bild B07). Weil sich die Position der Sonne dauernd ändert, ist das jedoch nicht möglich.

Die Neigung der Fläche wird deshalb möglichst auf die Sonnenhöhe zum Zeitpunkt der stärksten Einstrahlung (Mittagszeit) ausgerichtet. Welche Jahreszeit dazu gewählt wird, hängt vom jährlich verteilten Bedarf ab.

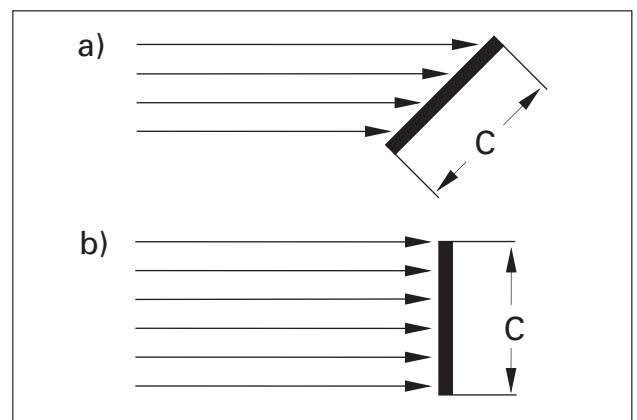


Bild B07

Neigungswinkel:

Horizontale Fläche: Neigung = 0°

Vertikale Fläche: Neigung = 90°

Bild B08 zeigt die jährlich einfallende Strahlungsenergie bei verschiedenen Flächenneigungswinkel für Kloten.

Da der Direktstrahlungsanteil weitgehend richtungsunabhängig ist, wirkt sich eine Änderung des Neigungswinkels hauptsächlich auf den Direktstrahlungsanteil aus. Dies bedeutet, dass der Neigungswinkel in Gebieten mit einem hohen Diffusstrahlungsanteil wie z.B. Aarau (Jahresdurchschnitt 55 %) einen kleineren Einfluss hat als z.B. in Locarno (42%).

Um die Sonneneinstrahlung im Sommer möglichst gut zu nutzen (z.B. für eine Bassinerwärmung), ist ein flacher Neigungswinkel von ca. 25° bis 35° optimal.

Für Ganzjahresnutzung (Übergangszeit) empfiehlt sich ein Neigungswinkel zwischen 40° bis 60° (Fassadenkollektor 90°).

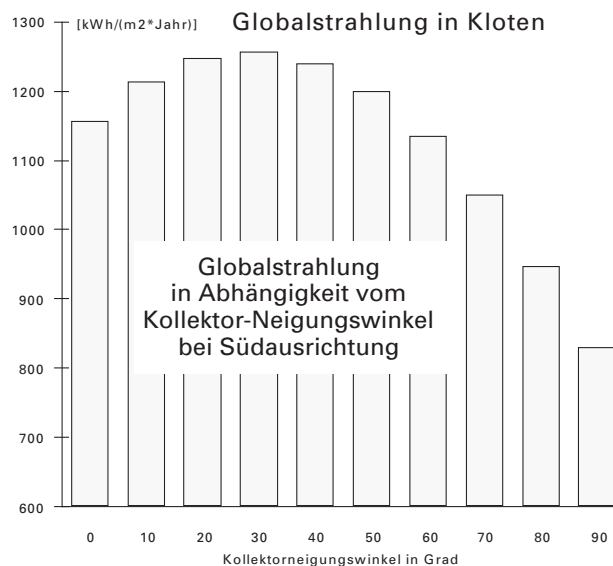


Bild B08

1.4 Orientierung der Fläche (Süd-Abweichung)

Der Orientierungswinkel der Fläche, auch Azimut genannt, definiert die Südatweichung der geneigten Fläche (Bild B09).

Definition:

Genaue Ostausrichtung = -90°

Genaue Südausrichtung = 0°

Genaue Westausrichtung = $+90^\circ$

Südorientierte Flächen können am meisten der einfallenden Sonnenenergie auffangen.

Während eine ostorientierte Ausrichtung hauptsächlich die Morgen- und Mittagssonne ausnutzt, wird entsprechend mit einer Westorientierung hauptsächlich die Mittags- und Abendsonne genutzt.

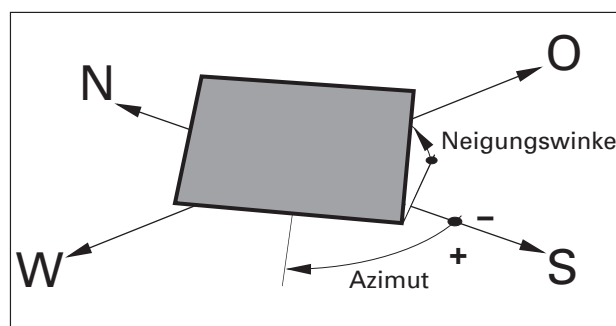


Bild B09

Bild B10 zeigt den Einfluss der jährlich einfallenden Strahlungsenergie durch eine zunehmende Südabweichung.

Sehr gut erkennbar ist die zunehmende Orientierungsempfindlichkeit bei grösserem Neigungswinkel.

Empfehlung:

Bei nicht optimaler Ausrichtung kann der kleinere Strahlungseinfall durch eine grössere Fläche kompensiert werden.

Wie gross diese Kompensation ist, wird in Kapitel D bis F aufgezeigt.

1.5 Beschattung

Viele Faktoren können zu einer Beschattung (oder Teilbeschattung) des Kollektorfeldes führen:

- sehr hoher Horizont (vor allem in Alpentälern)
- grosse Bäume südlich vom Kollektorfeld
- nahestehende grosse Gebäude südlich vor dem Kollektorfeld

Geringfügige Beschattung ist in der Praxis durchaus zulässig.

Soll für ein bestimmtes Objekt der Beschattungsanteil quantifiziert werden, ist es ratsam, in diesem Falle den Fachmann beizuziehen. Dieser verfügt in der Regel über geeignete Aufzeichnungsgeräte.

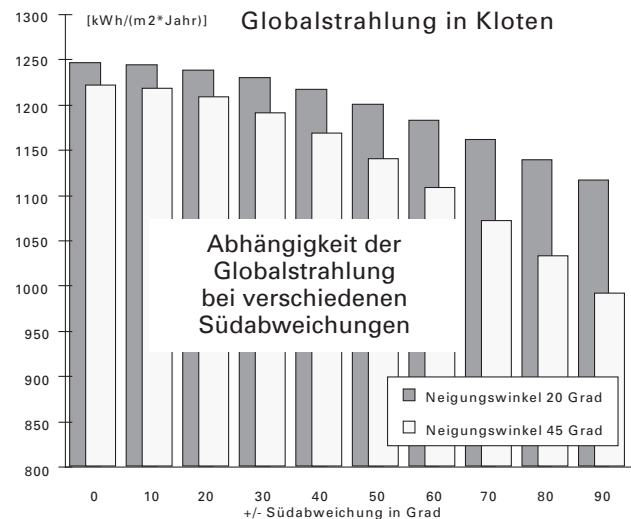


Bild B10

2 Sonnenkollektor

2.1 Prinzip des Sonnenkollektors

Der Sonnenkollektor ist das Bindeglied zwischen der einfallenden Sonnenstrahlung und dem Wärmebenutzer. Der Kollektor hat die Aufgabe, das einfallende Sonnenlicht möglichst effizient in Wärme umzuwandeln.

Das Kernstück eines Kollektors ist der schwarze Absorber, welcher sich unter der Sonneneinstrahlung erwärmt. Er weist ein Röhrensystem auf, damit die gewonnene Wärme mit einem Wärmeträgermedium abgeführt werden kann.

Nicht alle im Kollektor gewonnene Wärme kann mit dem Wärmeträgermedium abgeführt werden. Nun gibt es 3 mögliche Arten von Wärmeverlusten:

- A) Durch Wärmeströmung oder Konvektion, bei der heiße Luft aufgrund des Dichteunterschiedes in Richtung kalte Luft transportiert wird.
- B) Durch Wärmeleitung; z.B. durch Erwärmung fester Materialien oder Wärmeleitung in Gas (Luft)
- C) Durch Wärmestrahlung; z.B. ein «heißer» Körper, welcher Strahlung im Infrarotbereich aussendet

Damit nun die im Absorber gewonnene Wärme möglichst ohne Verluste genutzt werden kann, muss eine entsprechende Wärmedämmung vorgesehen werden.

Auf der Vorderseite geschieht dies durch eine transparente Abdeckung, auf der Rückseite durch eine Wärmedämmung. Auch das Vakuum kann die Funktion der Wärmedämmung erfüllen.

Der Rahmen dient als «Kollektorverpackung», damit ein stabiles, wetterfestes Kollektorelement gebaut werden kann.

2.2 Kollektorarten

Der am meisten verwendete Kollektortyp ist der Flachkollektor. Dieser ist erhältlich als werksgefertigtes einzelnes Kollektorelement oder als Einbaukollektor, welcher erst auf dem Dach zusammengebaut wird.

Dabei unterscheidet man Kollektoren mit einer transparenten Abdeckung und selektiv beschichtetem Absorber oder aber mit zwei transparenten Abdeckungen und einem Absorber ohne selektive Beschichtung.

Unterdruckkollektoren (auch bekannt als Vakuumflachkollektoren) gehören zur ersten Kategorie, wobei die Reduktion der konvektiven Verluste durch einen Unterdruck im Kollektorgehäuse erreicht wird.

Weiterhin werden Vakuum-Röhrenkollektoren verwendet. Ein solches Kollektorelement besteht aus mehreren, (hoch-)evakuierten Röhren, womit eine Reduktion der konvektiven Verluste und der Wärmeleitung im Gas erreicht wird.

2.3 Flachelementkollektor, Funktionsprinzip und Aufbau

Eigenschaften der Strahlung:

Lichtstrahlung bedeutet sichtbare Strahlung (kurzwelliger Bereich)

Wärmestrahlung, auch Infrarotstrahlung genannt, ist nicht sichtbar (langwelliger Bereich)

Flachelementkollektor:

Bild B11 zeigt den Aufbau eines typischen Flachelementkollektors.

Die Lichtstrahlung durchdringt die transparente Abdeckung (1) aus Glas oder Kunststoff. Meistens weisen die Abdeckungen eine feine Strukturierung auf der Innenseite auf, so dass der kleine, reflektierte Strahlungsanteil (2) gestreut wird und somit keine Blendung verursachen kann.

Die Strahlung trifft nun auf den schwarzen Absorber, welcher eine Reflexion von nur wenigen Prozenten (3) aufweist.

Die Glasplatte verhindert ausserdem das Abkühlen des Absorbers durch vorbeistreichenden Wind.

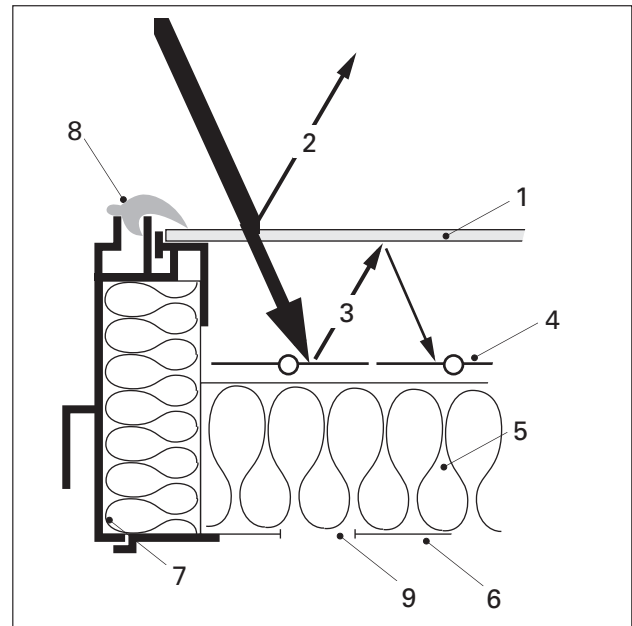


Bild B11

- 1 Transparente Abdeckung
- 2 Von der Abdeckung reflektierte Strahlung
- 3 Vom Absorber reflektierte Strahlung
- 4 Absorber
- 5 Wärmedämmung
- 6 Bodenplatte
- 7 Rahmen
- 8 Dichtung
- 9 Lüftungsöffnung

Jeder Körper, welcher wärmer als die Umgebung ist, wird selber zum Wärmestrahler.

Nun besitzt eine transparente Abdeckung die Eigenschaft, dass die Durchlässigkeit für Lichtstrahlung wesentlich höher ist als für Wärmestrahlung (Bild B12).

Deshalb wird die Wärmestrahlung zum grossen Teil von der Abdeckung absorbiert, wodurch sich die Luft im Kollektor erwärmt. Dieser Vorgang ist allgemein als Treibhauseffekt bekannt.

Damit die Abstrahlungsverluste des Absorbers möglichst gering gehalten werden können, wird dieser mit einer sog. selektiven Schicht versehen. Diese absorbiert die Lichtstrahlung sehr gut, vermindert jedoch die Entstehung von Wärmestrahlung und reduziert somit Wärmeverluste. Damit der Absorber auch auf der Rückseite möglichst wenig Wärme verliert, wird entsprechend mit Wärmedämmung isoliert.

Die nun im Absorber entstehende Wärme wird durch eine Flüssigkeit, meist ein Wasser-Glykol-Gemisch, abgeführt.

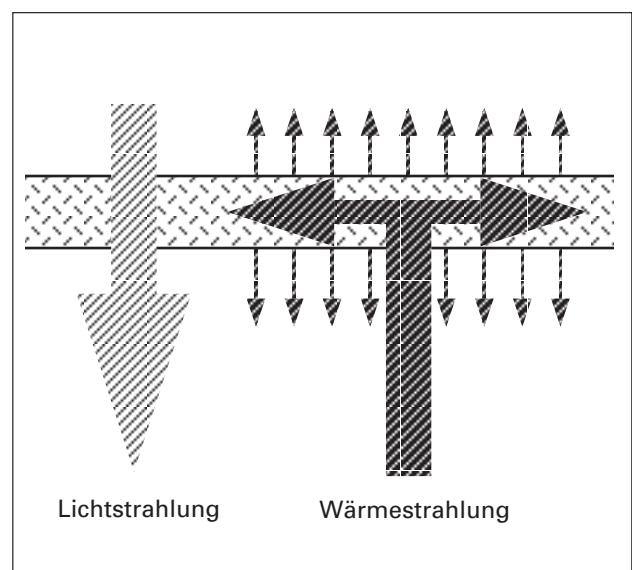


Bild B12

Strahlendurchlässigkeit bei transparenter Abdeckung

2.4 Einbaukollektor

Die Funktion des Einbaukollektors ist identisch mit dem des Flachelementkollektors.

Oftmals werden bei Kollektorherstellern von Einbausystemen die selben Materialkomponenten verwendet wie bei Flachelementkollektoren.

Der Hauptunterschied liegt beim Rahmenprofil. Dabei werden nicht mehr einzelne Elemente auf das Dach montiert, sondern komplette Profilsysteme aus Aluminium oder Holz.

Das bevorzugte Einsatzgebiet der Einbaukollektoren ist die Schrägdachintegration. Einzelne Hersteller verfügen über konstruktive Lösungen von Brüstungsintegrationen.

Der Einbaukollektor weist gegenüber dem Elementkollektor folgende Differenzen auf:

Vorteile:

- keine Zwischenräume bei den einzelnen Elementen. Dadurch wird die Oberfläche und damit auch der Abstrahlungsverlust verringert, was sich positiv auf den Kollektorwirkungsgrad auswirkt
- die Dachfläche wird effektiver ausgenutzt
- weniger Witterungseinflüsse auf die Kollektorverrohrung

Nachteile:

- keine Flachdachmontage
- oftmals schlecht kontrollierbare Absorberverbindungen (Qualität beachten!)

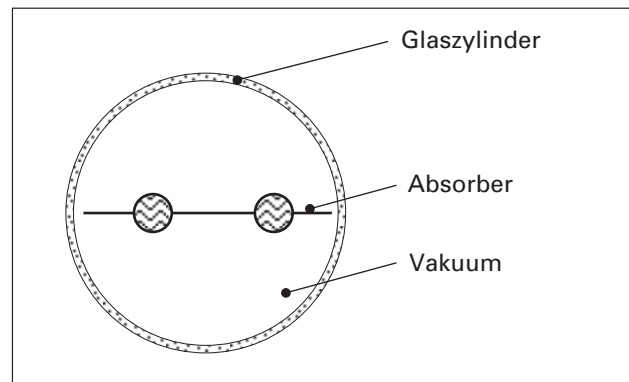
2.5 Vakuum-Röhrenkollektor

Beim evakuierten Röhrenkollektor macht man sich das Prinzip zunutze, das in einem luftleeren Raum keine konvektiven Wärmeverluste sowie keine Wärmeleitung stattfinden kann. Deshalb befindet sich der Absorber in einer evakuierten Glasröhre (Bild B13).

Ansonsten ist das Funktionsprinzip des Absorbers identisch mit dem des Flachkollektors. Der Röhrenkollektor eignet sich für Dachaufbaulösungen und Brüstungsmontagen. In der Praxis werden verschiedene Bauarten von Vakuum-Röhrenkollektoren verwendet.

Evakuierte Röhrenkollektoren weisen einen höheren Wirkungsgrad als Flachkollektoren auf. Dieser Mehrertrag wächst bei sehr hohen Kollektortemperaturen stark an.

Damit ermöglicht der Vakuum-Röhrenkollektor die Erzeugung von Heisswasser (ab ca. 80°C) für Prozesswärme.



Bld B13

Querschnitt durch Vakuum-Glasröhre

2.6 Niedertemperaturkollektor

Der Niedertemperaturkollektor, auch Schwimmbadkollektor genannt, besteht aus einem unisolierten und nicht abgedeckten Absorber [Bild B14]. Die hauptsächlich verwendeten Materialien sind Kunststoffe wie EPDM.

Dieser Kollektortyp erreicht bei niederen Betriebstemperaturen einen sehr hohen Wirkungsgrad.

Das Haupteinsatzgebiet des Niedertemperaturkollektors ist die Schwimmbaderwärmung. Dabei wird der Kollektor direkt mit Badewasser durchflossen. Der Betrieb erfolgt bei Umgebungstemperatur. Da die Wärmedämmung unter diesen Umständen nur eine untergeordnete Rolle spielt, kann auf diese verzichtet werden.

Dieser Kollektortyp erreicht bei niederen Betriebstemperaturen einen sehr hohen Wirkungsgrad.

Wird das Schwimmbassin hauptsächlich in den Sommermonaten benutzt, kann mit Niedertemperaturkollektoren eine finanziell sehr interessante Anlage realisiert werden.

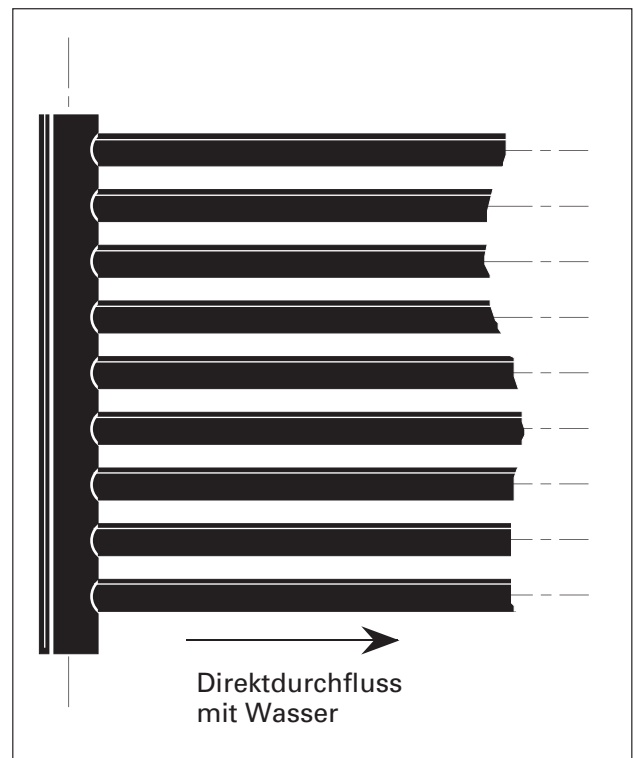


Bild B14
Niedertemperaturkollektor (Ausschnitt)

2.7 Kollektormaterialien

2.7.1 Transparente Abdeckung

Für die transparente Abdeckung wird bei Elementkollektoren hauptsächlich Glas (eisenarm, sekurisiert) verwendet, bei Einbaukollektoren werden vereinzelt auch Abdeckungen aus Kunststoff verwendet.

Der Vorteil beim Glas liegt in der sehr guten UV-Beständigkeit sowie der hohen Widerstandskraft bei mechanischen Einflüssen. Kunststoffabdeckungen sind hingegen leichter und preisgünstiger.

2.7.2 Absorber

Die Hauptfunktion eines jeden Kollektors fällt dem Absorber zu. Die Materialwahl und die Beschaffenheit haben einen grossen Einfluss auf die Qualität der Sonnenkollektoren.

Die Absorber bestehen bei Flach- und Vakuumkollektoren aus Kupfer, Stahl oder Aluminium, wobei die Kupfer- und Stahlabsorber in der Regel eine selektive Beschichtung aufweisen.

Beim Absorber unterscheidet man verschiedene Bauweisen (Bild B15):

Der Fahnenabsorber besteht aus einzelnen Lamellen (Kupfer, Stahl oder Aluminium) mit eingearbeiteten Rohren (meist aus Kupfer).

Der Kissenabsorber besteht aus zwei grossen Blechen (Stahl, Chromstahl), welche mittels Punktschweissung (bestimmtes Raster) aneinandergeschweisst werden.

Der Rollbondabsorber besteht wie der Kissenabsorber aus zwei Blechen (Aluminium), nur werden diese mittels Rollbondverfahren verbunden.

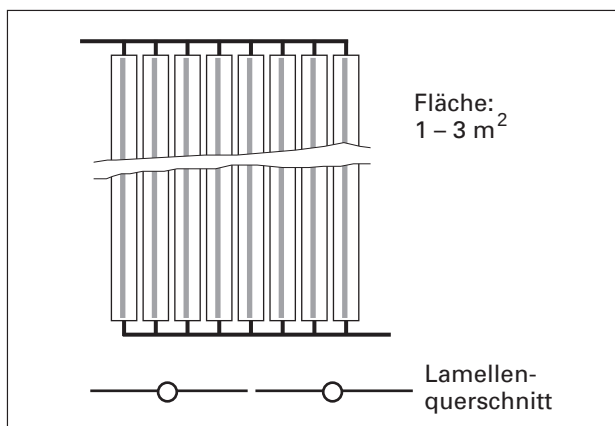
2.7.3 Wärmedämmung

Die bei Flachkollektoren verwendeten Wärmedämmmaterialien sind Mineralwolle oder Kunststoff. Bei Vakuumkollektoren erweist sich zusätzliches Wärmedämmmaterial als unnötig.

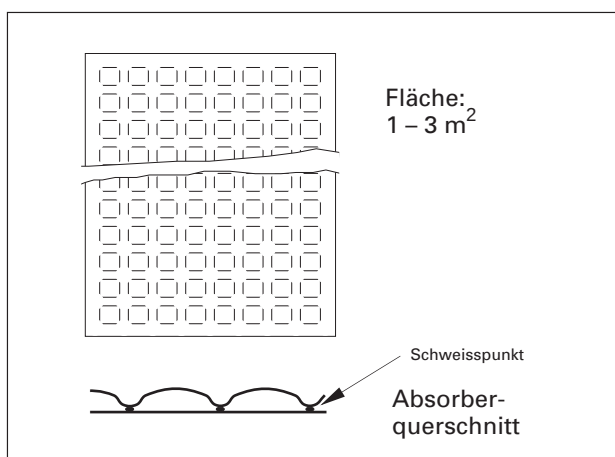
2.7.4 Kollektorrahmen

Der Kollektorrahmen wird aus Aluminium, Holz oder Stahlblech gefertigt. Auch Materialverbunde zwischen Aluminium und Holz werden mit Erfolg eingesetzt.

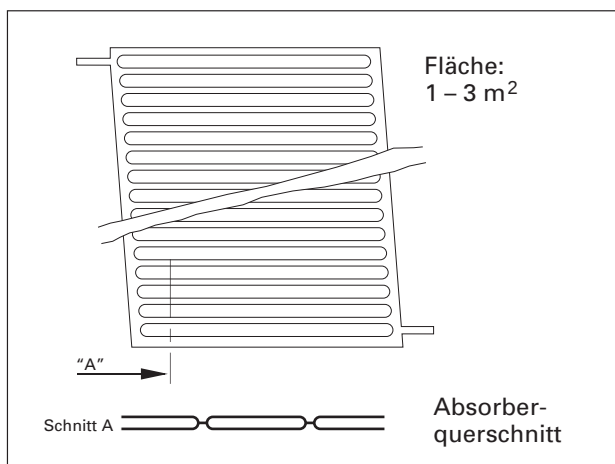
Bild B15



Fahnenabsorber (Kupfer)



Kissenabsorber (rostfreier Stahl)



Rollbondabsorber (Aluminium)

2.8 Kollektortest

Damit die verschiedenen Kollektorprodukte objektiv miteinander verglichen werden können, erfolgt deren Prüfung auf Leistung und Lebensdauer von einer unabhängigen Institution.

Diese Institution [Bild B16] ist in der Schweiz die Nationale Solarenergie- Prüf- und Forschungsstelle (SPF) am Interkantonalen Technikum in Rapperswil (ITR).

Die Resultate sind für jedermann zugänglich. Weitere Informationen sind erhältlich durch:

INFOENERGIE
Postfach 310
5200 Brugg



Bild B16

2.8.1 Leistungstest

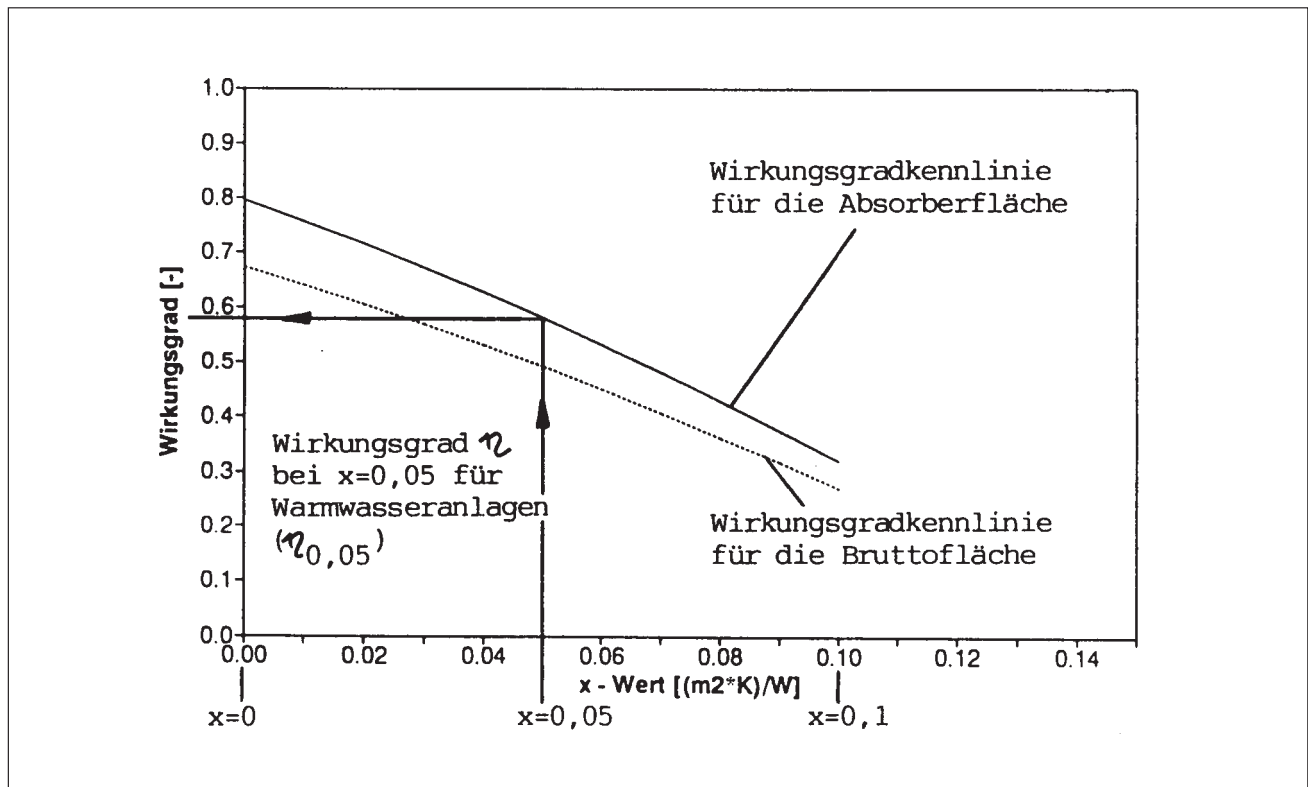


Bild B17

Das Prüfungsverfahren findet im Freien unter natürlicher Sonneneinstrahlung statt. Dabei werden in der Regel 2 identische Kollektoren zusammen mit 2 Referenzkollektoren getestet. Dadurch können einerseits Qualitätsschwankungen besser aufgespürt und andererseits jahreszeitliche Schwankungen korrigiert werden.

Ein Testresultat der SPF für einen Kollektortyp umfasst mehrere Seiten. Darin enthalten sind neben dem Hersteller- und Produktnamen auch Angaben über Typ, Grösse, Aufbau, Abmessungen, Preis sowie verwendete Materialien.

Die Wirkungsgradkennlinie ist die graphische Darstellung des Leistungstests (Bild B17). Somit kann bei einem bestimmten X-Wert der dazugehörige Kollektorstufenwirkungsgrad herausgelesen werden.

Damit die Wirkungsgrade miteinander verglichen werden können, wurden drei charakteristische Betriebspunkte des Kollektors (also drei verschiedene X-Werte) und der dazugehörige Wirkungsgrad definiert.

η_x ist der Kollektorstufenwirkungsgrad bei $x = 0$, d.h. wenn die mittlere Kollektortemperatur gleich der Aussentemperatur ist.

$\eta_{0.05}$ ist der Kollektorstufenwirkungsgrad bei $x = 0.05$, d.h. wenn z.B. die mittlere Kollektortemperatur 60°C , die Aussentemperatur 20°C und die Globalstrahlung 800W/m^2 beträgt.

Dies ist der massgebende Kollektorstufenwirkungsgrad bei der Dimensionierung von Warmwasseranlagen.

$\eta_{0.1}$ ist der Kollektorstufenwirkungsgrad bei $x = 0.1$, d.h. wenn z.B. die mittlere Kollektortemperatur 100°C , die Aussentemperatur 20°C und die Globalstrahlung 800W/m^2 beträgt.

Dies ist der massgebende Kollektorstufenwirkungsgrad bei Sonnenenergieanlagen für Prozesswärme.

Im weiteren umfasst der Testbericht die Bruttowärmeertragstabellen von Kloten, Davos sowie Locarno.

Darin sind neben den Globalstrahlungsdaten auch der Kollektorertrag bei definiertem Neigungswinkel und Azimut pro Monat sowie pro Jahr aufgeführt.

Ausserdem ist der Jahreswirkungsgrad des Kollektors in Prozent angegeben.

Ein Beispieltest ist im Kapitel H (Anhang) beigefügt.

2.8.2 Qualität und Auswahl der Kollektorprodukte:

Das Kriterium der Kollektorqualität wird häufig unterschätzt.

Der Preis der effektiv bezahlten Kilowattstunde einer Solaranlage hängt stark von deren Lebensdauer ab. Deshalb sollte bei der Kollektorauswahl nicht nur die bei einem bestimmten Preis gebotene Leistung pro Flächeneinheit geprüft werden, sondern auch die verwendeten Materialien auf deren Qualität und Lebensdauer.

Im Rahmen des Forschungsprojektes «Lebensdauer und Betriebssicherheit von Solaranlagen» wurden 1984 vom Interkantonalen Technikum Rapperswil in Zusammenarbeit mit dem Paul Scherrer Institut (vormals EIR) die Langzeitbeständigkeit von Flachkollektoren untersucht. Die Sonnenkollektoren wurden extremen Bedingungen ausgesetzt, um eine Simulation eines langjährigen Betriebes zu erreichen.

Die Testresultate sind beim Bundesamt für Energiewirtschaft (BEW) unter ISBN-3-906110-03-6 erhältlich.

Heute besteht die Möglichkeit, Kollektoren jeglicher Bauart am Interkantonalen Technikum Rapperswil auf deren Qualität untersuchen zu lassen. Zur Zeit liegen noch keine Testergebnisse vor. Wann und in welcher Form diese Ergebnisse veröffentlicht werden, darüber kann die unter 2.7 aufgeführte Adresse [INFOENERGIE] zu gegebener Zeit Auskunft erteilen.

2.9 Bruttowärmeertragsberechnungen

Für die Dimensionierung der Kollektorfläche einer Sonnenenergieanlage ist es notwendig, den zu erwartenden Energieertrag unter bestimmten Voraussetzungen zu kennen. Eine solche Berechnung wird üblicherweise mit einer geeigneten Software auf dem PC durchgeführt. Die meisten Kollektoranbieter oder Planungsbüros können mit geringem Aufwand eine Kollektorertragsberechnung erstellen. Dazu werden folgende Angaben benötigt:

- a) Meteorologische Angaben
 - Standort

Die Berechnungsprogramme berücksichtigen langjährige Wetterdaten von Referenzmessstationen, wobei unter Zuhilfenahme von Statistiken diese

Messwerte für alle Schweizer Gemeinden umgerechnet wurden.

- b) Aufstellwinkel
- Neigungswinkel
 - Ausrichtung (Azimut)

Kann der Kollektorneigungswinkel sowie die Ausrichtung bestimmt werden (z. B. Flachdachmontage), werden Bruttowärmeerträge mit verschiedenen Aufstellungsdaten berechnet, damit die Kollektoren den optimalen Ertrag liefern können.

c) Kollektortyp

Ebenfalls wird der Kollektortyp mit den Kollektorkonstanten benötigt, damit die unterschiedlichen Kollektorstufen berücksichtigt werden können.

Mit diesen Angaben und einer geeigneten Software kann nun eine Bruttowärmeertragstabelle erstellt werden,

Beispiel:

Bild B17 zeigt den Bruttowärmeertrag für Erlenbach ZH in kWh pro m² Kollektorfläche jeweils pro Monat als auch im Jahrestotal.

Bruttowärmeertrag in kWh/m² für Erlenbach (ZH)

T _m °C	JAN	FEB	MAR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEZ	Total
10	19.0	37.8	65.3	92.6	111.8	119.3	134.4	116.5	96.1	60.8	27.0	13.5	894
20	13.8	30.8	55.1	80.3	96.9	103.8	118.7	102.1	83.9	51.0	21.0	9.1	766
30	10.3	25.1	46.7	70.0	84.5	90.6	104.3	89.4	73.4	43.2	16.8	6.3	661
40	7.8	20.6	39.5	61.0	74.0	79.3	92.0	78.6	64.3	36.9	13.7	4.6	572
50	6.1	16.8	33.3	53.1	64.6	69.3	80.8	69.0	56.2	31.5	11.2	3.4	495
60	4.7	13.5	28.8	46.0	56.0	60.1	70.5	60.3	48.9	26.8	9.1	2.5	426
70	3.5	10.7	23.2	39.5	47.9	51.4	60.8	52.2	42.1	22.5	7.2	1.8	363
80	2.6	8.2	18.9	33.5	40.3	43.2	51.6	44.5	35.7	18.7	5.5	1.3	304
90	1.8	6.1	15.0	27.9	33.1	35.4	42.9	37.2	29.8	15.1	4.0	0.8	249

Bild B17

- handelsüblicher Flachkollektor, einfachverglast, selektiv
- Neigungswinkel 45 Grad
- Südausrichtung

T_m °C: mittlere Kollektortemperatur in Grad C

Bemerkung:

Der Bruttowärmeertrag soll bei grösseren Anlagen nicht dem Energiebedarf gleichgesetzt werden, da im ersten die Einflüsse von Verbrauchsgewohnheiten, Speicher und Steigleitungen noch nicht berücksichtigt sind.

Klar ersichtlich ist der bessere Kollektorstufen bei tieferer Betriebstemperatur infolge tieferen thermischen Kollektorverlusten.

Werden weitergehende Informationen über Programme zur Kollektorertragsberechnungen gewünscht, kann an der unter 2.7 aufgeführten Adresse (INFOENERGIE) angefragt werden.

3 Funktionsprinzip einer Sonnenenergieanlage

3.1 Funktion bei Standardsystemen

Anhand einer einfachen Standardanlage (Bild B18) werden die Begriffe und die Arbeitsweise einer Solaranlage erklärt.

Die Umwandlung der Sonnenstrahlung in Wärme findet in dem Sonnenkollektor statt. Die vom Sonnenkollektor erzeugte Wärme fällt häufig zu einem Zeitpunkt an, zu welchem sie gar nicht gebraucht wird. Deshalb braucht es zwischen dem Kollektor und dem Verbraucher einen Speicher, welcher eine Pufferfunktion übernehmen kann.

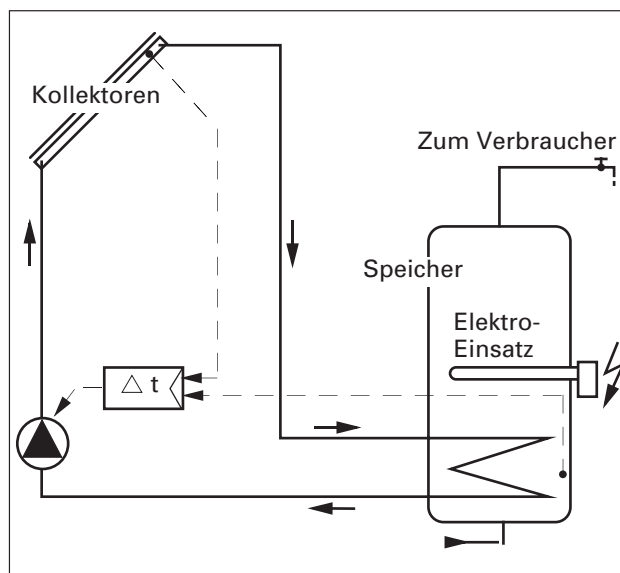


Bild B18

Der Wärmetransport vom Kollektor zum Speicher findet mit Hilfe des Kollektorkreislaufes statt: Zwei Leitungen verbinden Kollektor und Speicher, wobei eine Pumpe (Bild B19) für die Umwälzung des Wärmeträgermediums sorgt. Der Kollektorkreislauf ist ein geschlossenes System. Deshalb braucht es ein Expansionsgefäß (6) und ein Sicherheitsventil (7) sowie eine geeignete Füllvorrichtung (5) mit zwei Füllhähnen und einem Schieber dazwischen. Das Wärmeträgermedium ist ein Gemisch aus Wasser und Glykol (Frostschutz). Da das Wärmeträgermedium nicht das Speichermedium selbst ist, muss ein Wärmetauscher vorgesehen werden. Nachts ist der Kollektor kälter als der untere Teil des Speichers; um den Wärmetransport durch Schwerkraft rückwärts zum Kollektor zu unterbinden, ist deshalb ein Rückschlagventil (2) im Kollektorkreislauf notwendig.

Die Pumpe (1) darf erst dann eingeschaltet werden, wenn der Kollektor wärmer ist als der untere Teil des Speichers; damit der Wärmetransport stets vom Kollektor zum Speicher (und nicht umgekehrt) stattfindet. Zu diesem Zweck ist eine Regelung installiert. Sie besteht aus einem Temperaturdifferenzregler und zwei Temperaturfühlern (Bild B18).

Der Kollektorfühler misst die Temperatur im oberen Teil des Kollektors (und nicht derjenige der Anschlussleitung!). Der Speicherfühler gibt die Temperatur auf der Höhe des Wärmetauschers an. Die Pumpe wird ausgeschaltet, wenn kein Wärmetransport mehr vom Kollektor zum Speicher stattfinden kann, wenn also die Einstrahlung nicht mehr genügt.

Die Sonne scheint – obwohl statistischen Gesetzmässigkeiten unterworfen, – «wenn es ihr passt».

Deshalb braucht es in Raumheizungs- und Wassererwärmungsanlagen ein Aggregat (Zusatzheizung), welches die Versorgungssicherheit bei fehlender Sonneneinstrahlung gewährleistet.

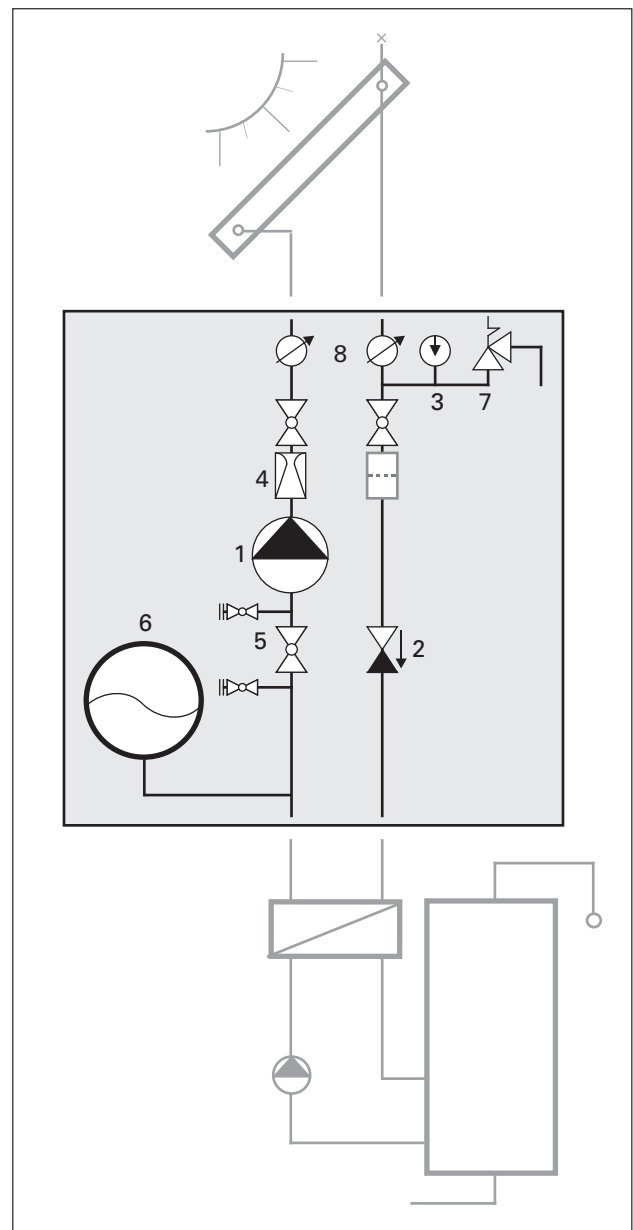


Bild B19

- 1 Umwälzpumpe
- 2 Rückflussverhinderer
- 3 Manometer
- 4 Durchflussmesser
- 5 Absperrorgane
- 6 Expansionsgefäß
- 7 Sicherheitsventil

3.1.1 Thermosyphoneffekt

Der Thermosyphoneffekt kann genutzt werden, wenn der Speicher höher platziert ist als das Kollektorfeld (Bild B20).

Damit die Funktion einer Thermosyphonanlage gewährleistet wird, muss auf einen druckverlustarmen Kollektorkreis geachtet werden (speziell Kollektor und Wärmetauscher). Ausserdem empfiehlt sich, die Rohrleitungen ca. 1/4" bis 1/2" grösser zu wählen als bei Standardanlagen.

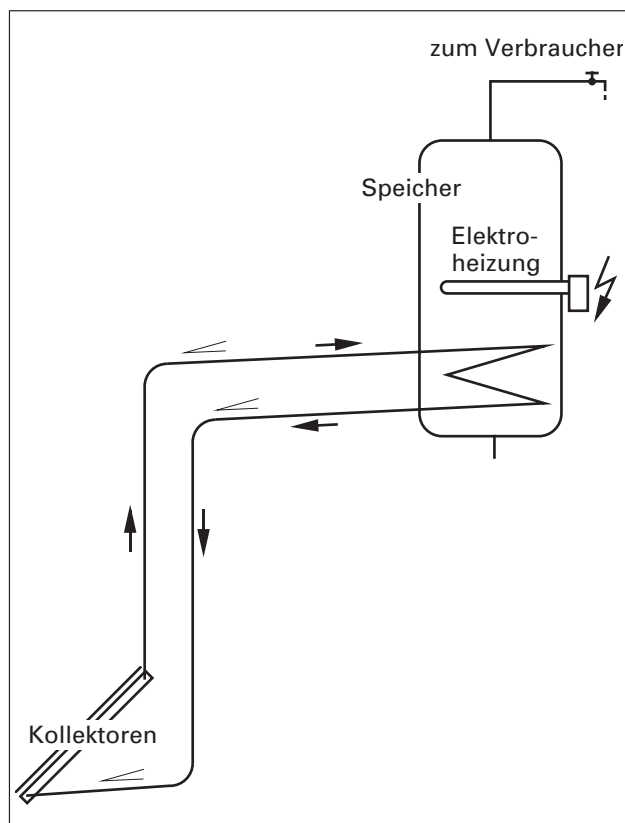


Bild B20

Wichtig: Grosse Leitungsquerschnitte sowie geeignete Kollektoren wählen!

Neigung

3.2 Energieflussdiagramm

Das Energieflussdiagramm in Bild B21 zeigt, wohin und in welcher Grössenordnung sich die Energieströme von der Atmosphäre bis zum Verbraucher bei einer einfachen Warmwasseranlage aufteilen.

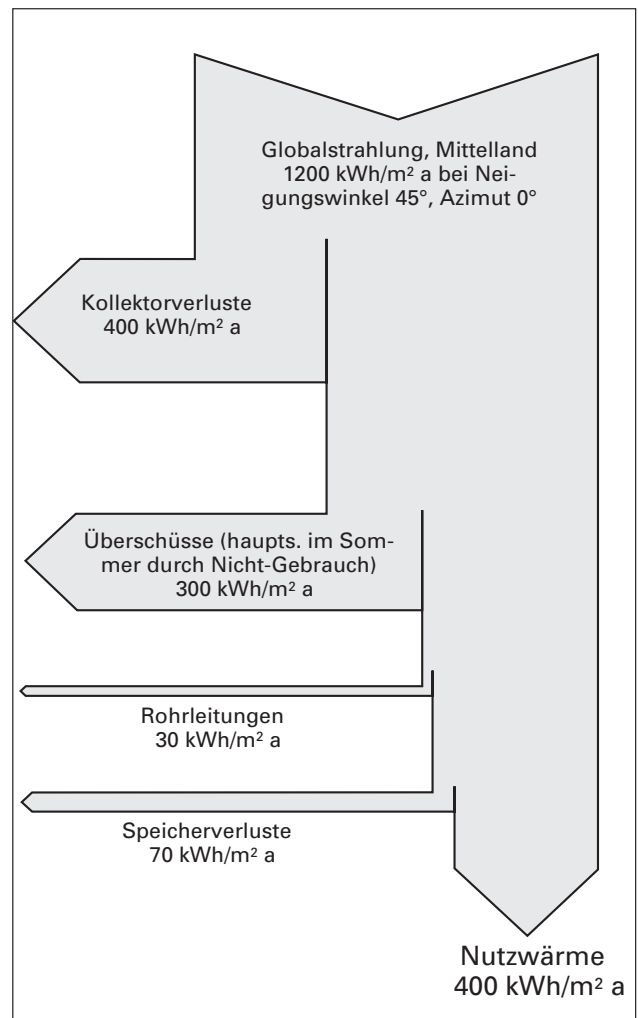


Bild B21

Damit das Energieflussdiagramm besser interpretiert werden kann, zeigt Bild B22 (vereinfacht) die Ertrags- und Verbrauchskurve im Jahresverhalten. Ist die Sonnenstrahlung im Sommer sehr gross, führt dies im Bereich der Einfamilienhäuser (je nach Kollektorfeldgrösse) zu Überschüssen.

Vor allem bei Mehrfamilienhäusern gilt es, eine Anlage zu konzipieren, welche möglichst viel von der im Kollektor gewonnenen Wärme dem Verbraucher zuführt.

Eine Sonnenenergieanlage sollte so einfach wie möglich konzipiert werden, denn unnötige Bauteile verteuern die Anlage und wirken sich negativ auf die Betriebssicherheit aus.

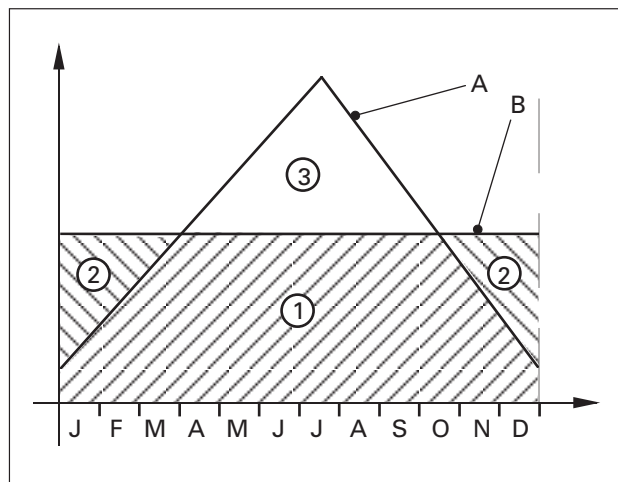


Bild B22

Energieverteilung bei einer Warmwasseranlage

- A = Verlauf des Bruttowärmeertrages
- B = Verlauf des Warmwasserbedarfs
- 1 = Solarer Nettoertrag
- 2 = Zusatzenergiebedarf
- 3 = Sommerüberschuss

3.3 Solare Wassererwärmung

Der Kollektorkreislauf (Primärkreis) ist für den Wärmetransport vom Kollektor zum Speicher zuständig und wird mit einem Wärmeträgermedium (wegen der Frostschutzsicherheit meist ein Glykol-Wasser-Gemisch) gefüllt (Bild B23).

Das Wärmeträgermedium gibt die im Kollektor gewonnene Wärme über einen Wärmetauscher wieder in den Speicher ab.

Der Speicher, in diesem Falle ein Wassererwärmer, enthält das Warmwasser.

Die Einstromung des Solarkreises erfolgt im Wassererwärmer im unteren Bereich. Aufgrund der Temperaturschichtung im Wassererwärmer befindet sich im unteren Teil immer das kältere Wasser. Dies bewirkt, dass der Primärkreis und somit die Sonnenkollektoren nur die nötige Temperatur und somit einen besseren Wirkungsgrad aufweisen.

Der Wassererwärmer wird so konzipiert, dass das Volumen oberhalb der Zusatzenergiequelle so gross ist, dass damit ein Tagesbedarf abgedeckt werden kann. Der obere Teil entspricht deshalb dem Bereitschaftsvolumen.

Die Zusatzenergiequelle (Elektroheizpatrone und/oder zusätzlicher Wärmetauscher) wird grundsätzlich oberhalb des Solarkreiswärmetauschers platziert.

Das erwärmte Wasser steigt aufgrund der kleineren Dichte. Dies bedeutet, dass der untere Teil im Wassererwärmer immer ein «Pufferspeicher» für die Sonnenenergie ist, da er nur vom Wärmetauscher des Primärkreises erwärmt werden kann.

Reicht die Sonnenenergie nicht ganz für die Erwärmung des Wassers auf die gewünschte Temperatur, spricht man von einer solaren Vorerwärmung. Die Zusatzenergiequelle muss dann nur noch das gewünschte Temperaturniveau mit dem bereits vorgewärmten Wasser erreichen.

Damit sich die Temperaturschichtung im Speicher möglichst gut aufbauen kann, sollte die Speicherhöhe nicht zu knapp gewählt werden. Das Verhältnis Speicherhöhe zu Speicherdurchmesser sollte wenn möglich 2:1 oder mehr betragen.

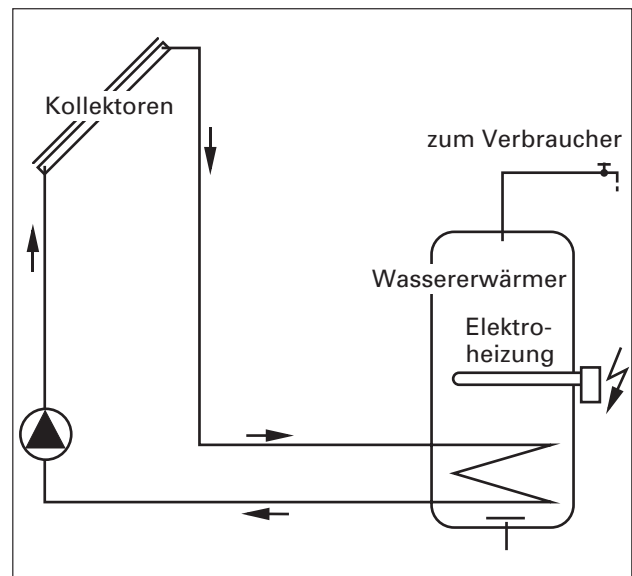


Bild B23

3.4 Wassererwärmung mit Heizungsunterstützung

Vielerorts möchte man am vorgegebenen Objekt mehr Sonnenenergie nutzen als nur für Brauchwassererwärmung. Dann besteht die Möglichkeit, die Sonnenenergieanlage für Warmwasser kombiniert mit einem Heizungssystem einzusetzen.

Die Grundidee besteht darin, dass die Sonneneinstrahlung auch in den Uebergangszeiten eine gute Intensität aufweist und somit ein beträchtlicher Anteil (teils 100 %) an den Heizenergiebedarf leisten kann. Dies führt zu einer zeitlichen Verkürzung des Brenneinsatzes. Durch die entsprechend grössere Kollektorfläche und das vergrösserte Speichervolumen kann der Warmwasserbedarf im Sommer zu 100 % gedeckt werden; was auch zu Überschüssen führen kann.

Für die Wassererwärmung mit Heizungsunterstützung kann man verschiedene Varianten wählen.

3.4.1 Kombiniertes Heizungs- und Warmwasserspeicher

Die erste Lösung besteht aus einem Heizungsspeicher mit integriertem Wassererwärmer (Bild B24).

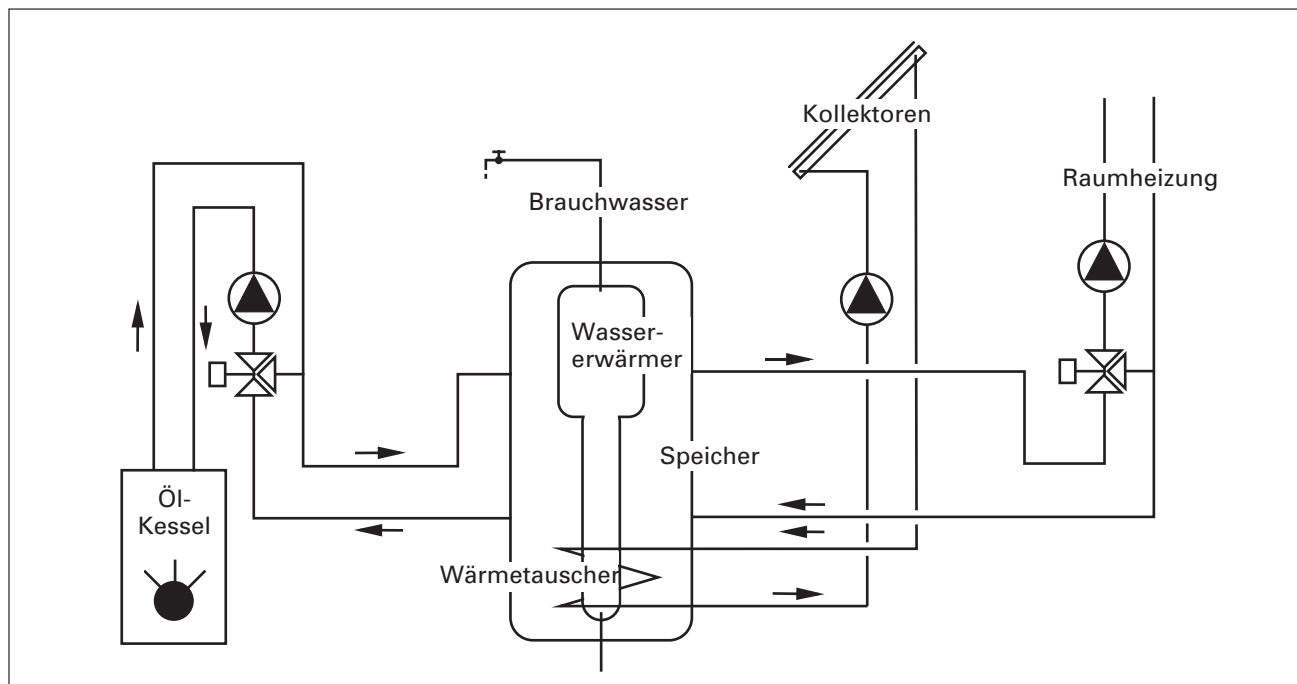
Der Speicher ist gefüllt mit Heizungswasser. Der Wassererwärmer befindet sich unisoliert im Heizungsspeicher. Nun erwärmt das Heizungswasser automatisch das sich im Wassererwärmer befindliche Brauchwasser.

Die Sonnenenergie erwärmt das Heizungswasser im unteren Bereich des Speichers. Bei ungenügendem Sonnenenergieangebot erfolgt die Nachheizung des oberen Teils mit einem Holz-, Öl- oder Gaskessel; auch besteht die Installationsmöglichkeit einer Elektroheizpatrone.

Die Radiatoren (oder Fussbodenheizung) werden direkt ab dem Speicher versorgt.

Der Heizungsvorlauf wird im oberen Teil abgenommen (jedoch nicht zuoberst, damit die Warmwasserversorgung nicht beeinträchtigt wird). Der Heizungsrücklauf fliesst in den unteren Speicherteil zurück, und schichtet sich gemäss dem vorhandenen Temperaturniveau ein. Eine Tiefe Rücklauftemperatur wirkt sich vorteilhaft auf den Anlagenwirkungsgrad aus.

Bild B24 Heizungsspeicher mit integriertem Wassererwärmer



3.4.2 System für getrennte Bewirtschaftung von Wassererwärmer und Heizungsspeicher

Bild B25: Eine weitere Möglichkeit bildet ein sog. Zweiabnehmersystem mit Umschaltung über ein Motorventil. Dabei wird ein separater Speicher für Heizung und Warmwasser verwendet. Der Benutzer kann am Steuerschrank die Priorität der Verbraucher wählen. Der zweite Abnehmer wird nur dann mit Wärme versorgt, wenn der Bedarf der ersten Priorität gedeckt ist.

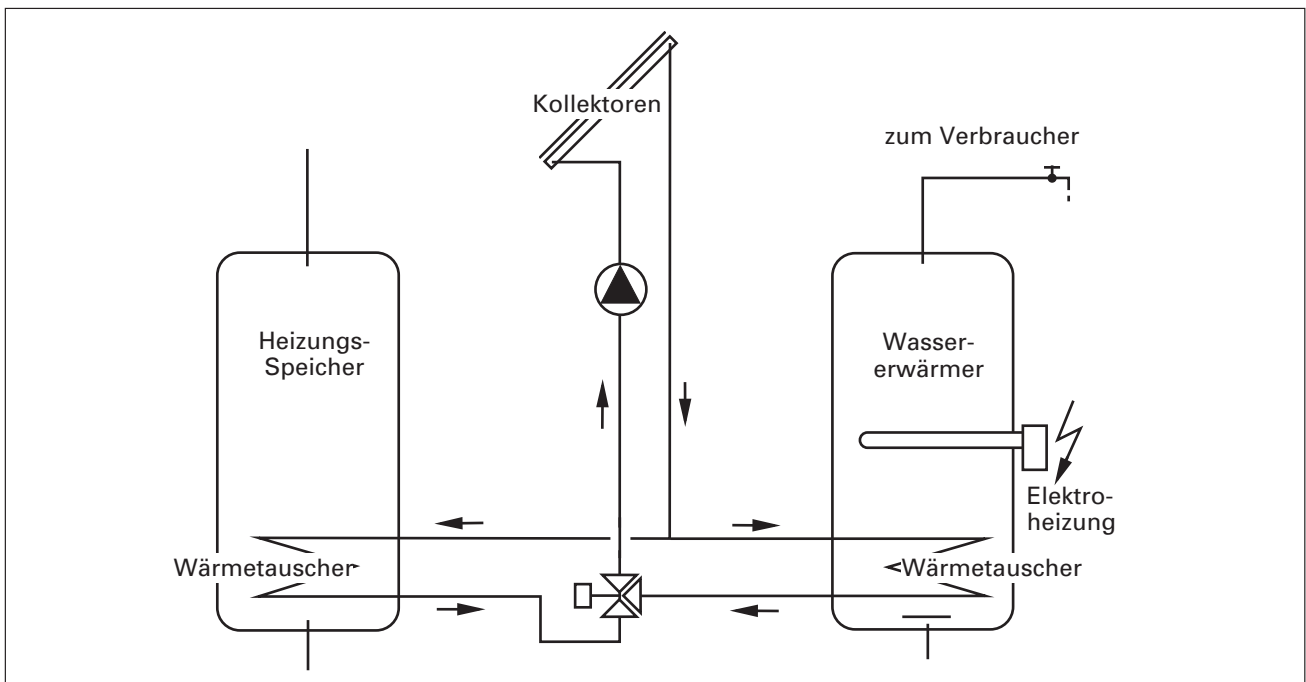


Bild B25 Zweispeichersystem

3.5 Warmwasser mit Bassinerwärmung

Oftmals wird von der Bauherrschaft eine Bassinerwärmung mittels Sonnenenergie verlangt.

Der Vorteil einer Bassinerwärmung liegt darin, dass die im Sommer auftretenden hohen Kollektorerträge genutzt werden können, was wiederum zu einer effektiveren Ausnutzung der Kollektorfläche führt.

In der Regel wird die Kollektorfläche grösser gewählt als für eine reine Warmwasseranlage.

Die Nachfrage nach einer Bassinerwärmung mit Sonnenenergie nimmt stark zu, insbesondere seit Inkrafttreten der Energienutzungsverordnung (ENV) des Bundesamtes für Energiewirtschaft. Diese schreibt in Art. 13 die Anwendung von Sonnenenergie, Geothermie oder nicht anders nutzbarer Abwärme zwingend vor.

Bild B26 zeigt das Prinzip einer Warmwasseranlage mit Bassinunterstützung. Es handelt sich um ein Zweiabnehmersystem mit Prioritätenschaltung.

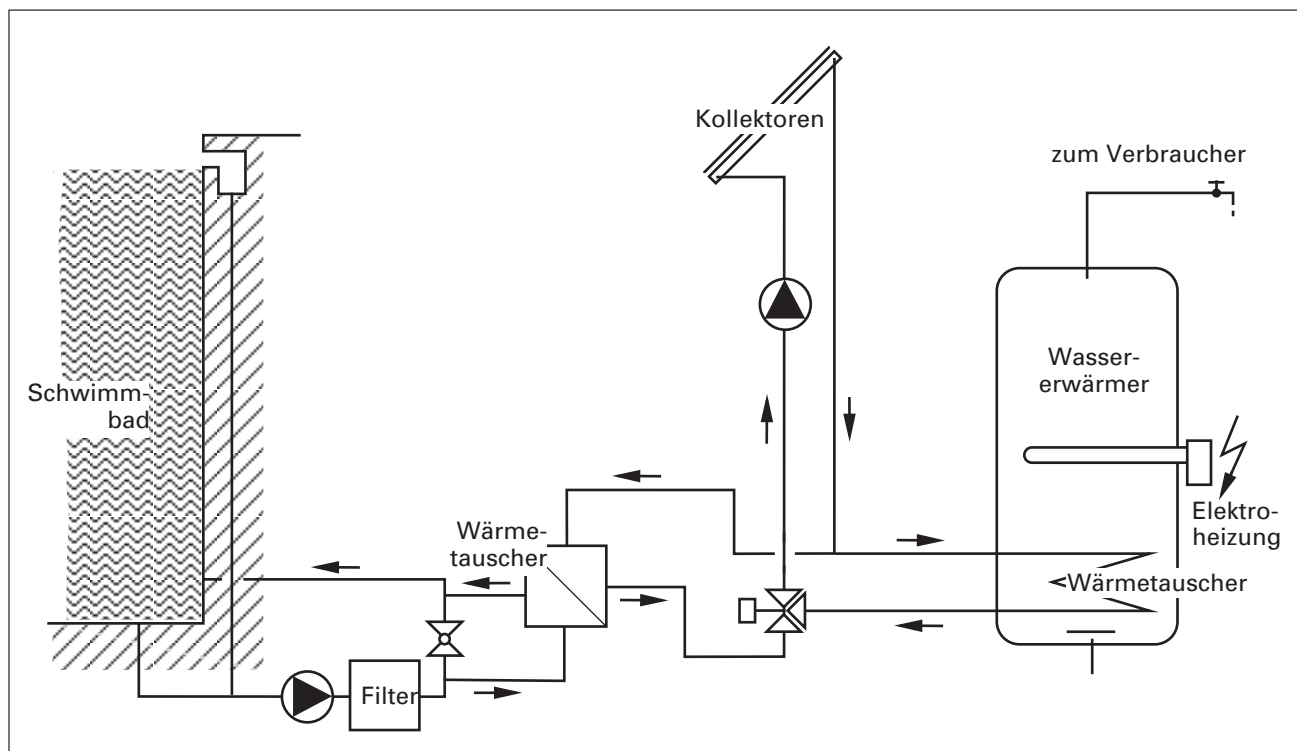


Bild B26

4 Vorgehen

Vor der Realisierung einer Sonnenenergieanlage empfiehlt es sich, den energetischen Gesamtzustand eines Gebäudes zu prüfen. Damit können gegebenenfalls weitere Massnahmen zur Reduktion des Energieverbrauchs evaluiert werden.

4.1 Offertselektion

Damit in kurzer Zeit ein Kostenrahmen für eine Sonnenenergieanlage gesetzt werden kann, verfügen viele Kollektorhersteller über Richtpreislisten bei Standardanlagen.

Der Installateur kann diese Richtpreislisten als Arbeitswerkzeug bei der Offertselektion verwenden.

4.2 Datenerhebung, Projektierung

Erklärt sich der Bauherr mit dem finanziellen Rahmen einverstanden, erfolgt eine genaue Datenerhebung.

Dabei werden folgende Punkte mit dem Bauherrn besprochen:

- Grösse des Warmwasserverbrauchs oder Anzahl der Verbraucher, Zirkulationsleitung
- Bestehen starke Verbrauchsspitzen?
- Anlage mit hohem solaren Deckungsgrad oder möglichst wirtschaftliche Anlage?
- Kollektorstandort, Montageart, Leitungsführung
- Einbindung der Solarkomponenten in die bestehende Heizungsanlage, Speicher/Wassererwärmer-Erneuerung, Türbreiten sowie Höhe des Speicherraumes für die Speichereinbringung
- Art der Zusatzenergie

Mit diesen Daten kann nun mittels Kapitel D bis F die Sonnenenergieanlage spezifiziert und die genaue Offerte erstellt werden.

4.3 Baubewilligung

Grundsätzlich erfordert jede Sonnenenergieanlage eine Baubewilligung.

Die zuständige Gemeindeverwaltung gibt gerne Auskunft, in welcher Form die Baubewilligung einzuholen ist.

Oftmals genügt bei nachträglicher Kollektormontage die Eingabe der Dachpläne mit den eingezeichneten Kollektoren.

4.4 Subventionen

Durch Subventionen seitens Bund, Kanton oder Gemeinde kann die Attraktivität einer Anlagenrealisierung wesentlich erhöht werden.

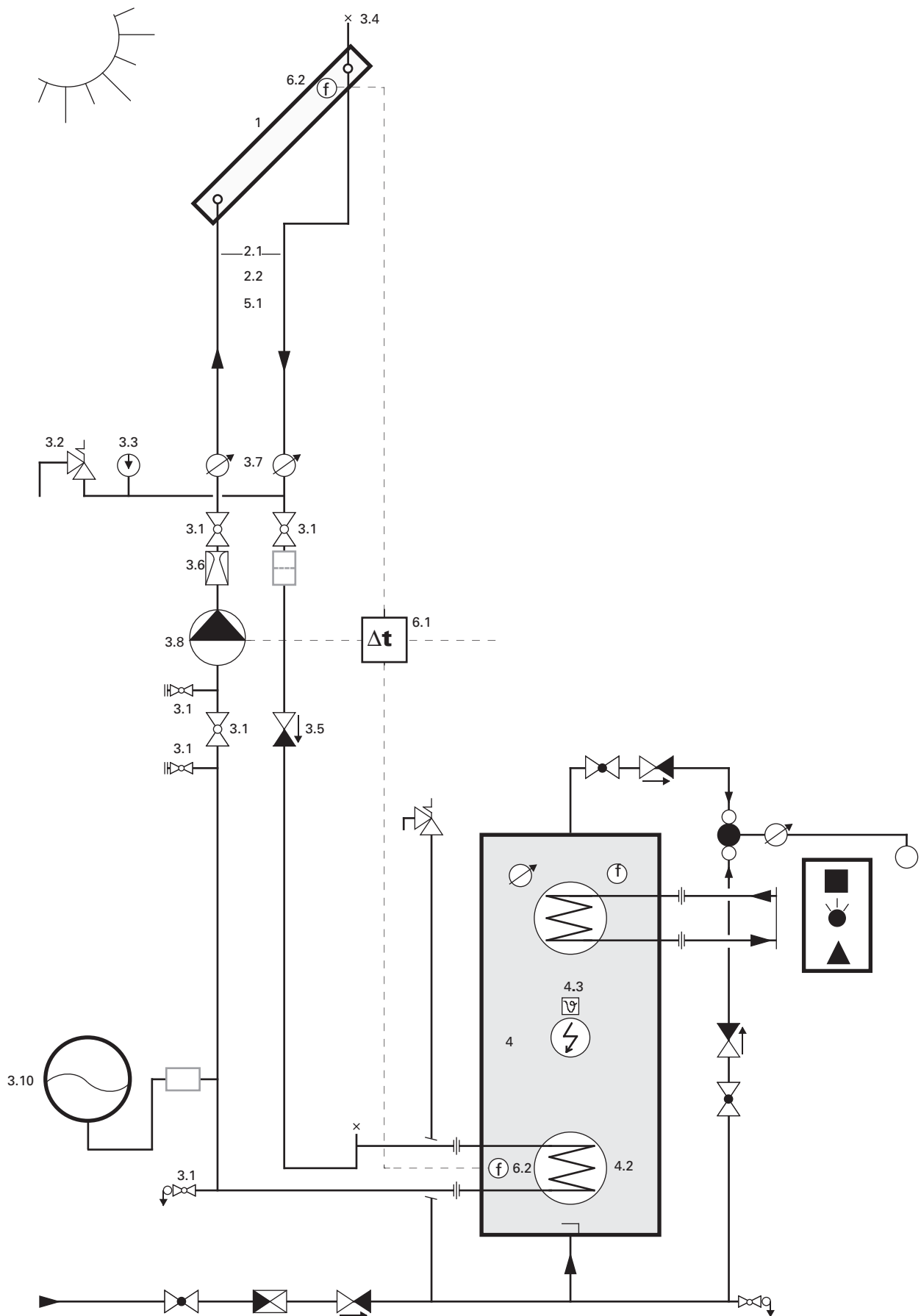
Auf jeden Fall sollte die zuständige kantonale Energiefachstelle angefragt werden, ob die bevorstehende Anlagenrealisierung subventionsberechtigt ist (oder allenfalls Steuern eingespart werden können).

Da Subventionen nicht rückwirkend erteilt werden, empfiehlt sich eine Abklärung vor der Anlagenrealisierung.

C Material

Grundschema der Anlage	38
Inhaltsverzeichnis	39

Grundschemata der Anlage



Inhaltsverzeichnis

1	Sonnenkollektoren	41
1.1	Kollektorverbindungen	41
1.1.1	Grundsätzliches	41
1.1.2	Der Silikonschlauch	41
1.1.3	Die Verbindung mit Kupfer	41
2	Rohrleitungen	42
2.1	Verbindung Wassererwärmer Sonnenkollektor	42
2.1.1	Funktion	42
2.1.2	Anforderungen	42
2.1.3	Materialwahl	42
2.1.4	Rohrverbindungen	43
2.2	Wäremedämmung	43
2.2.1	Grundsätze	43
2.2.2	Anforderungen	43
2.2.3	Materialwahl	44
2.2.4	Verarbeitung	44
3	Hydraulische Gruppe	45
3.1	Absperrorgane, Entleerorgane	45
3.1.1	Funktion	45
3.1.2	Anforderungen	45
3.2	Sicherheitsventil	46
3.2.1	Funktion	46
3.2.2	Anforderungen	46
3.3	Manometer	46
3.3.1	Funktion	46
3.3.2	Anforderung	46
3.4	Entlüfter	47
3.4.1	Funktion	47
3.4.2	Anforderungen	47
3.5	Rückflussverhinderer	48
3.5.1	Funktion	48
3.5.2	Anforderung	48
3.6	Durchflussmesser	48
3.6.1	Funktion	48
3.6.2	Anforderungen	48
3.7	Thermometer	49
3.7.1	Funktion	49
3.7.2	Anforderungen	49
3.8	Umwälzpumpe	49
3.8.1	Funktion	49
3.8.2	Anforderungen	49
3.10	Expansionsgefäß	50
3.10.1	Funktion	50
3.10.2	Anforderungen	50
4	Wassererwärmer	52
4.1	Grundsätzliches	52
4.2	Wärmetauscher	52

4.2.1	Aufgabe	52
4.2.2	Der Rippenrohr-Wärmetauscher	52
4.2.3	Der Glattrohr-Wärmetauscher	53
4.2.4	Der Platten-Wärmetauscher	53
4.3	Anordnung der Zusatzenergie	53
4.3.1	Grundsätzliches	53
5	Einfüllsystem	56
5.1	Wärmeträgermedium	56
6	Regelung	57
6.1	Allgemeines	57
6.2	Funktion und Fühler	57

1 Sonnenkollektoren

1.1 Kollektorverbindungen

1.1.1 Grundsätzliches

Um die Kollektoren im Kollektorfeld untereinander zu verbinden, stehen dem Installateur verschiedene Möglichkeiten offen.

An diese Verbindungen werden bezüglich Druck- und Temperaturbeständigkeit die selben Anforderungen wie bei den Rohrleitungen gestellt (siehe Punkt 2.1.2).

1.1.2 Der Silikonschlauch

Verschiedene Hersteller verwenden zur Kollektorverbindung einen Silikonschlauch, der mit einer Schlauchbride am Kollektorausgang bzw. Eingang abgedichtet wird.

Z.B. Silikonschlauch MQ grün 06 5331 1013

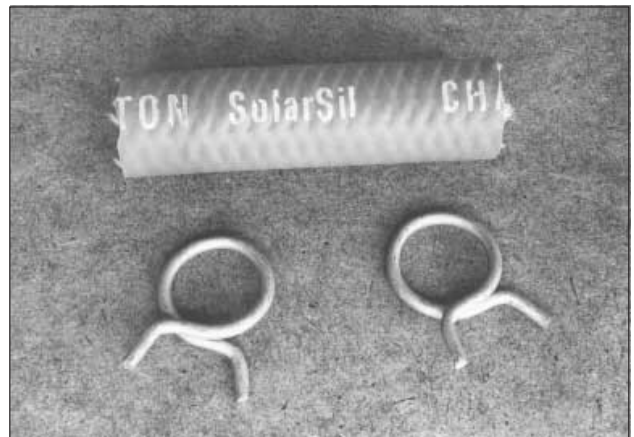
Temperatur -55 °C bis +200 °C

Druck 3,5 bar bei +200 °C

Berstdruck 19 bar bei +20 °C

Einlage-Gewebe PA

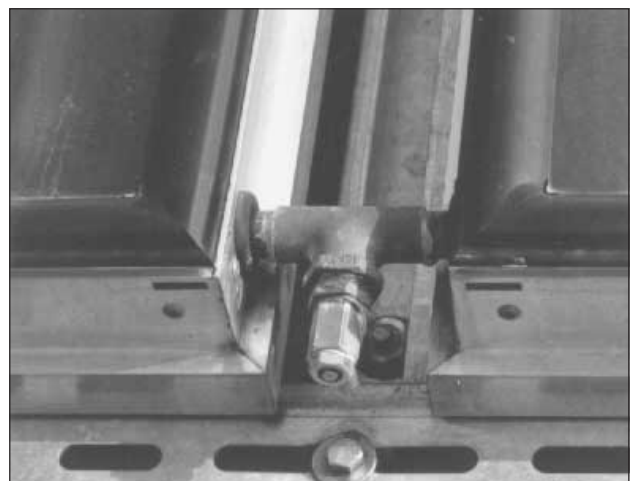
Biegeradius 50 mm!



1.1.3 Die Verbindung mit Kupfer

Die Verbindung der Kollektoren mit Kupferrohren und den dazu gehörenden Fittings ist eine weitere Möglichkeit.

Bei der Erwärmung des Kollektorabgangrohres muss beachtet werden, dass man die Abdichtung (vielfach Gummi) zum Kollektor beim Löten nicht verbrennt. Diese Gefahr besteht hauptsächlich beim Hartlöten.



2 Rohrleitungen

2.1 Verbindung Wassererwärmer Sonnenkollektor

2.1.1 Funktion

Die Verbindungsleitungen zwischen dem Sonnenkollektor und dem Wärmetauscher im Speicher oder Wassererwärmer sorgen für den Transport des Wärmeträgermediums.

2.1.2 Anforderungen

Die unten aufgeführten Anforderungen sind für Rohre, wie auch für die Verbindungen gültig.

- Temperaturbeständig zwischen -20 °C (Umgebungstemperatur im Winter) und 200 °C (Stillstandtemperatur im Sommer)
- Systemdruckbeständig
- Beständig gegenüber dem Wärmeträgermedium.

2.1.3 Materialwahl

Folgende Werkstoffe werden verwendet:

- Stahlrohre schwarz, nahtlos oder geschweisst
 - Kupferrohre in Rollen oder in Stangen.
- Bezüglich des Absorbers im Kollektor muss berücksichtigt werden, dass zum
- Kupferabsorber Stahl- oder Kupferrohre verwendet werden
 - Chromstahlabsorber auch Stahl-, Kupfer- und Chromstahlrohre verwendet werden.

Verzinkte Stahlrohre dürfen nicht verwendet werden. Der Zink reagiert mit dem Glykol-Wassergemisch, bildet Schlamm und führt zu Korrosionsproblemen.

Herkömmliche Kunststoffrohre wie sie im Sanitär- und Heizungsbereich verwendet werden, eignen sich nicht. Mit anderen Kunststoffprodukten sind bis heute keine Langzeiterfahrungen vorhanden. Zu beachten gilt deren Temperaturbeständigkeit.

Sollen Pressfittings für Chromstahlrohre eingesetzt werden, so ist beim Lieferanten eine Zulassungsempfehlung einzuholen. Der Lieferant benötigt dazu folgende Angaben:

- maximal zu erwartende Temperatur
- Fabrikat des Glykols
- Anteil Glykol im Wärmeträgermedium
- Druck im System.

Keine verzinkten Stahlrohre verwenden

Fehlende Langzeiterfahrung mit Kunststoffrohren

Zulassungsempfehlung beim Einsatz von Pressfittings

2.1.4 Rohrverbindungen

Bei den Stahlrohrverbindungen stehen folgende Möglichkeiten zur Verfügung:

- Schweißen

Wenn die Rohre geschweisst werden, muss der Spülung besondere Beachtung geschenkt werden

Gewindeverbindungen

Hier gilt es zu beachten, dass nur schwarze und keine verzinkten Fittings verwendet werden.

Keine verzinkten Fittings verwenden

Für die Gewindeverbindungen eignet sich als Dichtungsmaterial Hanf in Verbindung mit einer herkömmlichen Dichtungspaste. Teflonbänder, Klebstoffe usw. haben sich nicht bewährt.

Keine Teflonbänder und Klebstoffe verwenden

Für Kupferrohrverbindungen stehen verschiedene Hart- und Weichlote zur Verfügung. Bei den Weichloten ist darauf zu achten, dass die Temperaturbeständigkeit gewährleistet ist. Es eignen sich Lote mit einer Legierung aus Zinn und Silber.

Weichlotverbindungen mit Zinn-Silber, L-Sn Ag 5

2.2 Wärmedämmung

2.2.1 Grundsätze

Leitungen vom Kollektor zum Wassererwärmer sind so kurz als möglich zu führen, damit möglichst wenig Wärmeverluste entstehen.

2.2.2 Anforderungen

An die Dämmstoffe werden in verschiedener Hinsicht hohe Anforderungen gestellt:

Temperaturbeständigkeit

Die Dämmstoffe müssen einer kurzfristigen Temperaturbelastung bis 160 °C standhalten!

Temperaturbeständig kurzfristig bis 160°C

Wetterschutz

Für die Leitungen im Freien ist es besonders wichtig, dass kein Wasser in die Dämmschicht eindringen kann. Stösse, Nieten usw. sind mit Silikon-Kitt abzudichten. Es empfiehlt sich, die Dämmung mit einem Aluminiummantel vor Wasser und UV-Strahlen zu schützen.

Schutz vor Wasser und UV-Strahlung

2.2.3 Materialwahl

Grundsätzlich können alle bekannten Dämmstoffe wie

- Mineralfaser-Schalen
- PIR-Schalen (FCKW-frei)
- Schaumstoffe
- usw.

verwendet werden. Im Freien gilt es das Problem

- Wassereindringung
- UV-Strahlung

zu beachten.

Bezüglich der Dämmstärke sind Dämmungen mit 20–40 mm Wandstärke zu wählen. Wärmebrücken vermeiden.



Im Freien:

- **kein Wasser eindringen**
- **Dämmung vor UV-Einstrahlung schützen**

2.2.4 Verarbeitung

Die Dämmungen sind so zu montieren, dass keine Zwischenräume bei

- Stößen (Schale/Schale, Schale/Bogen usw.)
- Rohrschellen (Übertragung der Wärme nach aussen)
- Armaturen und Fittings

entstehen.

3 Hydraulische Gruppe

Grundsätzlich gilt für alle Teile der hydraulischen Gruppe:

- Beständig gegen Glykol
- kurzfristige Temperaturbeständigkeit bis 160 °C.

3.1 Absperrorgane, Entleerorgane

3.1.1 Funktion

Als Absperrorgane werden vor allem wegen des kleinen Druckverlustes Kugelabsperrorgane und Schieber verwendet. Diese werden zur Erleichterung des Unterhaltes, sowie zum Füllen der Anlage eingesetzt.

3.1.2 Anforderungen

Werden Kugelhahnen als Entleerorgane eingesetzt, so sind sie mit einer Kappe zu verschliessen.



3.2 Sicherheitsventil

3.2.1 Funktion

Damit ein durch die Erwärmung bedingter Überdruck im Kollektorkreis keine Schäden an Absorbern, Amaturen, Apparaten usw. anrichten kann, ist ein Sicherheitsventil einzubauen.

3.2.2 Anforderungen

Es können handelsübliche Sicherheitsventile verwendet werden.

Unter jedem Sicherheitsventil ist ein genügend grosses Auffanggefäss zu installieren.

Folgende Werte müssen bekannt sein:

- Pans = Ansprechdruck
(Druckangabe im Lieferantenkatalog)
Pabb = Abblasdruck
Psch = Schliessdruck (Ansprechdruck · 0,8)



3.3 Manometer

3.3.1 Funktion

Zeigt den Druck des Solarkreislaufes an und erlaubt die Kontrolle des nötigen Betriebsdruckes.

3.3.2 Anforderung

Es können handelsübliche Produkte verwendet werden. Der obere Anzeigebereich muss höher sein als der Ansprechdruck des Sicherheitsventils. In der Praxis reicht die Skala von 0–4 bar.

3.4 Entlüfter

3.4.1 Funktion

Jedes System muss bei der Inbetriebnahme vollständig entlüftet werden können.

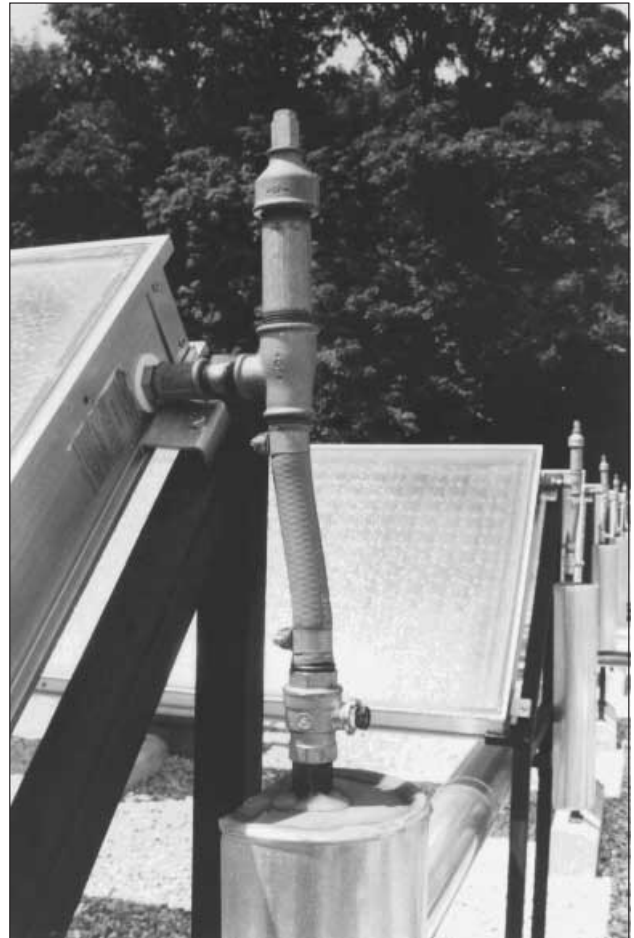
3.4.2 Anforderungen

In der Solartechnik haben sich automatische Entlüfter nicht bewährt. Die beweglichen Teile funktionieren in Folge Verschmutzung nach kurzer Zeit nicht mehr.

Im weiteren trägt auch die Verdampfung zu Funktionsstörungen bei.

Der Einsatz von Handentlüftern erweist sich als einfache und betriebssichere Lösung.

Keine automatische Entlüfter



3.5 Rückflussverhinderer

3.5.1 Funktion

Hervorgerufen durch die Erwärmung des Wärmeträgermediums im Wärmetauscher und der Abkühlung in den Kollektoren, findet ohne Gegenmassnahme in der Nacht eine Entladung statt. Zur Verhinderung der Entladung des Speichers ist ein Rückhalteventil einzubauen.

3.5.2 Anforderung

Um Störungen zu vermeiden sind Rückschlagventile mit Federbelastetem Ventilteller einzusetzen. Der Druckverlust des Rückflussverhinderers ist klein zu halten.



Ventilteller federbelastet Vorteil:

- Prüfstutzen
- Entleerstutzen

3.6 Durchflussmesser

3.6.1 Funktion

Um den genauen Volumenstrom zu messen, empfiehlt sich der Einbau eines Durchflussmessers.

3.6.2 Anforderungen

Es können handelsübliche Produkte eingesetzt werden. Es ist zu berücksichtigen, dass sich die Durchflussmenge auf Wasser bezieht. Das Glykolgemisch ist gemäss der Dichte zum Wasser zu korrigieren.



3.7 Thermometer

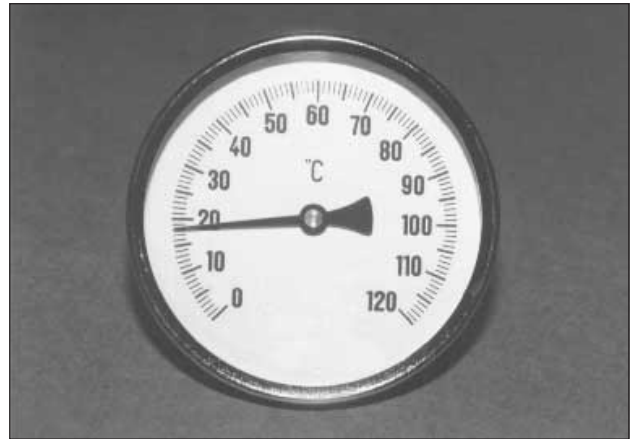
3.7.1 Funktion

Die Temperatur des Wärmeträgermediums muss im Bereich des Wärmetauschers in

- der Leitung zum Kollektor und
- der Leitung vom Kollektor gemessen werden.

3.7.2 Anforderungen

Um genaue Werte zu erhalten, sind keine Rohranliegethermometer, sondern Thermometer mit einer Tauchhülse zu verwenden.



3.8 Umwälzpumpe

3.8.1 Funktion

Werden die Kollektoren oberhalb des Speichers angebracht, so muss eine Umwälzpumpe eingesetzt werden.

3.8.2. Anforderungen

Die Förderung von Glykol muss trotz der höheren Viskosität, welche dieses Medium aufweist, möglich sein.

In der Regel genügt eine Pumpe mit einer Spannung von 220 V. Eine Alternative ist der Einsatz einer Gleichstrompumpe, welche von einer Solarzelle versorgt wird.



Temperaturbeständig bis 120 °C!
Einbau in der Leitung zum Kollektor

3.10 Expansionsgefäß

3.10.1 Funktion

Das Expansionsgefäß fängt die temperaturbedingte Volumenzunahme der Wärmeträgerflüssigkeit auf.

Die ganze Volumenzunahme muss durch das Expansionsgefäß aufgenommen werden.

3.10.2 Anforderungen

Das Gefäß muss dem Systemdruck im Kollektorkreis entsprechen.

Es werden wie in der Heizungstechnik Druck-Expansionsgefäße verwendet.

Der notwendige Vordruck ist zu kontrollieren und notfalls richtig einzustellen.



Die drei Betriebszustände können folgendermaßen dargestellt werden:

Phase 1

Das Gefäß ist leer, die Membrane steht unter dem Vordruck. Der Vordruck entspricht dem Höhenunterschied und einem Zuschlag von 3,0 m:

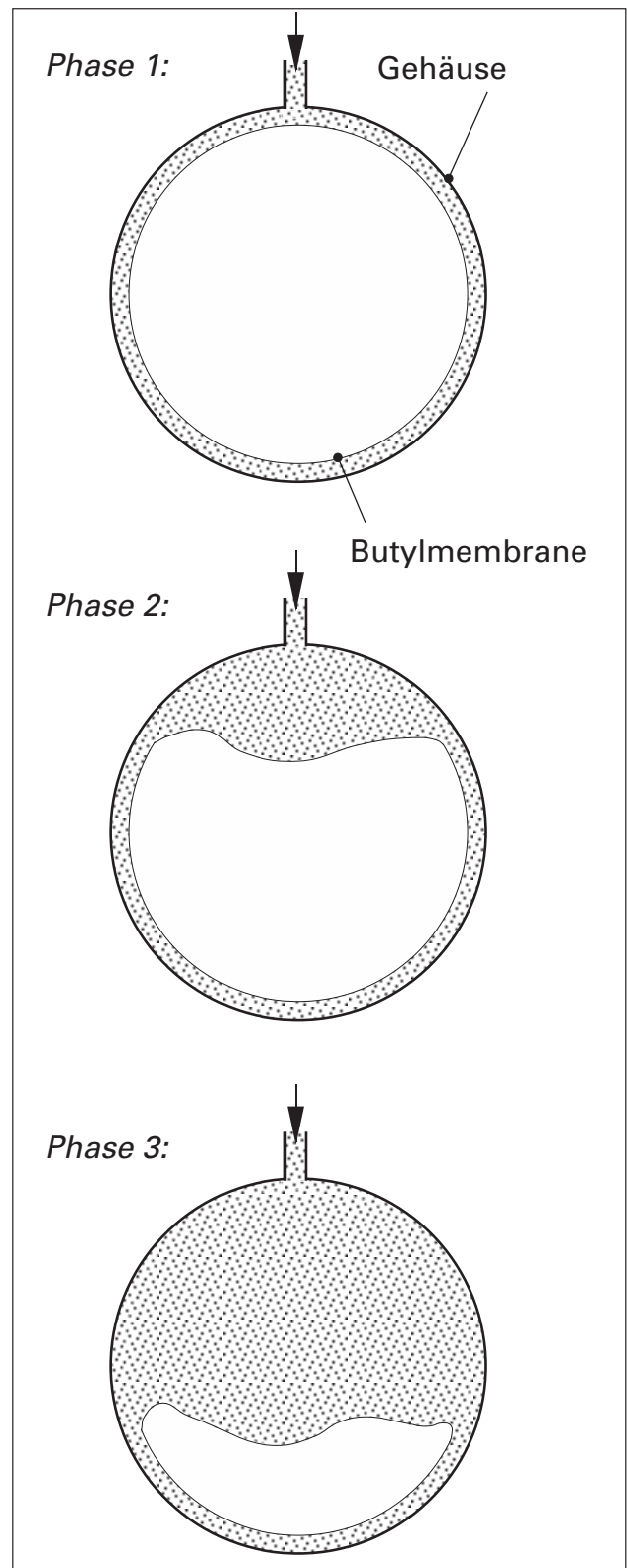
$$\Delta h + 3,0 \text{ m} = \text{Vordruck.}$$

Phase 2

Das Wärmeträgermedium wird eingefüllt und der Einfülldruck wird erreicht. Die Butylblase wird zusammengepresst, da der Einfülldruck um 2,0 m höher ist als der Vordruck.

Phase 3

Wird das Wärmeträgermedium durch die Sonne erwärmt, so steigt der Druck im Gefäß nochmals an und die Membrane wird noch mehr zusammengepresst.



4 Wassererwärmer

4.1 Grundsätzliches

Zum Speicher kann gesagt werden, dass sich die Anforderungen bezüglich Korrosionsschutz von einer herkömmlichen Warmwasseranlage nicht unterscheiden. Als Material kommt deshalb

- **Stahl mit Vacuumemaillierung**
 - **Chromstahl V4A**
 - **Stahl mit Kunststoffbeschichtung**
- zur Anwendung.

Die Wärmetauscher (intern oder extern) müssen dem Wärmeträgermedium bezüglich Glykolgehalt und Temperatur standhalten können. Bei der Konstruktion ist das Verhältnis 1:2,5 (Durchmesser zur Höhe) anzustreben.

4.2 Der Wärmetauscher

4.2.1 Aufgabe

Der Wärmetauscher trennt den mit einem Glykol-Wassergemisch gefüllten Kollektorkreis vom Brauchwasser im Speicher.

Die Aufgabe des Wärmetauschers besteht darin, eine optimale Übertragung von Wärme in hydraulisch getrennten Kreisläufen zu gewährleisten.

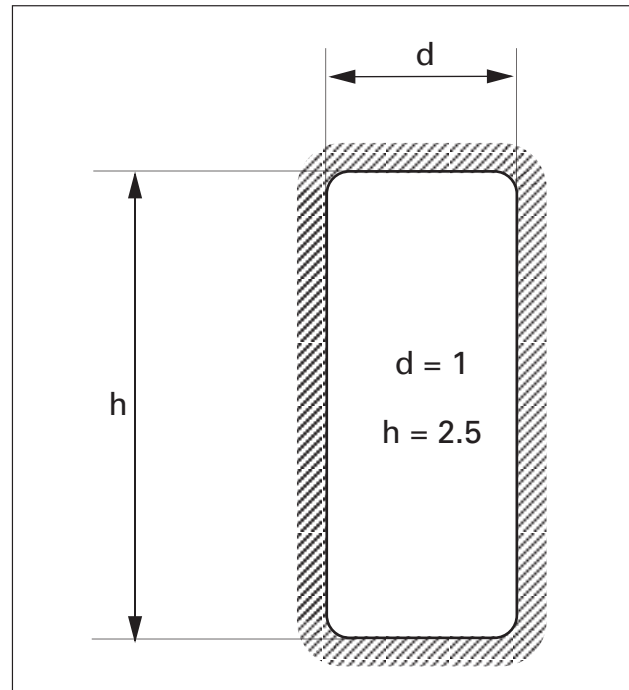
Grundsätzlich unterscheiden wir zwischen internen (im Speicher eingebauten) und externen (außerhalb des Speichers) installierten Wärmetauschern.

Bei den internen Wärmetauschern gilt es zu beachten, dass diese vom aufzuwärmenden Wasser möglichst ungehindert umströmt werden können.

4.2.2 Der Rippenrohr-Wärmetauscher

Dieser Tauscher (intern) besteht aus berippten Kupferrohren mit einer Zinnschicht aussen. Diese werden durch eine Flanschöffnung an einem Flansch im Speicher montiert.

Die Rippenrohre werden von führenden Firmen elektrisch isoliert eingebaut. Um eine sichere elektrische Trennung auch vom Wärmespeicher zu erreichen, müssen die Verbindungsleitungen zu den Kollektoren mit Isolierschraubungen angeschlossen werden. Die elektrische Isolation verhindert zudem eine rasche Verkalkung des Tauschers. Da sich der Wärmetauscher im kalten Bereich befindet, wird die Gefahr vom Verkalken ohnehin reduziert.



Kunststoffbeschichtung beständig bis 100 °C

4.2.3 Der Glattrohr-Wärmetauscher

Auch dieser Tauscher wird intern verwendet. Der Wärmetauscher besteht aus einem gewundenen Rohr aus

- Chromstahl
- Stahl emailliert.

An seiner glatten Oberfläche kann sich nur schwer Kalk ablagern.

4.2.4 Der Platten-Wärmetauscher

Als externe Wärmetauscher werden z.B. Platten-Wärmetauscher verwendet.

Die Tauscherfläche lässt sich bei dieser Anordnung ohne grosse Probleme vergrössern, obwohl gerade dieser Typ ohnehin schon durch seine grosse Leistung im Verhältnis zur Baugrösse auffällt. Bei kalkhaltigem Brauchwasser besteht die Gefahr von Verkalkungen.



4.3 Anordnung der Zusatzenergie

4.3.1 Grundsätzliches

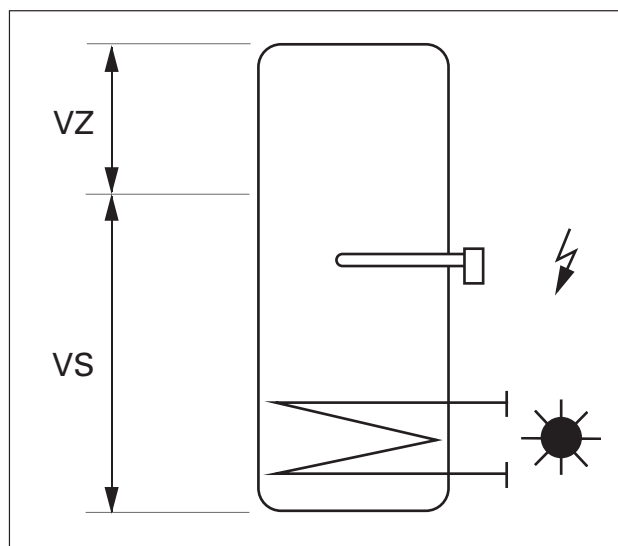
Wir unterscheiden zwischen den unten aufgeführten Möglichkeiten für die Erwärmung des Wassers im Speicher:

- Solarregister mit zusätzlichem Elektroheizeinsatz
- Solarregister mit zusätzlichem Heizregister für feste, gasförmige oder flüssige Brennstoffe
- Solarregister mit zusätzlichem Elektroheizeinsatz und Heizregister für feste, gasförmige oder flüssige Brennstoffe.

Variante 1

Das Zusatzheizvolumen (Bereitschaftsvolumen) entspricht dem ungefähren Tages-Warmwasserverbrauch, welcher vom Installateur errechnet wird.

Anwendung, wenn keine zusätzliche Wärmequelle vorhanden ist.

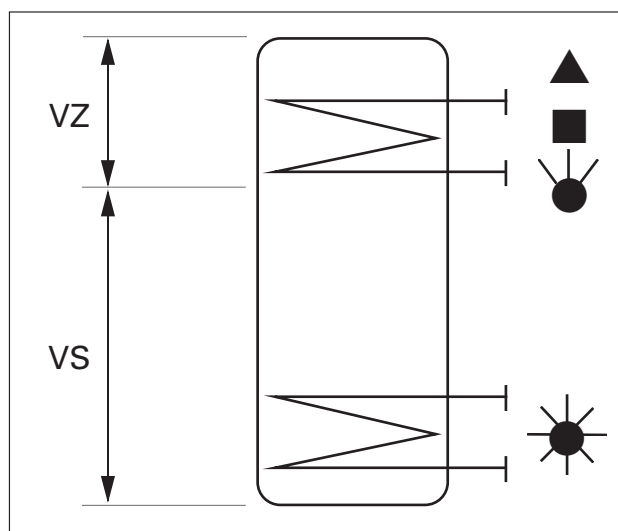


VZ = Zusatzheizvolumen (Bereitschaftsvolumen Tagesbedarf)
VS = Freies Solarvolumen (Vorwärmvolumen)

Variante 2

Das Zusatzheizvolumen (Bereitschaftsvolumen) entspricht dem vom Installateur errechneten Stunden Spitzen-Warmwasserverbrauch.

Dieses System wird angewendet, wenn z.B. ein Gasheizkessel zur Verfügung steht und keine elektrische Aufheizung erwünscht ist.

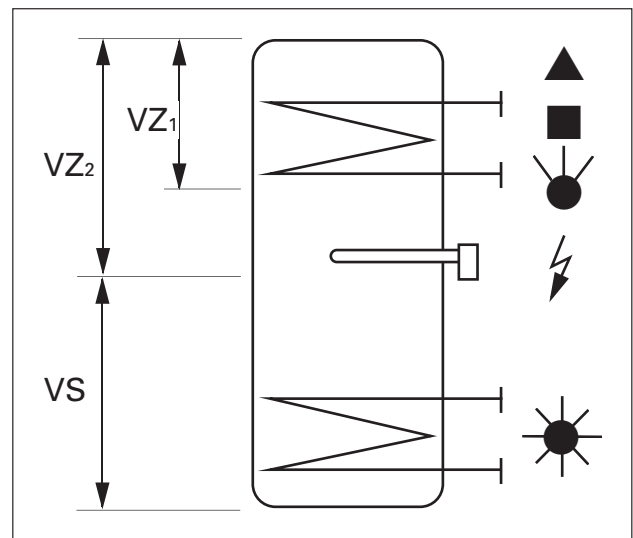


VZ = Zusatzheizvolumen (Bereitschaftsvolumen für Stunden-Spitzen-Warmwasserbedarf)
VS = Freies Solarvolumen (Vorwärmvolumen)

Variante 3

Im Winter wird das Zusatzheizvolumen (Bereitschaftsvolumen) vom Heizkessel auf die gewünschte Temperatur erwärmt.

Wird der Heizkessel für die Raumheizung nicht mehr benötigt, erwärmt sich das Wasser mit Hilfe des Elektroheizeinsatzes auf die gewünschte Temperatur.



VZ₁ = Zusatzheizvolumen (Bereitschaftsvolumen für Stunden-spitzen-Warmwasserbedarf)

VZ₂ = Zusatzheizvolumen (Bereitschaftsvolumen)

5 Einfüllsystem

5.1 Wärmeträgermedium

Ein gutes Wärmeträgermedium soll folgende Eigenschaften besitzen:

- hoher Siedepunkt (über 110 °C)
- tiefer Stockpunkt (bis –30 °C)
- chemisch stabil
- grosse Wärmekapazität
- toxikologisch unbedenklich
- biologisch abbaubar.

Wasser hätte die besten thermischen Eigenschaften, aber der Stockpunkt wie auch der Siedepunkt des Wassers erlauben es nicht, dieses ohne Zusatz einzusetzen.

In den meisten Fällen wird Frostschutz auf Glykolbasis verwendet:

- Ethylenglykol
- Propylenglykol

Mit der Frostsicherheit müssen verschiedene Nachteile in Kauf genommen werden:

- kleinere Wärmekapazitäten
- grössere Reibungsverluste
- Glykol-Wassergemische durchdringen Poren, die bei Wasser als Dicht galten
- die Pumpenleistung wird durch den Einsatz von Glykol verringert
- der Siedepunkt wird durch die unterschiedlichen Glykolanteile verändert. Durch Zunahme des Glykolanteils steigt der Siedepunkt.

Welches Frostschutzmittel eingesetzt werden muss, ist mit dem jeweiligen Kollektoren-Lieferanten gründlich abzuklären.

Glykolanteile unter 20% sind zu vermeiden, da sonst ungenügend Inhibitoren vorhanden sind und der Gefrierpunkt zu hoch ist.

6 Regelung

6.1 Allgemeines

Die Regelung hat dafür zu sorgen, dass die Anlage eingeschaltet wird.

Die Pumpe wird dann in Betrieb gesetzt, wenn die Temperatur im Kollektor z.B. 10K über der Wassertemperatur unten im Speicher liegt.

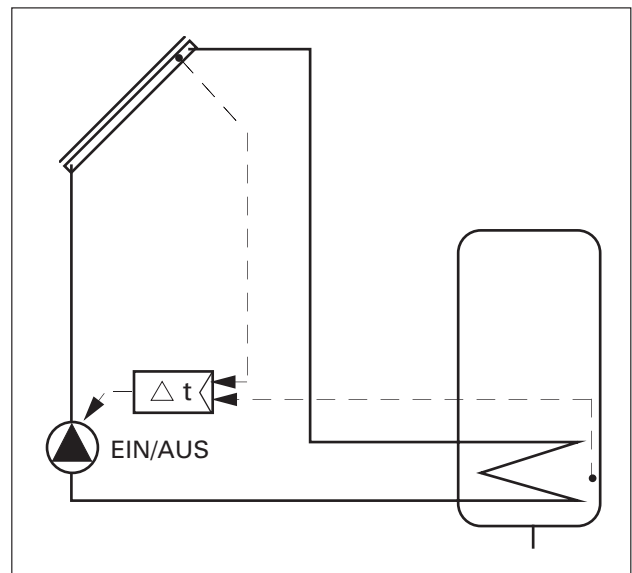
6.2 Funktion und Fühler

Zu diesem Zweck wird ein Fühler beim Kollektorfeldausgang und beim Wärmetauscher im Erwärmer angebracht. Die Fühler werden mit dem Steuergerät verbunden. Das Gerät gibt den entsprechenden Impuls zur Pumpe weiter.

Der Differenztemperaturregler im Regelgerät kann zwei oder mehr Temperaturen miteinander vergleichen und in Abhängigkeit davon die Pumpe ein- oder ausschalten. So wird der Kollektorkreislauf nur in Betrieb gesetzt, wenn die Kollektortemperatur höher ist als die Speichertemperatur.

Nach dem Einschalten der Pumpe sinkt die Temperatur im Kollektorfeld, da das kältere Wärmeträgermedium in die Kollektoren strömt. Damit kann ein andauerndes Ein- und Ausschalten vermieden werden.

Einschalt-Temperaturdifferenz und Ausschalt-Temperaturdifferenz müssen getrennt und unabhängig in einem Bereich von 0K bis 12K eingestellt werden können.



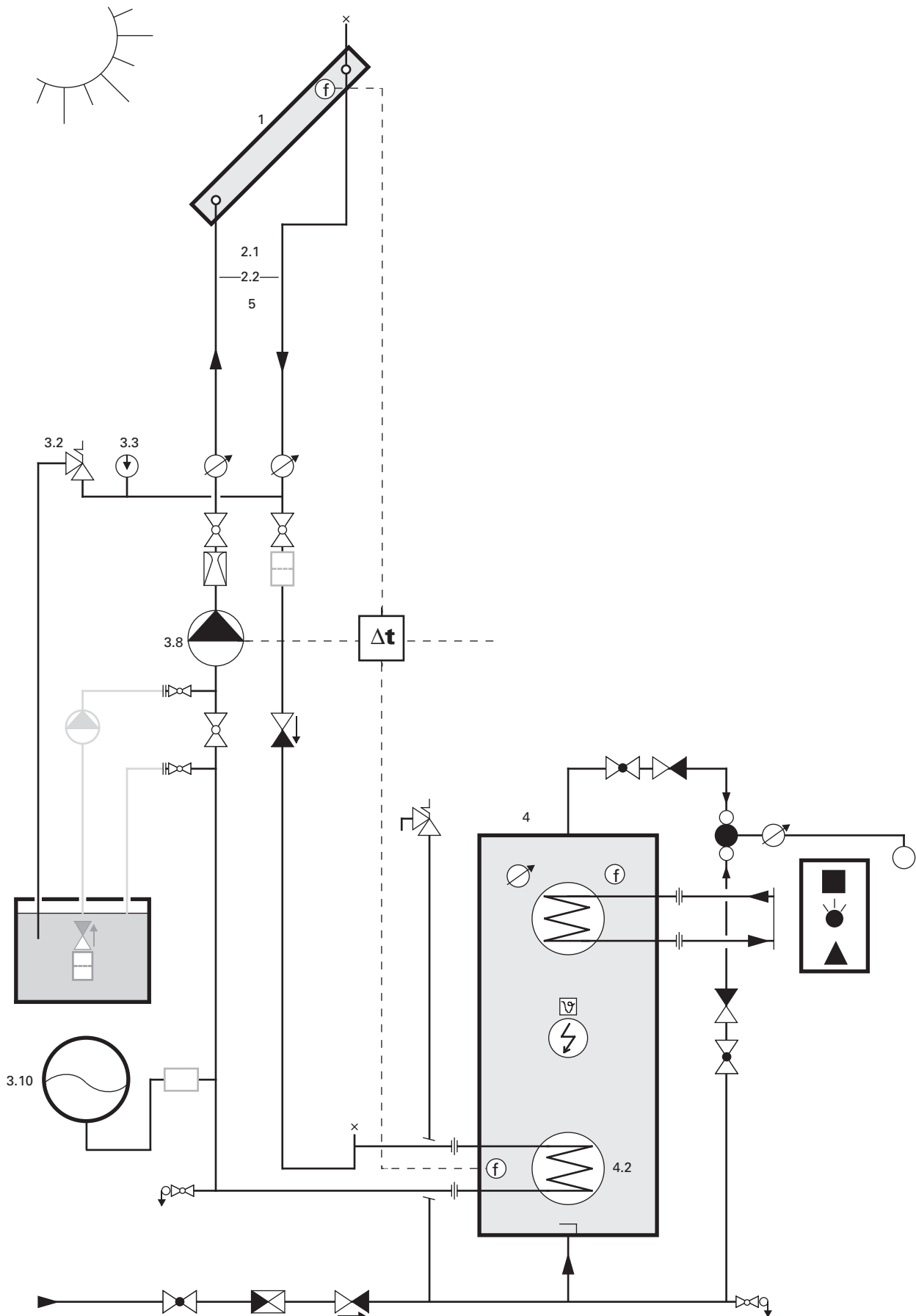
- **Einschalt-Temperaturdifferenz K**
- **Ausschalt-Temperaturdifferenz K**

D Warmwasser im Einfamilienhaus

Grundschema der Anlage	60
-------------------------------	-----------

Inhaltsverzeichnis	61
---------------------------	-----------

Grundschemata der Anlage



Inhaltsverzeichnis

Das Ziel von Kapitel D ist es, die vereinfachte oder detaillierte Grössenbestimmung von solaren Wassererwärmungsanlagen in Wohnhäusern mit durchschnittlich 2–12 Personen darzustellen, wobei die Angaben Gültigkeit für Gebäude bis zu 20 Personen haben.

Inhaltsverzeichnis Kapitel D		Seite
Grundschemata der Anlage	D1	60
Inhaltsverzeichnis	D2	61
Varianten und Ergänzungen zum Grundschemata	D3	62
Empfehlung für das Vorgehen bei der Auslegung der Anlage	D4	63
Definition der Standardanlage	D5	64
Vorschlag für die Standardanlage	D6	65
Detaillierte Grössenbestimmung	D7–D19	66
Zusammenstellung der technischen Daten	D20	81
Beispiel eines Offerttextes	D21?	83

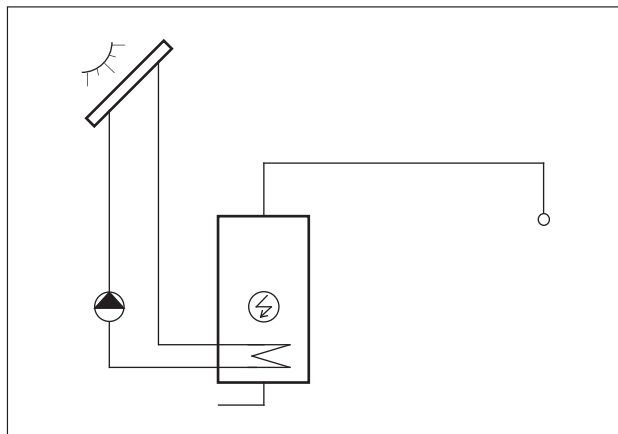
Detailangaben für die Grössenbestimmung

Nummer	Bezeichnung		Seite
1	Sonnenkollektoren	D7-D9	66
2	Rohrleitungen Solarkreislauf	D10	70
2.1	Rohrleitungen	D10	70
2.2	Wärmedämmung der Rohrleitungen	D10	70
3	Hydraulische Kompaktgruppe	D11	71
3.8	Umwälzpumpe	D12-D13	72
3.10	Expansionsgefäss	D14	74
3.2	Sicherheitsventil	D15	75
3.3	Manometer	D15	75
4	Wassererwärmer	D16	76
4.1	Wassererwärmer	D16	76
4.2	Wärmetauscher Sonnenenergie	D17-D18	77
5	Wärmeträgermedium	D19	79

Varianten und Ergänzungen zum Grundschemata

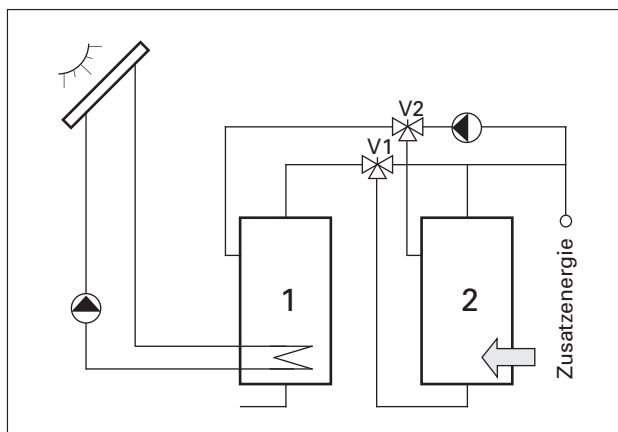
- **Zusatzenergie Elektrizität:**

Der Heizkörper befindet sich im mittleren Teil des Wassererwärmers.



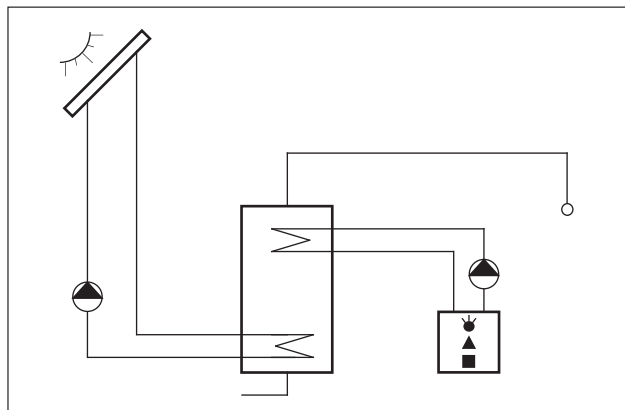
- **Anlage mit zwei Wassererwärmern:**

- Die Wassererwärmer sind in Serie angeschlossen; die Zusatzenergie wird im Erwärmer 2 eingespiessen.
- Dreiwegventil (V1) für die Umgehung des Zusatzenergiewasserwärmers im Sommer, wenn dieser grosse Wärmeverluste aufweist.
- Dreiwegventil (V2) zur Umleitung der Warmwasserzirkulation:
 - im Winter auf Zusatzenergie-Wassererwärmer (2)
 - im Sommer auf Sonnenwassererwärmer (1).



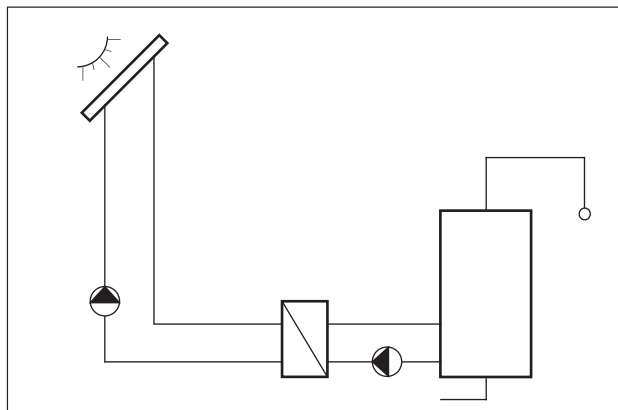
- **Zusatzenergie Öl, Gas, Holz:**

Der Wärmetauscher Zusatzenergie befindet sich im mittleren bis oberen Teil des Wassererwärmers.

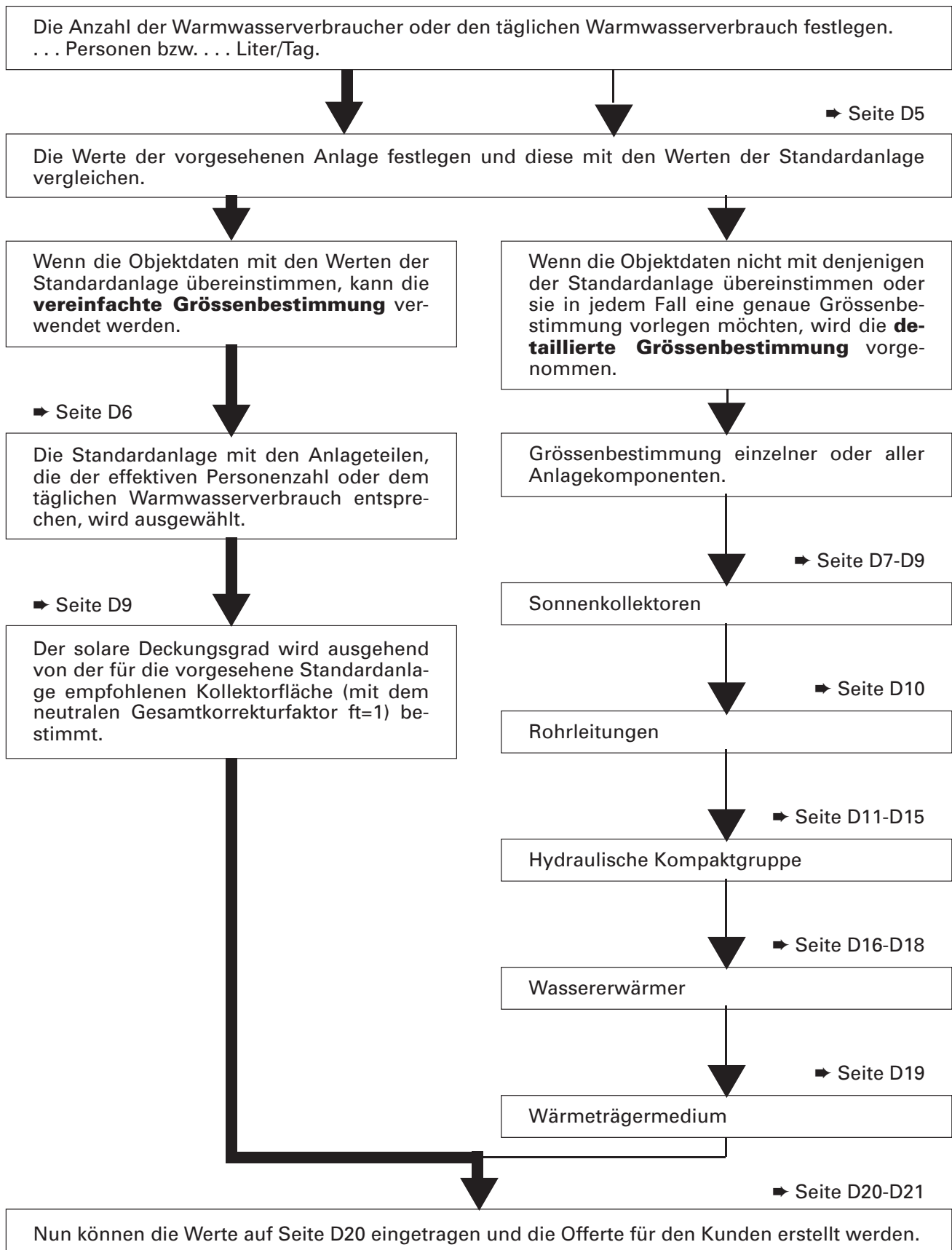


- **Anlage mit aussenliegendem Wärmetauscher:**

Wird normalerweise für kleinere Anlagen nicht eingesetzt. Siehe Kapitel E, Seite E1.



Empfehlung für das Vorgehen bei der Auslegung der Anlage



Definition der Standardanlage

Seite	Werte für die Grössenbestimmung	Einheit	Standardanlage	Empfohlene Werte
D7	1 Sonnenkollektoren Warmwasserverbrauch pro Tag und Person Neigung der Kollektoren: – Mittelland – Wallis, Alpen, Alpensüdseite Orientierung der Kollektoren Wirkungsgrad der Kollektoren bei η 0.05 Relative Kollektorfläche	l/d zu 55 °C ° (Grad) ° (Grad) ° (Grad) % m ² /Person	50 15–60 25–60 –45 Ost bis +45 West 50–65 1.0–1.5	50 30–45 45–60 –30 Ost bis +30 West – 1.2
D10	2 Rohrleitungen Durchfluss pro m ² Kollektor Anteil Frostschutzmittel Gesamte Rohrlänge Dämmstärke	l/h m ² % m mm	40–50 35–50 20–40 20–40	Nach Lieferant Nach Lieferant – 20–40
D12	3 Hydraulische Kompaktgruppe Pumpe – Durchfluss pro m ² Kollektor – Anteil Frostschutzmittel – Maximale Kollektorfläche in Serie geschaltet	l/h · m ² % m ²	40–50 35–50 Nach Lieferant	Nach Lieferant Nach Lieferant Nach Lieferant
D14	Expansionsgefäss – Δh = Höhendifferenz zwischen dem höchsten Anlagepunkt und dem Expansionsgefäss – Berechnungsmethode	m Methode	≤ 10 B	<13 Nach Lieferant
D15	Sicherheitsventil Öffnungsdruck – Δes = Höhendifferenz zwischen dem Expansionsgefäss und dem Sicherheitsventil	bar m	3 –1 bis +1	3 –1 bis +1
D16	4 Wassererwärmer Wassererwärmer Totalvolumen VT pro Person	l/P	70–100	85
D17	Wärmetauscher – ΔT_m = Temperaturdifferenz im Mittel – Wärmetauscherfläche pro m ² Kollektor	K m ² /m ²	5–15 0.2–0.25	10 0.2
D19	5 Wärmeträgermedium Anteil Frostschutzmittel Inhalt der Kollektoren	% l/m ²	35–50 <2.3	Nach Lieferant Nach Lieferant

Vorschlag für die Standardanlage

Personenzahl	Warmwasserverbrauch pro Tag zu 55 °C l/d	Kollektor-Fläche m ² (1,2 m ² /Person)	Rohrleitungen Solarkreislauf Ø	Umwälzpumpe: Durchfluss l/h	Umwälzpumpe: Förderdruck mbar (x 0.01 = mWS)	Expansionsgefäß Typ (Methode B)	Wassererwärmer Totalvolumen VT Liter	Solarwärmetauscher Fläche m ²	Wärmeträgermedium Inhalt Liter
2	100	2.4	3/8"	120	160	25	200	0.5	15
3	150	3.6	3/8"	180	200	35	250	0.7	18
4	200	4.8	1/2"	240	200	50	350	1.0	25
5	250	6.0	1/2"	300	250	50	450	1.2	28
6	300	7.2	1/2"	360	350	80	500	1.5	32
7	350	8.4	3/4"	420	350	80	600	1.7	42
8	400	9.6	3/4"	480	200	80	700	1.9	46
9	450	10.8	3/4"	540	220	110	750	2.2	50
10	500	12.0	3/4"	600	250	110	800	2.4	55
11	550	13.2	3/4"	660	300	110	900	2.7	57
12	600	14.4	3/4"	720	350	110	1000	2.9	60

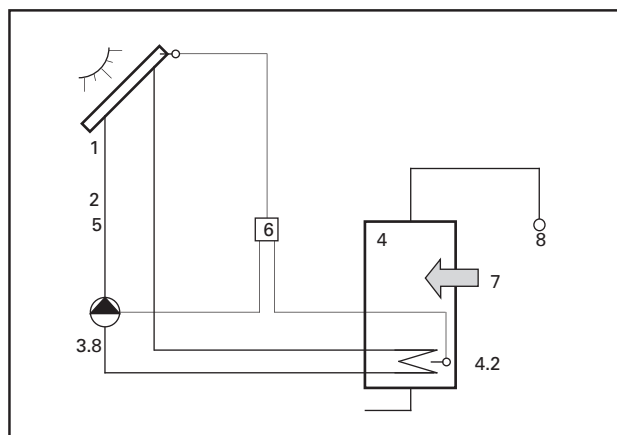
- Ansprechdruck Sicherheitsventil 3 bar.
- Manometer mit Skala 0–4 bar.
- Die Werte für die Grössenbestimmung der Standardanlage sind auf der Seite D5 definiert.
- Der solare Deckungsgrad ist mit Hilfe des Diagramms 1.04 auf Seite D9 zu bestimmen.

Die Grundinstallation setzt sich aus den folgenden Hauptkomponenten zusammen:

- 1 Sonnenkollektoren
- 2 Rohrleitungen Solarkreislauf
- 3.8 Umwälzpumpe
- 4 Wassererwärmer
- 4.2 Einbauwärmetauscher
- 5 Wärmeträgermedium
- 6 Regelung
- 7 Zusatzenergie
- 8 Warmwasserverbraucher

Funktionsprinzip:

Wenn die Temperatur der Kollektoren höher ist als die Temperatur unten im Wassererwärmer, wird die Pumpe des Solarkreislaufs eingeschaltet.



1 Sonnenkollektoren

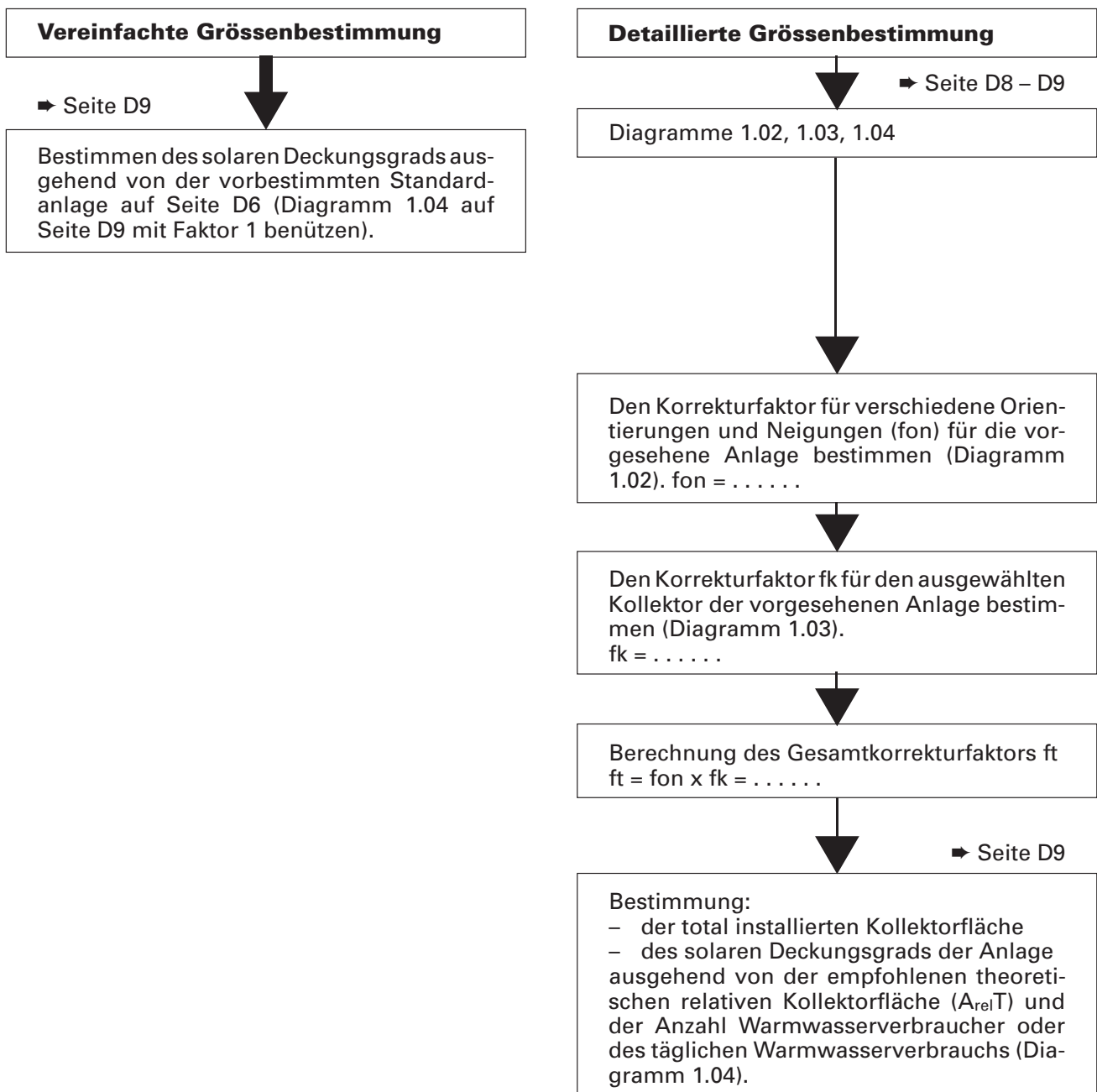
1.01 Werte für die Grössenbestimmung der Kollektoren	Einheit	Standardanlage Werte vorbestimmt	Empfohlene Werte
Warmwasserverbrauch pro Tag und Person	l/d zu 55°	50	50
Neigung der Kollektoren Mittelland Wallis, Alpen, Alpensüdseite	° (Grad) ° (Grad)	15–60 25–60	30–45 45–60
Orientierung der Kollektoren	° (Grad)	–45 Ost bis +45 West	–30 Ost bis +30 West
Wirkungsgrad der Kollektoren bei η 0.05	%	50–65	**
Relative Kollektorfläche (A_{rel})	m ² /Pers.	1.20	1.0–1.5

* Informationen für die Grössenbestimmung

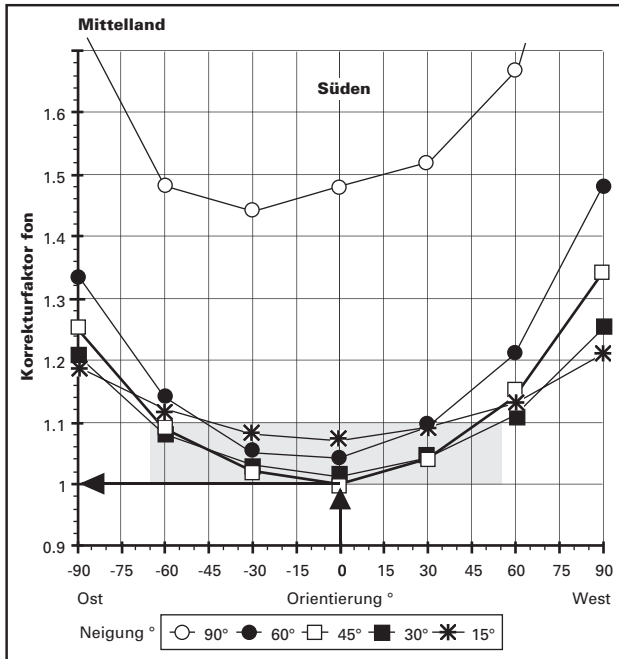
- Normalerweise erlaubt eine relative Kollektorfläche (A_{rel}), die 1,2 m² pro Person übersteigt, dass im Sommer die Zusatzenergieheizung ausgeschaltet werden kann.
- Die Kollektorfläche wird ausgehend von der Normgrösse der gewählten Kollektoren aufgerundet.
- Werte im grauen Bereich des Diagramms (1.04) haben folgende Eigenschaften:
 - Die Charakteristika der Anlage sind nahe am Optimum.
 - Die empfohlenen Werte für die Grössenbestimmung sind auch gemessen an einer wirtschaftlichen und technischen Logik sinnvoll.

** Ein hoher Wirkungsgrad der Kollektoren erhöht den Ertrag der Anlage. Für die Wahl der Kollektoren sind aber auch finanzielle und qualitative Aspekte zu berücksichtigen. Die Charakteristika der einzelnen Kollektoren können dem Ordner «Leistungsdaten thermischer Sonnenkollektoren» der Solarenergie Prüf- und Forschungsstelle Rapperswil entnommen werden (Siehe Kapitel B Grundlagen 2.8).

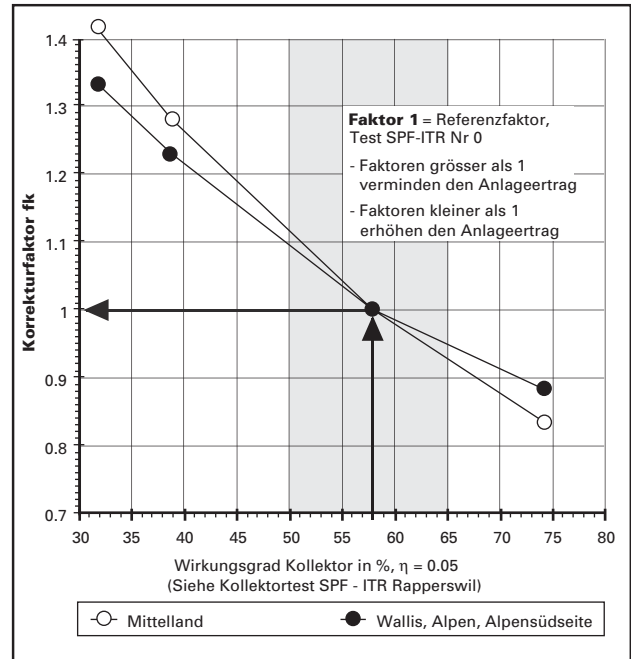
*** Methode zur Größenbestimmung**



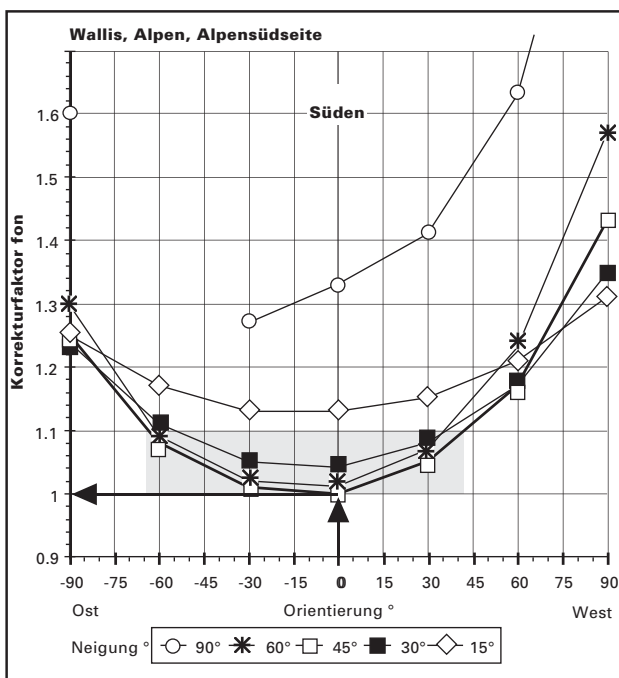
1.02a Korrekturfaktor für verschiedene Orientierungen und Neigungen der Sonnenkollektoren



1.03 Korrekturfaktor für verschiedene Wirkungsgrade der Sonnenkollektoren



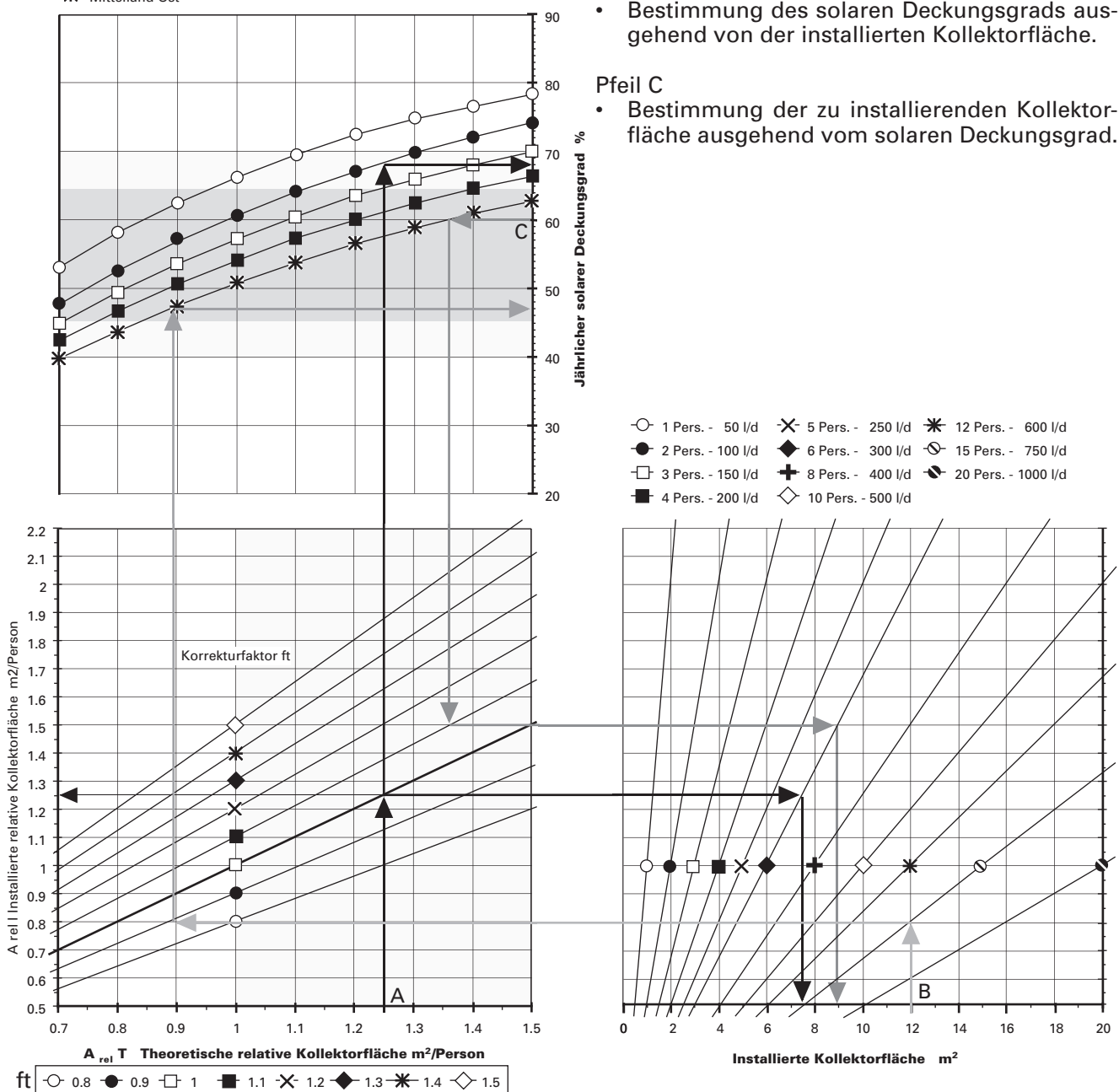
1.02b Korrekturfaktor für verschiedene Orientierungen und Neigungen der Sonnenkollektoren



1.04 Werte für die Grössenbestimmung der Kollektoren	Einheit	Standardanlage Werte vorbestimmt	Empfohlener Wert
A_{rel} T Theoretische relative Kollektorfläche	m ² /Person	1.25	1.0 bis 1.5

1.04 Kollektorfläche und solarer Deckungsgrad im Verhältnis zum Warmwasserenergiebedarf

- Wallis, Alpensüdseite
- Gegend Chur
- Lac Léman, Alpennordseite 1000 m, Jura 1000 m
- Mittelland West
- * Mittelland Ost



Benützung vom Diagramm 1.04

Pfeil A

- Bestimmung des solarer Deckungsgrads ausgehend von der theoretischen relativen Kollektorfläche.

Pfeil B

- Bestimmung des solarer Deckungsgrads ausgehend von der installierten Kollektorfläche.

Pfeil C

- Bestimmung der zu installierenden Kollektorfläche ausgehend vom solarer Deckungsgrad.

2 Rohrleitungen Solarkreislauf

2.1 Werte für die Größenbestimmung der Rohrleitungen	Einheit	Standardanlage Werte vorbestimmt	Empfohlene Werte
Durchfluss pro m ² Kollektor	l/h	40–50	nach Lieferant
Anteil Frostschutzmittel	%	35–50	nach Lieferant
Gesamte Rohrlänge	m	20–40	–
Dämmstärke	mm	20–40	20–40
Durchflussgeschwindigkeit	m/s	0.3–1	0.3–1
Druckverlust pro Einheit	mbar/m	–	–
Totaler Druckverlust	mbar	100–150	<150

• Rohrweitenbestimmung

- Für die **Standardanlagen** wurden die Rohrweiten bereits vorbestimmt, die Angaben finden Sie auf Seite D6.
- Für die **detaillierte Rohrweitenbestimmung** wird folgendes Vorgehen gewählt:

- Bestimmung des Durchflusses im Solarkreislauf: Durchfluss pro m² Kollektor x totale Kollektorfläche in m²

$$= \quad \times \quad = \text{l/h.}$$
- Bestimmung der Rohrweite unter Berücksichtigung der in obenstehender Tabelle empfohlenen Werte; die Druckverlusttabellen befinden sich in Kapitel H.
Rohrmaterial
Rohrweite

• Zusätzliche Informationen für die Rohrweitenbestimmung

- Wärmedämmung der Rohrleitungen:

Eine Wärmedämmung im Gebäude von 40 mm Stärke anstelle von 20 mm verbessert den Anlageertrag im Durchschnitt um 0.2 bis 0.4 %.

Für die Bestimmung der Dämmstärke müssen im weiteren folgende Punkte berücksichtigt werden:

- der Preis der Wärmedämmung
- der zur Verfügung stehende Platz
- Regionale Energiegesetze.

Eine Tabelle der spezifischen Wärmeverluste gedämmter Rohrleitungen befindet sich in Kapitel H.

3 Hydraulische Kompaktgruppe

Funktion

Alle für das Funktionieren der Anlage nötigen Armaturen und hydraulischen Organe sind hier zusammengefasst.

Grundlagen zur Größenbestimmung

Die Lieferanten der Sonnenkollektoren liefern vorfabrizierte Gruppen, die alle nötigen hydraulischen Komponenten enthalten.

Um den richtigen Gruppentyp bestimmen zu können, ist es nötig, die in Tabelle 3.0.1 aufgeführten Punkte zu berücksichtigen.

Größenbestimmung

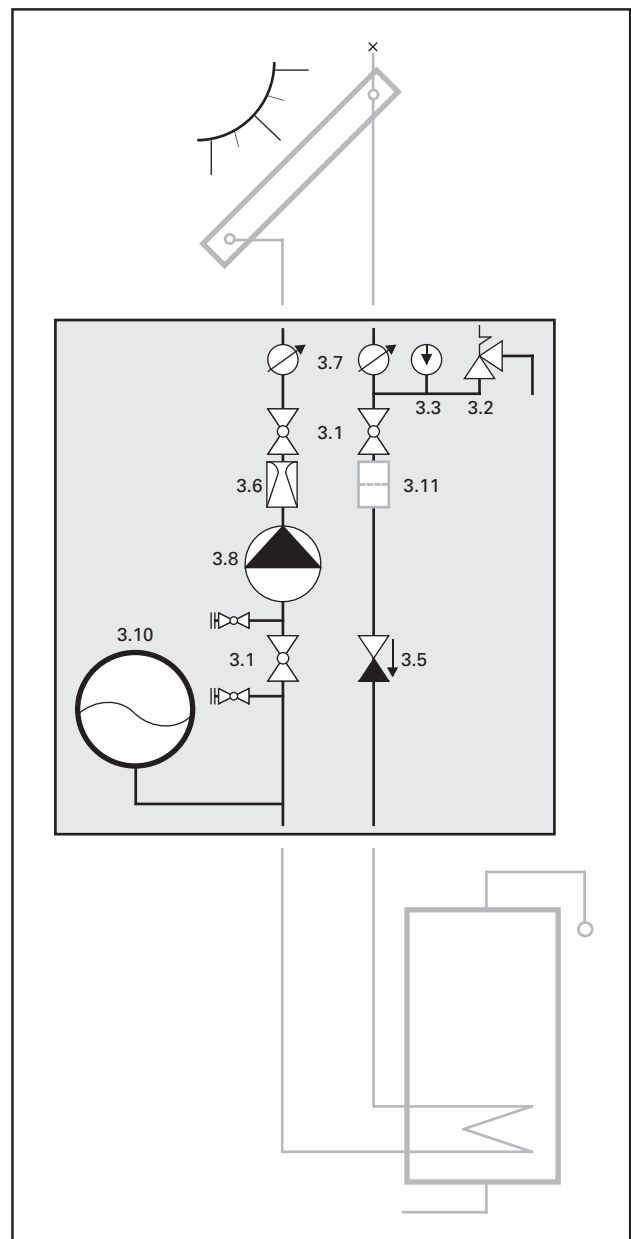
Die Größenbestimmung wird durch den Lieferanten unter Berücksichtigung der in Tabelle 3.0.1 aufgeführten Punkte vorgenommen.

Für eine **detaillierte Größenbestimmung** der Komponenten siehe Seiten D12 bis D15.

Tabelle 3.0.1

Zu berücksichtigende Punkte bei der Auswahl der hydraulischen Gruppe

- Fabrikat und Typ der Sonnenkollektoren
- Anzahl Kollektoren parallel geschaltet
- Anzahl Kollektoren in Serie geschaltet
- Länge der Rohrleitungen (Vor- und Rücklauf)
- Rohrweite der Leitungen
- Δh höchster Anlagepunkt Expansionsgefäß
- Δh höchster Anlagepunkt Sicherheitsventil
- Fabrikat und Typ Wärmetauscher Solarkreis
- Δh = Höhendifferenz.



3.0.1

- 3.1 Absperrorgane
- 3.2 Sicherheitsventil
- 3.3 Manometer
- 3.5 Rückflussverhinderer
- 3.6 Durchflussmesser
- 3.7 Thermometer
- 3.8 Umwälzpumpe
- 3.10 Expansionsgefäß
- 3.11 evtl. Filter

3.8 Umwälzpumpe

3.8.1 Werte für die Grössenbestimmung der Umwälzpumpe	Einheit	Standardanlage Werte vorbestimmt	Empfohlene Werte
Durchfluss pro m2 Kollektor	l/h	40–50	nach Lieferant
Anteil Frostschutzmittel	%	35–50	nach Lieferant
Maximale Kollektorfläche in Serie geschalten	m2	nach Lieferant	nach Lieferant

Grössenbestimmung

- Für die **Standardanlage** ist die Umwälzpumpe vorbestimmt, die Angaben finden Sie auf Seite D6.
Der angegebene Förderdruck der Umwälzpumpe entspricht dem maximal akzeptablen Druckverlust des Solarkreises (vgl. Tabelle 3.8.3).
- Vorgehen für eine **detaillierte Grössenbestimmung**:
 1. Bestimmung des Durchflusses im Solarkreislauf: Durchfluss (l/h) pro m2 Kollektor x Kollektorfläche in m2

$$= \quad \times \quad = \quad \text{l/h.}$$
 2. Bestimmung der Druckverluste im Solarkreislauf nach Anleitung der Punkte b1 bis b4 auf Seite D13 (Zusammenfassung in Tabelle 3.8.3).
 3. Bestimmung des Pumpentyps mit Hilfe des Fabrikantenkataloges.

3.8.2 Energieverbrauch Umwälzpumpe

Druckverlust im Kreislauf mbar	Druckverlust im Kreislauf mWS	Leistungs- aufnahme Pumpe W
200	2	50
350	3.5	80
500	5	100
700	7	250

Je kleiner der Druckverlust im Solarkreislauf gehalten wird, umso kleiner ist der Energieverbrauch der Umwälzpumpe.

Merke:

In der Praxis wird oft eine dreistufige Pumpe eingesetzt. Damit kann der Förderstrom geregelt werden. Die effektive Durchflussmenge kann am Durchflussmesser abgelesen werden.

3.8.3 Druckverluste im Solarkreislauf

Bezeichnung	Druckverlust pro Einheit mbar	Anzahl	Total mbar
b1 Sonnenkollektoren			
b2 Rohrleitungen			
Äquivalente Rohrlänge für Einzelwiderstände (Formstücke, Armaturen)			
b3 Solarwärmetauscher			
b4 Andere spezielle Elemente			
Total Druckverluste mbar (x 0.01 = m WS)			

Druckverluste im Solarkreislauf

b1 Druckverlust in den Kollektoren – Parallel geschaltete Kollektoren

1. Berechnung der Durchflussmenge pro Kollektor = Totaler Durchfluss/Anzahl Kollektoren
= / = l/h

2. Konsultieren der vom Lieferanten der Sonnenkollektoren zur Verfügung gestellten Druckverlusttabelle.

Totaler Druckverlust der Kollektoren

= mbar

– In Serie geschaltete Kollektoren

1. Berechnung der Durchflussmenge in den Kollektoren = Totaler Durchfluss des Solarkreislaufs
= l/h

2. Konsultation der vom Lieferanten der Sonnenkollektoren zur Verfügung gestellten Druckverlusttabelle.

Totaler Druckverlust der Kollektoren

= R x Anzahl in Serie geschaltete Kollektoren
= x = mbar.

b2 Druckverlust in den Rohrleitungen und Armaturen

1. – Totale Länge Rohrleitungen im Solarkreis (Vor- und Rücklauf)
Lr = m

– Äquivalente Rohrlänge für Einzelwiderstände (Formstücke, Armaturen usw.) nach entsprechender Tabelle in Kapitel H. La geschätzt = 50 % von Lr

La = m

Totale Rohrlänge:

= Lr + La = Lt = m

2. Druckverlust pro m Rohrleitung: Nach entsprechender Tabelle in Kapitel H.

R = mbar/m

Totaler Druckverlust Rohrleitungen:

= Lt x R = Rt = mbar.

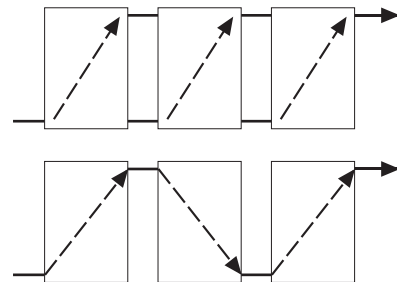
b3 Druckverlust im Solarwärmetauscher

Konsultieren der Druckverlusttabelle des Fabrikanten des Wärmetauschers. Wenn von Seiten des Fabrikanten keine Tabelle mit Angaben für Frostschutzmittel existiert, wird die Tabelle für Wasser gebraucht und den Druckverlustwerten R 30 % zugegeben.

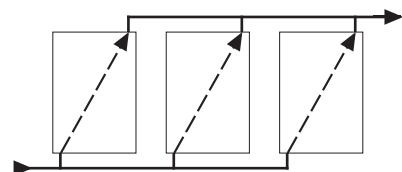
Druckverlust im Wärmetauscher

= R =

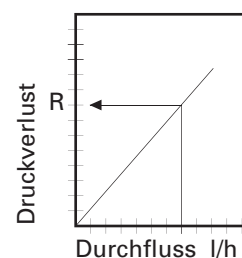
In Serie geschaltete Kollektoren



Parallel geschaltete Kollektoren



Beispiel Druckverlusttabelle Kollektorenlieferant



3.10 Expansionsgefäß

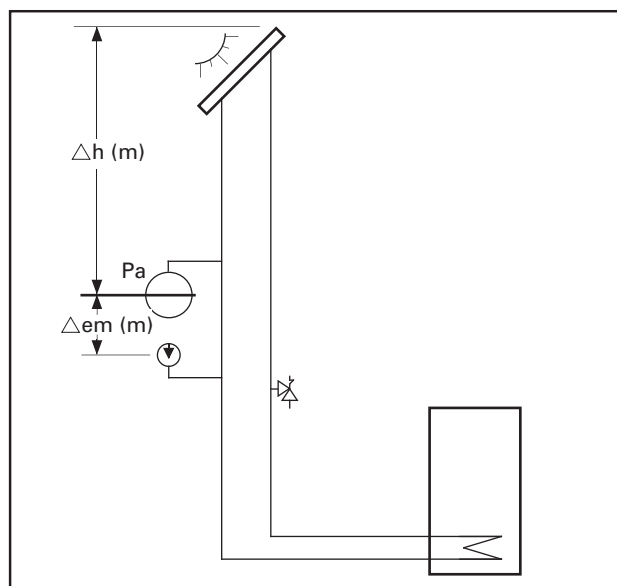
3.10.1 Werte für die Grössenbestimmung des Expansionsgefäßes	Einheit	Standardanlage Werte vorbestimmt	Empfohlene Werte
Δh = Höhendifferenz zwischen dem höchsten Anlagepunkt und dem Expansionsgefäß	m	10	<13
Anteil Frostschutzmittel	%	35–50	nach Lieferant
Berechnungsmethode für das Ausdehnungsvolumen		B	nach Lieferant

Grössenbestimmung

1. Bestimmung der Höhendifferenz Δh (m)
2. Auswahl der Berechnungsmethode des Ausdehnungsvolumens: A, B oder C.
3. Berechnen des Ausdehnungsvolumens (Tabelle 3.10.2).
4. Auswahl des Expansionsgefäßes mit der dafür bestimmten Tabelle im Kapitel H.
5. P_a = Vordruck im leeren Gefäß (Δh (m)/10 + 0.3 bar)

Ergänzende Informationen für die Grössenbestimmung

- Das Expansionsgefäß muss höher in der Installation montiert werden, wenn Δh zu gross ist oder wenn man mit einem kleineren Expansionsgefäß auskommen will.
- Das Sicherheitsventil muss nach den Angaben auf Seite D15 bestimmt werden.



3.10.2 Berechnungsmethode zur Bestimmung des Ausdehnungsvolumens des Expansionsgefäßes

Methode	P_e = Enddruck im Expansionsgefäß in bar	Anteil Frostschutzmittel	Bestimmung des Referenzvolumens in Liter**	Expansion in %	Der Anlageschutz ist gewährleistet bei:
A	2.3	35–50	Totalvolumen des Solarkreislaufs	10	Ausdehnung in normaler Funktion Zu hohem Fülldruck Kurzem Anhalten des Kreislaufs
B	2.9	35–50	Volumen des Solarkreislaufs ohne Kollektoren	10	Ausdehnung in normaler Funktion Zu hohem Fülldruck Längerem Anhalten des Kreislaufs
			Volumen in den Kollektoren	100	
C	3.9	90	Totales Volumen des Solarkreislaufs	15	Ausdehnung in normaler Funktion Zu hohem Fülldruck Längerem Anhalten des Kreislaufs

** Bemerkung: Die Referenzvolumen berechnen Sie mit Tabelle 5.1.2 auf Seite D19.

3.2 Sicherheitsventil

3.3 Manometer

3.2.1 Werte für die Größenbestimmung des Sicherheitsventils	Einheit	Standardanlage Werte vorbestimmt	Empfohlene Werte
Δh = Höhendifferenz vom höchsten Anlagepunkt zum Expansionsgefäß	m	10	<13
Δes = Höhendifferenz vom Expansionsgefäß zum Sicherheitsventil	m	-1 bis +1	-1 bis +1
Methode für die Berechnung des Expansionsgefäßes (Seite D14, Tabelle 3.10.2)		B	nach Lieferant Sonnenkollektoren

Erklärung der Abkürzungen

Δh = Höhendifferenz zwischen dem höchsten Anlagepunkt und dem Expansionsgefäß (m)

Δes = Höhendifferenz zwischen dem Expansionsgefäß und dem Sicherheitsventil (m)

Δem = Höhendifferenz zwischen dem Expansionsgefäß und dem Manometer (m)

Δsk = Höhendifferenz zwischen dem Sicherheitsventil und einer beliebigen Anlagekomponente des Solarkreises. Δsk ist somit je nach Standort des gewählten Anlageteils variabel

P_{ans} = Ansprechdruck des Sicherheitsventils. Die Druckangabe finden Sie in den Lieferantenkatalogen

P_a = Vordruck im leeren Gefäß (Δh m/10 + 0.3 bar).

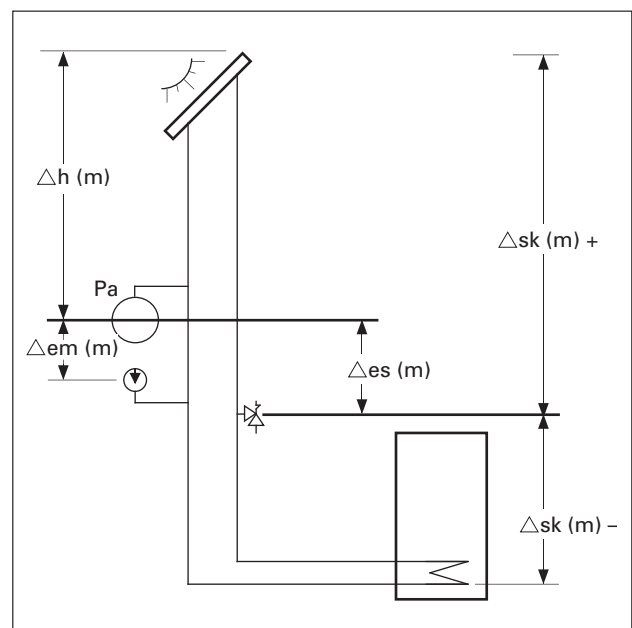
Größenbestimmung

- Wenn Δes nicht im Bereich von -1 bis +1 liegt, muss zu den oben angegebenen Werten $\Delta es/10$ dazugezählt werden.
- Wenn Δem nicht im Bereich von -1 bis +1 liegt, muss zu den oben angegebenen Werten $\Delta em/10$ dazugezählt werden.

Achtung:

Alle Anlagekomponenten des Solarkreises, die oberhalb des Sicherheitsventils platziert sind, müssen folgende Druckbeständigkeit aufweisen:
 $(P_{ans} \times 1.2) - (\Delta sk/10) = \text{bar}$.

Alle Anlagekomponenten, die unterhalb des Sicherheitsventils platziert sind, müssen folgende Druckbeständigkeit aufweisen:
 $(P_{ans} \times 1.2) + (\Delta sk/10) = \text{bar}$.



Berechnungsmethode Expansionsgefäß	Sicherheitsventil in bar	Manometer Skala in bar
A	3	> 3.6
B	3	> 3,6
C	4	> 4.8

Empfehlung:

Es ist von Vorteil, wenn das Sicherheitsventil ungefähr auf derselben Höhe wie das Expansionsgefäß eingebaut wird.

4 Wassererwärmer

4.1.1 Werte für die Größenbestimmung des Wassererwärmers	Einheit	Standardanlage Werte vorbestimmt	Empfohlene Werte
Totalvolumen pro Person VT	l/P	70–100	85

Größenbestimmung

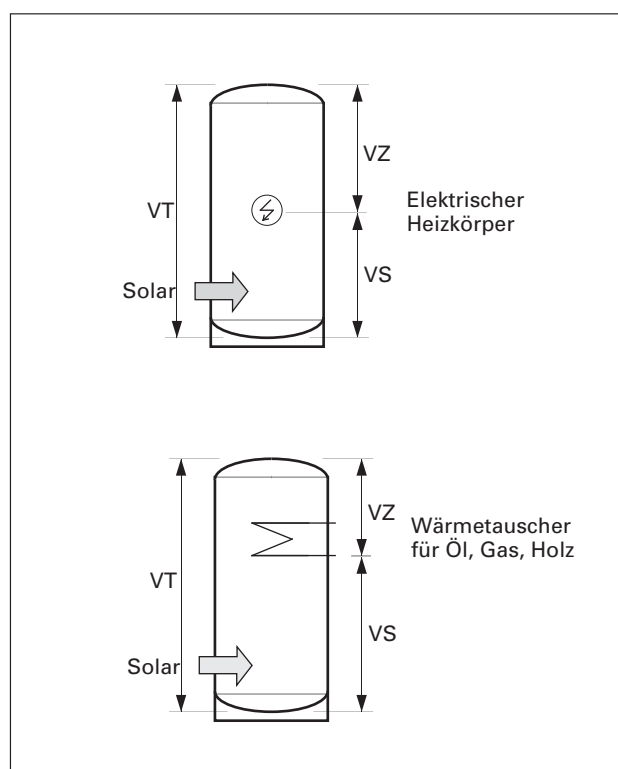
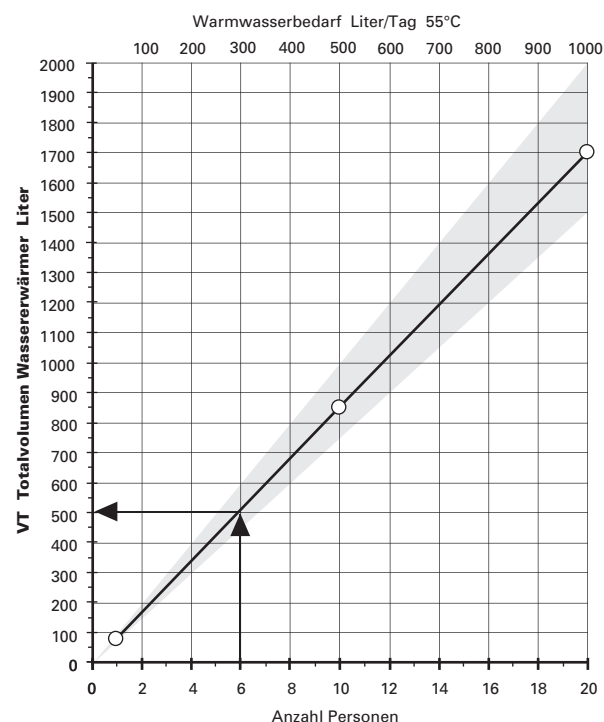
- Für die **Standardanlage** ist der Inhalt des Wassererwärmers vorbestimmt, die Angaben finden Sie auf Seite D6.
- Die Größenbestimmung kann ebenfalls mit Hilfe des Diagramms 4.1.2 vorgenommen werden.
- Für die Größenbestimmung ist das Totalvolumen VT zu berücksichtigen.

VT = Totalvolumen

VS = Freies Solarvolumen

VZ = Zusatzheizungs volumen

4.1.2 VT Totalvolumen Wassererwärmer



4.2 Einbauwärmetauscher Sonnenenergie

4.2.1 Werte für die Grössenbestimmung des Einbauwärmetauschers	Einheit	Standardanlage Werte vorbestimmt	Empfohlene Werte
ΔT_m	K	5–15	10
Fläche pro m ² Kollektor	m ² /m ²	0.2–0.25	0.2

Informationen für die Grössenbestimmung

Die Tabelle 4.2.2 zeigt die Wirkungsgraddifferenzen einer Solaranlage in Abhängigkeit von ΔT_m .

- Eine kleine Temperaturdifferenz ΔT_m verbessert den Anlageertrag
- Eine grosse Temperaturdifferenz ΔT_m vermindert den Anlageertrag

- T1m = Mittlere Temperatur der Kollektoren (Primärkreislauf)
- T2m = Mittlere Temperatur des Wassererwärmers in der Umgebung des Wärmetauschers (Sekundärkreislauf)
- ΔT_m = Temperaturdifferenz zwischen T1m und T2m
- Ta = Umgebungstemperatur bei den Kollektoren

4.2.2 Einfluss der Wahl vom ΔT_m beim Wärmetauscher auf den Wirkungsgrad der Anlage

ΔT_m (T1m–T2m)	K	5	10	15	20	25
Wirkungsgrad Verbesserung von der Solaranlage	%	3.5	0	–3.5	–7	–10

Grössenbestimmung

- Für die Standardanlage ist die Fläche auf Seite D6 vorbestimmt.
- Die Grössenbestimmung kann ebenfalls in Anlehnung an die Diagramme 4.2.3 oder 4.2.4 vorgenommen werden.

Weil der Wirkungsgrad von sehr vielen Faktoren beeinflusst wird, ist er vom Installateur nur schwer zu bestimmen und wird normalerweise vom Lieferanten des Wärmetauschers berechnet.

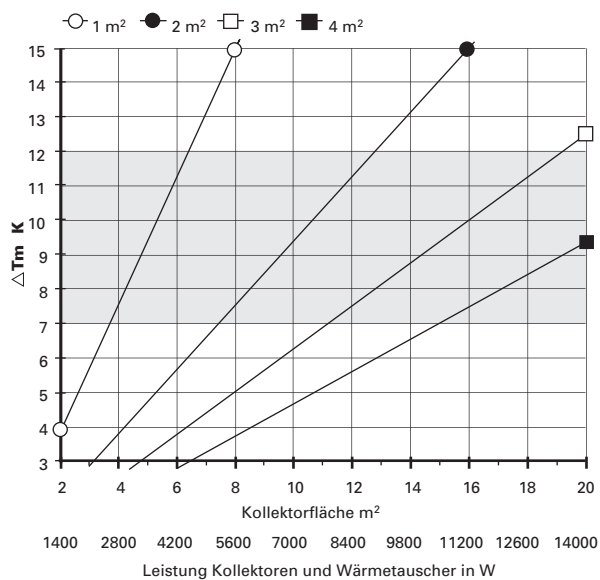
Generelle Voraussetzungen

- Ein guter Ertrag des Wärmetauschers wird mit einer Fliessgeschwindigkeit in den Rohren von 0.5 bis 1.5 m/s erreicht.
- Glattröhrwärmetauscher:
Thermische Wärmeübertragung 400 bis 750 W/m² K
Grössenbestimmung in Anlehnung an Diagramm 4.2.3
- Rippenröhrwärmetauscher:
Thermische Wärmeübertragung 300 bis 500 W/m² K
Grössenbestimmung in Anlehnung an Diagramm 4.2.4

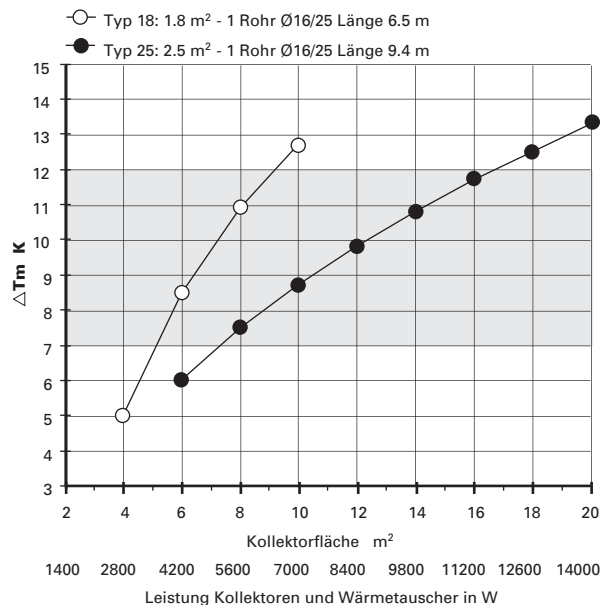
Seit vielen Jahren fabrizieren mehrere Fabrikanten die gleichen Wärmetauschermodelle. Aus diesem Grund stellen wir eine Tabelle vor, die direkt die Auswahl des Typs unter Berücksichtigung der mittleren Temperaturdifferenz ermöglicht.

4.2.3 Auswahl eines Glattrohrwärmtauschers

Tabelle mit einer thermischen Wärmeübertragung von 400 W/K m^2 Wärmetauscherfläche



4.2.4 Auswahl eines Rippenrohrwärmetauschers



5 Wärmeträgermedium

5.1.1 Werte für die Grössenbestimmung des Wärmeträgermediums	Einheit	Standardanlage Werte vorbestimmt	Empfohlene Werte
Inhalt der Kollektoren	l/m ²	2.3	nach Lieferant
Rohrleitungen Solarkreislauf	m	20–40	–
Anteil Frostschutzmittel	%	35–50	nach Lieferant

Grössenbestimmung

- Für die **Standardanlage** ist der Flüssigkeitsinhalt vorbestimmt, die Angaben finden Sie auf Seite D6.
- Für die **detaillierte Grössenbestimmung** wird wie folgt vorgegangen:
 1. Berechnung des Inhalts der Anlagekomponenten a bis d mit Hilfe der Tabelle 5.1.2.
 2. Bestimmung des Expansionsgefässes in Anlehnung an Seite D14.
 3. Addieren des Anfangsvolumens des Expansionsgefässes (nach der Kaltfüllung) in Anlehnung an Tabelle 5.1.3.

5.1.2 Flüssigkeitsinhalt Solarkreislauf

N°	Anlagekomponent Solarkreislauf	Inhalt pro Einheit Liter	Einheit	Anzahl	Total Inhalt pro Anlagekomponent, Liter
a1	Rohrleitungen Ø		m		
a2	Rohrleitungen Ø		m		
a3	Rohrleitungen Ø		m		
b	Solarwärmetauscher	–	Stück	1	
c	Spezielle Anlagekomponente				
Volumen Solarkreislauf ohne Kollektoren					
d	Sonnenkollektoren	–	Stück		
Total Volumen Solarkreislauf (ohne Expansionsgefäss)					
e	Flüssigkeit im Expansionsgefäss nach Einfüllung des Solarkreislaufs (Tabelle 5.1.3)		Stück	1	
Total Volumen Solarkreislauf mit Expansionsgefäss					

5.1.3 Wasseraufnahme Expansionsgefäß bei Kaltfüllung (Kaltwassertemperatur)

Typ Expansionsgefäß und Anfangsinhalt im Gefäß																
Δh -m	Pa-bar	12	18	25	35	50	80	110	140	200	300	400	500	600	750	900
1	0.4	1.5	2.4	3.3	4.6	5.9	9.8	13.8	18.6	27.8	38.3	48.8	62.5	75.1	91.1	109.4
2	0.5	1.4	2.3	3.1	4.3	5.5	9.2	12.9	17.5	26.1	36.1	45.9	58.8	70.7	85.7	102.9
3	0.6	1.3	2.1	2.9	4.1	5.2	8.7	12.2	16.5	24.7	34.1	43.4	55.6	66.7	81.0	97.2
4	0.7	1.3	2.0	2.7	3.9	4.9	8.2	11.6	15.7	23.4	32.3	41.1	52.6	63.2	76.7	92.1
5	0.8	1.2	1.9	2.6	3.7	4.7	7.8	11.0	14.9	22.2	30.7	39.0	50.0	60.1	72.9	87.5
6	0.9	1.1	1.8	2.5	3.5	4.5	7.5	10.5	14.2	21.1	29.2	37.2	47.6	57.2	69.4	83.3
7	1.0	1.1	1.7	2.4	3.4	4.3	7.1	10.0	13.5	20.2	27.9	35.5	45.5	54.6	66.2	79.5
8	1.1	1.0	1.7	2.3	3.2	4.1	6.8	9.6	12.9	19.3	26.7	33.9	43.5	52.2	63.4	76.1
9	1.2	1.0	1.6	2.2	3.1	3.9	6.5	9.2	12.4	18.5	25.6	32.5	41.7	50.1	60.7	72.9
10	1.3	1.0	1.5	2.1	3.0	3.8	6.3	8.8	11.9	17.8	24.5	31.2	40.0	48.1	58.3	70.0
11	1.4	0.9	1.5	2.0	2.8	3.6	6.0	8.5	11.4	17.1	23.6	30.0	38.5	46.2	56.0	67.3
12	1.5	0.9	1.4	1.9	2.7	3.5	5.8	8.1	11.0	16.4	22.7	28.9	37.0	44.5	54.0	64.8
13	1.6	0.9	1.4	1.9	2.6	3.4	5.6	7.9	10.6	15.9	21.9	27.9	35.7	42.9	52.0	62.5
14	1.7	0.8	1.3	1.8	2.5	3.2	5.4	7.6	10.3	15.3	21.1	26.9	34.5	41.4	50.2	60.3
15	1.8	0.8	1.3	1.7	2.5	3.1	5.2	7.3	9.9	14.8	20.4	26.0	33.3	40.0	48.6	58.3
16	1.9	0.8	1.2	1.7	2.4	3.0	5.1	7.1	9.6	14.3	19.8	25.2	32.3	38.8	47.0	56.5
17	2.0	0.8	1.2	1.6	2.3	2.9	4.9	6.9	9.3	13.9	19.2	24.4	31.3	37.5	45.5	54.7
18	2.1	0.7	1.2	1.6	2.2	2.8	4.7	6.7	9.0	13.5	18.6	23.7	30.3	36.4	44.2	53.0
19	2.2	0.7	1.1	1.5	2.2	2.8	4.6	6.5	8.8	13.1	18.0	23.0	29.4	35.3	42.9	51.5

Zusammenstellung der technischen Daten

Seite	Technische Daten	Einheit
	Warmwasserbedarf	
	Anzahl VerbraucherInnen	Personen
	Verbrauch pro Tag zu 55 °C	l/d
D7,D8,D9	1 Kollektoren	
	Fabrikat	
	Typ	
	Nutzbare Kollektorfläche pro Einheit	m ²
	Anzahl Kollektoren	Stück
	Total nutzbare Kollektorfläche	m ²
	A _{rel} T Theoretische relative Kollektorfläche	m ² /Person
	Orientierung	°
	Neigung	°
	Korrekturfaktor Orientierung/Neigung fon	
	Wirkungsgrad Kollektoren η 0.05 %	%
	Korrekturfaktor Kollektoren f _k	
	Korrekturfaktor Total f _t	
	Solarer Deckungsgrad	%
D10	2 Rohrleitungen	
	Material	
	Länge	m
	Durchfluss pro m ² Kollektor	l/h
	Durchfluss total Solarkreislauf	l/h
	Anteil Frostschutzmittel	%
	Durchmesser	"
D12,D13	3.8 Umwälzpumpe	
	Durchfluss Solarkreislauf	l/h
	Druckverlust Solarkreislauf	mbar
	Druckverlust Solarkreislauf	mWS
	Fabrikat	
	Typ	
	Leistungsaufnahme	W

Seite	Technische Daten	Einheit
D14	3.10 Expansionsgefäß	
	Δh Kollektoren/Expansionsgefäß	m
	Pa: Vordruck des Gefäßes	bar
	Berechnungsmethode (A, B oder C)	
	Ausdehnungsvolumen	l
	Typ	
D15	3.2 Sicherheitsventil	
	Ansprechdruck	bar
	3.3 Manometer	
	Skala	bar
D16	4 Wassererwärmer	
	Totalvolumen VT	l
	Volumen pro Person	l/Person
	Volumen pro A_{rel} T	l/m ²
D17, D18	4.2 Wärmetauscher Sonnenenergie Typ	
	ΔT_m Wärmetauscher Sonnenenergie	K
	Fläche pro m ² Kollektor	m ² /m ²
D19	5 Wärmeträgermedium	
	Glykol-Typ	
	Anteil Frostschutzmittel	%
	Gefrierschutz	°C
	Anlageninhalt	l

Beispiel eines Offerttextes

Anlage:

Nr:

Datum:

Gegenstand	Einheit	Anzahl	Preis	Total
------------	---------	--------	-------	-------

A Sonnenkollektoren

Sonnenkollektoren Fabrikat	Typ	Stück				
Nutzbare Kollektorfläche von	m ² pro Stück d.h. total	m ²				
Test IT Rapperswil N°						
Wirkungsgrad bei	η 0.05	%				
Kollektorkonstruktion:						
– Rahmenmaterial(ien)						
– Wärmedämmung						
– transparente Abdeckung						
– Absorber						
– Absorberbeschichtung						
Befestigungs- und Verbindungseinheiten.						

B Wassererwärmer

Wassererwärmer Fabrikat	Typ	Volumen VT	Liter			
– Innenbeschichtung						
– Wärmedämmung						
– Wärmetauscher Sonnenkreis	Typ	Anzahl				
		Wärmetauscherfläche	m ²			
– Wärmetauscher Zusatzenergie	Typ					
		Wärmetauscherfläche	m ²			
Leistung	kW, mit	/	°C Vorlauf/Rücklauf			
– Elektrischer Heizkörper Zusatzenergie	Typ	Leistung	kW			
Erwärmung von	Litern in	Stunden.				

C Hydraulische Kompaktgruppe Solarkreislauf

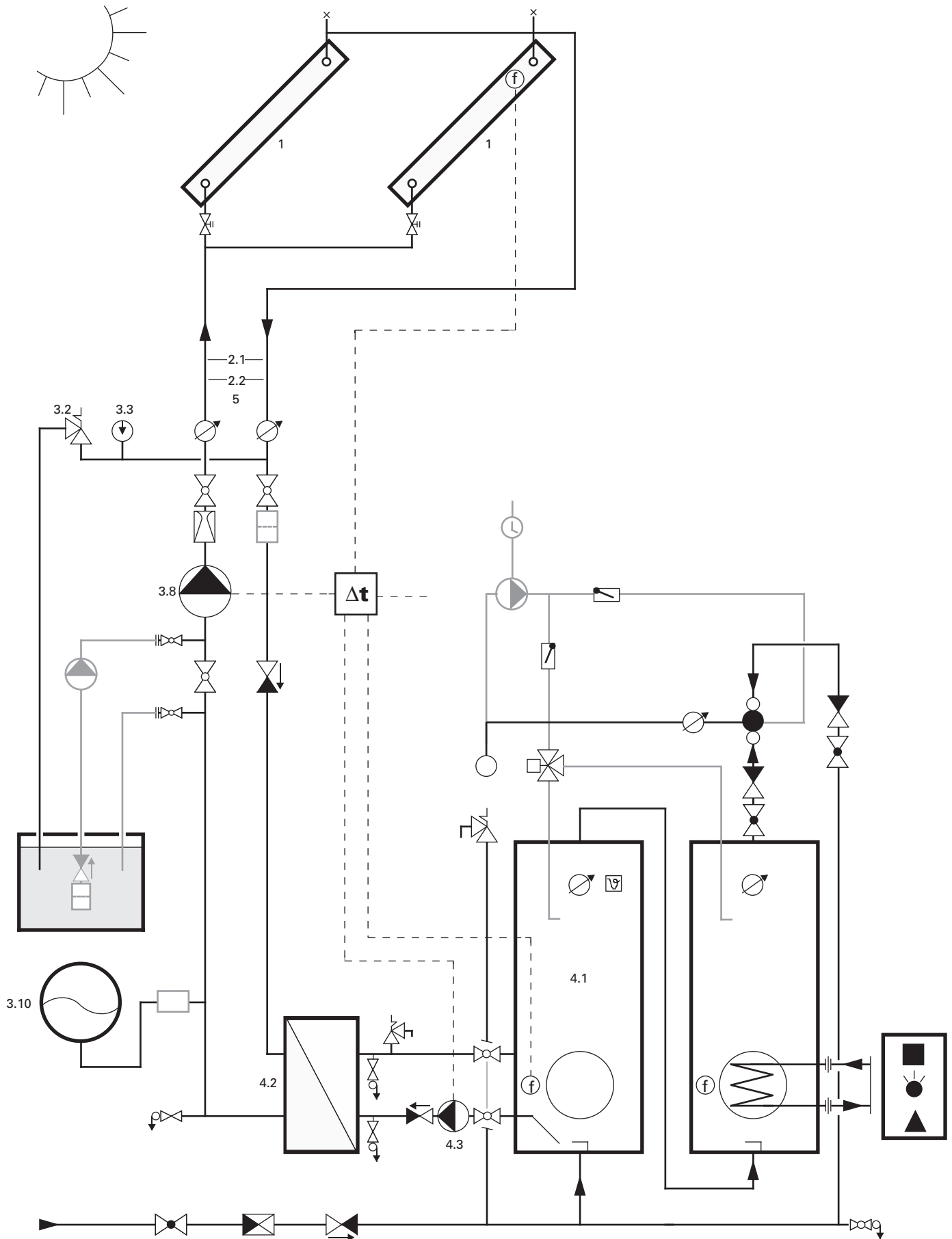
Kompaktgruppe mit einer Rohrweite von						
2 Thermometer, 1 Sicherheitsventil und Manometer,						
2 Absperrventile, 2 Füll- und Entleerventile, 1 Rückschlagventil						
– Umwälzpumpe	Typ					
– Expansionsgefäß	Typ					
– Zusammenbau						

Gegenstand	Einheit	Anzahl	Preis	Total
D Regelung				
Temperaturdifferenz-Regler Fabrikat	Typ			
Mit Kollektortemperaturfühler und Tauchrohrtemperaturfühler für Wassererwärmer				
E Wärmeträgermedium				
Glykol-Typ	, mit einem Anteil von	%		
Gefrierschutz	°C			
Anlage Inhalt Solarkreislauf	l			
F Rohrleitungen				
Verbindungsleitung zwischen den Kollektoren und dem Wassererwärmer Länge m				
– Leitungen aus	Durchmesser			
– Dämmung aus	Dämmstärke	mm		
– Montage der Leitungen				
G Arbeit				
– Montage der Sonnenkollektoren				
– Aufstellen der Apparate im Heizraum				
– Spülen, Füllen und Entlüften des Sonnenkreislaufs				
– Technische Bearbeitung:				
– Hydraulisches und elektrisches Prinzipschema				
– Inbetriebnahme und Betriebsanleitung.				
Bemerkung: Die Montage der Rohrleitungen ist in der Position F enthalten.				
TOTAL OFFERTENBETRAG				
Errechneter solarer Deckungsgrad dieser Anlage:				
– Solarer Deckungsgrad für die Wassererwärmung	%			
Zusatzarbeiten:				
– Sanitäranschlüsse				
– elektrische Anschlüsse				
– Spenglerarbeiten				
– Wenn nötig Sicherheitsvorrichtung nach SUVA.				
Als Beilage zu dieser Offerte erhalten Sie:				
– Dokumentation				
– Hydraulisches Schema				
–				
–				

E Warmwasser im Mehrfamilienhaus

Grundschema der Anlage	86
Inhaltsverzeichnis	87

Grundschemata der Anlage



Inhaltsverzeichnis

Das Ziel von Kapitel E ist es, die vereinfachte oder detaillierte Grössenbestimmung von solaren Wassererwärmungsanlagen in Mehrfamilienhäusern mit durchschnittlich 20–120 Personen oder einem täglichen Warmwasserverbrauch von 1'000–6'000 Litern darzustellen, wobei die Angaben Gültigkeit für Gebäude bis zu 200 Personen oder einem täglichen Warmwasserverbrauch bis zu 10'000 Litern haben.

Inhaltsverzeichnis Kapitel E		Seite
Grundschemata der Anlage	E1	86
Inhaltsverzeichnis	E2	87
Varianten und Ergänzungen zum Grundschemata	E3	89
Empfehlung für das Vorgehen bei der Auslegung der Anlage	E4	91
Definition der Standardanlage	E5	92
Vorschlag für die Standardanlage	E6	93
Detaillierte Grössenbestimmung	E7-E19	94
Zusammenstellung der technischen Daten	E20	110
Beispiel eines Offerttextes	E21	112

Detailangaben für die Grössenbestimmung

Nummer	Bezeichnung		Seite
1	Sonnenkollektoren	E7-E9	94
2	Rohrleitungen Sonnenkreislauf	E10	98
2.1	Rohrleitungen	E10	98
2.2	Wärmedämmung der Rohrleitungen	E10	98
3	Hydraulische Kompaktgruppe	E11	99
3.8	Umwälzpumpe	E12-E13	100
3.10	Expansionsgefäss	E14	102
3.2	Sicherheitsventil	E15	103
3.3	Manometer	E15	103
4	Wassererwärmer	E16	104
4.1	Wassererwärmer	E16	104
4.2	Wärmetauscher Sonnenenergie	E17	106
4.3	Ladepumpe Wassererwärmer	E17	107
5	Wärmeträgermedium	E19	108

Vorwort

Das Kriterium der wirtschaftlichen Rentabilität ist besonders wichtig in diesem Realisierungstyp:

- Das ist im Moment der einzige Typ von einer Solaranlage, der unter gewissen Bedingungen und unter Beachtung gewisser Regeln der Grössenbestimmung auch finanziell rentabel sein kann.
- Die potentiellen Besteller dieser Anlagen sind grössere Immobilienbesitzer oder die öffentliche Hand. Diese Investoren sind weniger sensibel als Privatpersonen auf die Argumente, die normalerweise zur Realisierung einer Solaranlage führen: Autonomie in der Energieversorgung, Energieeinsparungen und Umweltschutz. Die finanziellen Kriterien jedoch beeinflussen die Entscheidungen dieser Bauherren wesentlich.

Faktoren, welche die Wirtschaftlichkeit einer Solaranlage bestimmen:

- Notwendige Investitionskosten:
Installationspreis – Subventionen
- Lebensdauer der Anlageteile
- Kapitalzins
- Betriebskosten
- Notwendige Zusatzenergie
- Solarer Nettoertrag.

Eine Wirtschaftlichkeitsrechnung liegt nicht im Aufgabenbereich des Installateurs. Wir konzentrieren uns deshalb hier darauf, die bestmöglichen Werte für eine Optimierung der Grössenbestimmung anzugeben.

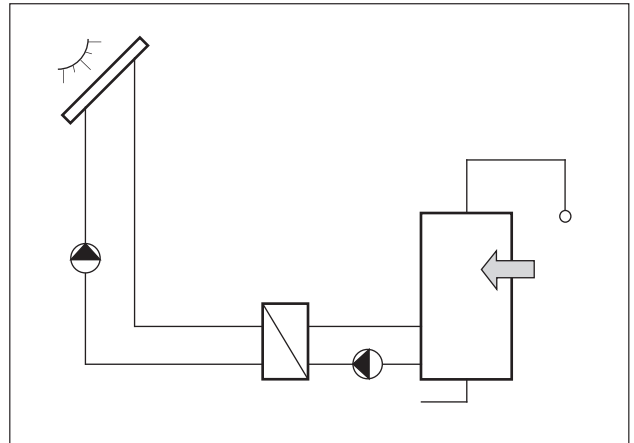
Varianten und Ergänzungen zum Grundschemata

- **Grundschemata des Solarkeislaufs:**

Ein externer Wärmetauscher für die Wärmeübertragung wird normalerweise für Anlagen ab einer gewissen Grösse eingesetzt (ab 30–40m² Kollektorfläche). Eine Umwälzpumpe im Ladekreislauf erzeugt die Zirkulation des Warmwassers zwischen dem Wassererwärmer und dem externen Solarwärmetauscher.

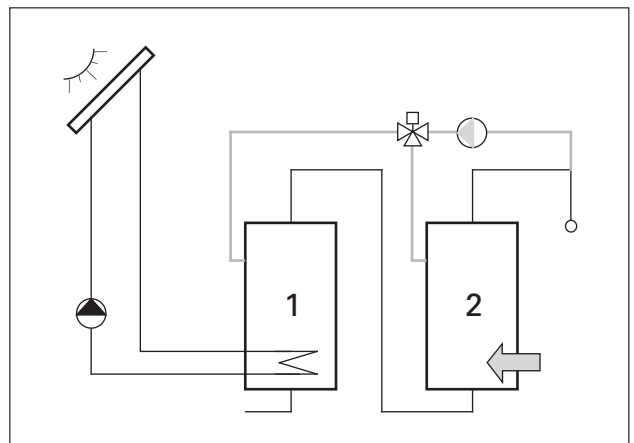
- **Anlage mit einem Wassererwärmer:**

Der Wärmetauscher oder der Ladekreis der Zusatzenergie befindet sich im oberen Teil des Wassererwärmers.



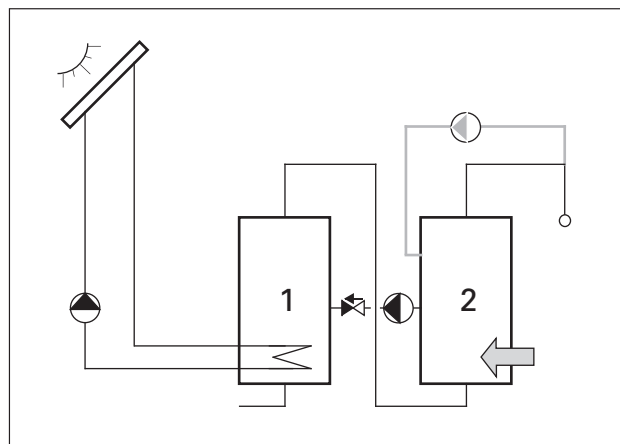
- **Anlage mit zwei Wassererwärmern:**

- Die Wassererwärmer sind in Serie angeschlossen; die Zusatzenergie wird im Erwärmer 2 eingespiessen.
- Dreiwegventil zur Umleitung der Warmwasserzirkulation:
- Die Warmwasserzirkulation fliesst in den Solarwassererwärmer (1) wenn dieser wärmer als 60 °C ist.
- Die Warmwasserzirkulation fliesst in den Zusatzenergiewatererwärmer (2) wenn die Temperatur im Solarwassererwärmer (1) tiefer als 60 °C ist.



• **Variante der Anlage mit zwei Wassererwärmern:**

- Die Wassererwärmer sind in Serie angeschlossen; die Zusatzenergie wird im Erwärmer 2 eingespiessen.
- Die Warmwasserzirkulation fliesst immer in den Zusatzenergiewassererwärmer.
- Eine Umwälzpumpe transportiert die Wärme vom Solarwassererwärmer (1) in den Zusatzenergiewassererwärmer (2) wenn die Temperatur im Erwärmer 1 höher ist als die Temperatur im Erwärmer 2.

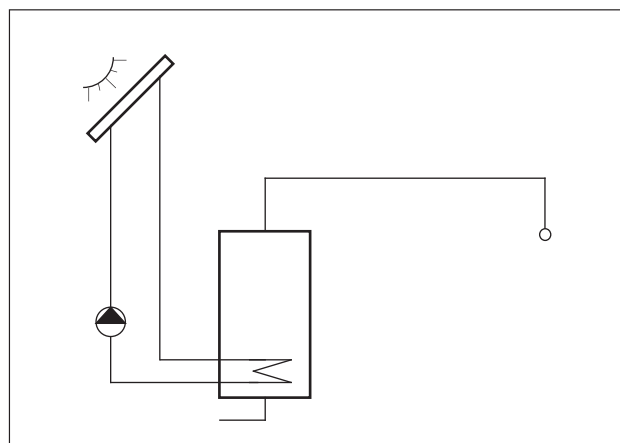


• **Anlage mit einem Einbauwärmetauscher:**

Dieser Wärmetauscher kann ebenfalls für eine grosse Solaranlage eingesetzt werden.

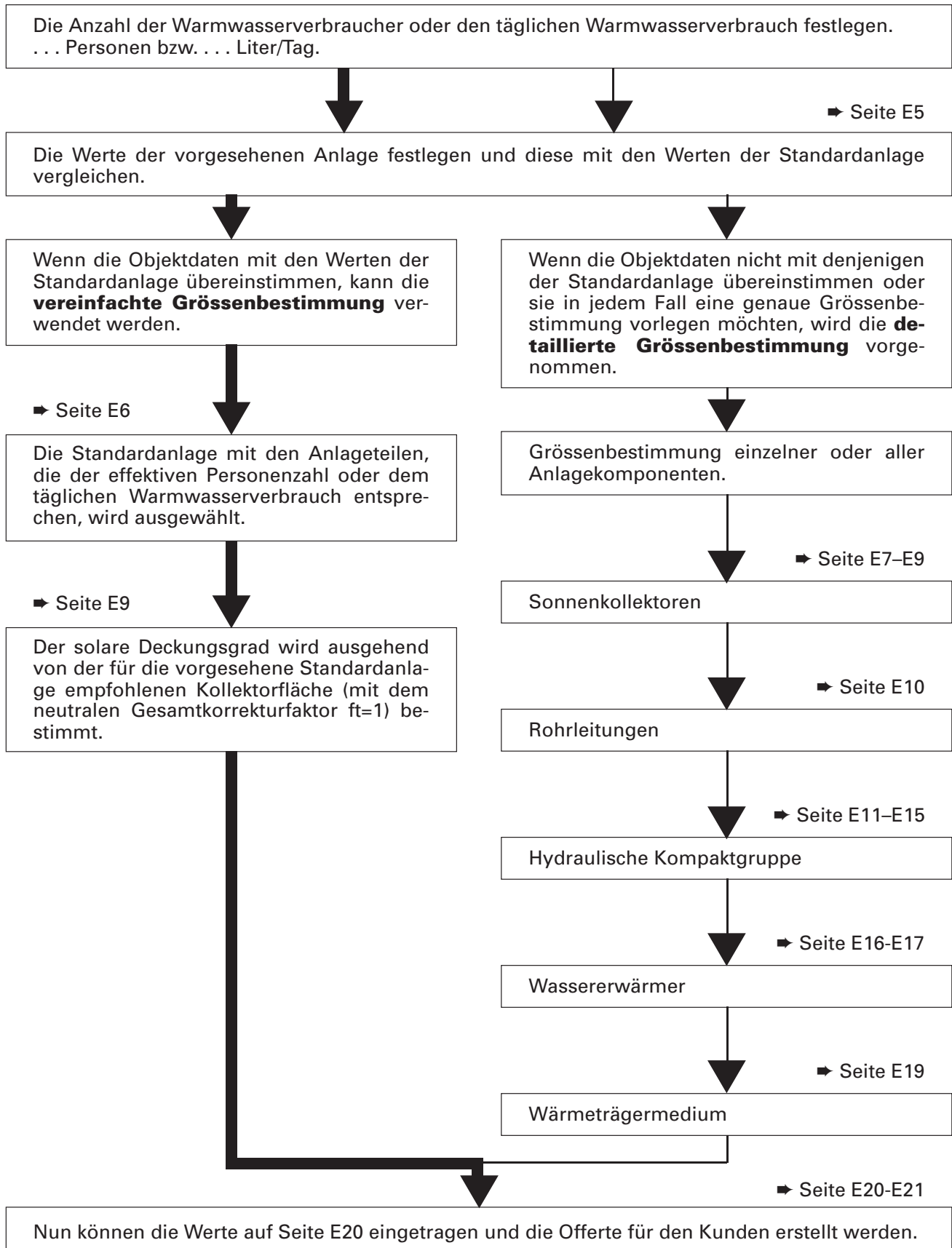
Ob ein Einbauwärmetauscher oder ein externer Wärmetauscher eingesetzt wird, hängt bei gleicher Leistung der Tauscher von folgenden Kriterien ab:

- Kosten
- Reinigung und Unterhalt (Entkalkung).



Die Werte für die Grössenbestimmung eines Einbauwärmetauschers sind im Kapitel D auf Seite D17 angegeben.

Empfehlung für das Vorgehen bei der Auslegung der Anlage



Definition der Standardanlage

Seite	Werte für die Grössenbestimmung	Einheit	Standardanlage	Empfohlene Werte
E7	1 Sonnenkollektoren Warmwasserverbrauch pro Tag und Person Neigung der Kollektoren: – Mittelland – Wallis, Alpen, Alpensüdseite Orientierung der Kollektoren Wirkungsgrad der Kollektoren bei η 0.05 Relative Kollektorfläche (A_{rel})	l/d zu 55 °C ° (Grad) ° (Grad) ° (Grad) % m ² /Person	50 15–60 25–60 –45 Ost – +45 West 50–65 0.5–1.0 *	– 20–50 30–60 –45 Ost bis +30 West – 0.8
E10	2 Rohrleitungen Durchfluss pro m ² Kollektor Anteil Frostschutz Gesamte Rohrlänge Dämmstärke	l/h · m ² % m mm	40–50 35–50 40–60 30–50	Nach Lieferant Nach Lieferant – 30–50
E12	3 Hydraulische Kompaktgruppe Pumpe – Durchfluss pro m ² Kollektor – Anteil Frostschutzmittel – Maximale Kollektorfläche in Serie geschalten	l/h · m ² % m ²	40–50 35–50 Nach Lieferant	Nach Lieferant Nach Lieferant Nach Lieferant
E14	Expansionsgefäss – Δh = Höhendifferenz zwischen dem höchsten Anlagepunkt und dem Expansionsgefäss – Berechnungsmethode	m Methode	≤ 10 B	<13 Nach Lieferant
E15	Sicherheitsventil Öffnungsdruck – Δes = Höhendifferenz zwischen dem Expansionsgefäss und dem Sicherheitsventil	bar m	3 –1 bis +1	3 –1 bis +1
E16	4 Wassererwärmer – VS = Freies Solarvolumen pro m ² Kollektor – VZ = Zusatzheizungs-volumen pro Person – VT = Totalvolumen	l/m ² l/Person l	30–60 – **	40 15–60 **
E17	Wärmetauscher – ΔT_m = Temperaturdifferenz im Mittel – Zu übertragende Leistung pro m ² Kollektor – Typ	K kW/m ²	5–15 0.7 Nach Lieferant	10 0.7 Nach Lieferant
E17	Ladepumpe Wassererwärmer (Sekundärkreislauf) – Durchfluss pro m ² Kollektor	l/h · m ²	40–50	40
E19	5 Wärmeträgermedium Anteil Frostschutzmittel Inhalt der Kollektoren	l/m ²	35–50 <2.3	Nach Lieferant Nach Lieferant

* Auf Seite E6 vorbestimmt mit 0.8

** Siehe Seite E6

Vorschlag für die Standardanlage

Personenzahl	Warmwasserverbrauch pro Tag 55 °C l/d	Kollektorfläche m ² (0.8 m ² /Person)	Rohrleitungen Solarkreislauf Ø	Umwälzpumpe: Durchfluss l/h	Umwälzpumpe: Förderdruck mbar (x 0.01 = mWS)	Ladepumpe Wasserer- wärmer Durchfluss l/h (Förderdruck = ~ 100 mbar)	Expansionsgefäß Typ (Methode B)	Wassererwärmer VS Freies Solarvolumen	Solarwärmetauscher Zu übertragende Leistung kW (ΔTm = 10 K)	Wärmeträgermedium Inhalt Liter
20	1000	16	1"	800	350	640	140	640	11.2	70
30	1500	24	1"	1200	450	960	200	960	16.8	90
40	2000	32	1"	1600	650	1280	300	1280	22.4	110
50	2500	40	1 1/4"	2000	510	1600	400	1600	28	150
60	3000	48	1 1/4"	2400	550	1920	500	1920	33.6	170
70	3500	56	1 1/4"	2800	620	2240	600	2240	39.2	190
80	4000	64	1 1/2"	3200	520	2560	600	2560	44.8	235
90	4500	72	1 1/2"	3600	600	2880	750	2880	50.4	250
100	5000	80	1 1/2"	4000	650	3200	750	3200	56	270
110	5500	88	2"	4400	450	3520	900	3520	61.6	290
120	6000	96	2"	4800	500	3840	900	3840	672	355

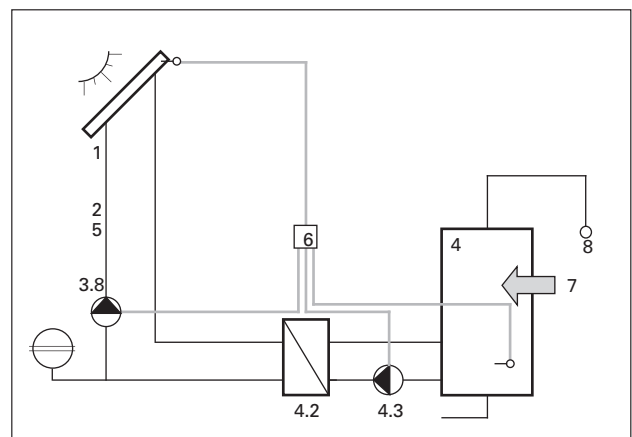
- Ansprechdruck Sicherheitsventil 3 bar.
- Manometer mit Skala 0–4 bar.
- Die Werte für die Grössenbestimmung der Standardanlage sind auf der Seite E5 definiert.
- Der solare Deckungsgrad ist mit Hilfe des Diagramms 1.04 auf Seite E9 zu bestimmen.

Die Grundinstallation setzt sich aus den folgenden Hauptkomponenten zusammen:

- 1 Sonnenkollektoren
- 2 Rohrleitungen Solarkreislauf
- 3.8 Umwälzpumpe
- 4 Wassererwärmer
- 4.2 Wärmetauscher
- 4.3 Ladepumpe Wassererwärmer
- 5 Wärmeträgermedium
- 6 Regelung
- 7 Zusatzenergie
- 8 Warmwasserverbraucher

Funktionsprinzip:

Funktionsprinzip:
Wenn die Temperatur der Kollektoren höher ist als die Temperatur unten im Wassererwärmer, wird die Pumpe des Solarkreislaufs (3.8) eingeschaltet.



1 Sonnenkollektoren

1.01 Werte für die Grössenbestimmung der Kollektoren	Einheit	Standardanlage Werte vorbestimmt	Empfohlene Werte
Warmwasserverbrauch pro Tag und Person	l/d zu 55°	50	50
Neigung der Kollektoren Mittelland Wallis, Alpen, Alpensüdseite	° (Grad) ° (Grad)	15–60 25–60	20–50 30–60
Orientierung der Kollektoren	° (Grad)	–45 Ost bis +45 West	–45 Ost bis +30 West
Wirkungsgrad der Kollektoren bei η 0.05	%	50–65	**
Relative Kollektorfläche (A_{rel})	m ² /Person	0.5–1.0	0.8

• Informationen für die Grössenbestimmung

- Normalerweise erlaubt eine theoretische relative Kollektorfläche (A_{relT}), die 0,8 bis 1,0 m² pro Person übersteigt, dass im Sommer die Zusatzheizung ausgeschaltet werden kann.
- Die Kollektorfläche wird ausgehend von der Normgrösse der gewählten Kollektoren aufgerundet.
- Wenn der Wirkungsgrad der Zusatzenergie gering ist (unter 80 %), muss in erster Linie dieser verbessert werden. Wenn das unmöglich ist, ist es interessant, die Anlage mit den oberen Werten des grauen Bereichs zu bestimmen. So ist es normalerweise möglich, die Zusatzenergie in den Sommermonaten ganz auszuschalten.
- Eine zu kleine Grössenbestimmung der Anlage (unter den empfohlenen Werten) ist nie interessant und darf nur dann gemacht werden, wenn

der Platz für die gesamthaft nötige Kollektorfläche fehlt.

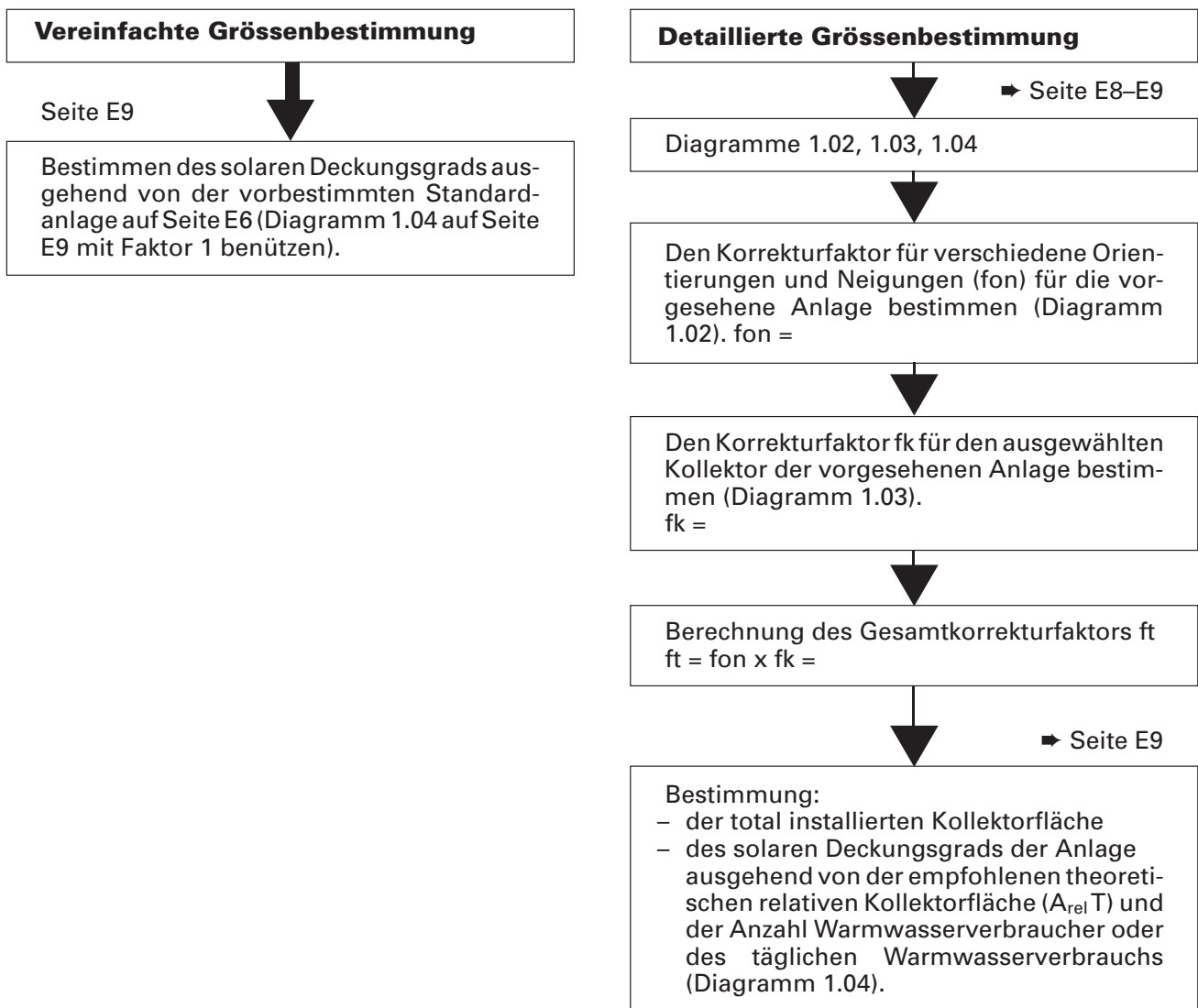
- Eine Überdimensionierung ist finanziell uninteressant, weil ein Teil der im Sommer produzierten Energie nicht verwendet werden kann. Die Überdimensionierung erlaubt jedoch eine Steigerung des solaren Deckungsgrads (Achtung: Richtige Grössenbestimmung des Wassererwärmers zur Aufnahme der Überschussenergie im Sommer!).

Werte im grauen Bereich des Diagramms (1.04) haben folgende Eigenschaften:

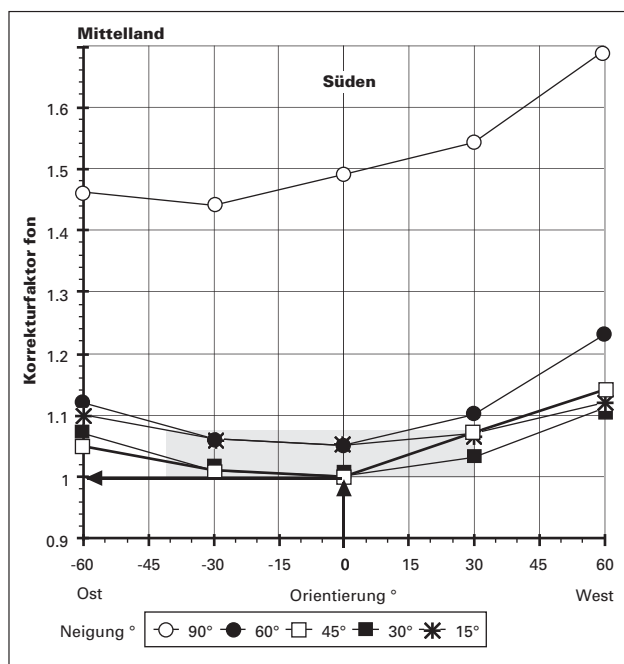
- Die Charakteristika der Anlage sind nahe am Optimum.
- Die empfohlenen Werte für die Grössenbestimmung sind auch gemessen an einer wirtschaftlichen und technischen Logik sinnvoll.

** Ein hoher Wirkungsgrad der Kollektoren erhöht den Ertrag der Anlage. Für die Wahl der Kollektoren sind aber auch finanzielle und qualitative Aspekte zu berücksichtigen. Die Charakteristika der einzelnen Kollektoren können dem Ordner «Leistungsdaten thermischer Sonnenkollektoren» der Solarenergie Prüf- und Forschungsstelle Rapperswil entnommen werden.

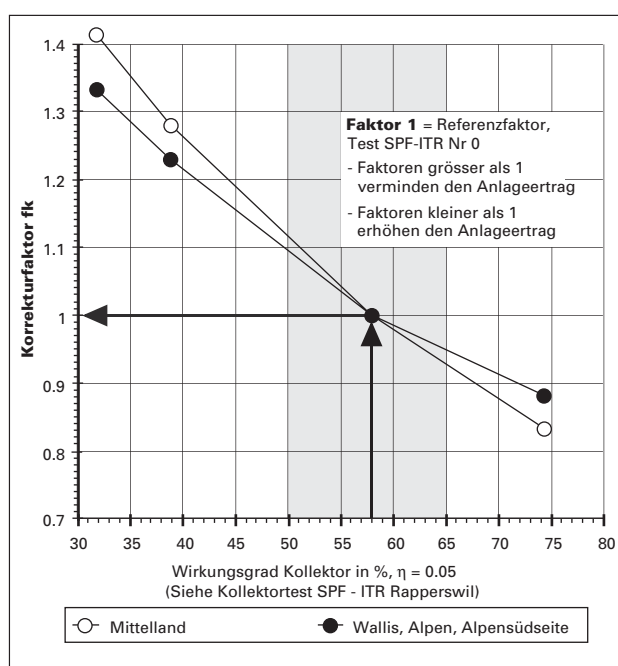
*** Methode zur Grössenbestimmung**



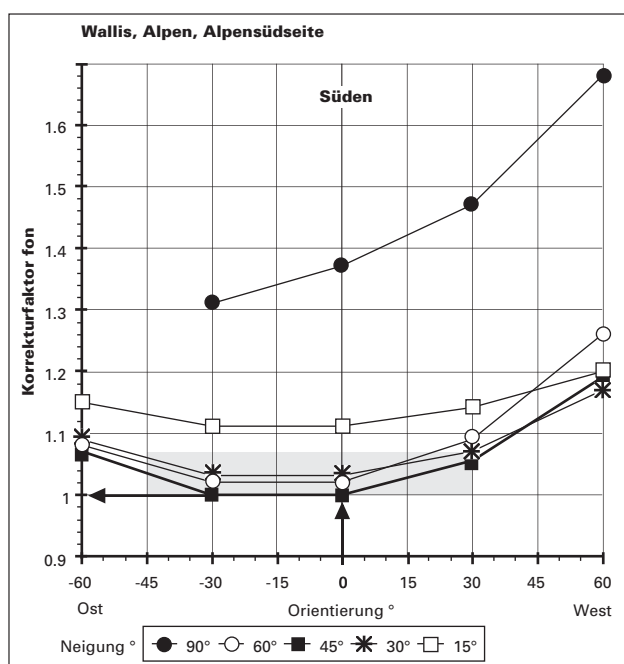
1.02a Korrekturfaktor für verschiedene Orientierungen und Neigungen der Sonnenkollektoren



1.03 Korrekturfaktor für verschiedene Wirkungsgrade der Sonnenkollektoren



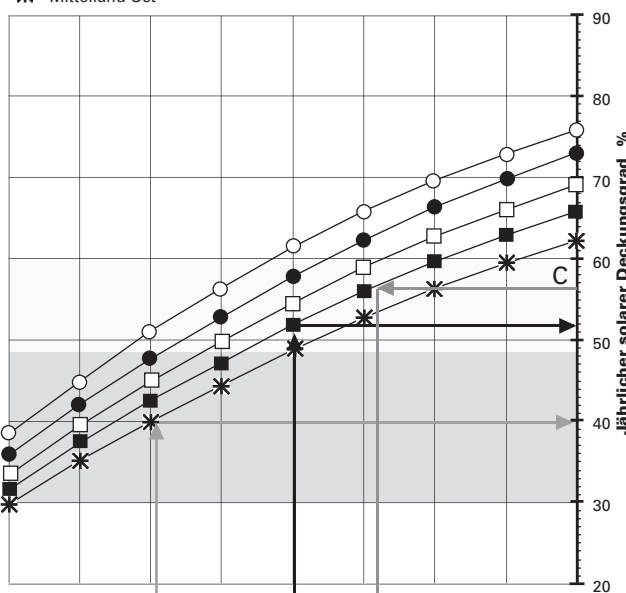
1.02b Korrekturfaktor für verschiedene Orientierungen und Neigungen der Sonnenkollektoren



1.04 Werte für die Grössenbestimmung der Kollektoren	Einheit	Standardanlage Werte vorbestimmt	Empfohlener Wert
A rel T Theoretische relative Kollektorfläche	m ² /Person	0.8	0.5 – 1.0

1.04 Kollektorfläche und solarer Deckungsgrad im Verhältnis zum Warmwasserenergiebedarf

- Wallis, Alpensüdseite
- Gegend Chur
- Lac Léman, Alpennordseite 1000 m, Jura 1000 m
- Mittelland West
- * Mittelland Ost



Benützung vom Diagramm 1.04

Pfeil A

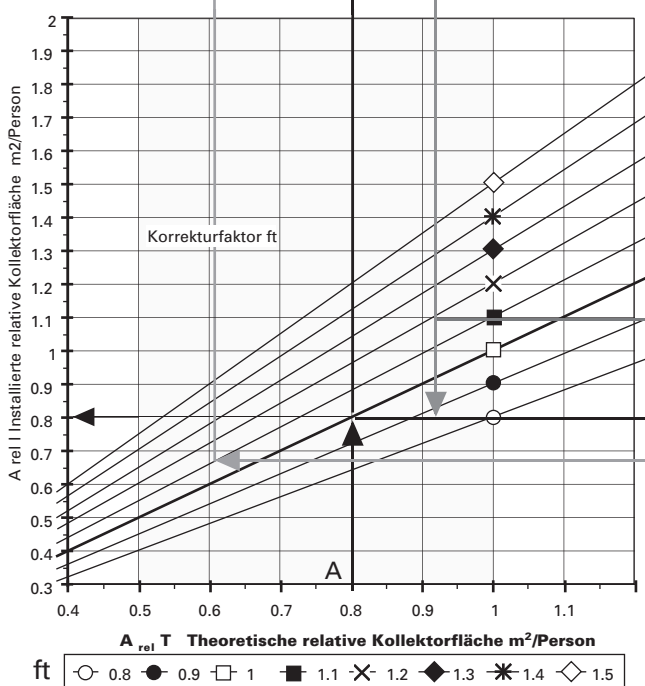
- Bestimmung des solarer Deckungsgrads ausgehend von der theoretischen relativen Kollektorfläche.

Pfeil B

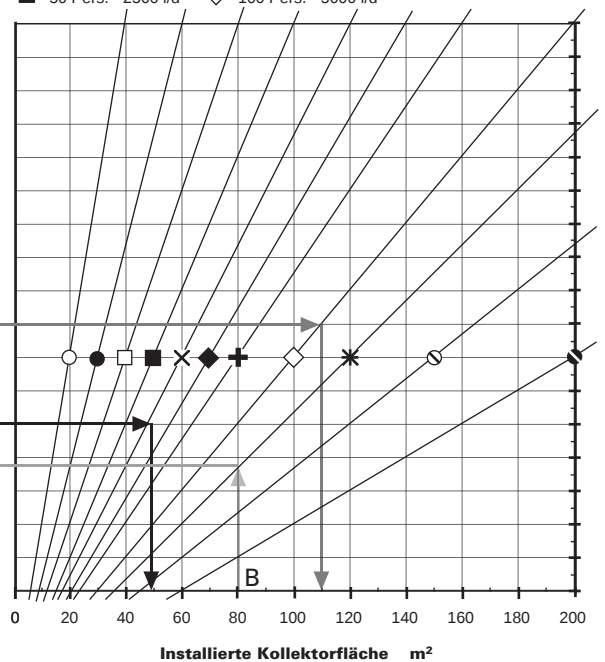
- Bestimmung des solarer Deckungsgrads ausgehend von der installierten Kollektorfläche.

Pfeil C

- Bestimmung der zu installierenden Kollektorfläche ausgehend vom solarer Deckungsgrad.



- 20 Pers. - 1000 l/d
- 30 Pers. - 1500 l/d
- 40 Pers. - 2000 l/d
- 50 Pers. - 2500 l/d
- ✕ 60 Pers. - 3000 l/d
- ◆ 70 Pers. - 3500 l/d
- ✚ 80 Pers. - 4000 l/d
- ✖ 120 Pers. - 6000 l/d
- ◇ 100 Pers. - 5000 l/d
- 150 Pers. - 7500 l/d
- 200 Pers. - 10000 l/d



2 Rohrleitungen Solarkreislauf

2.1 Werte für die Größenbestimmung der Rohrleitungen	Einheit	Standardanlage Werte vorbestimmt	Empfohlene Werte
Durchfluss pro m ² Kollektor	l/h	40–50	nach Lieferant
Anteil Frostschutzmittel	%	35–50	nach Lieferant
Gesamte Rohrlänge	m	40–60	–
Dämmstärke	mm	30–50	30–50
Durchflussgeschwindigkeit	m/s	0.3–1	0.3–1
Druckverlust pro Einheit	mbar/m	–	–
Totaler Druckverlust	mbar	200–350	<300

• Rohrweitenbestimmung

- Für die **Standardanlagen** wurden die Rohrweiten bereits vorbestimmt, die Angaben finden Sie auf Seite E6.
- Für die **detaillierte Rohrweitenbestimmung** wird folgendes Vorgehen gewählt:

1. Bestimmung des Durchflusses im Solarkreislauf: Durchfluss pro m² Kollektor x totale Kollektorfläche in m²

$$= \quad \times \quad = \quad \text{l/h.}$$

2. Bestimmung der Rohrweite unter Berücksichtigung der in obenstehender Tabelle empfohlenen Werte; die Druckverlusttabellen befinden sich in Kapitel H.

Rohrmaterial

Rohrweite

• Zusätzliche Informationen für die Rohrweitenbestimmung

Wärmedämmung der Rohrleitungen:

Eine Wärmedämmung im Gebäude von 40 mm Stärke anstelle von 20 mm verbessert den Anlageertrag im Durchschnitt um 0.2 bis 0.4 %.

Für die Bestimmung der Dämmstärke müssen im weiteren folgende Punkte berücksichtigt werden:

- der Preis der Wärmedämmung
- der zur Verfügung stehende Platz
- Regionale Energiegesetze.

Eine Tabelle der spezifischen Wärmeverluste gedämmter Rohrleitungen befindet sich in Kapitel H.

3 Hydraulische Kompaktgruppe

• Funktion

Alle für das Funktionieren der Anlage nötigen Armaturen und hydraulischen Organe sind hier zusammengefasst.

• Grundlagen zur Größenbestimmung

Die Lieferanten der Sonnenkollektoren liefern vorfabrizierte Gruppen, die alle nötigen hydraulischen Komponenten enthalten.

Um den richtigen Gruppentyp bestimmen zu können, ist es nötig, die in Tabelle 3.0.1 aufgeführten Punkte zu berücksichtigen.

• Größenbestimmung

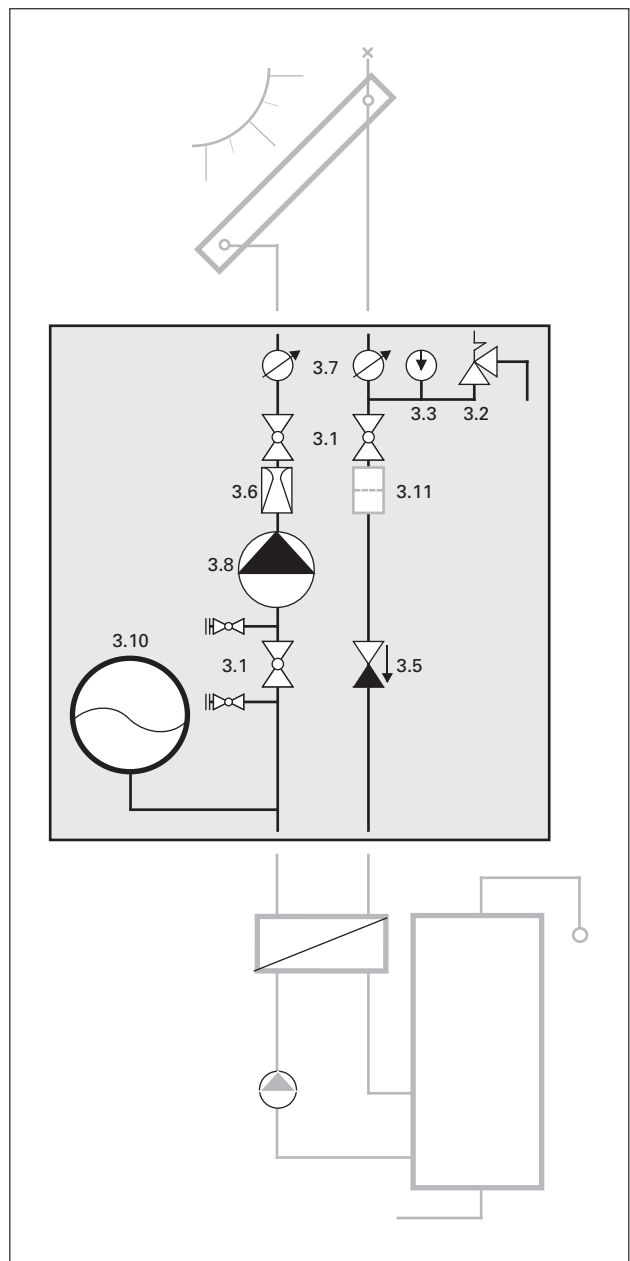
Die Größenbestimmung wird durch den Lieferanten unter Berücksichtigung der in Tabelle 3.0.1 aufgeführten Punkte vorgenommen.

Für eine **detaillierte Größenbestimmung** der Komponenten siehe Seiten E12 bis E15.

Tabelle 3.0.1

Zu berücksichtigende Punkte bei der Auswahl der hydraulischen Gruppe

- Fabrikat und Typ der Sonnenkollektoren
- Anzahl Kollektoren parallel geschaltet
- Anzahl Kollektoren in Serie geschaltet
- Länge der Rohrleitungen (Vor- und Rücklauf)
- Rohrweite der Leitungen
- Δh höchster Anlagepunkt-Expansionsgefäß
- Δh höchster Anlagepunkt-Sicherheitsventil
- Fabrikat und Typ Wärmetauscher Solarkreis
- Δh = Höhendifferenz.



3.0.1

- 3.1 Absperrorgane
- 3.2 Sicherheitsventil
- 3.3 Manometer
- 3.5 Rückflussverhinderer
- 3.6 Durchflussmesser
- 3.7 Thermometer
- 3.8 Umwälzpumpe
- 3.10 Expansionsgefäß
- 3.11 evtl. Filter

3.8 Umwälzpumpe

3.8.1 Werte für die Grössenbestimmung der Umwälzpumpe	Einheit	Standardanlage Werte vorbestimmt	Empfohlene Werte
Durchfluss pro m ² Kollektor	l/h	40–50	nach Lieferant
Anteil Frostschutzmittel	%	35–50	nach Lieferant
Maximale Kollektorfläche in Serie geschalten	m ²	nach Lieferant	nach Lieferant

• Grössenbestimmung

- Für die **Standardanlage** ist die Umwälzpumpe vorbestimmt, die Angaben finden Sie auf Seite E6.
Der angegebene Förderdruck der Umwälzpumpe entspricht dem maximal akzeptablen Druckverlust des Solarkreises (vgl. Tabelle 3.8.3).
- Vorgehen für eine **detaillierte Grössenbestimmung**:
 - Bestimmung des Durchflusses im Solarkreislauf: Durchfluss (l/h) pro m² Kollektor x Kollektorfläche in m²

$$= \quad \times \quad = \quad \text{l/h.}$$
 - Bestimmung der Druckverluste im Solarkreislauf nach Anleitung der Punkte b1 bis b4 auf Seite E13 (Zusammenfassung in Tabelle 3.8.3).
 - Bestimmung des Pumpentyps mit Hilfe des Fabrikantenkataloges.

Merke:

- Je kleiner der Druckverlust im Solarkreislauf gehalten wird, um so kleiner ist der Energieverbrauch der Umwälzpumpe.
- In der Praxis ist es möglich, die Grösse der Umwälzpumpe ungefähr zu bestimmen und dann eine dreistufige Pumpe einzusetzen. Mit dieser kann der Förderstrom im Solarkreislauf geregelt werden. Die effektive Durchflussmenge kann am Durchflussmesser abgelesen werden.
Bei Grossanlagen dagegen ist es von Vorteil, eine genaue Grössenbestimmung der Umwälzpumpe vorzunehmen. In vielen Fällen erlaubt eine auf dem richtigen Betriebspunkt arbeitende Umwälzpumpe beträchtliche Mengen Energie einzusparen.

3.8.3 Druckverluste im Solarkreislauf			
Bezeichnung	Druckverlust pro Einheit mbar	Anzahl	Total mbar
b1 Sonnenkollektoren			
b2 Rohrleitungen			
Äquivalente Rohrlänge für Einzelwiderstände (Formstücke, Armaturen)			
b3 Solarwärmetauscher			
b4 Andere spezielle Elemente			
Total Druckverluste mbar (x 0.01 = m WS)			

Druckverluste im Solarkreislauf

b1 Druckverlust in den Kollektoren – Parallel geschaltete Kollektoren

1. Berechnung der Durchflussmenge pro Kollektor
= Totaler Durchfluss/Anzahl Kollektoren
= / = l/h.

2. Konsultieren der vom Lieferanten der Sonnenkollektoren zur Verfügung gestellten Druckverlusttabelle.

Totaler Druckverlust der Kollektoren

= mbar.

– In Serie geschaltete Kollektoren

1. Berechnung der Durchflussmenge in den Kollektoren = Totaler Durchfluss des Solarkreislaufs
= l/h.

2. Konsultation der vom Lieferanten der Sonnenkollektoren zur Verfügung gestellten Druckverlusttabelle.

Totaler Druckverlust der Kollektoren

= R x Anzahl in Serie geschaltete Kollektoren

= x = mbar.

b2 Druckverlust in den Rohrleitungen und Armaturen

1. Totale Länge Rohrleitungen im Solarkreis (Vor- und Rücklauf)

Lr = m

- Äquivalente Rohrlänge für Einzelwiderstände (Formstücke, Armaturen usw.) nach entsprechender Tabelle in Kapitel H. La geschätzt = 50 % von Lr

La = m

Totale Rohrlänge:

= Lr + La = Lt = m

2. Druckverlust pro m Rohrleitung: Nach entsprechender Tabelle in Kapitel H.

R = mbar/m

Totaler Druckverlust Rohrleitungen:

= Lt x R = Rt = mbar.

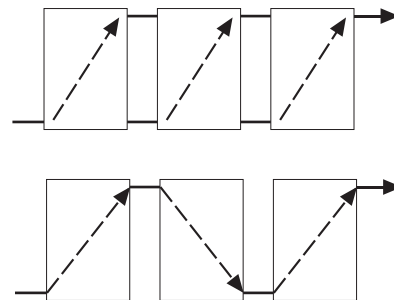
b3 Druckverlust im Solarwärmetauscher

Konsultieren der Druckverlusttabelle des Fabrikanten des Wärmetauschers. Wenn von Seiten des Fabrikanten keine Tabelle mit Angaben für Frostschutzmittel existiert, wird die Tabelle für Wasser gebraucht und den Druckverlustwerten R 30% zugegeben.

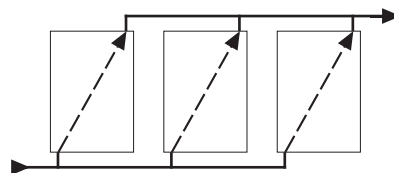
Druckverlust im Wärmetauscher

= R =

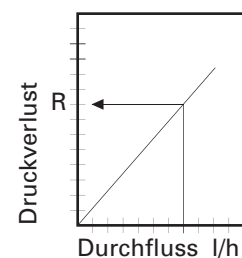
In Serie geschaltete Kollektoren



Parallel geschaltete Kollektoren



Beispiel Druckverlusttabelle Kollektorlieferant



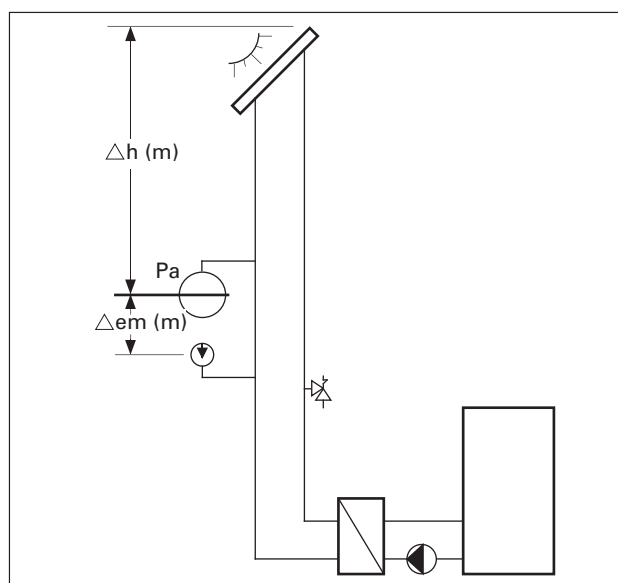
3.10 Expansionsgefäß			
3.10.1 Werte für die Größenbestimmung des Expansionsgefäßes	Einheit	Standardanlage Werte vorbestimmt	Empfohlene Werte
Δh = Höhendifferenz zwischen dem höchsten Anlagepunkt und dem Expansionsgefäß	m	10	<13
Anteil Frostschutzmittel	%	35–50	nach Lieferant
Berechnungsmethode für das Ausdehnungsvolumen		B	nach Lieferant

Größenbestimmung

1. Bestimmung der Höhendifferenz Δh (m)
2. Auswahl der Berechnungsmethode des Ausdehnungsvolumens: A, B oder C.
3. Berechnen des Ausdehnungsvolumens (Tabelle 3.10.2).
4. Auswahl des Expansionsgefäßes mit der dafür bestimmten Tabelle im Kapitel H.
5. P_a = Vordruck im leeren Gefäß
 $(\Delta h \text{ (m)})/10 + 0.3 \text{ bar}$

Ergänzende Informationen für die Größenbestimmung

- Das Expansionsgefäß muss höher in der Installation montiert werden, wenn Δh zu gross ist oder wenn man mit einem kleineren Expansionsgefäß auskommen will.
- Das Sicherheitsventil muss nach den Angaben auf Seite E15 bestimmt werden.



3.10.2 Berechnungsmethode zur Bestimmung des Ausdehnungsvolumens des Expansionsgefäßes

Methode	P_e = Enddruck im Expansionsgefäß in bar	Anteil Frostschutzmittel	Bestimmung des Referenzvolumens in Liter**	Expansion in %	Der Anlageschutz ist gewährleistet bei:
A	2.3	35–50	Totalvolumen des Solarkreislaufs	10	Ausdehnung in normaler Funktion Zu hohem Fülldruck Kurzem Anhalten des Kreislaufs
B	2.9	35–50	Volumen des Solarkreislaufs ohne Kollektoren	10	Ausdehnung in normaler Funktion Zu hohem Fülldruck Längerem Anhalten des Kreislaufs
			Volumen in den Kollektoren	100	
C	3.9	90	Totales Volumen des Solarkreislaufs	15	Ausdehnung in normaler Funktion Zu hohem Fülldruck Längerem Anhalten des Kreislaufs

** Bemerkung: Die Referenzvolumen berechnen Sie mit Tabelle 5.1.2 auf Seite E19.

3.2 Sicherheitsventil

3.2.1 Werte für die Grössenbestimmung des Sicherheitsventils	Einheit	Standardanlage Werte vorbestimmt	Empfohlene Werte
Δh = Höhendifferenz vom höchsten Anlagepunkt zum Expansionsgefäss	m	10	<13
Δes = Höhendifferenz vom Expansionsgefäss zum Sicherheitsventil	m	-1 bis +1	-1 bis +1
Methode für die Berechnung des Expansionsgefässes (Seite E14, Tabelle 3.10.2)		B	nach Lieferant Sonnenkollektor

• Erklärung der Abkürzungen

Δh = Höhendifferenz zwischen dem höchsten Anlagepunkt und dem Expansionsgefäss (m)

Δes = Höhendifferenz zwischen dem Expansionsgefäss und dem Sicherheitsventil

Δem = Höhendifferenz zwischen dem Expansionsgefäss und dem Manometer (m)

Δsk = Höhendifferenz zwischen dem Sicherheitsventil und einer beliebigen Anlagekomponente des Solarkreises. Δsk ist somit je nach Standort des gewählten Anlageteils variabel

P_{ans} = Ansprechdruck des Sicherheitsventils. Die Druckangabe finden Sie in den Lieferantenkatalogen

P_a = Vordruck im leeren Gefäss
(Δh (m)/10 + 0.3 bar)

• Grössenbestimmung

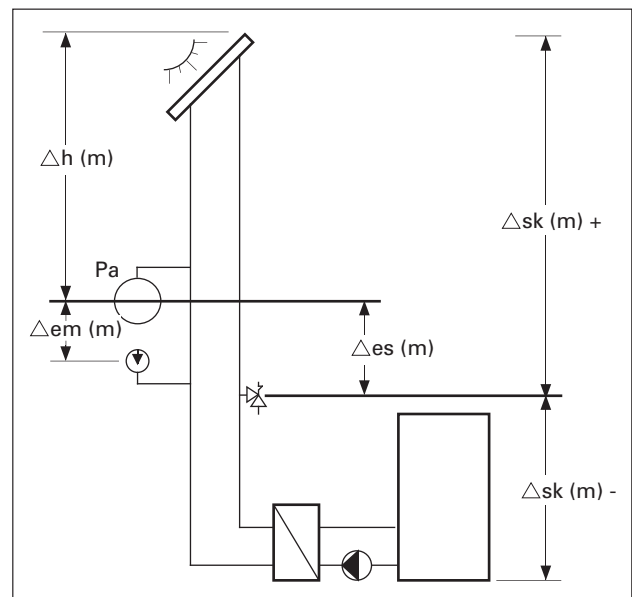
- Wenn Δes nicht im Bereich von -1 bis +1 liegt, muss zu den oben angegebenen Werten $\Delta es/10$ dazugezählt werden.
- Wenn Δem nicht im Bereich von -1 bis +1 liegt, muss zu den oben angegebenen Werten $\Delta em/10$ dazugezählt werden.

Achtung:

Alle Anlagekomponenten des Solarkreises, die oberhalb des Sicherheitsventils platziert sind, müssen folgende Druckbeständigkeit aufweisen:
($P_{ans} \times 1.2$) - ($\Delta sk/10$) = bar.

3.3 Manometer

Alle Anlagekomponenten, die unterhalb des Sicherheitsventils platziert sind, müssen folgende Druckbeständigkeit aufweisen:
($P_{ans} \times 1.2$) + ($\Delta sk/10$) = bar.



Berechnungsmethode Expansionsgefäss	Sicherheitsventil 1/2 P_{ans} in bar	Manometer Skala in bar
A	3	> 3.6
B	3	> 3,6
C	4	> 4.8

Empfehlung:

Es ist von Vorteil, wenn das Sicherheitsventil ungefähr auf derselben Höhe wie das Expansionsgefäss eingebaut wird.

4 Wassererwärmer

4.1.1 Werte für die Grössenbestimmung des Wassererwärmers	Einheit	Standardanlage Werte vorbestimmt	Empfohlene Werte
Freies Solarvolumen VS pro m ² Kollektor	l/m ²	30–60	40

• Grössenbestimmung

- Für die **Standardanlage** ist das freie Solarvolumen (VS) des Wassererwärmers vorbestimmt, die Angaben finden Sie auf Seite E6.
- Vorgehen für eine **detaillierte Grössenbestimmung**:

- Bestimmung des freien Solarvolumens VS nach Diagramm 4.1.2

= l

- Bestimmung des Zusatzheizungsvolumens VZ
Die Grösse des Volumens ist abhängig davon, wie oft die Zusatzenergie pro Tag verfügbar ist und bezieht sich auf die Anzahl VerbraucherInnen. (Kennen Sie nur den totalen täglichen Warmwasserverbrauch, dividieren Sie diesen durch 50 Liter und erhalten so die anzunehmende Personenzahl.)

VZ:

Zusatzenergie 4 x pro Tag

= Personen x 15 l = l

Zusatzenergie 3 x pro Tag

= Personen x 20 l = l

Zusatzenergie 2 x pro Tag

= Personen x 30 l = l

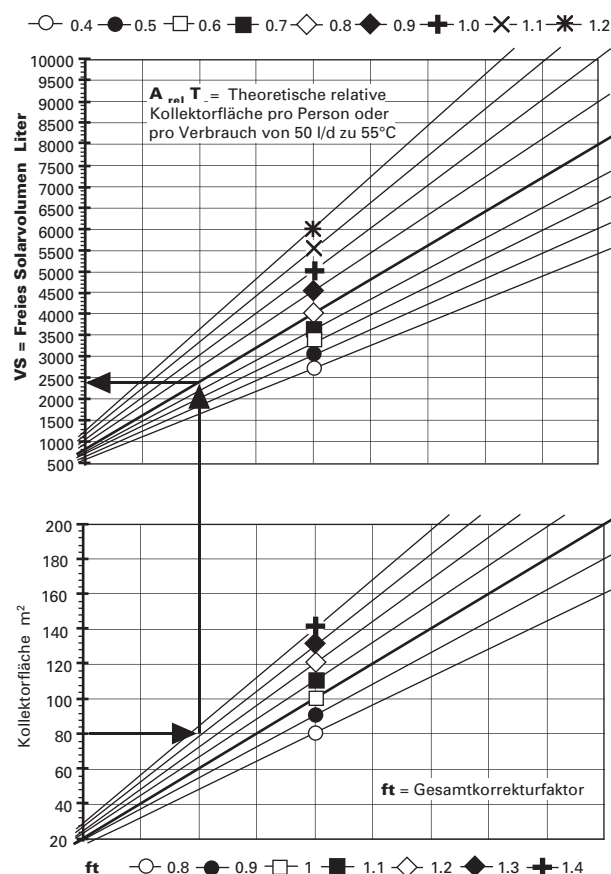
Zusatzenergie 1 x pro Tag

= Personen x 60 l = l

- Bestimmung des Totalvolumens VT

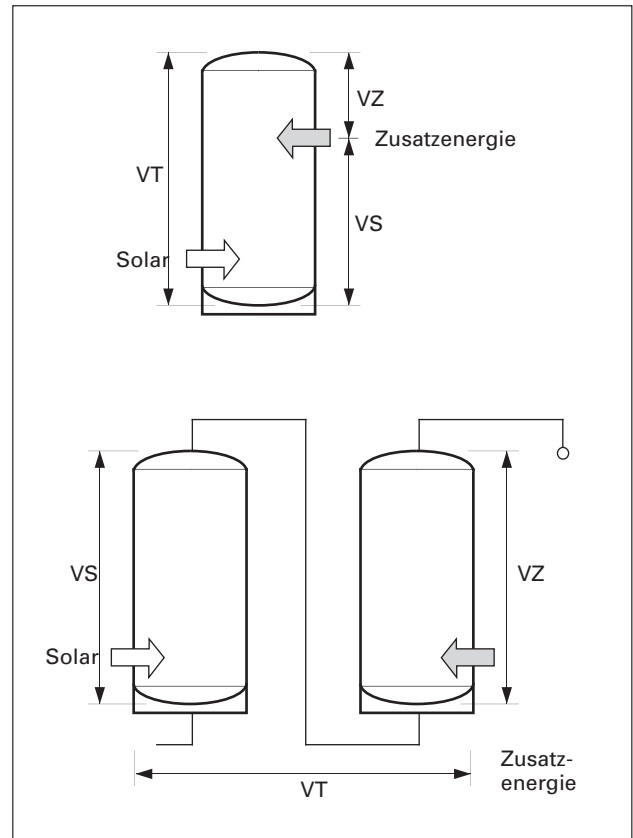
VT = VS + VZ = l

4.1.2 VS = Freies Solarvolumen



Achtung:

Diese Grössenbestimmungsmethode ist nur für Gebäude richtig, in denen ein gleichmässiger Warmwasserbedarf über die ganze Woche und über das ganze Jahr besteht, zum Beispiel in einem Mietshaus. Gewisse Gebäude haben einen unregelmässigen Warmwasserverbrauch, zum Beispiel ein Sportcenter, in dem der Verbrauch vor allem am Wochenende grösser und häufig im Sommer sehr klein ist. Für solche Anlagentypen muss das Volumen des Wassererwärmers anders berechnet werden. Für diese Berechnungen sind spezialisierte Ingenieurbüros zuständig, die über entsprechende Computerprogramme verfügen. Polysun zum Beispiel erlaubt es, den Moment der Wasserentnahme aus dem Wassererwärmer zu bestimmen und somit die Grösse des Wassererwärmers zu optimieren.



4.2 Wärmetauscher Sonnenenergie

4.2.1 Werte für die Grössenbestimmung des Einbauwärmetauschers	Einheit	Standardanlage Werte vorbestimmt	Empfohlene Werte
Zu übertragende Leistung pro m ² Kollektor	kW/m ²	0.7	0.7
ΔT_m	K	5–15	10

• Informationen für die Grössenbestimmung:

- Die Tabelle 4.2.2 zeigt die Wirkungsgraddifferenzen einer Solaranlage in Abhängigkeit von ΔT_m .
- Eine kleine Temperaturdifferenz ΔT_m verbessert den Anlageertrag.
 - Eine grosse Temperaturdifferenz ΔT_m vermindert den Anlageertrag.

- T_{1m} = Mittlere Temperatur der Kollektoren (Primärkreislauf)
 T_{2m} = Mittlere Temperatur des Wassererwärmers in der Umgebung des Wärmetauschers (Sekundärkreislauf)
 ΔT_m = Temperaturdifferenz zwischen T_{1m} und T_{2m}
 T_a = Umgebungstemperatur bei den Kollektoren

4.2.2 Einfluss der Wahl vom ΔT_m beim Wärmetauscher auf den Wirkungsgrad der Anlage

ΔT_m ($T_{1m} - T_{2m}$)	K	5	10	15	20	25
Wirkungsgrad Verbesserung von der Solaranlage	%	3.5	0	–3.5	–7	–10

Größenbestimmung:

Weil der Wirkungsgrad von sehr vielen Faktoren beeinflusst wird, ist er vom Installateur nur schwer zu bestimmen und wird normalerweise vom Lieferanten des Wärmetauschers berechnet.

Die Tabelle 4.2.3 zeigt eine Zusammenstellung der benötigten technischen Daten für die Berechnung des Solarwärmetauschers.

4.2.3 Vorgaben zur Berechnung des Solarwärmetauschers und der Ladepumpe des Wassererwärmers

Beispiel mit ΔT_m von rund 10 K

Zu übertragende Leistung	Kollektorfläche (m ²) x 0.7 kW		kW
Primärkreislauf (Solar) Wärmeträgermedium Durchfluss T1 Eingang/Ausgang Maximaler Druckverlust	Gemisch aus Wasser und Frostschutzmittel Kollektorfläche (m ²) x 50 l/h Empfohlen: <100 mbar	46/32	% l/h °C mbar
Sekundärkreislauf (Ladekreis Warmwasser) Wärmeträgermedium Durchfluss T2 Eingang/Ausgang Maximaler Druckverlust	Wasser Kollektorfläche (m ²) x 40 l/h Empfohlen: <100 mbar	22/37	l/h °C mbar

Die Werte für die Größenbestimmung eines Einbauwärmetauschers finden Sie im Kapitel D auf Seite D17 und D18.

5 Wärmeträgermedium

5.1.1 Werte für die Größenbestimmung des Wärmeträgermediums	Einheit	Standardanlage Werte vorbestimmt	Empfohlene Werte
Inhalt der Kollektoren	l/m ²	< 2.3	nach Lieferant
Rohrleitungen Solarkreislauf	m	40–60	–
Anteil Frostschutzmittel	%	35–50	nach Lieferant

• Größenbestimmung:

- Für die **Standardanlage** ist der Flüssigkeitsinhalt vorbestimmt, die Angaben finden Sie auf Seite E6.
- Für die **detaillierte Größenbestimmung** wird wie folgt vorgegangen:
 1. Berechnung des Inhalts der Anlagekomponenten a bis d mit Hilfe der Tabelle 5.1.2.
 2. Bestimmung des Expansionsgefäßes in Anlehnung an Seite E14.
 3. Addieren des Anfangsvolumens des Expansionsgefäßes (nach der Kaltfüllung) in Anlehnung an Tabelle 5.1.3.

5.1.2 Flüssigkeitsinhalt Solarkreislauf

N°	Anlagekomponent Solarkreislauf	Inhalt pro Einheit Liter	Einheit	Anzahl	Total Inhalt pro Anlagekomponent, Liter
a1	Rohrleitungen Ø		m		
a2	Rohrleitungen Ø		m		
a3	Rohrleitungen Ø		m		
b	Solarwärmetauscher	–	Stück	1	
c	Spezielle Anlagekomponente				
Volumen Solarkreislauf ohne Kollektoren					
d	Sonnenkollektoren	–	Stück		
Totalvolumen Solarkreislauf (ohne Expansionsgefäß)					
e	Flüssigkeit im Expansionsgefäß nach Einfüllung des Solarkreislaufs (Tabelle 5.1.3)		Stück	1	
Totalvolumen Solarkreislauf mit Expansionsgefäß					

5.1.3 Wasseraufnahme Expansionsgefäß bei Kaltfüllung (Kaltwassertemperatur)

Typ Expansionsgefäß und Anfangsinhalt im Gefäß																
Δh -m	Pa-bar	12	18	25	35	50	80	110	140	200	300	400	500	600	750	900
1	0.4	1.5	2.4	3.3	4.6	5.9	9.8	13.8	18.6	27.8	38.3	48.8	62.5	75.1	91.1	109.4
2	0.5	1.4	2.3	3.1	4.3	5.5	9.2	12.9	17.5	26.1	36.1	45.9	58.8	70.7	85.7	102.9
3	0.6	1.3	2.1	2.9	4.1	5.2	8.7	12.2	16.5	24.7	34.1	43.4	55.6	66.7	81.0	97.2
4	0.7	1.3	2.0	2.7	3.9	4.9	8.2	11.6	15.7	23.4	32.3	41.1	52.6	63.2	76.7	92.1
5	0.8	1.2	1.9	2.6	3.7	4.7	7.8	11.0	14.9	22.2	30.7	39.0	50.0	60.1	72.9	87.5
6	0.9	1.1	1.8	2.5	3.5	4.5	7.5	10.5	14.2	21.1	29.2	37.2	47.6	57.2	69.4	83.3
7	1.0	1.1	1.7	2.4	3.4	4.3	7.1	10.0	13.5	20.2	27.9	35.5	45.5	54.6	66.2	79.5
8	1.1	1.0	1.7	2.3	3.2	4.1	6.8	9.6	12.9	19.3	26.7	33.9	43.5	52.2	63.4	76.1
9	1.2	1.0	1.6	2.2	3.1	3.9	6.5	9.2	12.4	18.5	25.6	32.5	41.7	50.1	60.7	72.9
10	1.3	1.0	1.5	2.1	3.0	3.8	6.3	8.8	11.9	17.8	24.5	31.2	40.0	48.1	58.3	70.0
11	1.4	0.9	1.5	2.0	2.8	3.6	6.0	8.5	11.4	17.1	23.6	30.0	38.5	46.2	56.0	67.3
12	1.5	0.9	1.4	1.9	2.7	3.5	5.8	8.1	11.0	16.4	22.7	28.9	37.0	44.5	54.0	64.8
13	1.6	0.9	1.4	1.9	2.6	3.4	5.6	7.9	10.6	15.9	21.9	27.9	35.7	42.9	52.0	62.5
14	1.7	0.8	1.3	1.8	2.5	3.2	5.4	7.6	10.3	15.3	21.1	26.9	34.5	41.4	50.2	60.3
15	1.8	0.8	1.3	1.7	2.5	3.1	5.2	7.3	9.9	14.8	20.4	26.0	33.3	40.0	48.6	58.3
16	1.9	0.8	1.2	1.7	2.4	3.0	5.1	7.1	9.6	14.3	19.8	25.2	32.3	38.8	47.0	56.5
17	2.0	0.8	1.2	1.6	2.3	2.9	4.9	6.9	9.3	13.9	19.2	24.4	31.3	37.5	45.5	54.7
18	2.1	0.7	1.2	1.6	2.2	2.8	4.7	6.7	9.0	13.5	18.6	23.7	30.3	36.4	44.2	53.0
19	2.2	0.7	1.1	1.5	2.2	2.8	4.6	6.5	8.8	13.1	18.0	23.0	29.4	35.3	42.9	51.5

Zusammenstellung der technischen Daten

Seite	Technische Daten	Einheit
	Warmwasserbedarf	
	Anzahl VerbraucherInnen	Personen
	Verbrauch pro Tag zu 55 °C	l/d
E7, E8, E9	1 Kollektoren	
	Fabrikat	
	Typ	
	Nutzbare Kollektorfläche pro Einheit	m ²
	Anzahl Kollektoren	Stück
	Total nutzbare Kollektorfläche	m ²
	A _{rel} T Theoretische relative Kollektorfläche	m ² /Person
	Orientierung	°
	Neigung	°
	Korrekturfaktor Orientierung/Neigung f _{on}	
	Wirkungsgrad Kollektoren η 0.05	%
	Korrekturfaktor Kollektoren f _k	
	Korrekturfaktor Total f _t	
	Solarer Deckungsgrad	%
E10	2 Rohrleitungen	
	Material	
	Länge	m
	Durchfluss pro m ² Kollektor	l/h
	Durchfluss total Solarkreislauf	l/h
	Anteil Frostschutzmittel	%
	Durchmesser	"
E12, E13	3.8 Umwälzpumpe	
	Durchfluss Solarkreislauf	l/h
	Druckverlust Solarkreislauf	mbar
	Druckverlust Solarkreislauf	mWS
	Fabrikat	
	Typ	
	Leistungsaufnahme in	W
E14	3.10 Expansionsgefäß	
	Δh Kollektoren/Expansionsgefäß	m
	P _a : Vordruck des Gefäßes	bar

Seite	Technische Daten	Einheit
	Berechnungsmethode (A, B oder C)	
	Ausdehnungsvolumen	l
	Typ	
E15	3.2 Sicherheitsventil	
	Ansprechdruck	bar
	3.3 Manometer	
	Skala	bar
E16	4 Wassererwärmer	
	Totalvolumen VT	l
	Freies Solarvolumen VS	l
	Zusatzheizungsvolumen VZ	l
	Volumen pro Person	l/Person
	Volumen pro m ² Kollektor	l/m ²
E17	4.2 Wärmetauscher Sonnenenergie Typ	
	Zu übertragende Leistung	kW
	ΔT_m Wärmetauscher Sonnenenergie	K
E17	4.3 Ladepumpe Wassererwärmer (Sekundärkreislauf)	
	Durchfluss	l/h
	Druckverlust	mbar
	Druckverlust	mWS
	Zirkulation Warmwasser	
	Betriebsstunden pro Tag	h
F19	5 Wärmeträgermedium	
	Glykol-Typ	
	Anteil Frostschutzmittel	%
	Gefrierschutz	°C
	Anlageinhalt	l

Beispiel eines Offerttextes

Anlage:

Nr:

Datum:

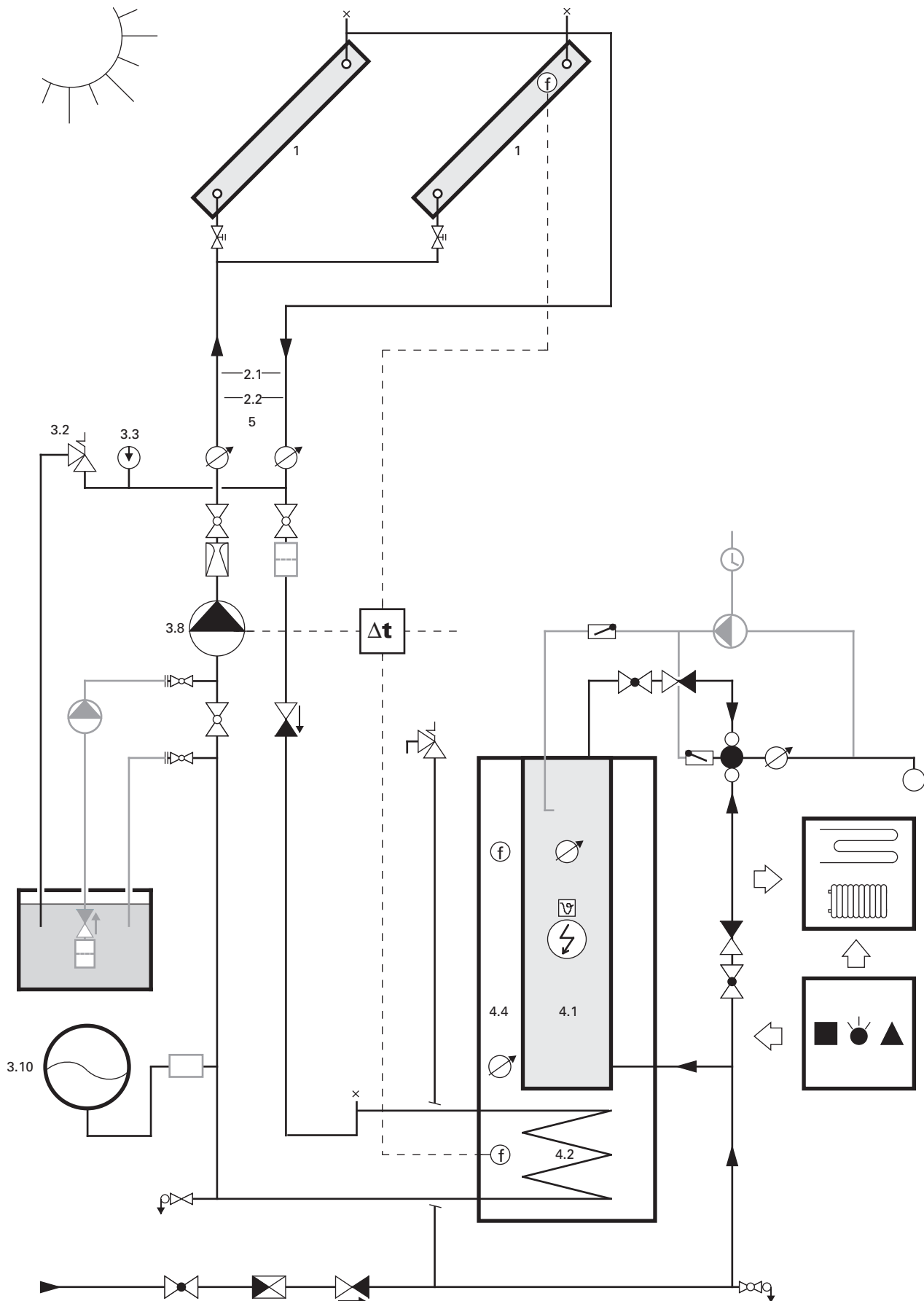
Gegenstand	Einheit	Anzahl	Preis	Total
A Sonnenkollektoren				
Sonnenkollektoren Fabrikat	Typ	Stück		
Nutzbare Kollektorfläche von	m ² pro Stück d.h. total	m ²		
Test IT Rapperswil N°				
Wirkungsgrad bei $\eta_{0.05}$	%			
Kollektorkonstruktion:				
– Rahmenmaterial(ien)				
– Wärmedämmung				
– transparente Abdeckung				
– Absorber				
– Absorberbeschichtung				
Befestigungs- und Verbindungseinheiten.				
B Wassererwärmer				
Wassererwärmer Fabrikat	Typ	Inhalt	Liter	
– Innenbeschichtung				
– Wärmedämmung				
– Wärmetauscher Sonnenkreis	Typ	Anzahl		
	Wärmetauscherfläche	m ²		
– Wärmetauscher Zusatzenergie	Typ			
	Wärmetauscherfläche	m ²		
Leistung kW, mit	/	°C Vorlauf/Rücklauf		
– Elektrischer Heizkörper Zusatzenergie	Typ	Leistung	kW	
Erwärmung von	Litern in	Stunden.		
– Ladepumpe Wassererwärmer Typ				
inklusive den nötigen Armaturen				
C Hydraulische Kompaktgruppe Solarkreislauf				
Kompaktgruppe mit einer Rohrweite von				
2 Thermometer, 1 Sicherheitsventil und Manometer				
2 Absperrventile, 2 Füll- und Entleerventile, 1 Rückschlagventil				
– Umwälzpumpe	Typ			
– Expansionsgefäß	Typ			
– Zusammenbau				

Gegenstand	Einheit	Anzahl	Preis	Total
D Regelung				
Temperaturdifferenz-Regler Fabrikat Typ				
Mit Kollektortemperaturfühler und Tauchrohrtemperaturfühler für Wassererwärmer				
E Wärmeträgermedium				
Glykol-Typ , mit einem Anteil von %, Gefrierschutz °C				
Anlage Inhalt Solarkreislauf l				
Gegenstand	Einheit	Anzahl	Preis	Total
F Rohrleitungen				
Verbindungsleitung zwischen den Kollektoren und dem Wassererwärmer Länge m				
– Leitungen aus Durchmesser				
– Dämmung aus Dämmstärke mm				
– Montage der Leitungen				
G Arbeit				
– Montage der Sonnenkollektoren				
– Aufstellen der Apparate im Heizraum				
– Spülen, Füllen und Entlüften des Sonnenkreislaufs				
– Technische Bearbeitung:				
– hydraulisches und elektrisches Prinzipschema				
– Inbetriebnahme und Betriebsanleitung				
Bemerkung: Die Montage der Rohrleitungen ist in der Position F enthalten.				
TOTAL OFFERTENBETRAG				
Errechneter solarer Deckungsgrad dieser Anlage:				
– Solarer Deckungsgrad für die Wassererwärmung %				
Zusatzarbeiten:				
– Sanitäranschlüsse				
– elektrische Anschlüsse				
– Spenglerarbeiten				
– Wenn nötig Sicherheitsvorrichtung nach SUVA				
Als Beilage zu dieser Offerte erhalten Sie:				
– Dokumentation				
– Hydraulisches Schema				
–				

F Warmwasser und Heizung im Ein- und Zweifamilienhaus

Grundschema der Anlage	116
Inhaltsverzeichnis	117

Grundschemata der Anlage



Inhaltsverzeichnis

Das Ziel von Kapitel F ist es, die vereinfachte oder detaillierte Grössenbestimmung von kombinierten Solaranlagen für Warmwasser und Raumheizung für Ein- oder Zweifamilienhäuser mit einer Kollektorfläche von 5 bis 50 m² und einem totalen Jahresenergieverbrauch (Q_{tot}) von maximal 50 MWh darzustellen.

Die vorgeschlagene Berechnungsmethode ist nur gültig, wenn sich die effektiven Objektdaten im Rahmen der vorgeschlagenen Werte bewegen und wenn es sich um ein Gebäude der üblichen Bauart handelt.

Die gewonnene Sonnenenergie wird kurzzeitig gespeichert und hier nicht nur für die Warmwasserversorgung, sondern auch für die Raumheizungsunterstützung, insbesondere in den Übergangszeiten, eingesetzt. Grössere kombinierte Solaranlagen, Anlagen für spezielle Verwendungen wie in Niedrigenergiehäusern oder solche mit saisonaler Speicherung werden hier nicht behandelt und müssen in jedem Fall von einem kompetenten Ingenieurbüro projiziert werden.

Inhaltsverzeichnis Kapitel F	Seite
Grundschemata der Anlage	F1 116
Inhaltsverzeichnis	F2 117
Varianten und Ergänzungen zum Grundschemata	F3 118
Empfehlung für das Vorgehen bei der Auslegung der Anlage	F4 120
Definition der Standardanlage	F5 121
Vorschlag für die Standardanlage	F6 122
Detaillierte Grössenbestimmung	F7-F19 124
Zusammenstellung der technischen Daten	F20 140
Beispiel eines Offertentextes	F21 142

Detailangaben für die Grössenbestimmung

Nummer	Bezeichnung	Seite
1	Sonnenkollektoren	F7-F9 124
2	Rohrleitungen Solarkreislauf	F10 128
2.1	Rohrleitungen	F10 128
2.2	Wärmedämmung der Rohrleitungen	F10 128
3	Hydraulische Kompaktgruppe	F11 129
3.8	Umwälzpumpe	F12-F13 130
3.10	Expansionsgefäss	F14 132
3.2	Sicherheitsventil	F15 133
3.3	Manometer	F15 133
4	Speicher für Heizung und Warmwasser	F16 134
4.1	Kombinierter Speicher	F16 134
4.2	Wärmetauscher Sonnenenergie	F17-F18 136
5	Wärmeträgermedium	F19 138

Varianten und Ergänzungen zum Grundschemata

Anlage **S6**: Kombinierte Solaranlage

- **Beschreibung der Anlage:**

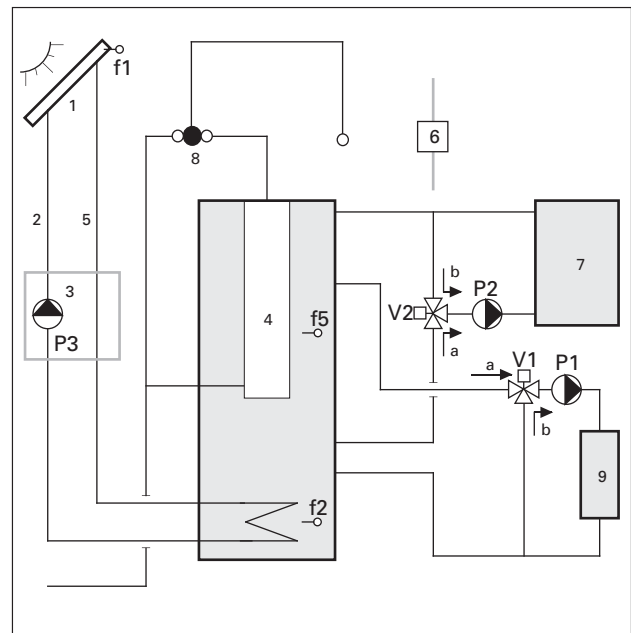
- Der Sonnenkreislauf erwärmt einen kombinierten Speicher für Heizung und Warmwasser.
- Der Rücklauf der Heizung zirkuliert immer mit einem Teilvolumenstrom durch den Speicher, um ihm die Sonnen- und Zusatzenergie zu entziehen.
- Durch die Zusatzenergie wird der obere Teil des Speichers immer auf dem gewünschten Temperaturniveau gehalten (wenn zu wenig Sonnenenergie vorhanden ist). So wird der nötige Zusatzwärmebedarf für Warmwasser und Raumheizung garantiert.

- **Hauptkomponenten:**

- 1 Sonnenkollektoren
- 2 Rohrleitungen Solarkreislauf
- 3 Hydraulische Kompaktgruppe
- 4 Wassererwärmer
- 5 Wärmeträgermedium
- 6 Regelung
- 7 Zusatzenergie
- 8 Trinkwasserkreislauf
- 9 Heizungskreislauf

- **Funktionsprinzip:**

- Aufladung durch Sonnenenergie wenn $f1 > f2 = P3$ eingeschaltet.
- Die Zusatzenergie für Heizung und Warmwasser wird eingeschaltet. wenn $f5 < \text{als die festgelegte Temperatur} = V2$ auf Position a und P2 eingeschaltet.
- Entladung des Heizungsspeichers. Der Rücklauf der Heizung zirkuliert immer durch den Speicher und entzieht diesem Wärme, welche entweder von der Sonne oder von der Zusatzenergie stammt. Eine witterungsgeführte Vorlauftemperaturregelung steuert das Ventil V1 und reguliert so die benötigte Temperatur.
- Achtung! Der Überhitzungsschutz muss im Sommer gewährleistet sein (siehe Kapitel G).



Anlage S6a:

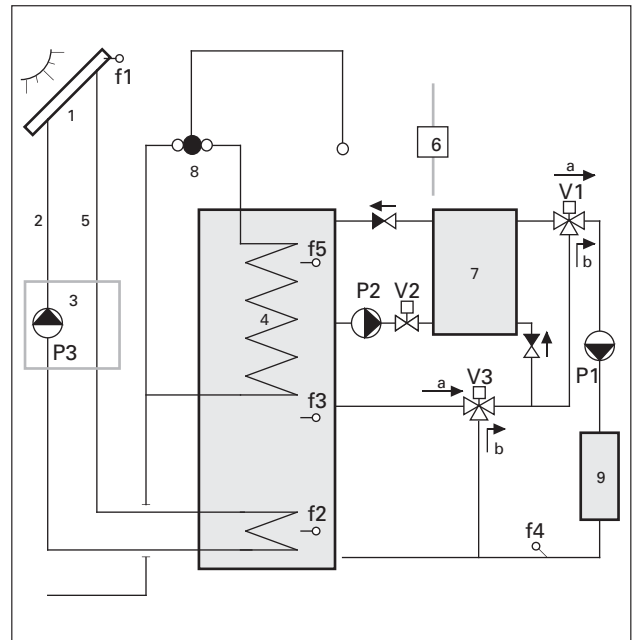
Variante einer kombinierten Solaranlage

• Beschreibung der Anlage:

- Der Sonnenkreislauf erwärmt einen kombinierten Speicher für Raumheizung und Warmwasser.
- Der kombinierte Speicher ist hier mit einer Heizschlange für die Erwärmung des Warmwassers dargestellt (hygienisches System). Ein Speicher mit einem integrierten Wassererwärmer, wie er im Schema S6 dargestellt ist, kann auch hier problemlos eingesetzt werden.
- Der Rücklauf der Heizung wird nur dann dem Speicher zugeführt, wenn es möglich und nötig ist, dort Wärme zu entziehen.
- Wird Wärme entzogen, wird der ganze Volumenstrom dem unteren Teil des Speichers zugeführt, um diesen so rasch als möglich zu entladen und gleichzeitig die Sonnenenergiespeisung zu ermöglichen. Die Kollektoren arbeiten also mit einer tieferen Temperatur als im System S6; so kann der Energieertrag der Anlage normalerweise um 15–20 % verbessert werden.
- Die Zusatzenergie für die Heizung wird nach einer eventuellen Entnahme von Sonnenenergie im Speicher mittels Zirkulation des Heizungskreislaufs durch den Heizkessel eingebracht.
- Der Heizkessel erwärmt den obersten Teil des Speichers, wenn eine Zusatzenergie für das Warmwasser nötig wird.

• Funktionsprinzip:

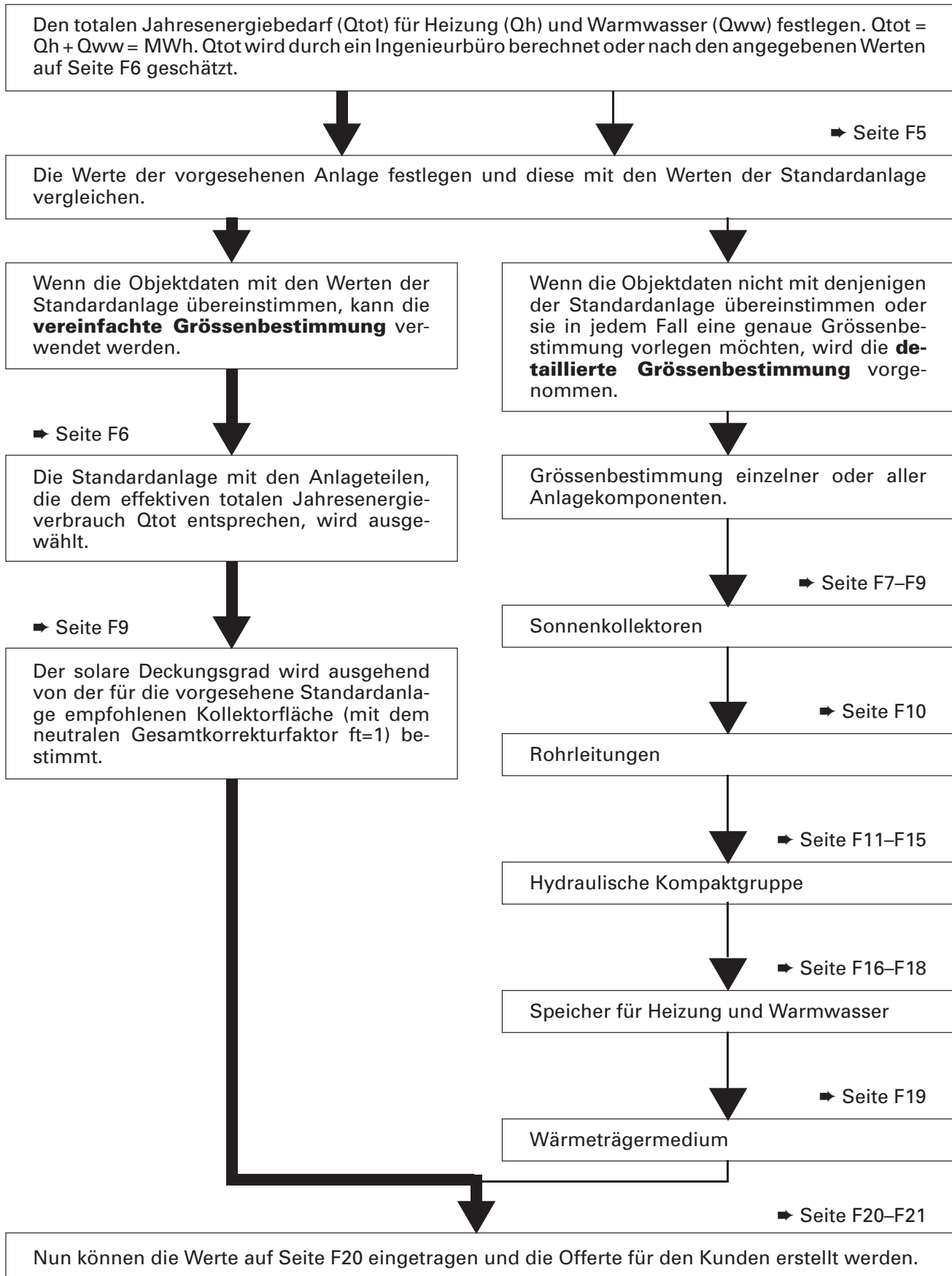
- Aufladung durch die Sonnenenergie wenn $f1 > f2 = P3$ eingeschaltet.
- Die Zusatzenergie für das Warmwasser wird eingeschaltet, wenn $f5 <$ als die festgelegte Temperatur = V2 offen und P2 eingeschaltet.
- Raumheizung: Ventil V1 und Ventil V3 werden durch die witterungsgeführte Vorlauftemperaturregelung progressiv geregelt. Notwendige Betriebsbedingungen damit die Wärme dem Heizungsspeicher entzogen werden kann: Fühler $f3 > f4$. Ist dies nicht der Fall, bleibt das Ventil V3 (Position a) geschlossen und die Wärme für die Raumheizung wird direkt mit dem Heizkessel erzeugt (Speicher wird umfahren und Ventil V1 auf Position a).
- Achtung! Der Überhitzungsschutz muss im Sommer gewährleistet sein (siehe Kapitel G).



• Hauptkomponenten:

- 1 Sonnenkollektoren
- 2 Rohrleitungen Solarkreislauf
- 3 Hydraulische Kompaktgruppe
- 4 Wassererwärmer
- 5 Wärmeträgermedium
- 6 Regelung
- 7 Zusatzenergie
- 8 Trinkwasserkreislauf
- 9 Heizungskreislauf

Empfehlung für das Vorgehen bei der Auslegung der Anlage



Definition der Standardanlage

Seite	Werte für die Grössenbestimmung	Einheit	Standardanlage	Empfohlene Werte
F7	1 Sonnenkollektoren Warmwasserverbrauch pro Tag und Person Heizungsvorlauftemperatur bei massgebender Dimensionierungstemperatur $t_{a \min}$ Neigung der Kollektoren: – Mittelland – Wallis, Alpen, Alpensüdseite Orientierung der Kollektoren – Mittelland – Wallis, Alpen, Alpensüdseite Wirkungsgrad der Kollektoren bei $\eta \ 0.05$ Relative Kollektorfläche (A_{rel})	l/d zu 55 °C °C ° (Grad) ° (Grad) ° (Grad) ° (Grad) % m ² /MWh/a	50 45 30–60 35–60 –30 Ost bis +45 West –30 Ost bis +35 West 50–65 0.6–1.0 *	– < 50 35–50 45–60 –30 Ost bis +45 West –30 Ost bis +35 West – 0.8
F10	2 Rohrleitungen Durchfluss pro m ² Kollektor Anteil Frostschutzmittel Gesamte Rohrlänge Dämmstärke	l/h · m ² % m mm	40–50 35–50 20–40 20–40	Nach Lieferant Nach Lieferant – 20–40
F12	3 Hydraulische Kompaktgruppe Pumpe – Durchfluss pro m ² Kollektor – Anteil Frostschutzmittel – Maximale Kollektorfläche in Serie geschaltet	l/h · m ² % m ²	40–50 35–50 Nach Lieferant	Nach Lieferant Nach Lieferant Nach Lieferant
F14	Expansionsgefäss – Δh = Höhendifferenz zwischen dem höchsten Anlagepunkt und dem Expansionsgefäss – Berechnungsmethode	m Methode	<10 B	<13 Nach Lieferant
F15	Sicherheitsventil Öffnungsdruck – Δes = Höhendifferenz zwischen dem Expansionsgefäss und dem Sicherheitsventil	bar m	3 –1 bis +1	3 –1 bis +1
F16	4 Speicher für HZ und WW – VS = Freies Solarvolumen pro m ² Kollektor – VZ = Zusatzheizungs-volumen pro Person – VT = Totalvolumen	l/m ² l/Person l	40–60 40–60 **	60 60 **
F17	Wärmetauscher – ΔT_m = Temperaturdifferenz im Mittel – Wärmetauscherfläche	K m ²	5–15 0.2–0.25	10 0.2
F19	5 Wärmeträgermedium Anteil Frostschutzmittel Inhalt der Kollektoren	% l/m ²	35–50 <2.3	Nach Lieferant Nach Lieferant

** Siehe Seite F16

* Auf Seite F6 vorbestimmt mit 0.8

Vorschlag für die Standardanlage

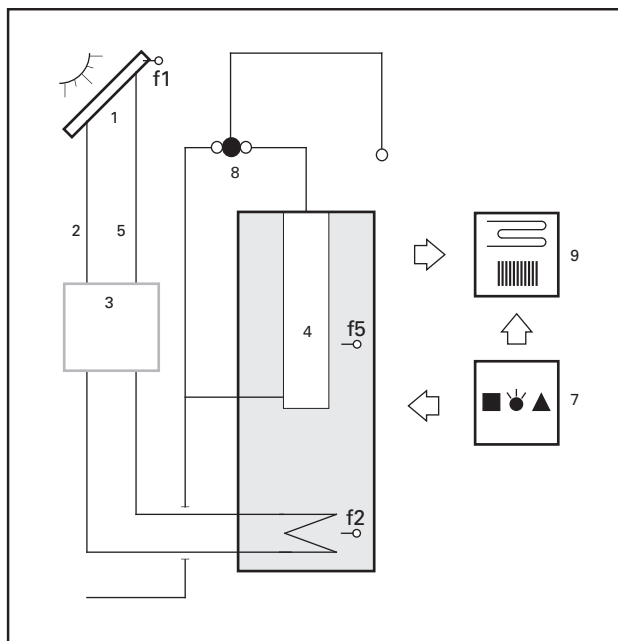
Otot: Totaler Jahresenergiebedarf für Heizung und Warmwasser MWh	Kollektorfläche m ² A _{rel} (0.8 m ² /MWh/a)	Rohrleitungen Solar- kreislauf Ø	Umwälzpumpe Durch- fluss l/h	Umwälzpumpe Förder- druck mbar (x 0.01 = mWS)	Expansionsgefäß Typ (Methode B)	Personenzahl	Speicher für Heizung und Warmwasser Total- volumen VT Liter	Solarwärmetauscher Fläche m ²	Wärmeträgermedium Inhalt Liter
10	8	3/4"	400	350	80	≤5	800	1.6	40
15	12	3/4"	600	250	110	≤5	1000	2.4	55
20	16	1"	800	350	140	≤6	1300	3.2	70
25	20	1"	1000	400	140	≤8	1700	4.0	80
30	24	1"	1200	450	200	≤8	1900	4.8	90
35	28	1"	1400	500	200	≤10	2300	5.6	100
40	32	1"	1600	650	300	≤10	2500	6.4	110
45	36	1 1/4"	1800	450	300	≤10	2750	7.2	125
50	40	1 1/4"	2000	500	400	≤10	3000	8.0	150

• Hauptkomponenten:

- 1 Sonnenkollektoren
- 2 Rohrleitungen Solarkreislauf
- 3 Hydraulische Kompaktgruppe
- 4 Speicher für Heizung und Warmwasser
- 5 Wärmeträgermedium
- 6 Regelung
- 7 Zusatzenergie
- 8 Trinkwasserkreislauf
- 9 Heizungskreislauf

Funktionsprinzip:

Das Funktionsprinzip wird im Detail auf Seite F3 erklärt.



Informationen für die Auswahl der Standardanlage:

Schätzung des totalen Jahresenergiebedarfs für die Heizung und das Warmwasser (Bestimmung von **Q_{tot}** ohne eine genaue Berechnung vorzunehmen).

- Legende der verwendeten Abkürzungen:
 Q_h = Jahresenergiebedarf für die Heizung
 Q_{ww} = Jahresenergiebedarf für das Warmwasser
 Q_{tot} = Totaler Jahresenergiebedarf für Heizung und Warmwasser

• Berechnungen:

- Bestehendes Gebäude ausgerüstet mit einer Ölheizung:
 $Q_{tot} = \text{Gemessener jährlicher Ölverbrauch in Litern} \times 0.0086 = \text{MWh}$
- Bestehendes Gebäude ausgerüstet mit einer Gasheizung:
 $Q_{tot} = \text{Gemessener jährlicher Gasverbrauch in kWh/1000} = \text{MWh}$
- Isolierte Neubauten:
 $Q_h = \text{Im Flachland: Beheizte Bruttogeschossfläche} \times 0.1 = \text{MWh}$

In den Bergen:
 $\text{Beheizte Bruttogeschossfläche} \times 0.13 = \text{MWh}$

 $Q_{ww} = \text{Personenzahl} \times 1 = \text{MWh}$

 $Q_{tot} = Q_h + Q_{ww}$
 $= + = \text{MWh}$

Allgemeine Informationen:

- Ansprechdruck Sicherheitsventil 3 bar.
- Manometer mit Skala 0–4 bar.
- Die Werte für die Grössenbestimmung der Standardanlage sind auf der Seite F5 definiert.
- Der solare Deckungsgrad ist mit Hilfe des Diagrammes 1.05 auf Seite F9 zu bestimmen.

1 Sonnenkollektoren

1.01 Werte für die Grössenbestimmung der Kollektoren	Einheit	Standardanlage Werte vorbestimmt	Empfohlene Werte
Warmwasserverbrauch pro Tag und Person	l/d zu 55°	50	50
Heizungsvorlauftemperatur bei massgebender Dimensionierungs- temperatur $t_{a \min}$	° C	45	< 50
Neigung der Kollektoren Mittelland Wallis, Alpen, Alpensüdseite	° (Grad) ° (Grad)	30–60 35–60	35–50 45–60
Orientierung der Kollektoren Mittelland Wallis, Alpen, Alpensüdseite	° (Grad) ° (Grad)	–30 Ost bis +45 West –30 Ost bis +35 West	30 Ost bis +45 West 30 Ost bis +35 West
Wirkungsgrad der Kollektoren bei η 0.05	%	50–65	**
Relative Kollektorfläche (A_{rel})	m ² /MWh/a	0.6–1.0	0.8

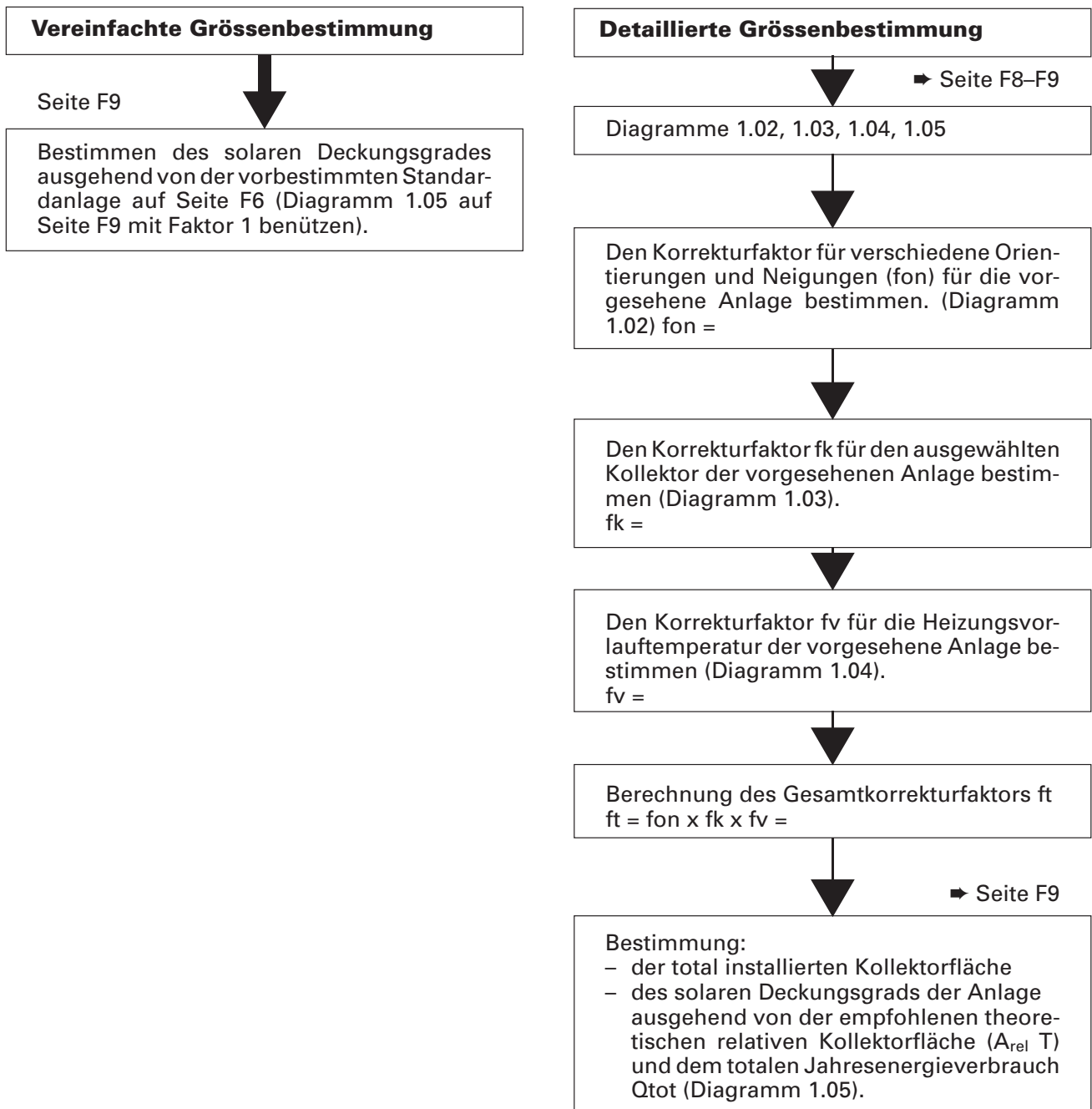
• Informationen für die Grössenbestimmung:

- Normalerweise erlauben die angegebenen Werte für die Grössenbestimmung und die vorgeschlagenen Standardanlagen, dass im Sommer die Zusatzenergieheizung ausgeschaltet werden kann.
- Die Kollektorfläche wird ausgehend von der Normgrösse der gewählten Kollektoren aufgerundet.
- Werte im grauen Bereich des Diagramms (1.05) haben folgende Eigenschaften:
- Die Charakteristika der Anlage sind nahe am Optimum.
- Die empfohlenen Werte für die Grössenbestimmung sind auch gemessen an einer wirtschaftlichen und technischen Logik sinnvoll.

Hat eine bestehende Wärmeerzeugungsanlage einen unbefriedigenden Wirkungsgrad, sollte diese gleichzeitig mit der Realisierung der Solaranlage saniert werden.

** Ein hoher Wirkungsgrad der Kollektoren erhöht den Ertrag der Anlage. Für die Wahl der Kollektoren sind aber auch finanzielle und qualitative Aspekte zu berücksichtigen. Die Charakteristika der einzelnen Kollektoren können dem Ordner «Leistungsdaten thermischer Sonnenkollektoren» der Solarenergie Prüf- und Forschungsstelle Rapperswil entnommen werden.

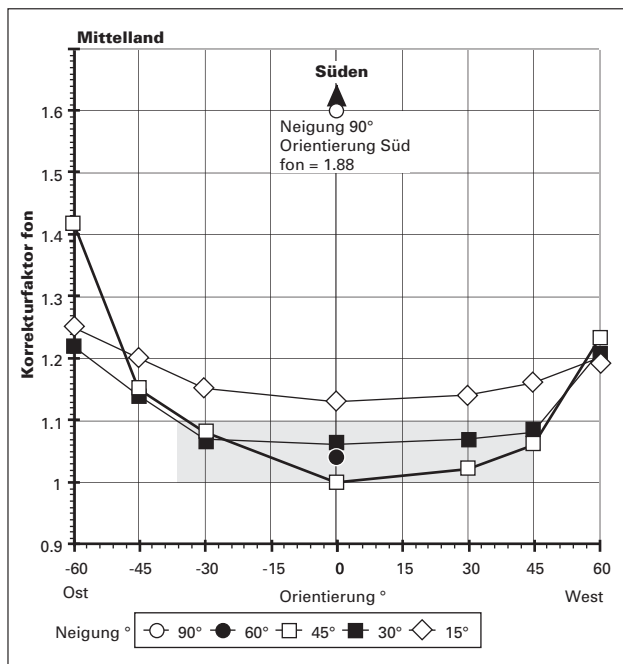
*** Methode zur Grössenbestimmung**



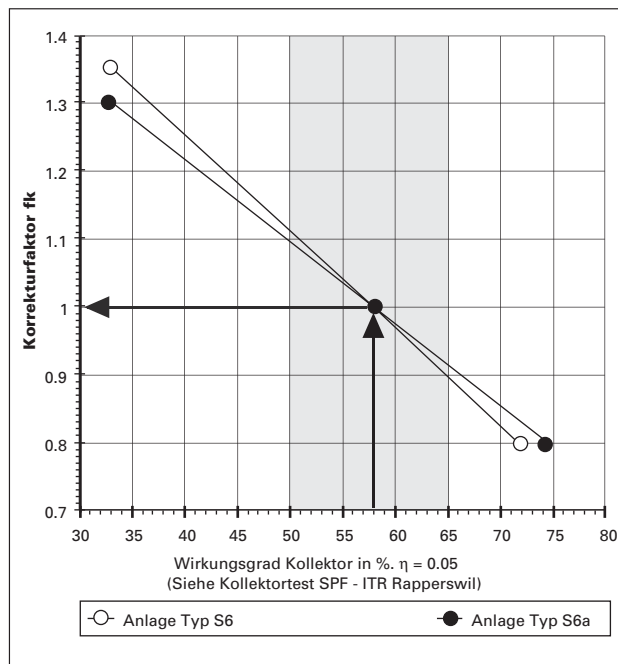
Merke:

- Faktoren grösser als 1 vermindern den Anlageertrag.
- Faktoren kleiner als 1 erhöhen den Anlageertrag.

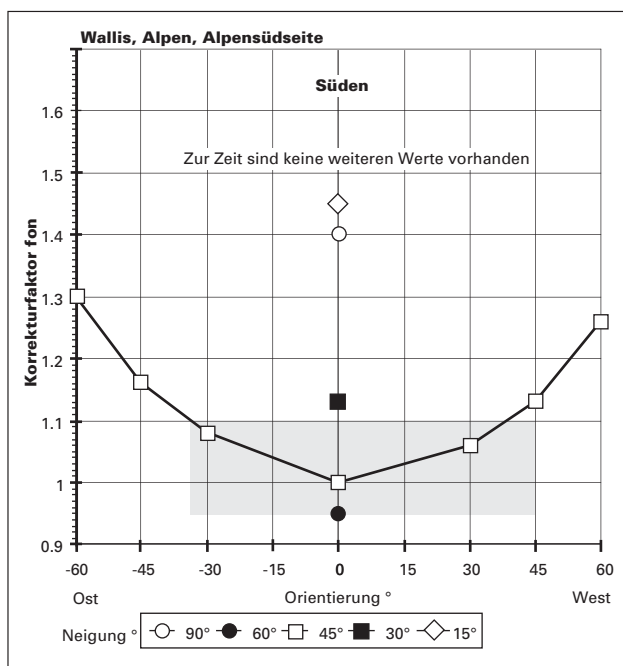
1.02a Korrekturfaktor für verschiedene Orientierungen und Neigungen der Sonnenkollektoren



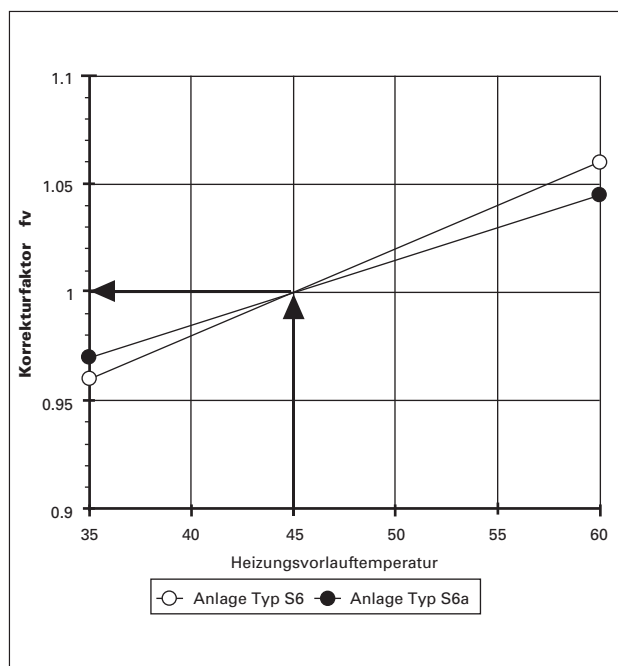
1.03 Korrekturfaktor für verschiedene Wirkungsgrade der Sonnenkollektoren



1.02b Korrekturfaktor für verschiedene Orientierungen und Neigungen der Sonnenkollektoren



1.04 Korrekturfaktor für verschiedene Heizungsvorlauftemperaturen (fv)



1 Sonnenkollektoren

1.04 Werte für die Grössenbestimmung der Kollektoren	Einheit	Standardanlage Werte vorbestimmt	Empfohlener Wert
$A_{rel} T$ Theoretische relative Kollektorfläche	$m^2/MWh/a$	0.6–1.0	0.8

1.05 Kollektorfläche und solarer Deckungsgrad im Verhältnis zum totalen Jahresenergiebedarf (Q_{tot})

Benützung vom Diagramm 1.05

Pfeil A

- Bestimmung des solareren Deckungsgrads ausgehend von der theoretischen relativen Kollektorfläche.

Pfeil B

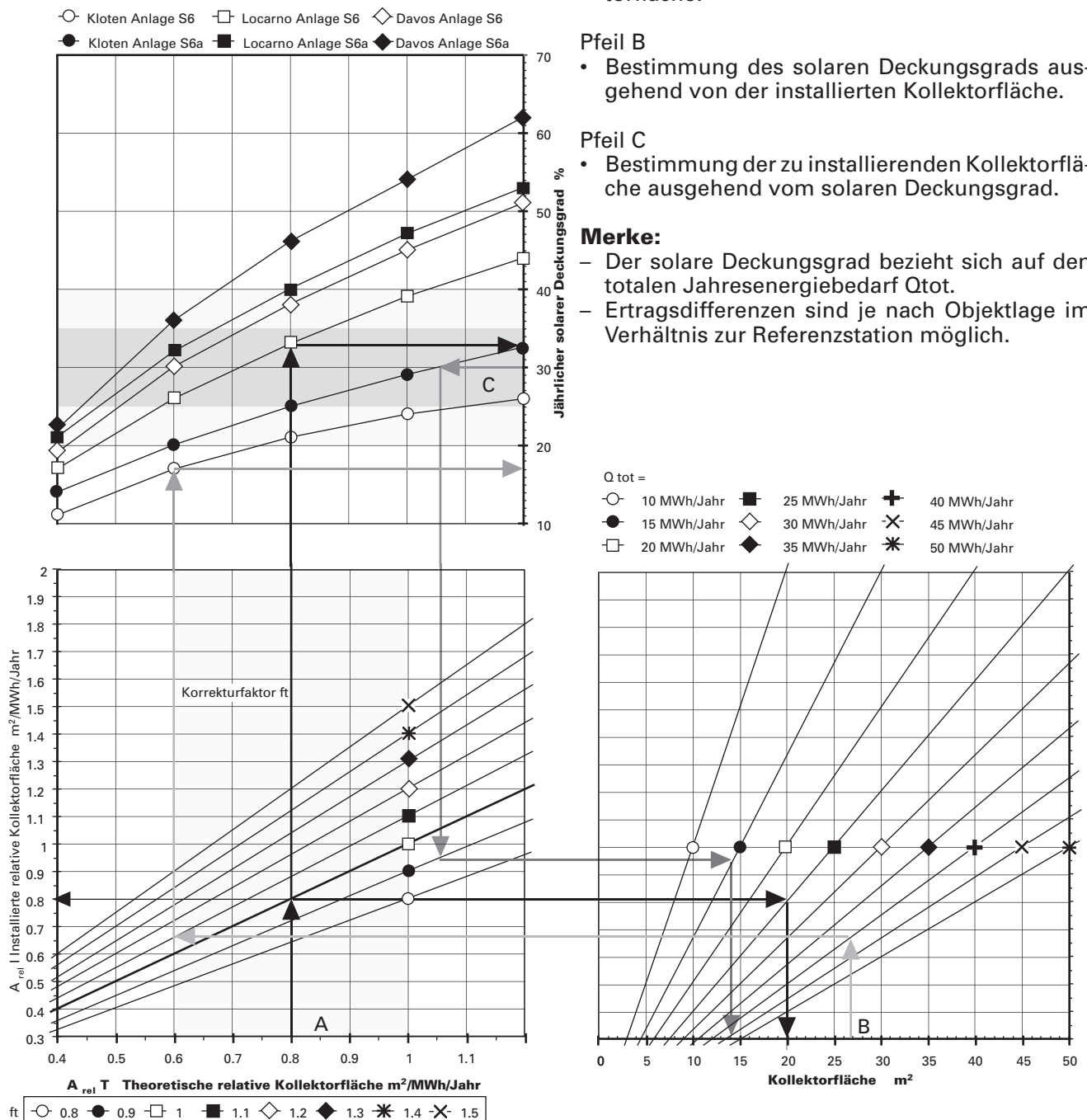
- Bestimmung des solareren Deckungsgrads ausgehend von der installierten Kollektorfläche.

Pfeil C

- Bestimmung der zu installierenden Kollektorfläche ausgehend vom solareren Deckungsgrad.

Merke:

- Der solare Deckungsgrad bezieht sich auf den totalen Jahresenergiebedarf Q_{tot} .
- Ertragsdifferenzen sind je nach Objektlage im Verhältnis zur Referenzstation möglich.



2 Rohrleitungen Solarkreislauf

2.1 Werte für die Größenbestimmung der Rohrleitungen	Einheit	Standardanlage Werte vorbestimmt	Empfohlene Werte
Durchfluss pro m ² Kollektor	l/h	40–50	nach Lieferant
Anteil Frostschutzmittel	%	35–50	nach Lieferant
Gesamte Rohrlänge	m	20–40	–
Dämmstärke	mm	20–40	20–40
Durchflussgeschwindigkeit	m/s	0.3–1	0.3–1
Druckverlust pro Einheit	mbar/m	–	–
Totaler Druckverlust	mbar	100–150	<150

• Rohrweitenbestimmung

- Für die **Standardanlagen** wurden die Rohrweiten bereits vorbestimmt, die Angaben finden Sie auf Seite F6.
- Für die **detaillierte Rohrweitenbestimmung** wird folgendes Vorgehen gewählt:

- Bestimmung des Durchflusses im Solarkreislauf: Durchfluss pro m² Kollektor x totale Kollektorfläche in m²

$$= \quad \times \quad = \quad \text{l/h.}$$

- Bestimmung der Rohrweite unter Berücksichtigung der in obenstehender Tabelle empfohlenen Werte; die Druckverlusttabellen befinden sich in Kapitel H.

Rohrmaterial

Rohrweite

• Zusätzliche Informationen für die Rohrweitenbestimmung

Wärmedämmung der Rohrleitungen:

Eine Wärmedämmung im Gebäude von 40 mm Stärke anstelle von 20 mm verbessert den Anlageertrag im Durchschnitt um 0.2 bis 0.4 %.

Für die Bestimmung der Dämmstärke müssen im weiteren folgende Punkte berücksichtigt werden:

- der Preis der Wärmedämmung
- der zur Verfügung stehende Platz
- Regionale Energiegesetze.

Eine Tabelle der spezifischen Wärmeverluste gedämmter Rohrleitungen befindet sich in Kapitel H.

3 Hydraulische Kompaktgruppe

• Funktion

Alle für das Funktionieren der Anlage nötigen Armaturen und hydraulischen Organe sind hier zusammengefasst.

• Grundlagen zur Größenbestimmung

Die Lieferanten der Sonnenkollektoren liefern vorfabrizierte Gruppen, die alle nötigen hydraulischen Komponenten enthalten.

Um den richtigen Gruppentyp bestimmen zu können, ist es nötig, die in Tabelle 3.0.1 aufgeführten Punkte zu berücksichtigen.

• Größenbestimmung

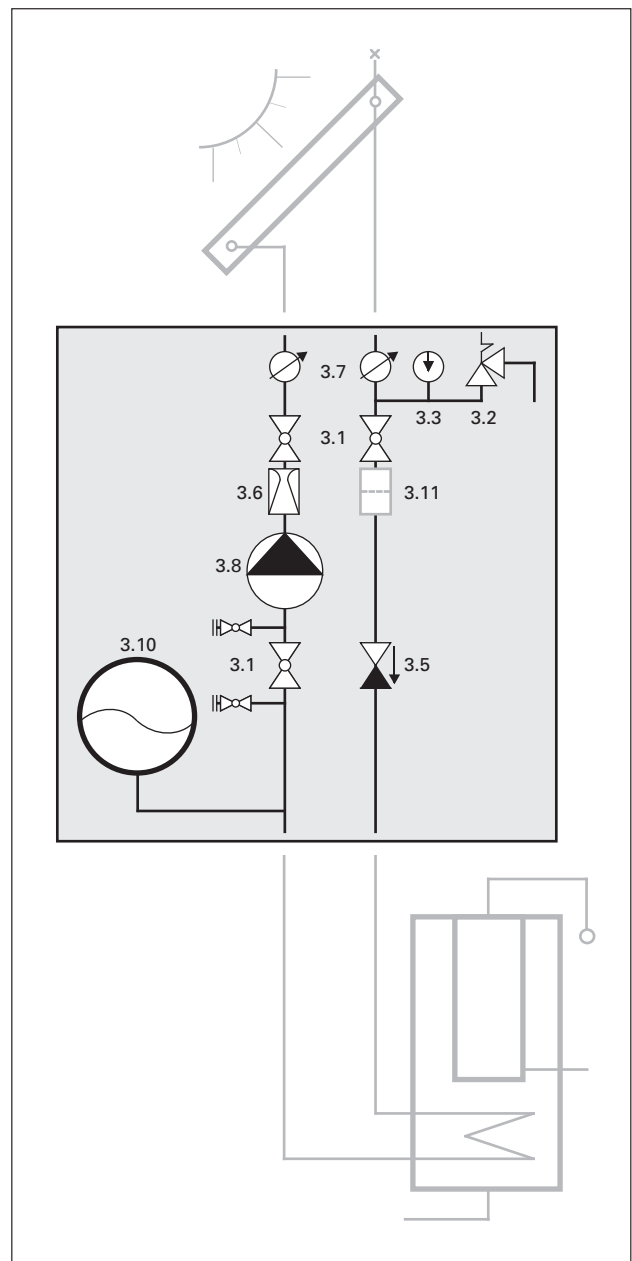
Die Größenbestimmung wird durch den Lieferanten unter Berücksichtigung der in Tabelle 3.0.1 aufgeführten Punkte vorgenommen.

Für eine **detaillierte Größenbestimmung** der Komponenten siehe Seiten F12 bis F15.

Tabelle 3.0.1

Zu berücksichtigende Punkte bei der Auswahl der hydraulischen Gruppe

- Fabrikat und Typ der Sonnenkollektoren
- Anzahl Kollektoren parallel geschaltet
- Anzahl Kollektoren in Serie geschaltet
- Länge der Rohrleitungen (Vor- und Rücklauf)
- Rohrweite der Leitungen
- Δh höchster Anlagepunkt-Expansionsgefäß
- Δh höchster Anlagepunkt-Sicherheitsventil
- Fabrikat und Typ Wärmetauscher Solarkreis
- Δh = Höhendifferenz.



3.0.1

- 3.1 Absperrorgane
- 3.2 Sicherheitsventil
- 3.3 Manometer
- 3.5 Rückflussverhinderer
- 3.6 Durchflussmesser
- 3.7 Thermometer
- 3.8 Umwälzpumpe
- 3.10 Expansionsgefäß
- 3.11 evtl. Filter

3.8 Umwälzpumpe

3.8.1 Werte für die Grössenbestimmung der Umwälzpumpe	Einheit	Standardanlage Werte vorbestimmt	Empfohlene Werte
Durchfluss pro m ² Kollektor	l/h	40–50	nach Lieferant
Anteil Frostschutzmittel	%	35–50	nach Lieferant
Maximale Kollektorfläche in Serie geschalten	m ²	nach Lieferant	nach Lieferant

Grössenbestimmung

- Für die **Standardanlage** ist die Umwälzpumpe vorbestimmt, die Angaben finden Sie auf Seite F6.

Der angegebene Förderdruck der Umwälzpumpe entspricht dem maximal akzeptablen Druckverlust des Solarkreises (vgl. Tabelle 3.8.3).

- Vorgehen für eine **detaillierte Grössenbestimmung**:

- Bestimmung des Durchflusses im Solarkreislauf: Durchfluss (l/h) pro m² Kollektor x Kollektorfläche in m²

$$= \quad \times \quad = \quad \text{l/h.}$$
- Bestimmung der Druckverluste im Solarkreislauf nach Anleitung der Punkte b1 bis b4 auf Seite F13 (Zusammenfassung in Tabelle 3.8.3).
- Bestimmung des Pumpentyps mit Hilfe des Fabrikantenkataloges.

3.8.2 Energieverbrauch Umwälzpumpe

Druckverlust im Kreislauf mbar	Druckverlust im Kreislauf mWS	Leistungs- aufnahme Pumpe W
200	2	50
350	3.5	80
500	5	100
700	7	250

Je kleiner der Druckverlust im Solarkreislauf gehalten wird, umso kleiner ist der Energieverbrauch der Umwälzpumpe.

Merke:

In der Praxis wird oft eine dreistufige Pumpe eingesetzt. Damit kann der Förderstrom geregelt werden. Die effektive Durchflussmenge kann am Durchflussmesser abgelesen werden.

3.8.3 Druckverluste im Solarkreislauf

Bezeichnung	Druckverlust pro Einheit mbar	Anzahl	Total mbar
b1 Sonnenkollektoren			
b2 Rohrleitungen			
Äquivalente Rohrlänge für Einzelwiderstände (Formstücke, Armaturen)			
b3 Solarwärmetauscher			
b4 Andere spezielle Elemente			
Total Druckverluste mbar (x 0.01 = mWS)			

• Druckverluste im Solarkreislauf

b1 Druckverlust in den Kollektoren – Parallel geschaltete Kollektoren

1. Berechnung der Durchflussmenge pro Kollektor
= Totaler Durchfluss/Anzahl Kollektoren
= / = l/h.

2. Konsultieren der vom Lieferanten der Sonnenkollektoren zur Verfügung gestellten Druckverlusttabelle.

Totaler Druckverlust der Kollektoren

= mbar.

– In Serie geschaltete Kollektoren

1. Berechnung der Durchflussmenge in den Kollektoren = Totaler Durchfluss des Solarkreislaufs
= l/h.

2. Konsultation der vom Lieferanten der Sonnenkollektoren zur Verfügung gestellten Druckverlusttabelle.

Totaler Druckverlust der Kollektoren

= R x Anzahl in Serie geschaltete Kollektoren

= x = mbar.

b2 Druckverlust in den Rohrleitungen und Armaturen

1. Totale Länge Rohrleitungen im Solarkreis (Vor- und Rücklauf)

Lr = m

– Äquivalente Rohrlänge für Einzelwiderstände (Formstücke, Armaturen usw.) nach entsprechender Tabelle in Kapitel H. La geschätzt = 50 % von Lr

La = m

Totale Rohrlänge:

= Lr + La = Lt = m

2. Druckverlust pro m Rohrleitung: Nach entsprechender Tabelle in Kapitel H.

R = mbar/m

Totaler Druckverlust Rohrleitungen:

= Lt x R = Rt = mbar.

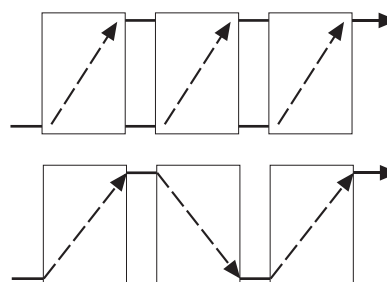
b3 Druckverlust im Solarwärmetauscher

Konsultieren der Druckverlusttabelle des Fabrikanten des Wärmetauschers. Wenn von Seiten des Fabrikanten keine Tabelle mit Angaben für Frostschutzmittel existiert, wird die Tabelle für Wasser gebraucht und den Druckverlustwerten R 30% zugegeben.

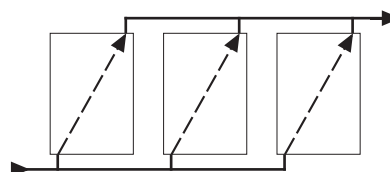
Druckverlust Wärmetauscher

= R =

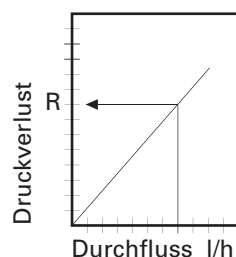
In Serie geschaltete Kollektoren



Parallel geschaltete Kollektoren



Beispiel Druckverlusttabelle Kollektornlieferant



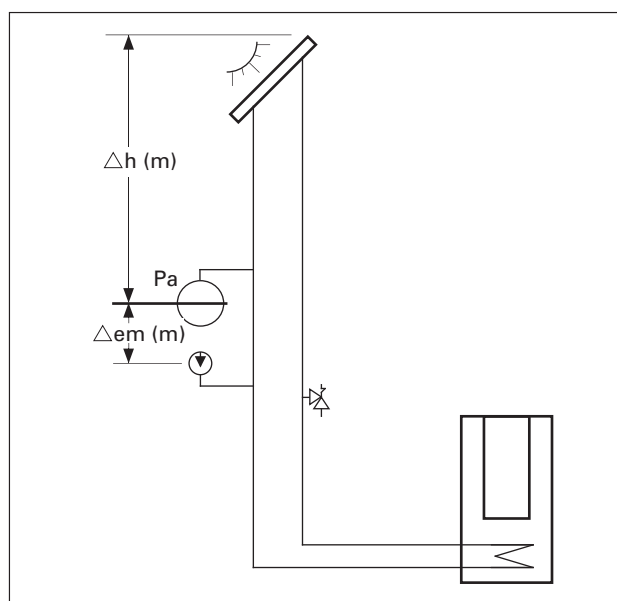
3.10 Expansionsgefäß			
3.10.1 Werte für die Größenbestimmung des Expansionsgefäßes	Einheit	Standardanlage Werte vorbestimmt	Empfohlene Werte
Δh = Höhendifferenz zwischen dem höchsten Anlagepunkt und dem Expansionsgefäß	m	10	<13
Anteil Frostschutzmittel	%	35–50	nach Lieferant
Berechnungsmethode für das Ausdehnungsvolumen		B	nach Lieferant

• Größenbestimmung

1. Bestimmung der Höhendifferenz Δh (m)
2. Auswahl der Berechnungsmethode des Ausdehnungsvolumens: A, B oder C.
3. Berechnen des Ausdehnungsvolumens (Tabelle 3.10.2).
4. Auswahl des Expansionsgefäßes mit der dafür bestimmten Tabelle im Kapitel H.
5. P_a = Vordruck im leeren Gefäß
(Δh (m)/10 + 0.3 bar)

• Ergänzende Informationen für die Größenbestimmung

- Das Expansionsgefäß muss dann höher in der Installation montiert werden, wenn Δh zu gross ist oder wenn man mit einem kleineren Expansionsgefäß auskommen will.
- Das Sicherheitsventil muss nach den Angaben auf Seite F15 bestimmt werden.



3.10.2 Berechnungsmethode zur Bestimmung des Ausdehnungsvolumens des Expansionsgefäßes

Methode	P_e = Enddruck im Expansionsgefäß in bar	Anteil Frostschutzmittel	Bestimmung des Referenzvolumens in Liter**	Expansion in %	Der Anlageschutz ist gewährleistet bei:
A	2.3	35–50	Totalvolumen des Solarkreislaufs	10	Ausdehnung in normaler Funktion Zu hohem Fülldruck Kurzem Anhalten des Kreislaufs
B	2.9	35–50	Volumen des Solarkreislaufs ohne Kollektoren	10	Ausdehnung in normaler Funktion Zu hohem Fülldruck Längerem Anhalten des Kreislaufs
			Volumen in den Kollektoren	100	
C	3.9	90	Totales Volumen des Solarkreislaufs	15	Ausdehnung in normaler Funktion Zu hohem Fülldruck Längerem Anhalten des Kreislaufs

** Bemerkung: Die Referenzvolumen berechnen Sie mit Tabelle 5.1.2 auf Seite F19.

3.2 Sicherheitsventil

3.3 Manometer

3.2.1 Werte für die Größenbestimmung des Sicherheitsventils	Einheit	Standardanlage Werte vorbestimmt	Empfohlene Werte
Δh = Höhendifferenz vom höchsten Anlagepunkt zum Expansionsgefäß	m	10	<13
Δes = Höhendifferenz vom Expansionsgefäß zum Sicherheitsventil	m	-1 bis +1	-1 bis +1
Methode für die Berechnung des Expansionsgefäßes (Seite F14, Tabelle 3.10.2)		B	nach Lieferant Sonnenkollektoren

• Erklärung der Abkürzungen

Δh = Höhendifferenz zwischen dem höchsten Anlagepunkt und dem Expansionsgefäß (m)

Δes = Höhendifferenz zwischen dem Expansionsgefäß und dem Sicherheitsventil (m)

Δem = Höhendifferenz zwischen dem Expansionsgefäß und dem Manometer (m)

Δsk = Höhendifferenz zwischen dem Sicherheitsventil und einer beliebigen Anlagekomponente des Solarkreises. Δsk ist somit je nach Standort des gewählten Anlageteils variabel

P_{ans} = Ansprechdruck des Sicherheitsventils. Die Druckangabe finden Sie in den Lieferantenkatalogen

P_a = Vordruck im leeren Gefäß
 $(\Delta h / 10 + 0.3 \text{ bar})$.

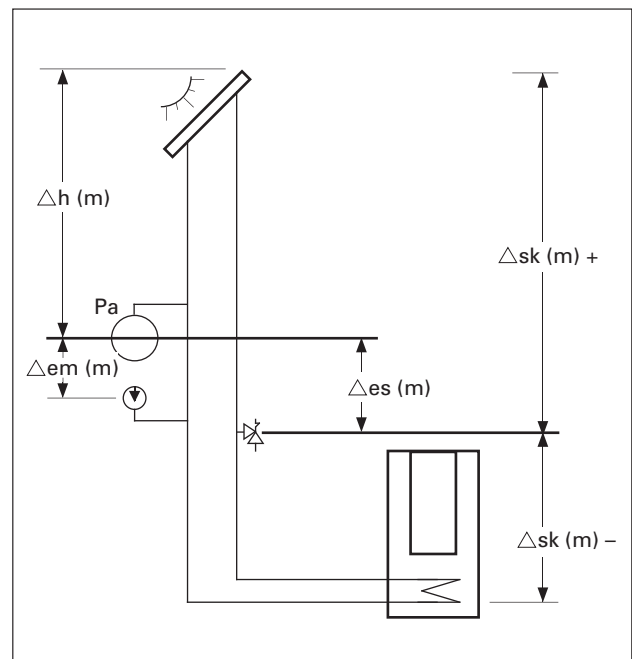
• Größenbestimmung

- Wenn Δes nicht im Bereich von -1 bis +1 liegt, muss zu den oben angegebenen Werten $\Delta es/10$ dazugezählt werden.
- Wenn Δem nicht im Bereich von -1 bis +1 liegt, muss zu den oben angegebenen Werten $\Delta em/10$ dazugezählt werden.

Achtung:

Alle Anlagekomponenten des Solarkreises, die oberhalb des Sicherheitsventils platziert sind, müssen folgende Druckbeständigkeit aufweisen:
 $(P_{ans} \times 1.2) - (\Delta sk/10) = \text{bar}$.

Alle Anlagekomponenten, die unterhalb des Sicherheitsventils platziert sind, müssen folgende Druckbeständigkeit aufweisen:
 $(P_{ans} \times 1.2) + (\Delta sk/10) = \text{bar}$.



Berechnungsmethode Expansionsgefäß	Sicherheitsventil 1/2 P_{ans} in bar	Manometer Skala in bar
A	3	> 3.6
B	3	> 3,6
C	4	> 4.8

Empfehlung:

Es ist von Vorteil, wenn das Sicherheitsventil ungefähr auf derselben Höhe wie das Expansionsgefäß eingebaut wird.

4 Speicher für Heizung und Warmwasser

4.1.1 Werte für die Größenbestimmung des kombinierten Speichers	Einheit	Standardanlage Werte vorbestimmt	Empfohlene Werte
Freies Solarvolumen VS pro m ² Kollektor	l/m ²	40–60	60
Zusatzheizvolumen VZ pro Person	l/Person	40–60	60

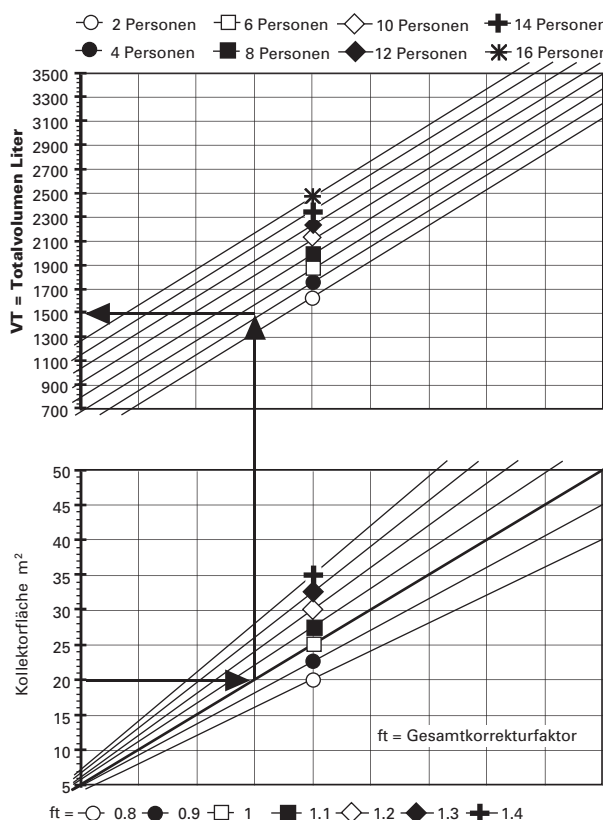
• Einleitende Bemerkung:

- Der kombinierte Speicher ist ein Heizungsspeicher, in dem ein Wassererwärmer oder eine Heizschlange für die Wassererwärmung integriert ist. Das Totalvolumen VT setzt sich aus dem Inhalt des Heizungsspeichers und dem Inhalt des integrierten Wassererwärmers zusammen.

• Größenbestimmung:

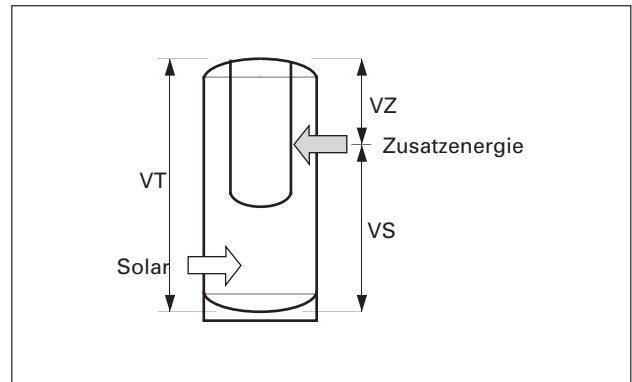
- Für die **Standardanlage** ist das Totalvolumen des kombinierten Speichers vorbestimmt, die Angaben finden Sie auf Seite F6.
- Die Größenbestimmung kann ebenfalls mit Hilfe des Diagramms 4.1.2 vorgenommen werden. Dieses Diagramm basiert auf den in Tabelle 4.1.1 angegebenen Werten.

4.1.2 VT = Totalvolumen Liter



• **Achtung!**

- Bei der Grössenbestimmung muss darauf geachtet werden, dass der Inhalt des im Speicher integrierten Wassererwärmers es erlaubt, den Spitzenverbrauch auch dann zu decken, wenn dieser über längere Zeit erfolgt.
- Wenn die Produktion des Warmwassers über eine im Heizungsspeicher angebrachte Heizschlange erfolgt und nicht mit einem integrierten Wassererwärmer, muss darauf geachtet werden, dass die Leistung des Wärmetauschers die Spitzenverbräuche decken kann.
- Wird ein Holzkessel verwendet, muss der Heizungsspeicher eventuell grösser sein, d.h. er muss auch auf die maximale Leistung des Heizkessels abgestimmt werden.



• **Bemerkung:**

Das Speichervolumen beeinflusst den Wirkungsgrad der Kollektoren. Ein zu klein bemessener Speicher führt dazu, dass die mittlere Funktionstemperatur der Kollektoren höher liegt. Die sommerliche Überhitzung des Systems wird ebenfalls vom Speichervolumen beeinflusst. Es ist daher normalerweise nicht empfehlenswert, das Volumen VS kleiner als 60 Liter pro m² Kollektor zu wählen.

Der solare Deckungsgrad wie er gemäss Seite F9 berechnet wird, wird entscheidend reduziert, wenn das im Speicher für die Sonnenenergie reservierte Volumen kleiner ist als 50 Liter pro m² Kollektorfläche. Ein Volumen, das 60 Liter pro m² übersteigt, bringt wenig zusätzlichen Ertrag.

4.2 Einbauwärmetauscher Sonnenenergie

4.2.1 Werte für die Grössenbestimmung des Einbauwärmetauschers	Einheit	Standardanlage Werte vorbestimmt	Empfohlene Werte
ΔT_m	K	5–15	10
Fläche pro m ² Kollektor	m ² /m ²	0.2–0.25	0.2

- **Information für die Grössenbestimmung:**
Die Tabelle 4.2.2 zeigt die Wirkungsgraddifferenzen einer Solaranlage in Abhängigkeit von ΔT_m .
 - Eine kleine Temperaturdifferenz ΔT_m verbessert den Anlageertrag.
 - Eine grosse Temperaturdifferenz ΔT_m vermindert den Anlageertrag.

T_{1m} = Mittlere Temperatur der Kollektoren (Primärkreislauf)
 T_{2m} = Mittlere Temperatur des kombinierten Speichers in der Umgebung des Wärmetauschers (Sekundärkreislauf)
 ΔT_m = Temperaturdifferenz zwischen T_{1m} und T_{2m}
 T_a = Umgebungstemperatur bei den Kollektoren

4.2.2 Einfluss der Wahl vom ΔT_m beim Wärmetauscher auf den Wirkungsgrad der Anlage

ΔT_m ($T_{1m} - T_{2m}$)	K	5	10	15	20	25
Wirkungsgrad Verbesserung von der Solaranlage	%	3.5	0	–3.5	–7	–10

- **Grössenbestimmung:**
 - Für die **Standardanlage** ist die Fläche auf Seite F6 vorbestimmt.
 - Die Grössenbestimmung kann ebenfalls in Anlehnung an die Diagramme 4.2.3 oder 4.2.4 vorgenommen werden.

Seit vielen Jahren fabrizieren mehrere Fabrikanten die gleichen Wärmetauschermodelle. Aus diesem Grund stellen wir eine Tabelle vor, die direkt die Auswahl des Typs unter Berücksichtigung der mittleren Temperaturdifferenz ermöglicht.

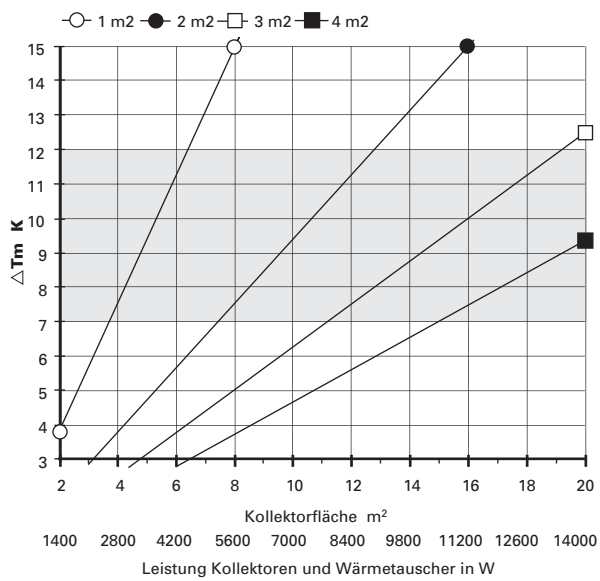
Weil der Wirkungsgrad von sehr vielen Faktoren beeinflusst wird, ist er vom Installateur nur schwer zu bestimmen und wird normalerweise vom Lieferanten des Wärmetauschers berechnet.

Generelle Voraussetzungen:

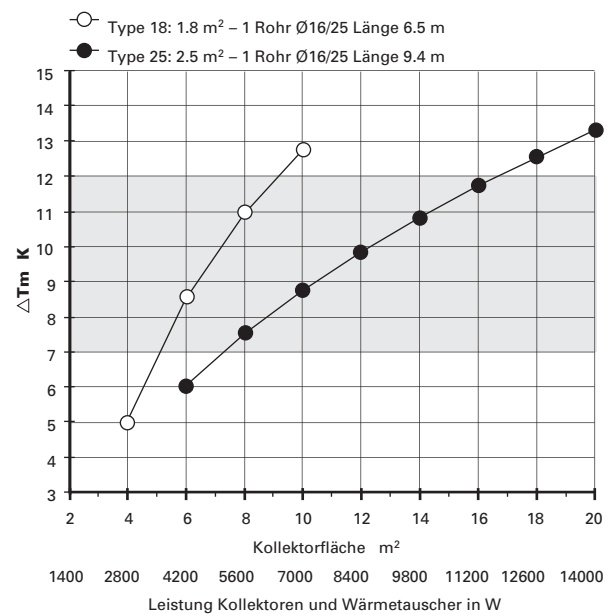
- Ein guter Ertrag des Wärmetauschers wird mit einer Fliessgeschwindigkeit in den Rohren von 0.5 bis 1.5 m/s erreicht.
- Glattrohrwärmetauscher:
Thermische Wärmeübertragung
400 bis 750 W/m²K
Grössenbestimmung in Anlehnung an Diagramm 4.2.3
- Rippenrohrwärmetauscher:
Thermische Wärmeübertragung
300 bis 500 W/m²K
Grössenbestimmung in Anlehnung an Diagramm 4.2.4

4.2.3 Auswahl eines Glattrohrwärmetauschers

Tabelle mit einer thermischen Wärmeübertragung von 400 W/K m² Wärmetauscherfläche



4.2.4 Auswahl eines Rippenrohrwärmetauschers



5 Wärmeträgermedium

5.1.1 Werte für die Grössenbestimmung des Wärmeträgermediums	Einheit	Standardanlage Werte vorbestimmt	Empfohlene Werte
Inhalt der Kollektoren	l/m ²	2–3	nach Lieferant
Rohrleitungen Solarkreislauf	m	20–40	–
Anteil Frostschutzmittel	%	35–50	nach Lieferant

• Grössenbestimmung:

- Für die **Standardanlage** ist der Flüssigkeitsinhalt vorbestimmt, die Angaben finden Sie auf Seite F6.
- Für die **detaillierte Grössenbestimmung** wird wie folgt vorgegangen:
 1. Berechnung des Inhalts der Anlagekomponenten a bis d mit Hilfe der Tabelle 5.1.2.
 2. Bestimmung des Expansionsgefässes in Anlehnung an Seite F14.
 3. Addieren des Anfangsvolumens des Expansionsgefässes (nach der Kaltfüllung) in Anlehnung an Tabelle 5.1.3.

5.1.2 Flüssigkeitsinhalt Solarkreislauf

N°	Anlage Komponent Solarkreislauf	Inhalt pro Einheit Liter	Einheit	Anzahl	Total Inhalt pro Anlagekomponent, Liter
a1	Rohrleitungen Ø		m		
a2	Rohrleitungen Ø		m		
a3	Rohrleitungen Ø		m		
b	Solarwärmetauscher	–	Stück	1	
c	Spezielle Anlagekomponente				
Volumen Solarkreislauf ohne Kollektoren					
d	Sonnenkollektoren	–	Stück		
Totalvolumen Solarkreislauf (ohne Expansionsgefäss)					
e	Flüssigkeit im Expansionsgefäss nach Einfüllung des Solarkreislaufs (Tabelle 5.1.3)		Stück	1	
Totalvolumen Solarkreislauf mit Expansionsgefäss					

5.1.3 Wasseraufnahme Expansionsgefäß bei Kaltfüllung (Kaltwassertemperatur)

Typ Expansionsgefäß und Anfangsinhalt im Gefäß																
Δh -m	Pa-bar	12	18	25	35	50	80	110	140	200	300	400	500	600	750	900
1	0.4	1.5	2.4	3.3	4.6	5.9	9.8	13.8	18.6	27.8	38.3	48.8	62.5	75.1	91.1	109.4
2	0.5	1.4	2.3	3.1	4.3	5.5	9.2	12.9	17.5	26.1	36.1	45.9	58.8	70.7	85.7	102.9
3	0.6	1.3	2.1	2.9	4.1	5.2	8.7	12.2	16.5	24.7	34.1	43.4	55.6	66.7	81.0	97.2
4	0.7	1.3	2.0	2.7	3.9	4.9	8.2	11.6	15.7	23.4	32.3	41.1	52.6	63.2	76.7	92.1
5	0.8	1.2	1.9	2.6	3.7	4.7	7.8	11.0	14.9	22.2	30.7	39.0	50.0	60.1	72.9	87.5
6	0.9	1.1	1.8	2.5	3.5	4.5	7.5	10.5	14.2	21.1	29.2	37.2	47.6	57.2	69.4	83.3
7	1.0	1.1	1.7	2.4	3.4	4.3	7.1	10.0	13.5	20.2	27.9	35.5	45.5	54.6	66.2	79.5
8	1.1	1.0	1.7	2.3	3.2	4.1	6.8	9.6	12.9	19.3	26.7	33.9	43.5	52.2	63.4	76.1
9	1.2	1.0	1.6	2.2	3.1	3.9	6.5	9.2	12.4	18.5	25.6	32.5	41.7	50.1	60.7	72.9
10	1.3	1.0	1.5	2.1	3.0	3.8	6.3	8.8	11.9	17.8	24.5	31.2	40.0	48.1	58.3	70.0
11	1.4	0.9	1.5	2.0	2.8	3.6	6.0	8.5	11.4	17.1	23.6	30.0	38.5	46.2	56.0	67.3
12	1.5	0.9	1.4	1.9	2.7	3.5	5.8	8.1	11.0	16.4	22.7	28.9	37.0	44.5	54.0	64.8
13	1.6	0.9	1.4	1.9	2.6	3.4	5.6	7.9	10.6	15.9	21.9	27.9	35.7	42.9	52.0	62.5
14	1.7	0.8	1.3	1.8	2.5	3.2	5.4	7.6	10.3	15.3	21.1	26.9	34.5	41.4	50.2	60.3
15	1.8	0.8	1.3	1.7	2.5	3.1	5.2	7.3	9.9	14.8	20.4	26.0	33.3	40.0	48.6	58.3
16	1.9	0.8	1.2	1.7	2.4	3.0	5.1	7.1	9.6	14.3	19.8	25.2	32.3	38.8	47.0	56.5
17	2.0	0.8	1.2	1.6	2.3	2.9	4.9	6.9	9.3	13.9	19.2	24.4	31.3	37.5	45.5	54.7
18	2.1	0.7	1.2	1.6	2.2	2.8	4.7	6.7	9.0	13.5	18.6	23.7	30.3	36.4	44.2	53.0
19	2.2	0.7	1.1	1.5	2.2	2.8	4.6	6.5	8.8	13.1	18.0	23.0	29.4	35.3	42.9	51.5

Zusammenstellung der technischen Daten

Seite	Technische Daten	Einheit
	Warmwasserbedarf	
	Anzahl VerbraucherInnen	Personen
	Verbrauch pro Tag zu 55 °C	l/d
	Energieverbrauch	
	Jahresenergiebedarf Heizung Q_h	MWh/a
	Jahresenergiebedarf Warmwasser Q_{ww}	MWh/a
	Totaler Jahresenergiebedarf Q_{tot}	MWh/a
F7, F8, F9	1 Kollektoren	
	Fabrikat	
	Kollektorenfläche nach Diagramm 1.05	
	Nutzbare Kollektorfläche pro Einheit	m ²
	Anzahl Kollektoren	Stück
	Total nutzbare Kollektorfläche	m ²
	A_{rel} T Theoretische relative Kollektorfläche	m ² /MWh/a
	Orientierung	°
	Neigung	°
	Korrekturfaktor Orientierung/Neigung f_{on}	
	Wirkungsgrad Kollektoren η 0.05	%
	Korrekturfaktor Kollektoren f_k	
	Korrekturfaktor Heizungsvorlauftemperatur f_v	
	Korrekturfaktor Total f_t	
	Solarer Deckungsgrad: – gewünscht	%
	– effektiv	%
F10	2 Rohrleitungen	
	Material	
	Länge	m
	Durchfluss pro m ² Kollektor	l/h
	Durchfluss total Solarkreislauf	l/h
	Anteil Frostschutzmittel	%
	Durchmesser	"
F12, F13	3.8 Umwälzpumpe	
	Durchfluss Solarkreislauf	l/h
	Druckverlust Solarkreislauf	mbar
	Druckverlust Solarkreislauf	mWS
	Fabrikat	
	Typ	
	Leistungsaufnahme	W

Seite	Technische Daten	Einheit
F14	3.10 Expansionsgefäß	
	Δh Kollektoren/Expansionsgefäß	m
	Pa: Vordruck des Gefäßes	bar
	Berechnungsmethode (A, B oder C)	
	Ausdehnungsvolumen	l
	Typ	
F15	3.2 Sicherheitsventil	
	Ansprechdruck	bar
	3.3 Manometer	
	Skala	bar
F16	4 Speicher für Heizung und Warmwasser	
	Totalvolumen VT	l
	Volumen Wassererwärmer	l
	Volumen Heizungswasser	l
	Volumen total pro m ² Kollektorfläche	l
F17, F 18	4.2 Wärmetauscher Sonnenenergie Typ	
	ΔT_m Wärmetauscher Sonnenenergie	K
	Fläche pro m ² Kollektor	m ² /m ²
F19	5.1 Wärmeträgermedium	
	Glykol-Typ	
	Anteil Frostschutzmittel	%
	Gefrierschutz	°C
	Anlageinhalt	l

Beispiel eines Offerttextes

Anlage:

Nr:

Datum:

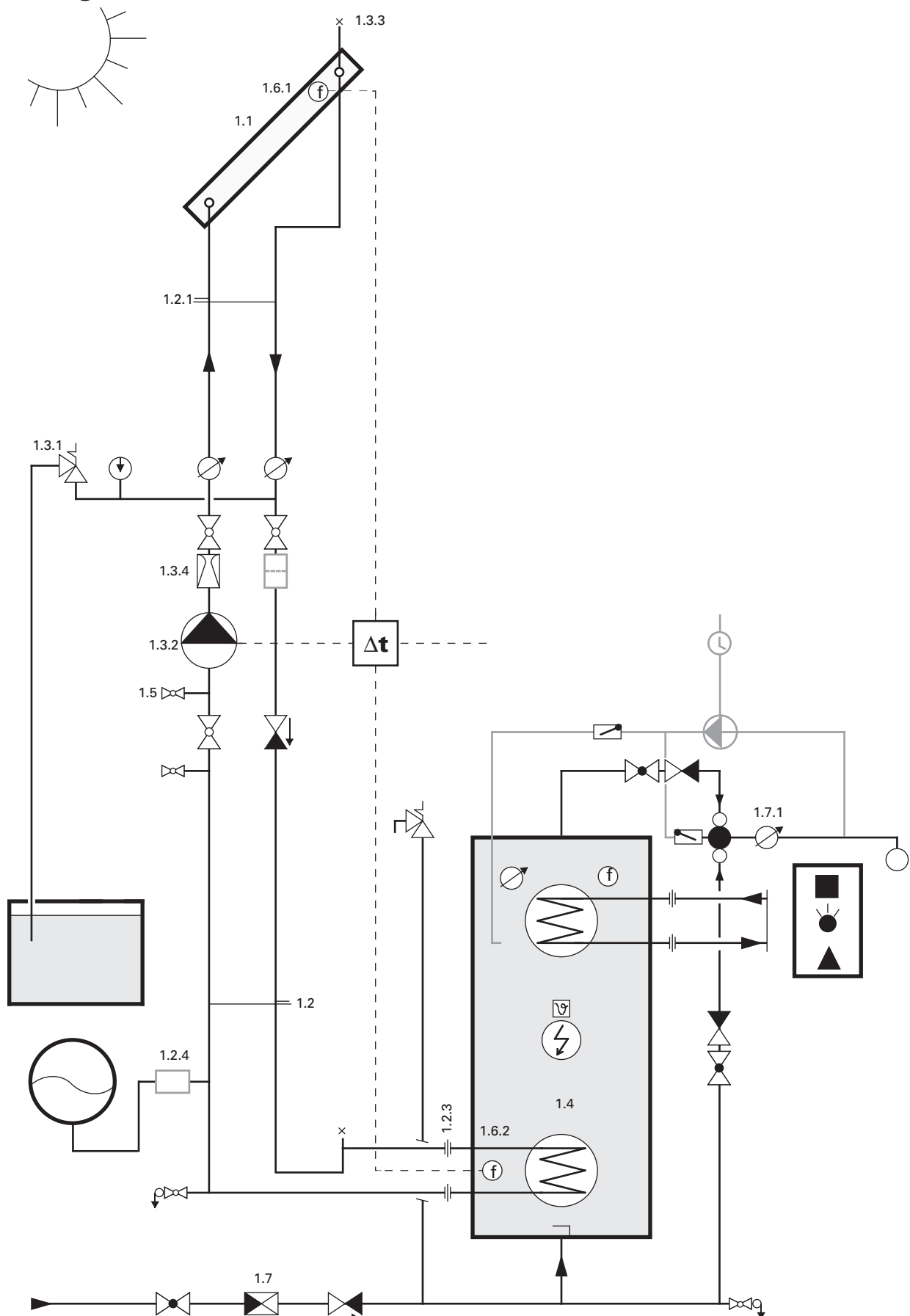
Gegenstand	Einheit	Anzahl	Preis	Total
A Sonnenkollektoren				
Sonnenkollektoren Fabrikat	Typ	Stück		
Nutzbare Kollektorfläche von	m ² pro Stück d.h. total	m ²		
Test IT Rapperswil N°				
Wirkungsgrad bei $\eta 0.05$	%			
Kollektorkonstruktion:				
– Rahmenmaterial(ien)				
– Wärmedämmung				
– transparente Abdeckung				
– Absorber				
– Absorberbeschichtung				
Befestigungs- und Verbindungseinheiten.				
B Speicher für Heizung und Warmwasser				
Speicher	Fabrikat	Typ	Inhalt	Liter
Totalvolumen				Liter
Volumen Wassererwärmer				Liter
Volumen Heizungswasser				Liter
– Innenbeschichtung des Wassererwärmers				
– Wärmedämmung Typ			Dämmstärke	mm
– Wärmetauscher Sonnenkreis			Typ	Anzahl
			Wärmetauscherfläche	m ²
– Elektrischer Heizkörper Zusatzenergie für Warmwasser				
			Typ	Leistung
				kW
Erwärmung von			Litern in	Stunden.
C Hydraulische Kompaktgruppe Solarkreislauf				
Kompaktgruppe mit einer Rohrweite von				
2 Thermometer, 1 Sicherheitsventil und Manometer,				
2 Absperrventile, 2 Füll- und Entleerventile, 1 Rückschlagventil				
– Umwälzpumpe			Typ	
– Expansionsgefäß			Typ	
– Zusammenbau				

Gegenstand	Einheit	Anzahl	Preis	Total
D Regelung				
Temperaturdifferenz-Regler Fabrikat Typ				
Mit Kollektortemperaturfühler und Tauchrohrtemperaturfühler für den kombinierten Speicher				
E Wärmeträgermedium				
Glykol-Typ , mit einem Anteil von %,				
Gefrierschutz °C				
Anlage Inhalt Solarkreislauf l				
F Rohrleitungen				
Verbindungsleitung zwischen den Kollektoren und dem Solarspeicher Länge m				
– Leitungen aus Durchmesser				
– Dämmung aus Dämmstärke mm				
– Montage der Leitungen				
G Arbeit				
– Montage der Sonnenkollektoren				
– Aufstellen der Apparate im Heizraum				
– Spülen, Füllen und Entlüften des Sonnenkreislaufs				
– Technische Bearbeitung:				
– Hydraulisches und elektrisches Prinzipschema				
– Inbetriebnahme und Betriebsanleitung.				
Bemerkung: Die Montage der Rohrleitungen ist in der Position F enthalten.				
TOTAL OFFERTENBETRAG				
Errechneter solarer Deckungsgrad dieser Anlage:				
– Solarer Deckungsgrad für die Solaranlage %				
Zusatzarbeiten:				
– Sanitäranschlüsse				
– elektrische Anschlüsse				
– Spenglerarbeiten				
– Wenn nötig Sicherheitsvorrichtung nach SUVA				
Als Beilage zu dieser Offerte erhalten Sie:				
– Dokumentation				
– Hydraulisches Schema				
–				

G Montage, Inbetriebnahme, Wartung

Montage der Installation	147
Inhaltsverzeichnis	148
Inbetriebnahme der Installation	163
Wartung der Installation	174

Montage der Installation



Inhaltsverzeichnis

Montage der Installation	147
1 Montage der Installation	149
1.1 Sonnenkollektoren	149
1.1.1 Für alle Montagearten	149
1.1.2 Schnee- und Sonnenkollektoren	149
1.1.3 Kollektoren im Schrägdach eingebaut	150
1.1.4 Kollektoren auf dem Schrägdach aufgebaut	152
1.1.5 Kollektoren auf dem Flachdach oder im Gelände montiert	152
1.2 Leitungen	155
1.2.1 Verrohrung des Kollektorenfeldes	155
1.2.2 Verbindungen zwischen den Kollektoren	156
1.2.3 Anschluss des Wärmetauschers im Speicher	157
1.2.4 Anschluss des Expansionsgefäßes	157
1.3 Armaturen	158
1.3.1 Sicherheitsventil	158
1.3.2 Pumpenmontage	158
1.3.3 Luft im System	159
1.3.4 Durchflussmesser	159
1.4 Speicher	159
1.4.1 Aufstellen des Speichers	159
1.4.2 Einbringen im Neu- und Umbau	160
1.5 Füllstation	160
1.6 Fühlermontage	160
1.6.1 Fühler bei den Kollektoren	160
1.6.2 Fühler beim Speicher	161
1.6.3 Fühler-Montage allgemein	161
1.7 Wasseranschlüsse	162
1.7.1 Warmwasseranschluss	162
1.8 Allgemeine Richtlinien	162
2 Inbetriebnahme der Installation	164
2.1 Inbetriebnahme	164
2.1.1 Spülen der Anlage	165
2.1.2 Druckprobe	165
2.2 Füllen der Anlage	166
2.2.1 Wärmeträgerflüssigkeit	166
2.2.2 Füllen und Entlüften	167
2.2.3 Betriebsdruck	169
2.3 Kontrollen	169
2.3.1 Checkliste/Protokoll	170
2.3.2 Anlagebeschrieb	171
2.3.3 Überhitzung in der Anlage	173
3 Wartung der Installation	175
3.1 Wartung	175
3.1.1 Routinekontrollen	175
3.1.2 Periodische Kontrolle	175
3.1.3 Checkliste/Protokoll	176
3.1.4 Periodische Kontrolle	176
3.1.5 Stillstand der Anlage	177
3.1.6 Nachfüllen der Anlage	177
3.1.6 Funktionsfehler	177

1 Montage der Installation

1.1 Sonnenkollektoren

Nachfolgend finden Sie, was bei der Montage von Sonnenkollektoren speziell beachtet werden muss.

Es können nur allgemeine Hinweise gegeben werden.

Folgende Montagearten werden aufgezeigt:

- in einem Schrägdach eingebaut
- auf einem Schrägdach aufgebaut
- auf ein Flachdach gestellt
- im Gelände aufgestellt.

Wichtig:
Angaben des Lieferanten genau beachten.



1.1.1 Für alle Montagearten

1.1.2 Schnee und Sonnenkollektoren

- Es ist wichtig, dass der Schnee von den Kollektoren abrutschen kann
- keine Schneefangeinrichtungen unmittelbar unter dem Kollektorenfeld montieren.
- in schneereichen Gegenden ist dem Neigungswinkel grosse Beachtung zu schenken
- keine vorstehenden Rahmen- oder Befestigungspfeile.

Hinweis:
Eine Solaranlage ist im Winter nur wirksam, wenn die Kollektoren schneefrei sind!

Erfahrungen in der Praxis haben gezeigt, dass ab 30° Neigung der Schnee gut abrutschen kann.

Schneelast:

In der Praxis sind keine Probleme mit der Schneelast aufgetreten.

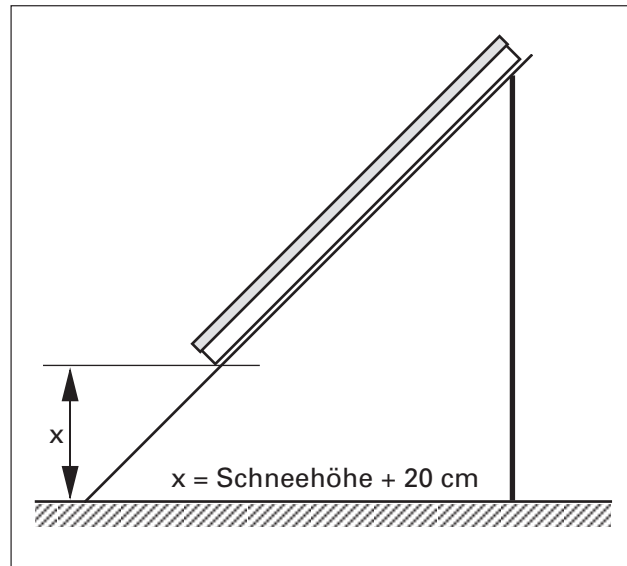
Schäden entstehen, wenn Anlagebesitzer beim Schneeräumen die Abdeckungen beschädigen.

Höhe in m ü. M.	Schneelast in kg/m ²
400	93
800	250
1200	360
1600	520

Bei der Kollektoren-Montage auf Flachdächern oder im Gelände muss auf die Schneehöhe geachtet werden.

Es ist am sichersten, wenn die Schneehöhe an Ort und Stelle nachgefragt wird.

Bei grossen Schneehöhen evtl. Architekt oder Ing.-Büro beiziehen.



1.1.3 Kollektoren im Schrägdach eingebaut

Bei dieser Montageart wird der Kollektor im Dach integriert. Unter dem Kollektorenfeld werden keine Ziegel benötigt.

Diese Montageart wird heute sowohl im Neu-, als auch im Umbau verwendet.



Es bedingt eine gute Koordination zwischen allen beteiligten Handwerkern .

Speziell bei bewohnten Häusern ist auf eine kurze Montagezeit zu achten.

Handwerker:

- Dachdecker
- Spengler
- Kollektormonteur
- Evtl. Zimmermann

Vorteile von Einbaukollektoren:

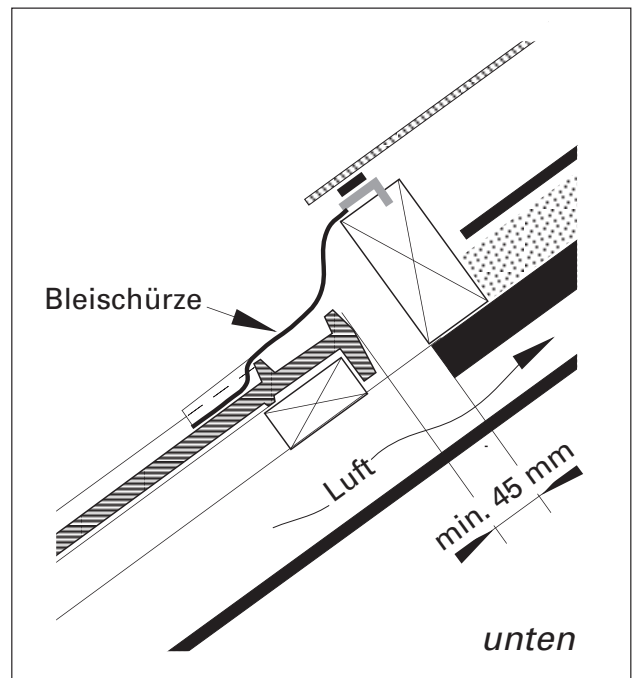
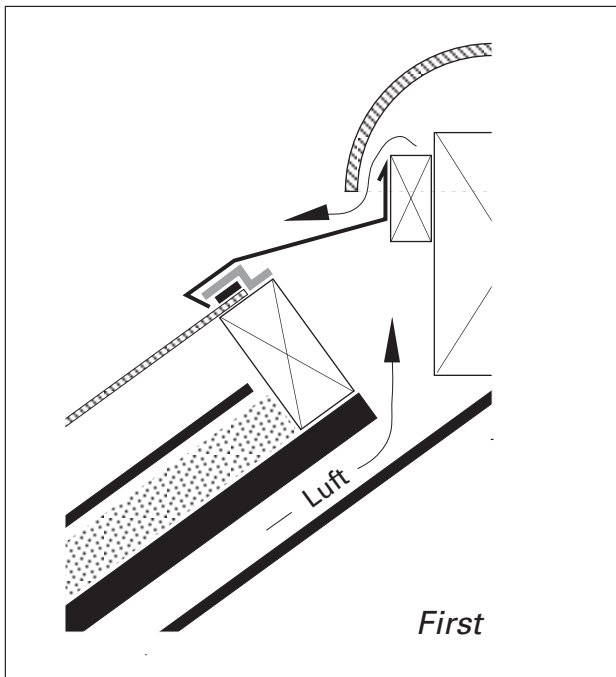
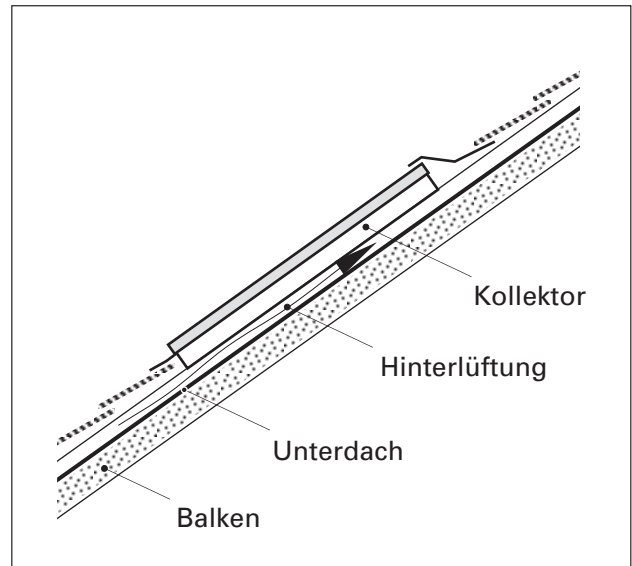
- zum Teil flächenbündig
- Schnee kann gut abrutschen
- Einsparen der Ziegel
- keine zusätzlichen Dachdurchführungen (Undichtheiten)
- keine Befestigungsprobleme
- einfache Montage
- Verrohrung nicht der Witterung ausgesetzt.

Wichtig:

Damit kein Kondenswasser entsteht, muss bei der Montage auf die Hinterlüftung geachtet werden .

Anschlüsse vom Kollektorenfeld an das Dach:

- diese müssen absolut wasserdicht und korrosionsfest sein
- aus dem richtigen Material angefertigt werden (lt. Kollektorenhersteller).



1.1.4 Kollektoren auf dem Schrägdach aufgebaut

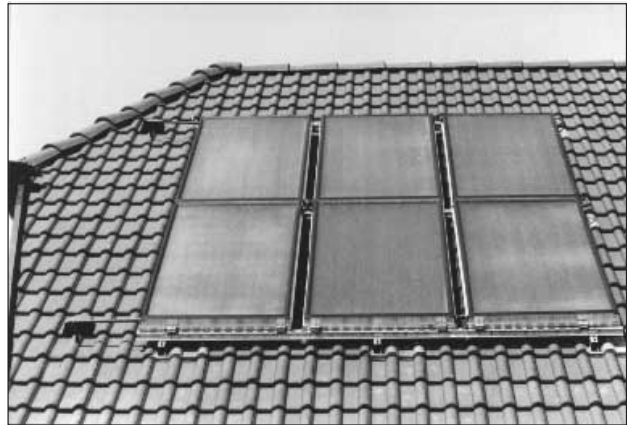
Bei dieser Montageart wird der Kollektor auf das Dach aufgebaut.

Vorteile dieser Montageart:

- geringe Eingriffe in die bestehende Dachkonstruktion bei Umbauten
- keine Dachanschlüsse.

Folgende Punkte müssen beachtet werden:

- gute Verankerung der Kollektoren wegen der Schneelast und Windstößen
- Abdichten bei Schneeschmelzen
- Ausdehnung der Kollektorenelemente und Rohre
- Befestigungspunkte müssen je nach Dachart angepasst werden.



**Verankerung:
Beim Kollektorenhersteller
erkundigen.**



1.1.5 Kollektoren auf dem Flachdach oder im Gelände montiert

Bei dieser Montageart können auch auf Fabrikhallen oder im Gelände Kollektoren aufgestellt werden.

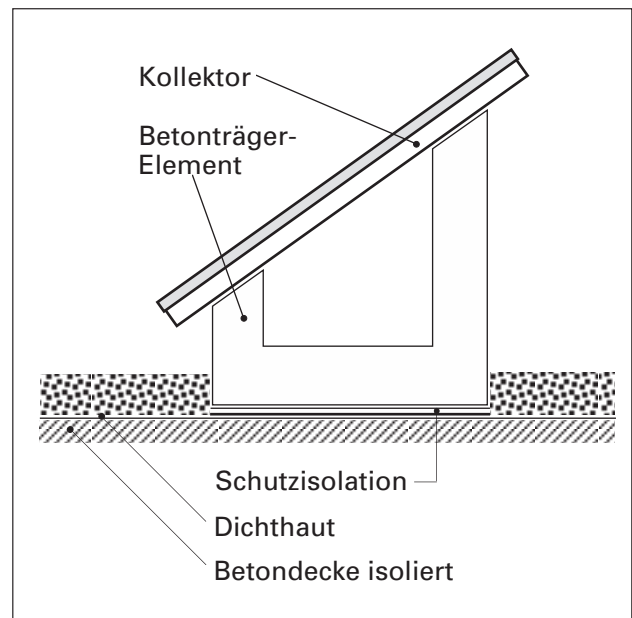
Vorteile dieser Montageart:

- die Südausrichtung wie auch der Neigungswinkel kann gewählt werden.



Folgende Punkte müssen beachtet werden:

- Verankerung der Kollektoren gegen Windstöße
- nicht verletzen der Dachhaut bei der Montage und Befestigung
- auf Schneehöhe und Abrutschen des Schnees achten
- die ganzen Kollektoren und Leitungen müssen demontierbar sein
- Dachdurchführung der Leitungen auf Dichtheit prüfen
- bei Materialtransport und Zwischenablage Bretter auslegen.



Beschattung:

Der Selbstbeschattung ist bei dieser Montageart sehr grosse Beachtung zu schenken, da die Kollektoren meistens in Reihen hintereinander aufgestellt werden.

Der Abstand der einzelnen Reihen hängt von den Kollektorenhöhen, der Neigung und dem Sonneneinstrahl-Winkel ab.

In der Regel wird ein Einstrahlwinkel von 20 bis 25° festgelegt (21. Dez. 19°).

Abstand zwischen den Kollektoren

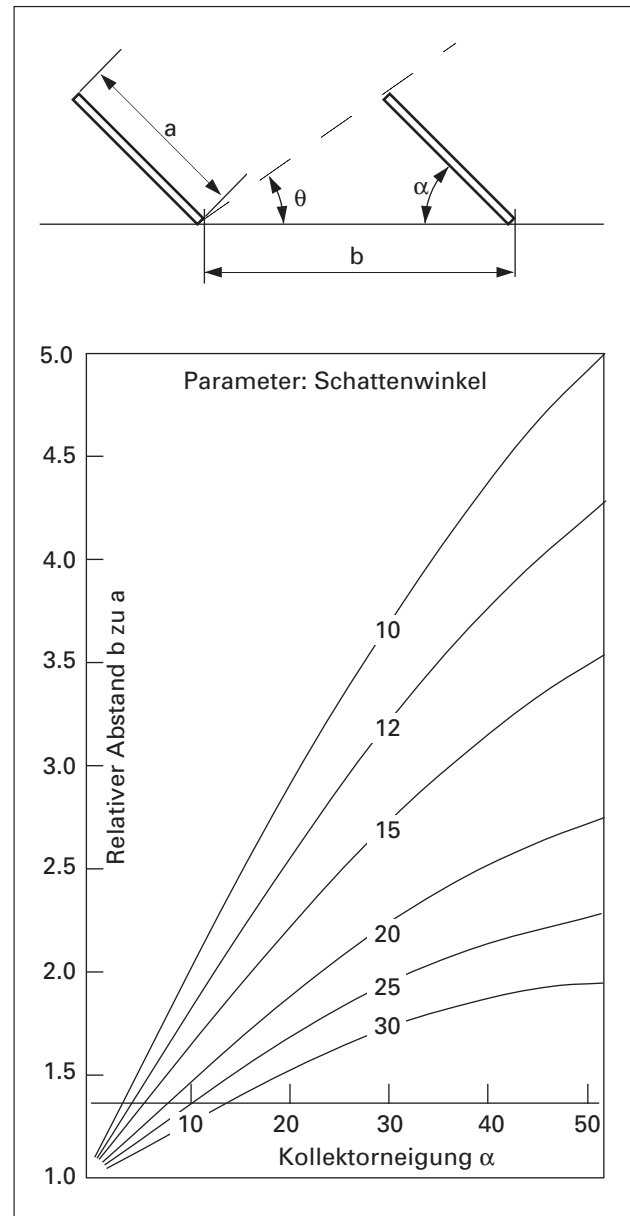


Tabelle zur Bestimmung der Abstände zwischen den Kollektorenreihen

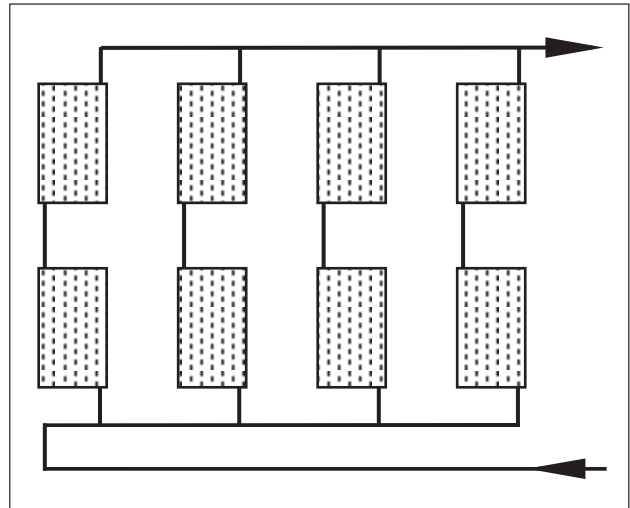
1.2 Leitungen

1.2.1 Verrohrung des Kollektorenfeldes

In der Regel werden die Kollektorenfelder in der Tichelmann-Schaltung angeschlossen. Dies gewährleistet eine gleichmässige Durchströmung der Kollektoren, was sich positiv auf die Wärmeverteilung auswirkt.

Bei dieser Variante werden in der Praxis keine Regulierorgane für die einzelnen Reihen benötigt. Die Anzahl Kollektoren pro Reihe ist massgebend für den Druckverlust (vom Kollektorenhersteller anzugeben).

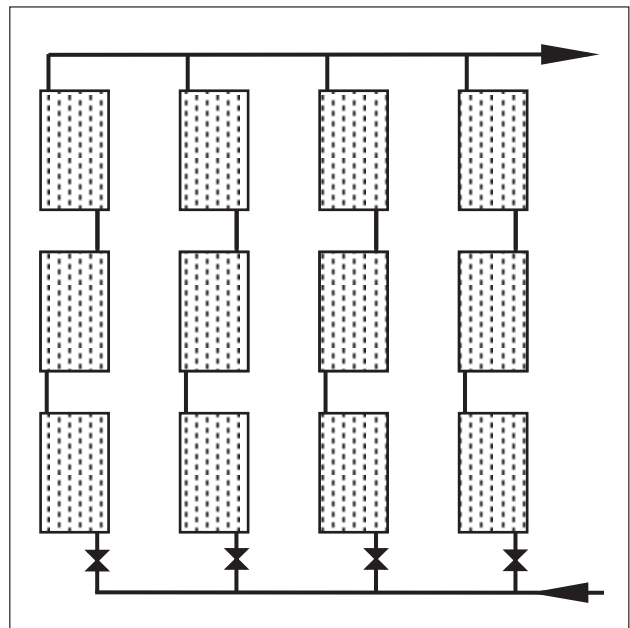
Tichelmann-Schaltung



Ausdehnung der Leitungen ca. 5 mm pro m Leitungslänge berücksichtigen.

Grössere Rohrweite der Sammelrohre und zusätzliche **Regulierorgane** bei jeder Reihe sind eine Variante zur Tichelmann-Schaltung.

Diese Variante kann bei grossen Anlagen zur Ausführung kommen.



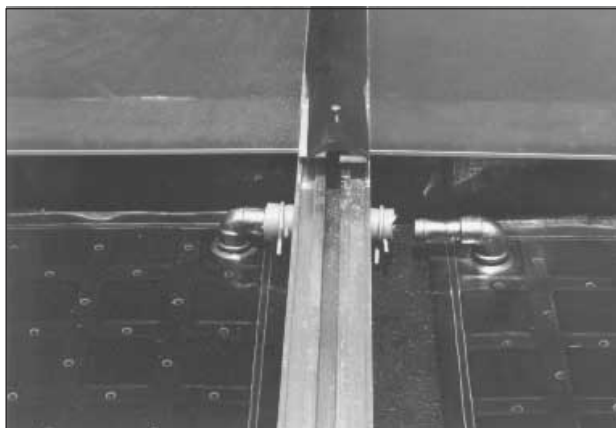
Eine Druckverlustberechnung ist nötig!

1.2.2 Verbindungen zwischen den Kollektoren

In der Praxis ist es üblich, dass die Verbindungselemente zwischen den Kollektoren vom Kollektorenhersteller bezogen werden.

An diese Verbindungen werden hohe Anforderungen gestellt:

- Temperatur von ca. -30 °C bis über 200 °C
- zum Teil, je nach Material und Fabrikat, Aufnahme der Kollektorenausdehnung
- Beständigkeit gegen den Wärmeträger.



Ausdehnung der Kollektoren bei Temperatur-Differenz von 200 K

- | | |
|--------------|----------|
| – Aluminium | 4,8 mm/m |
| – Chromstahl | 3,3 mm/m |
| – Kupfer | 3,5 mm/m |

Heute werden am meisten verwendet:

- Silikonschläuche mit Briden
- Kupfer mit hochschmelzendem Weichlot (über 300 °C).

Wichtig:

- Alle Verbindungen müssen jederzeit gut lösbar sein.
- Alle Verbindungen sollten mindestens dem 3- bis 4fachen Betriebsdruck standhalten.

Vorsicht:

Bei Silikonschläuchen auf Verletzungen durch Briden und scharfen Kanten achten. Am besten Fitting einfetten!

Bei Kupfer darauf achten, dass Lötstellen absolut sauber sind.



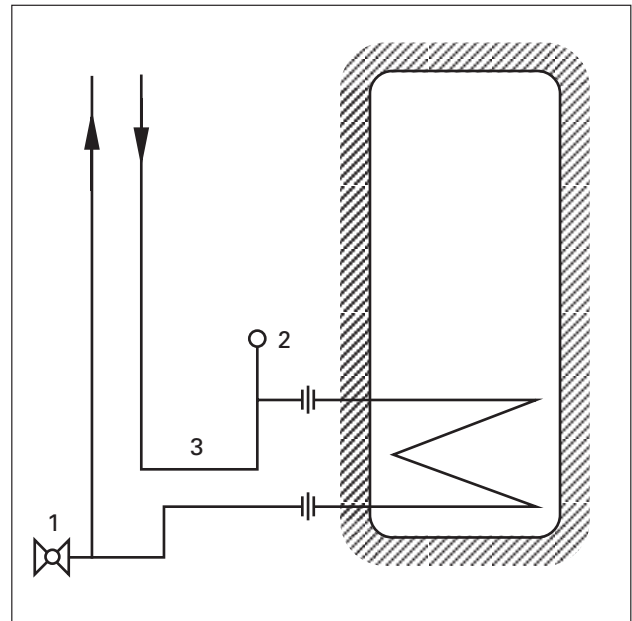
1.2.3 Anschluss des Wärmetauschers im Speicher

Der Wärmetauscher sollte immer im Gegenstromprinzip angeschlossen werden. Beim internen Wärmetauscher (d.h. im Speicher eingebaut), muss die vom Kollektorenfeld kommende Leitung immer am oberen Anschluss angeschlossen sein.

Nicht vergessen!

- Thermosyphon beim Anschluss (speziell bei der Zirkulation im Rohr), kann eine Entladung des Speichers verhindern (3)
- Entleerung am tiefsten Punkt vom Solarkreis (1)
- Entlüftung mit Luftflasche, evtl. mit Nippel und red. Muffe (2).

Anschluss Wärmetauscher



1.2.4 Anschluss des Expansionsgefäßes

Beim Anschluss an das Expansionsgefäß, muss darauf geachtet werden, dass im Normalfall keine heiße Wärmeträgerflüssigkeit in das Gefäß einfließt.

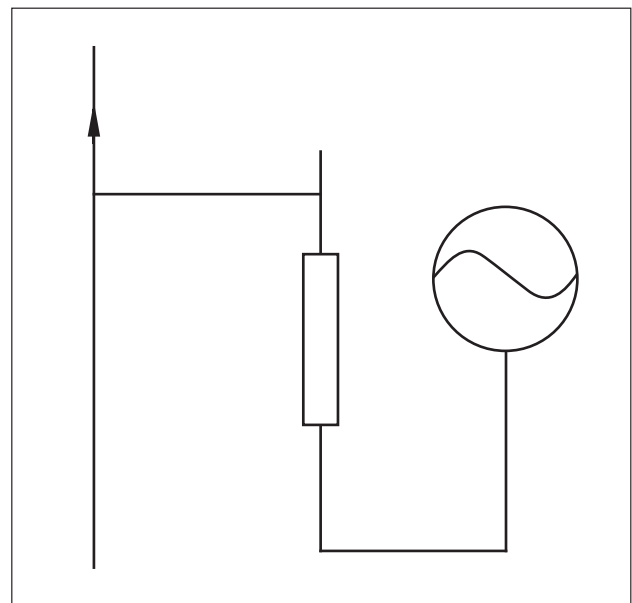
Die Temperaturbeständigkeit des Expansionsgefäßes ist beschränkt.

(Butyl Membrane max. 70 °C)

Abhilfe:

Der Leitungsinhalt vom T-Stück bis zum Gefäß entspricht der normalen Ausdehnungsmenge des Kollektorenkreislaufes (ca. 5 % als Normalfall).

Es kann auch eine Rohrerweiterung oder ein Zwischengefäß eingebaut werden.



Abzweig der Expansion in Pumpen Saugseite einbauen

1.3 Armaturen

1.3.1 Sicherheitsventil

Das Sicherheitsventil ist UNABSTELLBAR zwischen dem Kollektorenfeld und dem Abstellorgan vor der Solargruppe einzubauen.

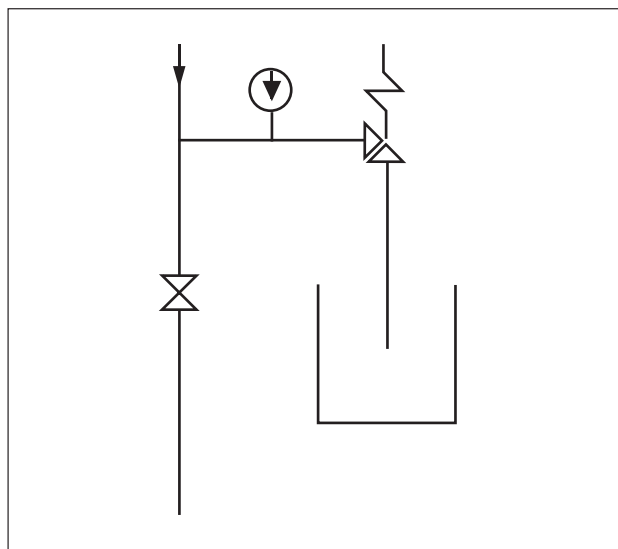
Vom Sicherheitsventil ist eine Leitung in ein Auffanggefäß zu montieren. Dies ermöglicht eine Kontrolle und die Wärmeträgerflüssigkeit kann wieder verwendet werden.

Der Einstelldruck des Sicherheitsventils richtet sich nach der Höhe der Anlage. Siehe Kap. D.

Das Volumen vom Auffanggefäß richtet sich nach der System-Art.

10 % vom Kollektoreninhalt wenn: Die Anlage mit 90 % Glykol/Wassergemisch gefüllt ist.

90 % vom Kollektoreninhalt wenn: Die Anlage mit 35–50 % Glykol/Wassergemisch gefüllt ist und das Expansionsgefäß nur 10 % vom totalen Solarkreisvolumen aufnehmen kann. (Standard)



Sicherheitsventil NIE direkt in einen Ablauf führen

1.3.2 Pumpenmontage

Die Pumpe sollte die Wärmeträgerflüssigkeit immer von UNTEN nach OBEN fördern. Die Luft kann durch den eigenen Auftrieb durch die Pumpe nach oben weg, wodurch die Pumpe die ganze Leistung erbringen kann.



1.3.3 Luft im System

Luftsäcke sind wenn möglich zu vermeiden, da eine bessere Entlüftung der Anlage erreicht wird.

Bei grossen Anlagen, sind Luftflaschen und Lufthahnen bei unumgänglichen Luftsäcken einzubauen.

Lufthahnen so montieren, dass gut entlüftet werden kann (genügend Platz).

1.3.4 Durchflussmesser

Wenn möglich alle Durchflussmesser von unten nach oben einbauen.

Einbauangaben vom Hersteller beachten.

Bei kleineren Anlagen kann auf einen Durchflussmesser verzichtet werden.

Für genaue Messungen, muss der Durchflussmesser dem Wärmeträgermedium angepasst werden.

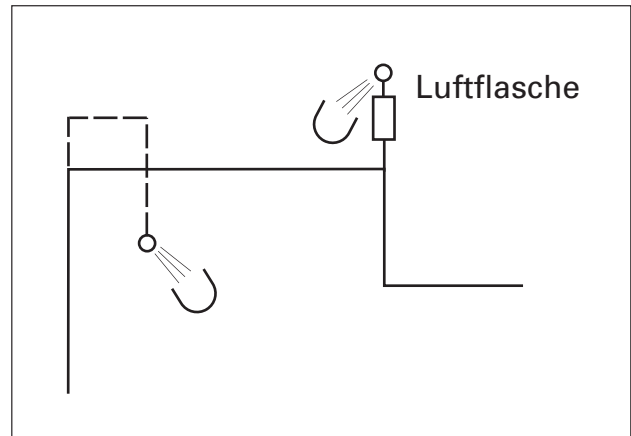
1.4 Speicher

1.4.1 Aufstellen des Speichers

Es muss darauf geachtet werden, dass alle Anschlüsse am Speicher gut zugänglich sind.

Bei Speichern, an welche die Dämmung am Standort montiert wird, muss sie VOR der Verrohrung angebracht werden.

Nach der Dämmung muss der Speicher noch verschoben werden. Bei der Raumaufteilung daran denken (Platzbedarf zum Verschieben).

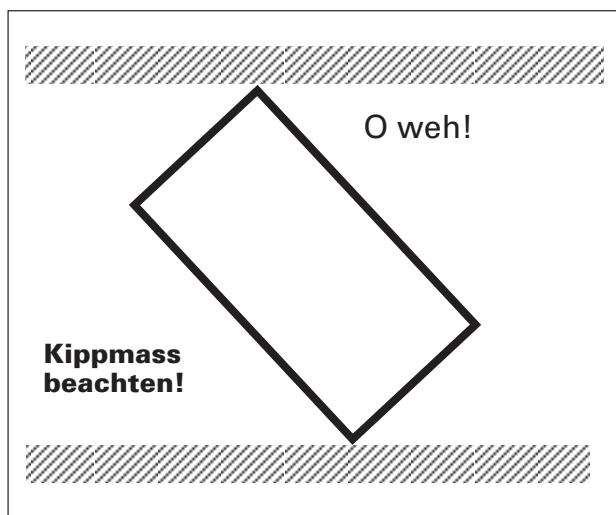


Speicher wenn möglich dort platzieren, wo die Abwärme wieder dem Gebäude als Nutzwärme dient, z.B. in Waschküchen, Trockenräumen, Bastelräumen usw.

1.4.2 Einbringen im Neu- und Umbau

Folgende Punkte sind beim Einbringen resp. bei der PLANUNG wichtig:

- Zufahrtsweg mit dem Auto
- Messen der:
 - Türen
 - Treppenhäusern
 - Raumhöhen
- Kippmasse müssen zum Aufstellen des Speichers berücksichtigt werden (speziell im Umbau)
- Sind schlechte Voraussetzungen gegeben, z.B. kleine Türen, ist eine Platzschweissung des Speichers notwendig.



1.5 Füllstation

Siehe Kapitel G2 Inbetriebnahme 2.2.2.

1.6 Fühlermontage

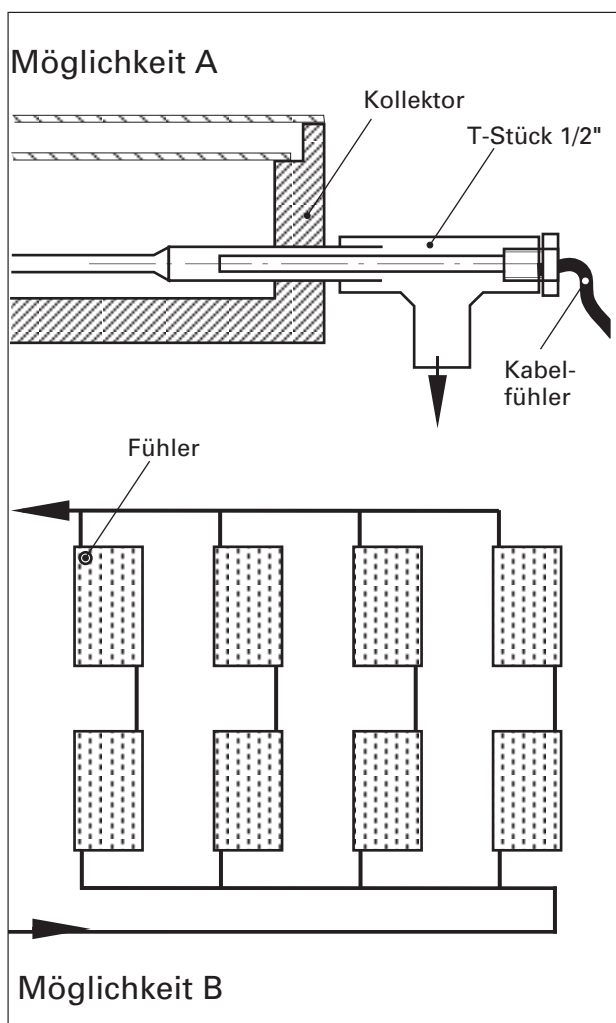
1.6.1 Fühler bei den Kollektoren

Der Fühler muss so angebracht werden, dass der heisseste Punkt gemessen wird.

Möglichkeit A: In der Ausgangsseite eines Kollektors.

Möglichkeit B: Auf der Rückseite des Kollektorenabsorbers.

Vorsicht! Bei evtl. Teilbeschattung von einem Kollektor.

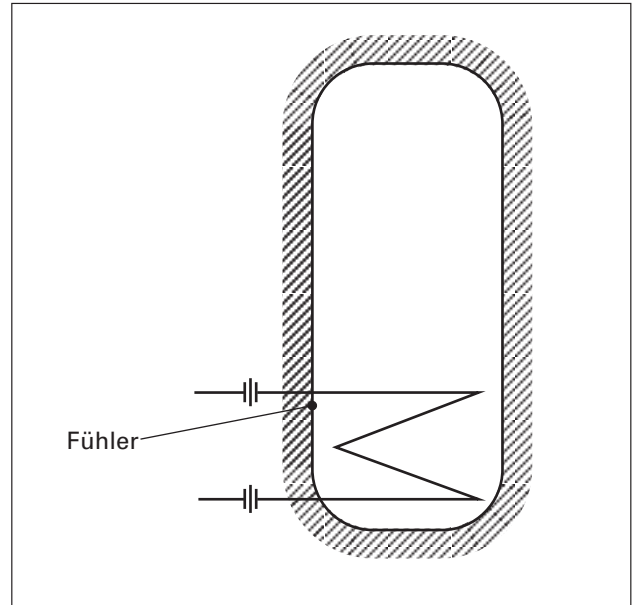


1.6.2 Fühler beim Speicher

Es können Tauchfühler, als auch Anlegefühler eingesetzt werden.

Der Fühler beim Speicher sollte etwa über der Mitte des Wärmetauschers angebracht werden.

Positionierung des Temperaturfühlers



1.6.3 Fühler-Montage allgemein

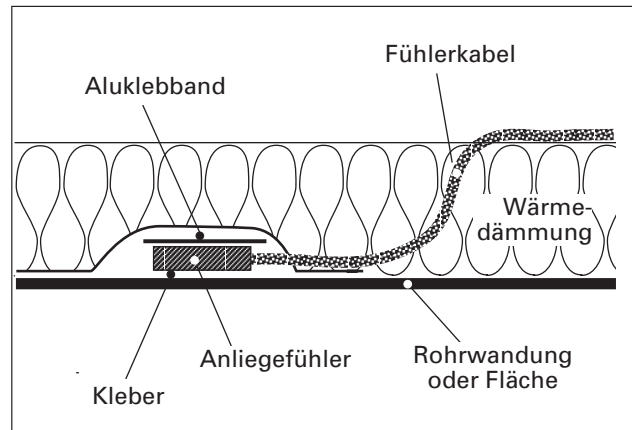
Alle Fühler müssen so montiert werden, dass die äusseren Temperaturen den Fühler nicht beeinflussen.

Fühler also IMMER unter der Dämmung montieren.

Anlegefühler am besten mit 2-Komponenten-Kleber plus Alu-Klebeband montieren.

Die Lieferung der Fühler ist meistens in der Regelung enthalten.

Beispiel Anlegefühler



1.7 Wasseranschlüsse

Diese müssen grundsätzlich den gültigen Normen entsprechen.

1.7.1 Warmwasseranschluss

Es ist sinnvoll, ein Thermosyphon beim Anschluss einzubauen. Die interne Zirkulation wird dadurch verhindert.

Es ist notwendig, ein Mischventil in der Warmwasserleitung einzubauen. Das Wasser kann im Sommer bei zu kleinem Verbrauch, speziell bei Anlagen mit Heizungsunterstützung, auf 80 bis 90°C erwärmt werden.

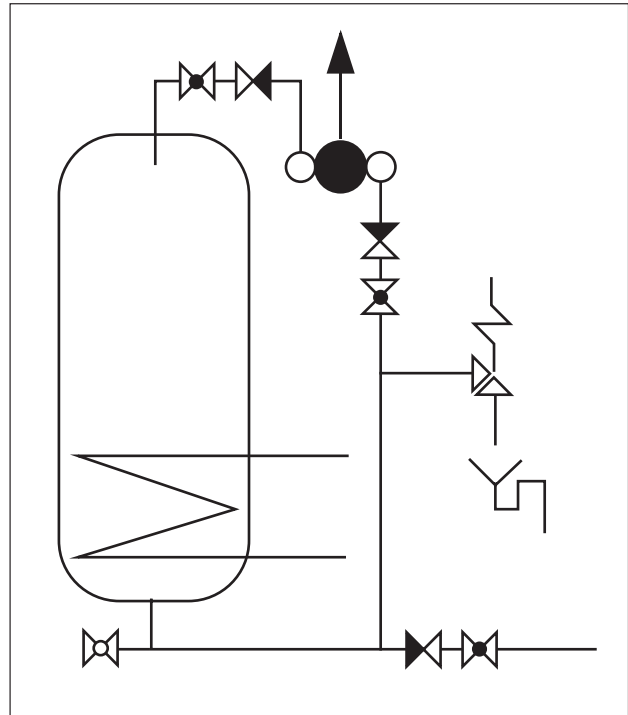
Durch das Mischventil werden Verbrühungsgefahren ausgeschaltet.

1.8 Allgemeine Richtlinien

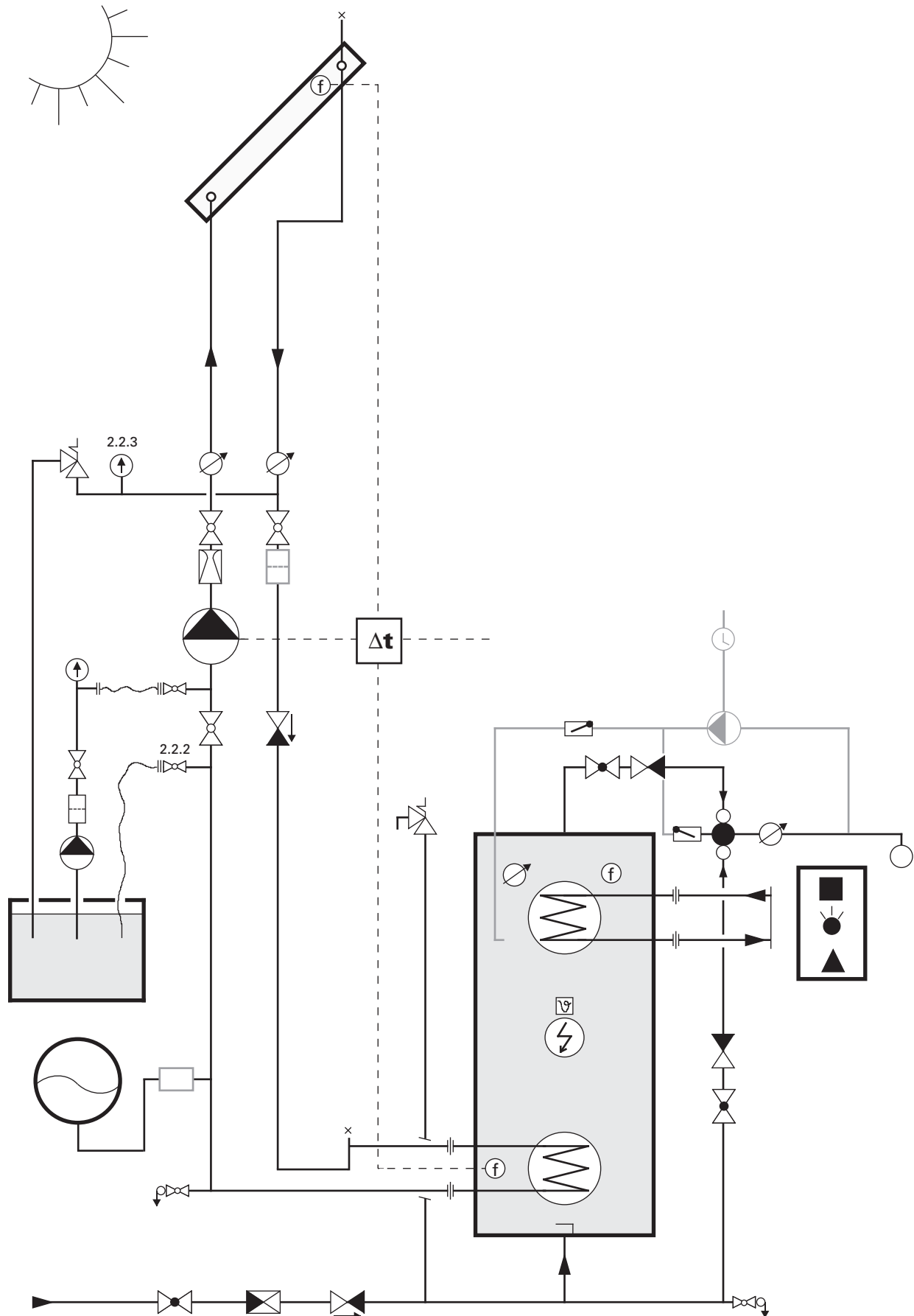
Allen beruflichen Richtlinien und offiziellen Vorschriften sind in jedem Fall Rechnung zu tragen und zu befolgen.

Allgemeine Richtlinien:

- z.B.– W3-Leitsätze für Wasserinstallationen
 - SN 5S2 000 Liegenschaftsentwässerung
 - Energiegesetz.



Inbetriebnahme der Installation



2 Inbetriebnahme der Installation

2.1 Inbetriebnahme

Die Inbetriebnahme sollte so schnell als möglich nach Beendigung aller Arbeiten erfolgen.

Nach der Inbetriebnahme soll die Anlage in Betrieb bleiben.

Wenn eine Anlage in Betrieb genommen wird, ist zu beachten, dass folgende Arbeiten abgeschlossen sind:

- Kollektorenfeld
- Fühler montiert
- Kollektorkreislauf dicht
- Speicher gefüllt
- Kalt- und Warmwasseranschluss
- Umwälzpumpe angeschlossen
- Drehrichtung der Pumpe kontrolliert
- Regelung und Schwachstrominstallation
- Zusatzenergie gesichert
- alle Entlüfter und Entleerungen geschlossen
- Vor- und Rücklaufleitung NICHT verwechselt
- Expansionsvordruck kontrolliert.

Nach der Inbetriebnahme ist ein Abnahmeprotokoll zu erstellen (2.3.1).

Kann eine Anlage NICHT in Betrieb bleiben, ist es besser, mit dem Füllen abzuwarten.



Es ist von Vorteil, wenn bei der Inbetriebnahme der Elektriker dabei sein kann oder aber schnell erreichbar ist.

Zu kontrollieren ist:

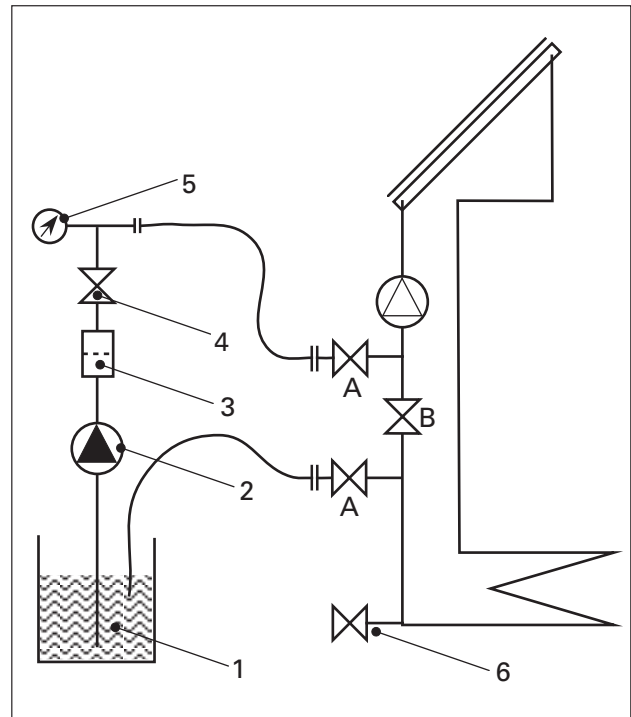
- Sind die Fühler des Kollektorenfeldes und des Speichers in der Regelung angeschlossen?
- Ist die Regelung richtig eingestellt?
- Ist die Zusatzenergie (Elektrizität) gesichert?

2.2.1 Spülen der Anlage

Das Spülen einer Anlage ist sehr **WICHTIG**. Schmutzpartikel in einer Anlage können Störungen verursachen!

- Der Volumenstrom wird beeinträchtigt.
- Ein undichtes Rückschlagventil kann zu einer Rückkühlung des Speichers führen.
- Spülen immer mit einem Filter, wie in Bild ersichtlich ist.

Eine Anlage kann mit Wasser oder mit dem richtigen Glykolegemisch gespült werden. Wird eine Anlage mit Wasser gespült, so kann es Schwierigkeiten geben, bis das gewünschte Glykolegemisch beim Füllen erreicht werden kann. Die Kollektoren können nach dem Spülen meistens **NICHT** vollständig entleert werden, d.h. die verbleibende Wassermenge im System ist nicht bekannt, dadurch ist eine genaue Dosierung von Wasser und Glykol nicht mehr möglich. Wenn mit Wasser gespült wird, kann der Rücklauf über die Entleerung direkt in einen Ablauf geführt werden!



- | | |
|-------------|---------------|
| 1 Gefäß | 2 Jet-Pumpe |
| 3 Filter | 4 Kugelhähnen |
| 5 Manometer | 6 Entleerung |

A = offen B = zu

Wichtig:

- **So lange spülen, bis die Flüssigkeit sauber zurückkommt.**
- **Druck NICHT über 3 bar.**
- **Filter VOR dem Spülen reinigen.**

2.1.2 Druckprobe

Die Druckprobe erfolgt am besten im Anschluss an das Spülen.

- Mit dem gleichen Medium wie beim Spülen.
- Der Druck darf während min. einer halben Stunde nicht abfallen.
- **Druckprobe nicht bei Sonneneinstrahlung** vornehmen, sonst aber die Kollektoren abdecken.

Druck:

- **Maximum 2.0 bar bei den Kollektoren**
- **Lieferant der Kollektoren anfragen.**

2.2 Füllen der Anlage

Anlage nur füllen, wenn sie in Betrieb genommen werden kann.

Vorarbeiten:

- Kontrolle ob Pumpe läuft, wenn diese von Hand eingeschaltet wird.
- Anlage spülen.
- Der Pumpenfilter muss gereinigt sein.
- Alle Entlüfter und Entleerungen schliessen.
- Wärmeträgerflüssigkeit bereitstellen.
- Jet-Pumpe und zwei Füllschläuche bereitstellen. (Transparente Schläuche verwenden)
- Der Speicher muss GEFÜLLT sein.
- Die Sanitär-Anschlüsse müssen alle fertig erstellt sein.

Anlage nur füllen, **wenn die Sonne nicht auf das Kollektorenfeld scheint**. Am besten am Morgen oder am Abend. Bei vollem Sonnenschein verdampft die Wärmeträgerflüssigkeit am Anfang in den Kollektoren!

2.2.1 Wärmeträgerflüssigkeit

Die Menge der Wärmeträgerflüssigkeit zuerst berechnen (siehe Kap. D).

- Inhalt der Kollektoren
- Inhalt der Leitungen
- Inhalt des Wärmetauschers
- Inhalt des evtl. Vorgefässes.

Das Mischverhältnis der Wärmeträgerflüssigkeit festlegen (wird meistens vom Kollektorenlieferanten bestimmt).

Das Mischen der Wärmeträgerflüssigkeit erfolgt am besten wenn bei kleineren Anlagen:

- ein Behälter, welcher den ganzen Inhalt der Anlage aufnimmt, bereitgestellt wird
- als erstes das Glykol (z.B. 50 % vom Anlageinhalt) in den Behälter gegossen wird
- als zweites das Wasser dazugeben und immer wieder mit dem Messgerät kontrollieren, bis das gewünschte Mischverhältnis erreicht ist.

Bei grösseren Anlagen kann dieser Vorgang wiederholt werden (z.B. zweimal genau die Hälfte vom Anlageinhalt).

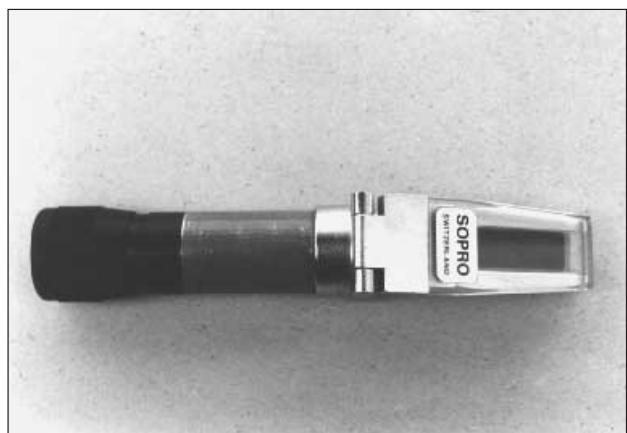
Hinweis:

Das Glykol und das Wasser vermischt sich in der Anlage sehr schwer, wenn nur mit der Umwälzpumpe gemischt wird.

Mischverhältnisse:

Heute werden in der Regel 3 verschiedene Mischverhältnisse angegeben:

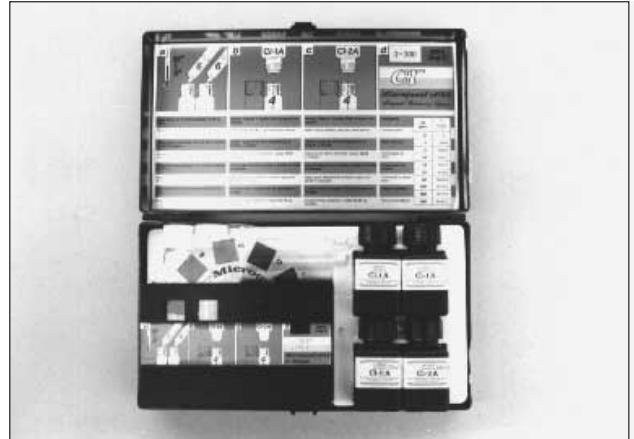
35 % Glykol	65 % Wasser
50 % "	50 % "
90 % "	10 % "



Wichtig:
Verschiedene Glykolarten dürfen NICHT miteinander vermischt werden.

Chloridgehalt:

Das Wasser ist auf Chloridgehalt zu messen. Weist das Wasser zuviel Chlorid auf (über 5 mg/l) empfiehlt es sich, anderes Wasser (z.B. von einem anderen Ort) oder entmineralisiertes Wasser zu nehmen. Kollektorzulieferant anfragen!



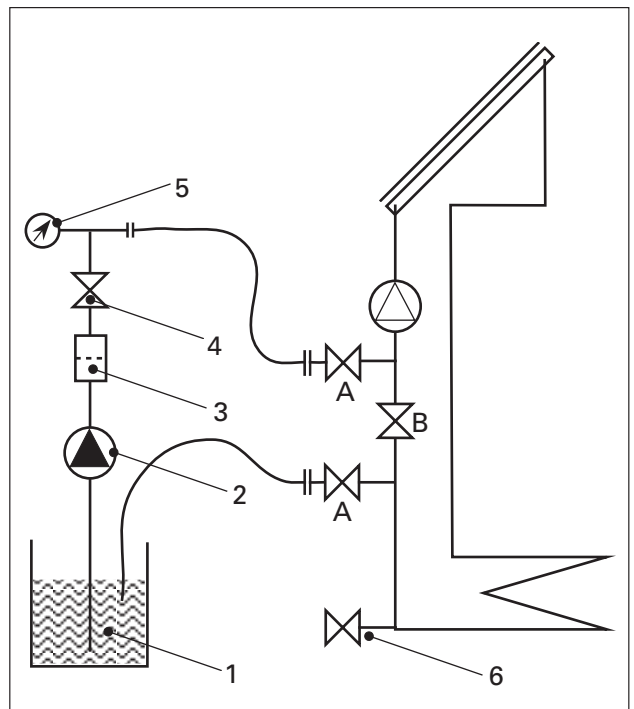
2.2.2 Füllen und Entlüften

Wird das Spülen mit dem gewünschten Glykolgemisch vorgenommen, ist das Füllen der Anlage sehr einfach.

Man spart auch Arbeitszeit, da die Spül- und Füllvorrichtung nur einmal eingerichtet werden muss. Die Füllvorrichtung ist genau gleich wie beim Spülen.

Vorgehen:

- Alle Kontroll- und Vorarbeiten durchführen.
- Alle Ventile in die richtige Stellung bringen.
- Wärmeträgerflüssigkeit fertig gemischt in einem Gefäß bereitstellen.
- Jet-Pumpe in Betrieb nehmen und Anlage füllen.
- Jet-Pumpe so lange laufen lassen, bis keine Luft mehr vom System zurückkommt. (Unbedingt transparente Schläuche verwenden.)
- Damit KEINE Luft angesogen wird, wenn nötig, früh genug Wärmeträgerflüssigkeit in das Gefäß nachfüllen.
- Ventile schliessen, Jet-Pumpe abstellen und GUT entlüften.



- | | |
|---------------------|----------------|
| 1. Gefäß | 2. Jet-Pumpe |
| 3. Filter | 4. Kugelhahnen |
| 5. Manometer | 6. Entleerung |
| A = offen B = zu | |

Wichtig:

- **Nicht bei Sonnenschein füllen.**
- **Druck nicht zu hoch, siehe 2.2.3.**
- **Gut entlüften!**

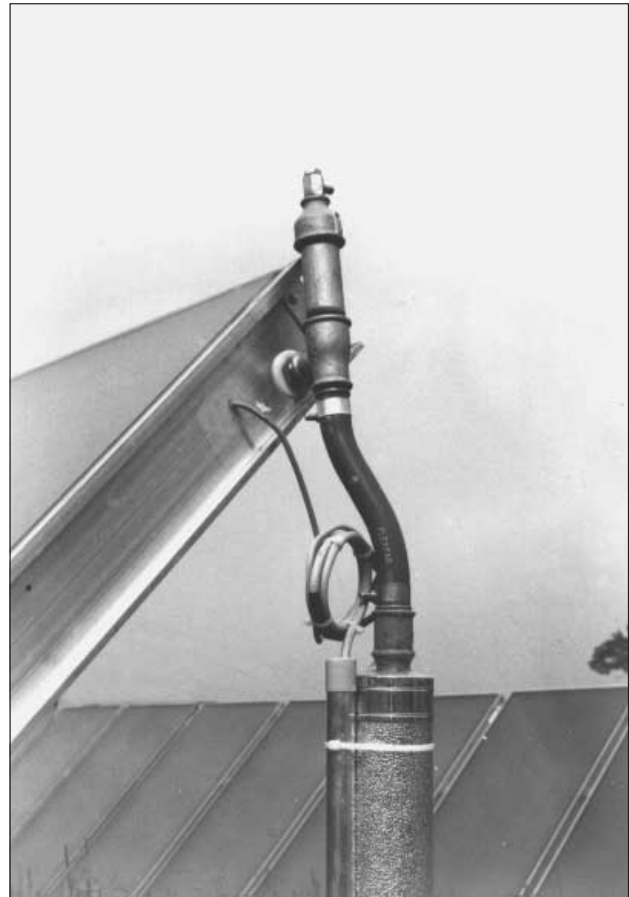
- Wenn der Druck beim Entlüften zu stark abfällt, wieder Wärmeträgerflüssigkeit nachfüllen.
- Umwälzpumpe EINSCHALTEN und ca. 15 min. laufen lassen.
- Pumpe wieder abstellen und noch einmal kurz entlüften.
- Bei der Umwälzpumpe richtige Drehzahl einstellen (wenn Pumpe regulierbar ist).

Wenn die Arbeiten abgeschlossen sind, beim nächsten Sonnenschein die Temperaturdifferenz zwischen den Leitungen zu den Kollektoren und von den Kollektoren kontrollieren.

Die Temperaturdifferenz sollte bei 5–12 K liegen.

Kontrolle:

- Umwälzpumpe auf Automatik stellen.
- Wenn die Regelung noch nicht in Betrieb ist, Umwälzpumpe von Hand EINSCHALTEN, wenn nötig mit Provisorium.
- Bei Sonneneinstrahlung Temperaturdifferenz kontrollieren.



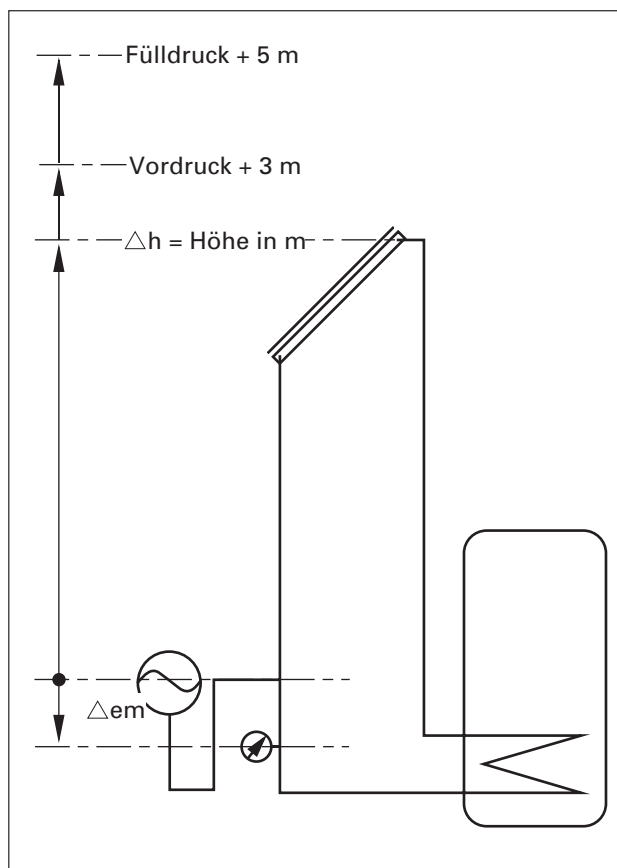
2.2.3 Betriebsdruck

Nach dem Füllen der Anlage, muss der Betriebsdruck richtig eingestellt werden.

Der Betriebsdruck ist nach den Berechnungen und nach dem Vordruck am Expansionsgefäß aufzubauen.

Ist der Betriebsdruck zu hoch, kann das Expansionsgefäß die nötige Ausdehnungsmenge nicht mehr aufnehmen.

Bei hohen Temperaturen gibt es einen Wärmeträgerverlust über das Sicherheitsventil. Die Anlage muss wieder nachgefüllt werden.



Vordruck im Expansionsgefäß:
Höhe Δh in m +3 m

Fülldruck im Kollektorenkreis:
Höhe Δh in m +5 m

Ist Δem grösser als 1 m, muss diese Höhe zu Δh zugeschlagen werden.

2.3 Kontrollen

Nach der Inbetriebnahme sind diverse Kontrollen durchzuführen. Am besten werden diese Kontrollen nach einigen Betriebstagen durchgeführt.

Es wird empfohlen, nach einer Checkliste vorzugehen. (Siehe nächste Seite)

Diese Checkliste kann auch als Abnahmeprotokoll verwendet werden.

Wichtig:
Immer ein Abnahmeprotokoll mit Unterschriften des Bauherrn und Unternehmers erstellen (siehe 2.3.1).

2.3.1 Checkliste/Protokoll

Inbetriebnahme und Übergabe

Anlage: Name _____
 Adresse _____
 Datum: Der Inbetriebnahme _____

Füllen der Anlage am _____

– Wärmeträgermedium, Produkt _____
 – Einfüllmenge in Liter Gemisch in % _____
 – pH-Wert Chloridgehalt ppm _____
 – Vordruck am Expansionsgefäß in bar/od m WS _____
 – Fülldruck in bar/od m WS _____
 – Öffnungsdruck vom Sicherheitsventil in bar _____

Pumpe

– Drehrichtung kontrolliert Drehzahl auf Stufe _____
 – Volumenstrom in L/h (wenn Kontrolle möglich) _____

Temperaturen

– Bei Sonneneinstrahlung, Leitung von den Kollektoren in °C _____, zu den Kollektoren in °C _____
 – Eingestellte Temp. Differenz, Koll./Speicher in °C für die Pumpenregelung _____
 – Funktionskontrolle der Regelung _____
 – Eingestellte Temperatur für die Zusatzenergie in °C _____

Zustand der Anlage

– Die Anlage ist Dicht _____
 – Die Anlage ist vollständig _____

Nötige Nacharbeiten

Das Werk gilt als «abgenommen» JA / NEIN _____

Evtl. Mängel und Nacharbeiten werden bis am _____ erledigt _____

Ort Datum _____

Der Unternehmer: Der Bauherr: _____

2.3.2 Anlagebeschriftung

In der Praxis hat es sich gezeigt, dass für den Anlagebetreiber ein Anlagebeschriftung oder ein Betriebsschema von grossem Nutzen ist.

Dieser Anlagebeschriftung sollte umfassen:

- Funktionsbeschriftung im generellen.
- Prinzipschema.
- Angaben über die Funktion der Steuerung.
- Wichtige Angaben für Benutzer.
- Druckangaben vom Solarkreislauf.

Alle Erklärungen und Funktionsbeschreibungen müssen einfach und verständlich sein.

Wichtig im Anlagebeschriftung:

- **NIE Wasser in die Solar-Anlage einfüllen! (Frostgefahr)**
- **Solaranlage NICHT bei Sonnenschein stilllegen oder ausschalten.**
- **Bei Funktionsstörungen sofort dem Installateur Meldung erstatten.**



Betriebsschema

Inbetriebnahme

Datum _____

Fülldruck in bar/od. m WS _____

Nachfüllen, wenn der Druck

im kalten Zustand unter _____ bar/od. m WS fällt

Frostschutz, Produkt _____

Menge _____ in L, Gemisch in % _____

Wichtig

- In den Solarkreislauf darf KEIN stark chloridhaltiges Wasser eingefüllt werden.
- NIE nur Wasser nachfüllen, Frostgefahr.
- Bei FERIENABWESENHEIT NIE Regelung oder Strom abstellen.
- STROMAUSFALL: Bei Stromausfall und Sonneneinstrahlung, kann es in den Kollektoren zu einer Überhitzung kommen. Findet dadurch ein Ablassen vom Überdruck durch das Sicherheitsventil statt, muss die Anlage durch den Installateur nachgefüllt werden.

Service und Unterhalt

Ihre Solaranlage ist sanfte Technologie.

Wie jedes technische Gerät, braucht sie Wartung und Unterhalt.

Dafür kann der Fachmann ein Service-Abonnement anbieten.

Arbeitsweise der Steuerung

Die SOLARANLAGE arbeitet, wenn das Kollektorenfeld wärmer ist als der Speicher unten.

Die HEIZUNGSPUMPE (Ladepumpe) arbeitet, wenn der Speicher im oberen Bereich kälter als 50 °C geworden ist.

Der BRENNER schaltet ein, wenn der Speicher oben kälter als 50 °C geworden ist.

Bedienung der Steuerung

Auf der Steuerung zeigen die Leuchtdioden die erfassten Messwerte an. Sie leuchten, wenn die entsprechenden Werte erfüllt sind.

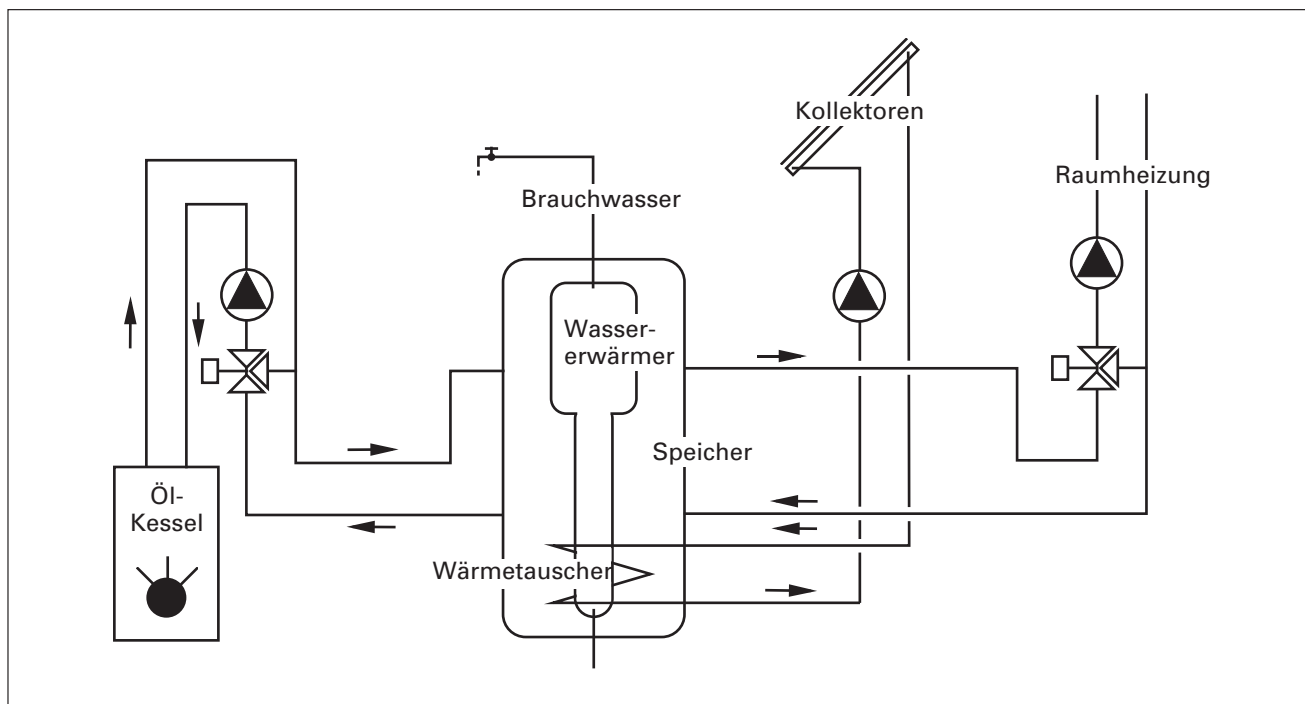
a Kollektorenfeld wärmer als Speicher unten

b Speicher mitte wärmer als 50 °C

c Speicher unten wärmer als 80 °C

Die Kippschalter stehen normalerweise alle auf AUTOMATISCH.

Wenn der Ölbrenner im Sommer auf keinen Fall einschalten soll, kann der Kippschalter (Brenner) auf AUS gestellt werden.



2.3.3 Überhitzung in der Anlage

Eine Überhitzung im Speicher kann entstehen wenn:

- der Speicher zu klein bemessen ist
- das Kollektorenfeld gegenüber dem Warmwasserverbrauch zu gross ist
- wegen Ferienabwesenheit kein oder zu wenig Warmwasser verbraucht wird
- bei Anlagen für Warmwasser und Heizungsunterstützung
- bei Stromausfall oder defekter Umwälzpumpe.

Massnahmen gegen die Überhitzung

In der Praxis können verschiedene Massnahmen gegen eine Überhitzung getroffen werden.

Möglichkeit 1

Der Speicher wird am Abend im unteren Bereich so weit abgekühlt, dass die anfallende Energie vom nächsten Tag wieder aufgenommen werden kann. Dieser Vorgang wird von der Regelung automatisch überwacht.

Möglichkeit 2

(Expansionsgefäss Methode C, Kap. D)

Das Wasser/Glykolkemisch wird so hoch angesetzt (10 % Wasser, 90 % Glykol), dass die Umwälzpumpe z.B. bei 90 °C im Speicher ausgeschaltet werden kann. Durch den hohen Glykolgehalt verdampft die Wärmeträgerflüssigkeit erst bei sehr hohen Temperaturen (z.B. wenn Druck 2 bar bei ca. 180 °C). Die Pumpe wird automatisch von der Regelung ausgeschaltet.

Möglichkeit 3

Das Expansionsgefäss wird so gross ausgelegt, dass es das ganze Volumen vom Kollektorenfeld (100 %) aufnehmen kann, plus 10 % vom Leitungsinhalt.

Möglichkeit 4

(Expansionsgefäss Methode B, Kap. D)

Die überschüssige Wärme wird abgeführt, z.B.:

- in ein Schwimmbad
- mit einer thermischen Übertemperatursicherung in einen Ablauf.

Allgemeines

Am besten ist es, wenn KEINE überschüssige Wärme produziert wird.

Denke an die Wirtschaftlichkeit einer Solaranlage!

In Schul- und Sporthallen ist der Überhitzung spezielle Achtung zu schenken.

Alle möglichen Warmwasserverbraucher anschliessen, wie Geschirrspülautomat oder Waschautomat.

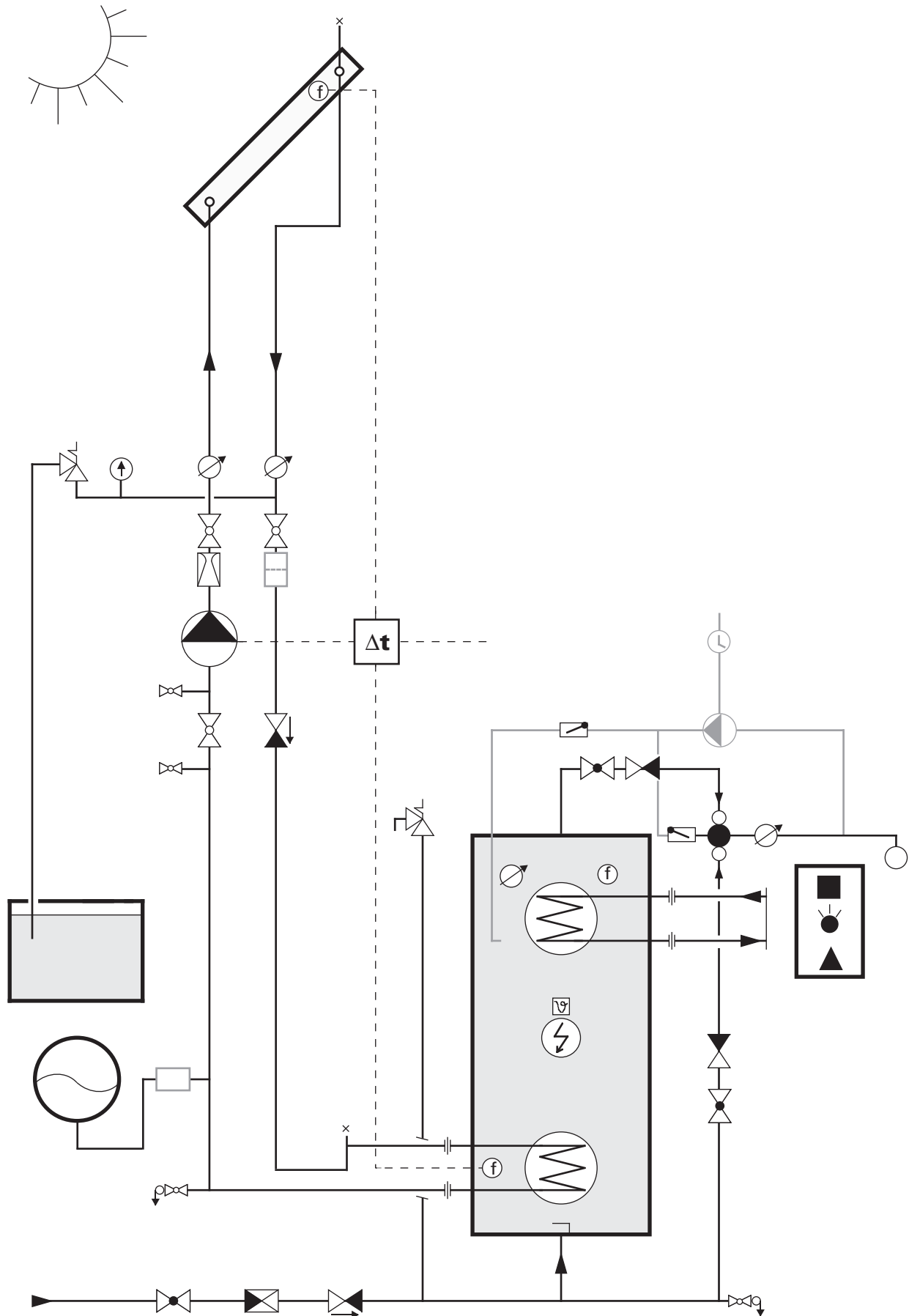
Die Umwälzpumpe wird am Abend automatisch eingeschaltet, wenn der Speicher unten z.B. über 80 °C warm ist. Sie schaltet wieder ab, wenn die Temperatur z.B. 78 °C unterschreitet.

Bei solchen Anlagen ist es sehr wichtig, dass das Expansionsgefäss 15 % vom Volumen des Kollektorenkreislaufs aufnehmen kann.

Eine thermische Übertemperatursicherung ist wenn möglich zu umgehen!
Ist sehr unwirtschaftlich!

Diese Problematik kann auch mit dem Kollektorenlieferanten besprochen werden.

Wartung der Installation



3 Wartung der Installation

3.1 Wartung

Unter der Wartung einer Anlage wird eine periodische Kontrolle einiger Komponenten verstanden. Eine Wartung zeigt auf, ob die Anlage einwandfrei funktioniert und somit effizient arbeiten kann.

Eine Wartung durch den Installateur kann z.B. alle 2–4 Jahre erfolgen.

3.1.1 Routinekontrollen

Diese Kontrollen dienen dem Anlagebetreuer dazu, eventuelle Unregelmäßigkeiten oder Fehler sofort zu entdecken.

Treten Unregelmäßigkeiten oder Fehler auf, ist der Installateur zu benachrichtigen.

Die Routinekontrolle durch den Anlagebetreiber kann z.B. alle 30 Tage erfolgen.

Eine Routinekontrolle umfasst:

- Kontrolle, ob der Druck im Toleranzbereich liegt (siehe Betriebsschema)
- ob die Pumpe bei starker Sonneneinstrahlung in Betrieb ist
- ob bei Stillstand der Pumpe (bei schlechtem Wetter oder in der Nacht), die Leitungen im Kollektorenkreislauf die gleichen Temperaturen aufweisen.

**Wenn der Druck UNTER den Toleranzbereich fällt, darf der Anlagebetreiber KEIN WASSER nachfüllen.
FROSTGEFAHR!**

3.1.2 Periodische Kontrolle

Diese Kontrolle wird durch den Installateur durchgeführt. Es könnte mit dem Anlagenbesitzer ein Wartungsvertrag abgeschlossen werden, worin die Leistungen der Kontrolle aufgeführt sind.

Es ist zu empfehlen, sämtliche Messungen, Wartungsarbeiten und Kontrollen in einem Anlage-Journal festzuhalten.



3.1.3 Checkliste/Protokoll

Periodische Kontrolle

Anlage	Name
	Adresse
Datum	Der Kontrolle

Druck

– Vordruck im Expansionsgefäß	in bar / od. m WS
– Fülldruck	in bar od. m WS bei Temp. °C
– Ansprechdruck vom Sicherheitsventil	in bar

Wärmeträgermedium

– Gemisch in %	pH-Wert
– Chloridgehalt in ppm	

Pumpe

– Volumenstrom in L/h (wenn Durchflussmesser eingebaut ist)
– Laufgeräusche

Temperaturen

– Bei Stillstand der Pumpe sollten die Thermometer im Sonnenkreislauf die gleichen Werte angeben.		
Temperatur zu Koll. in °C	von Koll. in °C	
– Temperaturen der Thermometer in der Nacht oder bei schlechtem Wetter		
Temperatur zu Koll. in °C	von Koll. in °C	
– Bei Betrieb der Pumpe und Sonneneinstrahlung		
Temperatur zu Koll. in °C	von Koll. in °C	
– Schichtung im Speicher		
Thermometer in °C oben	Mitte	unten

Kollektoren

– Glas alles ganz	Ja	Nein
– Kondensat	Ja	Nein

Entlüften

– Anlage ganz entlüften	Ja
-------------------------	----

Bemerkungen:

Ort und Datum

Der Unternehmer	Der Anlagebesitzer
-----------------	--------------------

3.1.4 Stillstand der Anlage

Wenn die Anlage bei Sonneneinstrahlung durch einen Ausfall der Umwälzpumpe zum Stillstand kommt, kann es je nach Anlagentyp zu folgenden Problemen führen:

- Das Wärmeträgermedium in den Kollektoren kann verdampfen
- Das Sicherheitsventil lässt durch den Überdruck zu viel Wärmeträgerflüssigkeit ab
- In der Anlage ist dadurch zu wenig Druck, wenn das Wärmeträgermedium wieder abgekühlt ist

Wenn die Anlage für längere Zeit stillgelegt wird, ist es empfehlenswert, sie NICHT zu entleeren.

Anlage-Stillstand durch:

- Stromunterbruch
- Pumpe defekt
- Luft im System
- Regelung defekt.

Massnahmen:

- Wenn der Stromunterbruch angekündigt wird, evtl. Kollektoren abdecken.
- Grosses Gefäss (mindestens den Inhalt der Kollektoren) unter das Sicherheitsventil stellen.
- Anlage evtl. wieder füllen und entlüften.

3.1.5 Nachfüllen der Anlage

Muss der Anlage Wärmeträgermedium nachgefüllt werden, ist folgendes zu berücksichtigen:

- Immer die gleiche Wärmeträgerflüssigkeit einfüllen
- Das Gemisch muss wieder dem Anlagensystem entsprechen.
- Die ganze Anlage muss evtl. neu entlüftet werden
- Wärmeträgermedium evtl. zur Kontrolle an Lieferant einsenden.



3.1.6 Funktionsfehler

Bei Funktionsfehlern in der Anlage ist es wichtig, dass systematisch vorgegangen wird, um den Fehler zu finden.

Pumpe läuft nicht an:

- Regelung und Fühler prüfen, evtl. kein Impuls.
- Pumpe ist defekt.
- Sicherungselement prüfen.
- Pumpe ist «verhockt».

Regelung:

Eventuell Lieferant der Steuerung oder Elektriker beiziehen.

Speicher kühlt sich zu stark ab:

- Dämmung auf Kältebrücken kontrollieren.
- Rückkühlung in der Nacht durch den Kollektorenkreislauf.
- Warmwasserzirkulation ist in der Nacht nicht ausgeschaltet.
- Schwerkraftzirkulation über die Heizung im Sommer (Schieber schliessen).

Zu hohe Temperaturdifferenz im Kollektorenkreislauf:

- Volumenstrom ist zu klein.
- Kollektorenkreislauf verstopft.
- Luft im System.

Zu hohe Temperaturen im Speicher:

- Rückkühlung über die Kollektoren kontrollieren.
- Speichervolumen zu klein im Verhältnis zum Kollektorenfeld.

Pumpe schaltet dauernd ein und aus:

- Ein- und Ausschaltpunkt liegen zu nahe beisammen (zu kleine Hysterese). Hysterese vergrößern.

Kondensat in den Kollektoren:

- Evtl. fehlt eine Hinterlüftung der Kollektoren.
- Der Kollektor kann zu wenig atmen.
- Das Kollektorenfeld weist eine zu kleine Neigung auf.
- Bei Regen dringt Wasser ein (Kapillarwirkung bei Spalten).

Rückkühlung:

- Thermosiphon ist zu klein.
- Rückschlagventil ist undicht.
- Rückschlagventil fehlt.

Volumenstrom:

- Evtl. Durchflussmesser einbauen.
- Ganzes Leitungssystem gut durchspülen.
- Pumpendaten überprüfen.

Hohe Temperatur:

- Evtl. Thermoablaufsicherung nachträglich einbauen.

Pumpe:

- Eventuell Elektriker beiziehen.

Kondensat:

- Kollektoren-Lieferant beiziehen.

H Anhang

Anhang 1

1.1 Beispiel Testkollektor	180
1.2 Warmwasserbedarf	187
1.3 Werkstoffe, Druckrohre Kupfer	188
1.4 Werkstoffe, Druckrohre Stahl	189
1.5 Rohrweitenbestimmung Einzelwiderstände	190
1.6 Rohrweitenbestimmung Druckverlust Kupferrohre, Glykol 35 %	191
1.7 Rohrweitenbestimmung Druckverlust Stahlrohre, Glykol 35 %	191
1.8 Rohrweitenbestimmung Druckverlust Kupferrohre, Glykol 50 %	192
1.9 Rohrweitenbestimmung Druckverlust Stahlrohre, Glykol 50 %	192
1.10 Rohrweitenbestimmung Druckverlust Kupferrohre, Glykol 90 %	193
1.11 Rohrweitenbestimmung Druckverlust Stahlrohre, Glykol 90 %	193
1.12 Größenbestimmung Expansionsgefäß	194
1.13 Wärmeabgabe Kupferrohr gedämmt	195
1.14 Wärmeabgabe Stahlrohr gedämmt	196
1.15 Antifrogen L – Frostsicherheit mit Wassermischungen	197
1.16 Antifrogen L – Dichte mit Wassermischungen	198
1.17 Antifrogen L – Relativer Druckverlust	199
1.18 Antifrogen L – Spezifische Wärme	200
1.19 Isobare Siedelinie	201

Anhang 2

2.1 Finanzielle Aspekte	202
2.2 Wirtschaftlichkeit	203
2.3 Wirtschaftlichkeitsberechnungen Annuitätenfaktor	204
2.4 Wirtschaftlichkeitsberechnungen Mittelwertfaktor	205

Anhang 3

3.1 Arbeitssicherheit	206
3.2 Literaturverzeichnis	211

Solarenergie

Prüf- und Forschungsstelle Technikum Rapperswil

Beispieltest

Resultate Messauftrag

Auftraggeber

Firma	:
Abteilung/Kontaktperson	:
Strasse	:
PLZ, Ort	:
Telefon	:
Telefax	:

1. Vorstellung des Kollektors

– Kollektorhersteller	:
– Typenbezeichnung	:
– Herstellungsdatum	:
– Serienprodukt (Angabe wenn Prototyp)	:
– Endverkaufspreis (1992) (Preis für den Bauherrn pro m ² Absorberfläche bei einer Liefermenge von ca. 10 m ² ohne Montage)	:
– Kollektorbauart	:
– Absorberfläche	:
– Absorberdimensionen	:
– Bruttofläche	:
– Bruttodimensionen	:
– Max. Betriebsdruck	:
– Empfohlener Volumenstrom (durch den Kollektor in l/(h*m ²) bezogen auf die Absorberfläche)	:
– Volumenstrom im Test (durch den Kollektor in l/(h*m ²) bezogen auf die Absorberfläche)	:
– Spez. Druckverlust (in Pa/m ² bei 1/3 Ethylenglykol und 2/3 Wasser beim empfohlenen Volumenstrom und 20°C bezogen auf die Absorberfläche)	:

Solarenergie

Prüf- und Forschungsstelle Technikum Rapperswil

2. Aufbau und Materialien

- | | | |
|--|---|---|
| – Abdeckung(en) | – Abdeckungsmaterial(ien) | : |
| | – Abdeckungsdicke(n) | : |
| – Absorber: | – Absorbertyp | : |
| | – Flüssigkeitsinhalt [l/m^2] | : |
| | – Absorbergewicht [kg/m^2] | : |
| | – Absorbermaterial | : |
| | – Absorberbeschichtung | : |
| – Rahmenmaterial(ien) | | : |
| – Isolationsmaterial(ien) und Dicke(n) | | : |
| – Gesamtgewicht ohne Flüssigkeit | | : |
| – Schematische Illustration | | : |

Solarenergie

Prüf- und Forschungsstelle Technikum Rapperswil

3. Messresultate

3.1 Wirkungsgradfunktion

Funktion des Kollektorstufenwirkungsgrades (bezogen auf die Absorberfläche)

$$\eta = C_0 - C_1 * X - C_2 * G_K * X^2$$

$$C_0 = 0.7969 \quad C_1 = 3.89 \quad C_2 = 0.011$$

$$X = (T_m - T_a) / G_K$$

C_0 Kollektor Konstante

C_1 Kollektor Konstante $W / (m^2K)$

C_2 Kollektor Konstante $W / (m^2K^2)$

T_m Mittlere Wärmeträgertemperatur des Kollektors $^{\circ}C$

T_a Umgebungstemperatur $^{\circ}C$

X Charakteristische Variable $(m^2K) / W$

G_K Globale Strahlungsstärke auf die Kollektorebene W/m^2

Wirkungsgrade bei 3 charakteristischen Betriebspunkten:

$$\eta_{CH} = 0.797 \quad [-]$$

$$\eta_{0.05} = 0.580 \quad [-] \quad (\text{Grundlage für } f_k)$$

$$\eta_{0.1} = 0.320 \quad [-]$$

η_{CH} Wirkungsgrad des Kollektors bei $x = 0$ d.h. die mittlere Kollektortemperatur ist gleich der Aussentemperatur

$\eta_{0.05}$ Wirkungsgrad des Kollektors bei $x = 0.05$ d.h. die mittlere Kollektortemperatur liegt z.B. 40 K über der Aussentemperatur und die Globalstrahlung beträgt $800 W/m^2$.

$\eta_{0.1}$ Wirkungsgrad des Kollektors bei $x = 0.1$ d.h. die mittlere Kollektortemperatur liegt z.B. 80 K über der Aussentemperatur und die Globalstrahlung beträgt $800 W/m^2$.

3.2 Winkelfaktor («Incident Angle Modifier»)

Verhältnis der optischen Wirkungsgrade bei senkrechter Einstrahlung in die Kollektorebene und bei 500 Abweichung dazu. Für jeden Kollektor wird der Winkelfaktor für die Abweichung des Anstellwinkels sowie für die Abweichung der Kollektororientierung bestimmt. Weichen sie voneinander ab, werden beide angegeben.

$$K_{CH} = 0.91$$

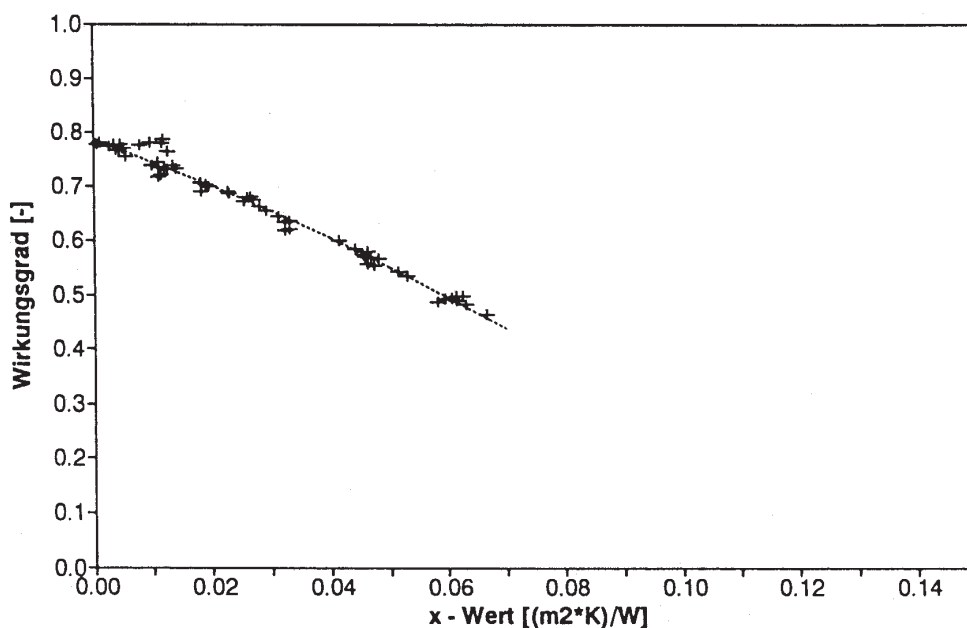
3.3 Das Flächenverhältnis V zwischen Bruttofläche und Absorberfläche

$$V = \frac{\text{Absorberfläche}}{\text{Bruttofläche}} = \frac{1.48 \text{ m}^2}{1.74 \text{ m}^2} = 0.848 \quad [-]$$

Solarenergie Prüf- und Forschungsstelle Technikum Rapperswil

3.4. Grafische Darstellung der Resultate

In Fig.1 ist die Wirkungsgradkennlinie mit den Messpunkten, ohne jahreszeitliche Korrektur, dargestellt. Jeder Messpunkt repräsentiert eine Gruppe von Messwerten. Die mittlere globale Einstrahlung während der Prüfung betrug 1012 W/m^2 .



Die Fig.2 zeigt die jahreszeitlich korrigierten Wirkungsgradkennlinien bezogen auf die Absorber- und die Bruttofläche für die globale Einstrahlung in die Kollektorebene von 800 W/m^2 .

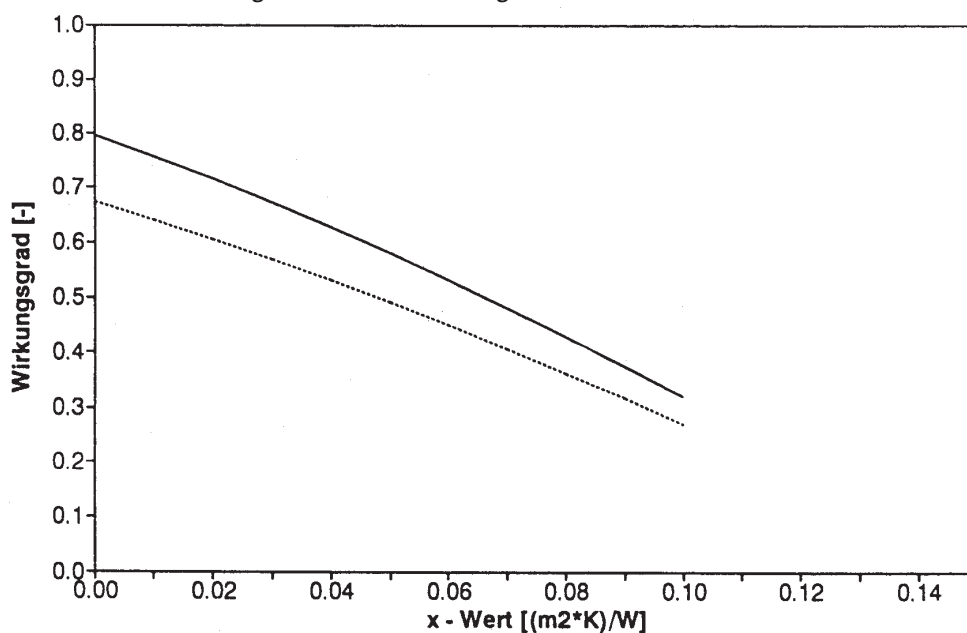


Fig.2: Kurven für Absorberfläche (—) und Bruttofläche (---); Flächenverhältnis $V=0.85$

Solarenergie

Prüf- und Forschungsstelle

Technikum Rapperswil

4.1 BRUTTOWÄRMEERTRÄGE für den STANDORT KLOTEN

Kollektor Parameter : $C_0 = 0.7969 [-]$ $C_1 = 3.890 [W/m^2K]$ $C_2 = 0.0110 [W/m^2K^2]$ $K_{CH} = 0.91 [-]$

Monat	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Juli	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr	%
Global	25.8	45.8	81.3	113.9	155.9	170.3	183.1	137.6	102.0	60.0	28.8	19.0	1123.7	
GK 30°/±0°	35.7	62.5	99.9	126.8	161.8	170.8	187.3	149.4	124.2	80.0	41.2	26.2	1265.9	
BWE (30°C)	8.4	24.0	47.8	70.7	98.6	109.7	124.4	96.1	76.8	41.9	15.3	4.6	718.1	56.7
BWE (40°C)	6.1	19.0	39.7	60.5	86.4	96.5	110.1	84.0	66.5	34.8	11.8	3.1	618.6	48.9
BWE (50°C)	4.3	14.9	32.6	51.5	75.0	84.6	97.1	73.0	57.1	28.8	9.0	2.0	530.0	41.9
BWE (100°C)	0.2	2.2	8.5	18.4	30.2	35.4	41.9	29.2	20.9	7.5	1.0	0.0	195.2	15.4
GK 45°/±0°	38.6	66.7	102.1	124.2	153.1	159.1	176.0	144.5	125.8	84.2	44.5	28.3	1247.2	
BWE (30°C)	11.0	28.0	50.5	69.0	91.3	99.4	114.2	92.0	78.7	46.1	18.6	6.4	705.2	56.5
BWE (40°C)	8.4	22.9	42.5	59.2	79.5	86.8	100.4	80.3	68.6	39.1	15.0	4.6	607.4	48.7
BWE (50°C)	6.4	18.6	35.5	50.6	68.7	75.3	87.7	69.6	59.4	33.1	12.0	3.4	520.3	41.7
BWE (100°C)	0.7	4.0	10.6	18.5	26.9	29.9	36.4	27.7	23.2	10.5	2.3	0.2	190.9	15.3
GK 60°/±0°	39.7	67.7	99.4	115.6	137.2	140.2	156.2	132.4	120.9	84.0	45.6	29.0	1168.0	
BWE (30°C)	12.3	29.4	48.9	62.1	77.5	82.4	96.2	81.5	74.8	46.6	20.1	7.4	639.3	54.7
BWE (40°C)	9.7	24.3	41.2	52.9	66.2	70.4	82.9	70.2	65.0	39.8	16.5	5.5	544.6	46.6
BWE (50°C)	7.6	19.9	34.5	44.8	56.5	59.9	71.2	60.2	56.1	33.9	13.5	4.2	462.3	39.6
BWE (100°C)	1.3	4.8	10.3	15.1	18.8	19.5	25.1	21.6	21.2	11.3	3.1	0.5	152.7	13.1
GK 90°/±0°	36.5	60.0	80.0	83.0	89.8	88.3	99.4	91.4	93.1	70.9	41.0	26.7	860.1	
BWE (30°C)	11.2	24.1	33.7	34.9	36.2	36.9	45.5	45.1	50.4	36.7	17.7	6.8	379.2	44.1
BWE (40°C)	8.8	19.5	27.2	27.3	26.9	26.4	33.8	35.3	41.8	30.6	14.4	5.1	297.2	34.6
BWE (50°C)	6.8	15.6	21.5	21.0	19.6	18.4	24.5	27.1	34.2	25.3	11.6	3.9	229.4	26.7
BWE (100°C)	0.9	2.6	3.4	2.3	0.4	0.0	0.3	2.4	6.9	5.8	2.1	0.4	27.5	3.2
GK 30°/±30°	35.4	62.6	100.4	127.6	163.0	173.2	190.3	149.6	120.8	75.2	39.9	25.6	1263.6	
BWE (30°C)	7.4	22.1	45.5	68.6	97.2	108.9	123.2	94.1	73.6	39.1	13.7	3.9	697.4	55.2
BWE (40°C)	5.2	17.3	37.5	58.6	84.9	95.6	108.9	82.0	63.4	32.2	10.4	2.6	598.4	47.4
BWE (50°C)	3.6	13.3	30.5	49.7	73.7	83.6	95.8	71.0	54.2	26.4	7.8	1.6	511.2	40.5
BWE (100°C)	0.1	1.6	7.4	17.3	29.5	34.8	41.1	27.9	19.0	6.1	0.6	0.0	185.7	14.7
GK 45°/±30°	38.1	67.0	103.0	125.5	155.5	162.9	180.4	145.3	121.2	77.4	42.7	27.4	1246.5	
BWE (30°C)	9.5	25.5	47.5	66.6	90.3	99.3	113.8	89.9	74.6	42.4	16.4	5.4	681.3	54.7
BWE (40°C)	7.2	20.6	39.7	57.0	78.4	86.5	99.7	78.1	64.5	35.5	13.0	3.8	584.1	46.9
BWE (50°C)	5.3	16.5	32.9	48.5	67.6	75.0	87.1	67.6	55.7	29.8	10.3	2.7	499.1	40.0
BWE (100°C)	0.4	3.1	9.4	17.5	28.7	29.9	36.4	26.7	21.0	8.7	1.6	0.1	181.6	14.6
GK 60°/±30°	39.0	68.0	100.6	117.6	141.1	145.7	162.4	134.1	115.9	76.0	43.4	28.0	1172.0	
BWE (30°C)	10.6	26.4	45.7	60.0	77.7	84.0	97.6	80.2	70.3	42.1	17.5	6.2	618.2	52.7
BWE (40°C)	8.2	21.6	38.2	51.0	66.4	71.5	83.9	68.8	60.7	35.6	14.1	4.5	524.5	44.7
BWE (50°C)	6.3	17.5	31.8	43.0	56.5	60.8	72.1	58.9	52.1	30.0	11.3	3.3	443.7	37.9
BWE (100°C)	0.8	3.8	9.2	14.7	19.6	20.8	26.4	21.2	19.2	9.2	2.2	0.3	147.3	12.6
GK 30°/±45°	34.0	60.6	98.2	126.0	162.6	173.6	190.8	148.2	116.5	71.0	37.9	24.5	1243.9	
BWE (30°C)	6.2	19.8	42.6	66.1	95.4	107.8	121.7	91.6	69.8	35.9	11.9	3.2	672.1	54.0
BWE (40°C)	4.2	15.2	34.8	56.1	83.1	94.4	107.2	79.5	59.7	29.1	8.8	2.0	574.1	46.2
BWE (50°C)	2.7	11.5	28.1	47.4	71.9	82.4	94.0	68.6	50.7	23.5	6.4	1.1	488.3	39.3
BWE (100°C)	0.0	1.1	6.3	16.0	28.5	33.9	40.1	26.4	16.8	4.7	0.3	0.0	174.1	14.0
GK 45°/±45°	36.1	64.2	100.2	123.8	155.5	164.1	181.8	143.8	116.1	71.7	39.9	25.8	1223.1	
BWE (30°C)	7.9	22.5	43.8	63.8	88.7	98.7	112.8	87.2	69.8	38.0	13.9	4.3	651.5	53.3
BWE (40°C)	5.7	17.8	36.3	54.2	76.8	85.6	98.5	75.4	59.9	31.5	10.8	2.9	555.5	45.4
BWE (50°C)	4.1	14.0	29.9	45.9	66.3	74.2	85.9	65.0	51.2	26.0	8.3	2.0	472.8	38.7
BWE (100°C)	0.2	2.2	8.0	16.2	26.0	29.5	35.8	25.2	18.3	6.7	1.0	0.0	169.1	13.8
GK 60°/±45°	36.7	64.7	97.6	116.1	142.1	148.4	165.6	133.4	110.0	69.2	40.0	26.0	1149.8	
BWE (30°C)	8.6	22.9	41.6	57.3	77.2	84.7	98.1	78.1	65.1	37.1	14.5	4.9	590.1	51.3
BWE (40°C)	6.5	18.4	34.6	48.3	65.7	71.9	84.1	66.5	55.6	30.9	11.5	3.4	497.4	43.3
BWE (50°C)	4.8	14.7	28.6	40.8	56.0	61.2	72.1	56.7	47.5	25.6	9.0	2.4	419.2	36.5
BWE (100°C)	0.4	2.8	7.9	13.8	20.2	21.7	27.4	20.7	16.6	7.0	1.5	0.1	140.0	12.2

Legende : Global = Globalstrahlung auf Horizontalfläche [kWh/m² Absorberfläche]
GK = Globalstrahlung auf Kollektorfläche, Neigung/Azimuth [kWh/m² Absorberfläche]
BWE(T_m C) = Ertrag bei mittlerer Kollektortemperatur T_m [kWh/m² Absorberfläche]
% = mittlerer Jahreswirkungsgrad in [%]

BWE91.01/9/

*Beispiel: Warmwasseranlage (mittlere Kollektortemp. 50°C)
Neigungswinkel 45°, Südausrichtung
Kollektorertrag: 520.3 kWh pro m² pro Jahr

Solarenergie

Prüf- und Forschungsstelle
Technikum Rapperswil

4.2 BRUTTOWÄRMEERTRÄGE für den STANDORT DAVOS

Kollektor Parameter : $C_0 = 0.7969$ [-] $C_1 = 3.890$ [W/m²K] $C_2 = 0.0110$ [W/m²K²] $K_{CH} = 0.91$ [-]

Monat	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr	%
Global	47.3	69.2	115.6	149.8	169.4	166.1	170.2	141.3	117.5	88.1	48.6	39.8	1322.8	
GK 30°/± 0°	80.2	101.4	147.2	167.8	174.4	165.0	173.3	154.4	147.8	131.6	78.3	72.6	1593.9	
BWE (30°C)	32.5	46.8	76.0	92.6	99.7	97.7	106.9	93.8	90.8	78.8	36.3	28.3	880.0	55.2
BWE (40°C)	26.7	39.4	65.9	80.9	87.0	85.2	94.2	82.5	80.2	69.6	30.3	22.9	764.8	48.0
BWE (50°C)	21.4	32.7	56.6	69.8	75.3	73.8	82.6	72.1	70.4	60.9	25.1	18.1	658.9	41.3
BWE (100°C)	2.9	8.6	20.8	26.5	29.7	29.2	35.3	30.1	30.0	23.0	5.6	1.4	243.2	15.3
GK 45°/± 0°	91.2	110.9	153.8	166.2	164.5	152.7	162.1	149.4	151.1	142.8	87.7	84.0	1616.4	
BWE (30°C)	42.2	55.3	81.9	91.5	91.7	87.4	97.1	89.7	94.0	89.3	45.0	38.4	903.5	55.9
BWE (40°C)	36.1	47.6	71.9	79.9	79.6	75.5	85.0	78.8	83.5	80.1	38.8	32.6	789.5	48.8
BWE (50°C)	30.5	40.6	62.6	69.1	68.3	64.7	73.9	68.7	73.9	71.3	33.2	27.3	684.2	42.3
BWE (100°C)	8.2	14.0	25.7	27.0	26.0	23.9	30.0	28.5	33.3	31.6	11.1	6.4	265.7	16.4
GK 60°/± 0°	97.5	115.1	153.4	157.4	147.5	134.0	143.2	136.8	146.1	145.7	92.4	91.0	1559.9	
BWE (30°C)	47.7	58.9	81.7	83.8	77.1	70.9	80.3	78.8	89.8	92.2	49.5	44.4	854.9	54.8
BWE (40°C)	41.4	51.2	71.8	72.6	65.6	59.8	68.9	68.3	79.6	83.1	43.1	38.5	743.9	47.7
BWE (50°C)	35.6	44.1	62.7	62.4	55.2	50.1	58.8	59.0	70.3	74.3	37.5	33.0	643.0	41.2
BWE (100°C)	11.8	16.7	26.3	22.9	18.1	15.0	20.0	22.1	31.0	34.2	14.3	10.2	242.6	15.6
GK 90°/± 0°	94.6	106.4	132.6	121.2	97.6	84.1	90.2	93.3	112.6	126.7	86.9	89.9	1236.2	
BWE (30°C)	45.4	51.1	62.4	51.2	34.3	28.6	34.1	40.6	59.5	75.2	45.4	43.8	571.6	46.2
BWE (40°C)	39.4	43.8	53.4	41.5	25.2	19.8	24.8	32.1	50.7	66.5	39.4	38.0	474.5	38.4
BWE (50°C)	33.8	37.1	45.2	33.0	17.9	13.1	17.6	24.7	42.7	58.2	34.0	32.5	389.8	31.5
BWE (100°C)	10.4	11.9	14.1	5.6	0.4	0.0	0.1	2.4	11.4	21.1	11.8	9.8	98.9	8.0
GK 30°/± 30°	78.0	100.9	148.5	171.3	179.1	170.6	180.3	158.8	147.7	125.6	73.7	69.0	1603.5	
BWE (30°C)	28.5	42.8	71.7	89.8	98.5	97.2	106.0	91.7	86.5	72.6	32.5	24.4	842.5	52.5
BWE (40°C)	23.0	35.7	61.8	78.3	85.8	84.8	93.5	80.5	76.2	63.8	26.7	19.4	729.4	45.5
BWE (50°C)	18.2	29.2	52.8	67.5	74.1	73.4	81.9	70.2	66.6	55.5	21.7	14.9	625.9	39.0
BWE (100°C)	1.8	6.9	18.7	25.3	29.2	29.1	34.9	29.1	27.7	19.7	4.0	0.6	226.9	14.1
GK 45°/± 30°	88.2	110.2	155.6	171.0	171.5	161.0	172.1	155.6	151.0	134.4	81.2	78.9	1630.6	
BWE (30°C)	36.6	49.8	76.2	88.2	91.1	87.8	97.2	87.6	88.5	80.5	39.6	32.8	855.9	52.5
BWE (40°C)	30.8	42.4	66.5	76.9	79.0	76.0	85.2	76.7	78.3	71.8	33.6	27.4	744.7	45.7
BWE (50°C)	25.6	35.8	57.5	66.5	67.8	65.3	74.2	67.0	69.1	63.7	28.3	22.5	643.3	39.5
BWE (100°C)	5.7	11.4	23.1	26.0	26.2	24.7	30.7	28.0	30.8	26.7	8.3	4.0	245.8	15.1
GK 60°/± 30°	93.8	114.2	155.8	163.7	156.6	144.4	155.8	144.8	146.3	135.5	84.4	84.7	1580.2	
BWE (30°C)	40.8	52.2	75.1	80.9	77.8	73.2	82.3	77.5	83.6	81.6	42.9	37.6	805.4	51.0
BWE (40°C)	34.9	44.9	65.6	70.0	66.3	62.0	70.9	67.4	74.0	73.1	36.9	32.1	698.1	44.2
BWE (50°C)	29.6	38.3	56.9	60.1	56.1	52.2	60.7	58.3	65.1	65.1	31.5	27.0	601.0	38.0
BWE (100°C)	8.4	13.5	23.5	22.6	19.5	17.0	22.0	22.6	28.8	28.6	10.8	6.8	224.0	14.2
GK 30°/± 45°	73.5	96.9	145.0	169.9	179.9	172.6	182.5	158.6	143.6	118.1	68.4	63.8	1572.7	
BWE (30°C)	24.1	38.2	66.8	86.6	96.8	96.3	104.8	89.1	81.4	65.6	28.1	20.1	797.9	50.7
BWE (40°C)	18.9	31.3	57.2	75.1	84.2	83.9	92.2	77.9	71.3	57.2	22.6	15.4	687.3	43.7
BWE (50°C)	14.4	25.2	48.4	64.5	72.6	72.7	80.7	67.9	62.1	49.2	17.9	11.3	586.9	37.3
BWE (100°C)	0.8	5.1	16.2	23.6	28.4	28.8	34.4	27.8	24.9	15.8	2.4	0.1	208.2	13.2
GK 45°/± 45°	81.7	104.7	151.0	169.7	173.4	164.3	175.7	155.8	145.8	123.7	73.7	71.6	1591.3	
BWE (30°C)	30.3	43.4	69.8	84.4	89.7	87.6	96.5	84.8	82.0	71.2	33.4	26.6	799.8	50.3
BWE (40°C)	24.9	36.6	60.3	73.3	77.6	75.8	84.5	74.2	72.3	62.9	27.8	21.6	691.9	43.5
BWE (50°C)	20.2	30.4	51.9	63.0	66.8	65.3	73.8	64.7	63.4	55.0	23.0	17.2	594.8	37.4
BWE (100°C)	3.3	8.6	20.0	24.3	26.2	25.3	31.0	27.0	27.4	21.4	5.6	1.9	221.8	13.9
GK 60°/± 45°	85.9	107.4	150.4	162.7	159.9	149.4	161.3	145.7	140.5	123.1	75.5	75.8	1537.7	
BWE (30°C)	33.3	44.8	67.8	77.2	77.6	74.5	83.2	75.4	76.8	70.6	35.4	30.1	746.7	48.6
BWE (40°C)	27.8	38.1	58.8	66.6	66.1	63.1	71.6	65.3	67.5	62.6	29.9	25.0	642.4	41.8
BWE (50°C)	23.0	32.0	50.8	56.9	56.2	53.5	61.8	56.6	59.2	55.2	25.2	20.5	550.9	35.8
BWE (100°C)	5.2	10.1	20.3	21.6	20.5	18.8	23.9	22.6	25.5	22.7	7.3	3.7	202.3	13.2

Legende : Global = Globalstrahlung auf Horizontalfläche [kWh/m² Absorberfläche]
 GK = Globalstrahlung auf Kollektorfläche, Neigung/Azimuth [kWh/m² Absorberfläche]
 BWE (T_m C) = Ertrag bei mittlerer Kollektortemperatur T_m [kWh/m² Absorberfläche]
 % = mittlerer Jahreswirkungsgrad in [%]

BWE91.01/9/

4.3 BRUTTOWÄRMEERTRÄGE für den STANDORT LOCARNO

Kollektor Parameter : $C_0 = 0.7969 [-]$ $C_1 = 3.890 [W/m^2K]$ $C_2 = 0.0110 [W/m^2K^2]$ $K_{CW} = 0.91 [-]$

Monat	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Juli	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr	%
Global	49.9	65.5	112.7	143.5	172.1	182.0	199.1	163.7	117.5	86.3	43.3	42.6	1378.2	
GK 30°/±0°	87.7	97.2	145.7	161.4	178.1	181.5	203.3	179.5	145.3	125.4	70.9	78.5	1654.5	
BWE (30°C)	43.4	51.5	86.0	100.2	114.8	120.9	141.1	122.8	96.5	78.4	37.4	38.4	1031.5	62.3
BWE (40°C)	36.5	44.3	76.0	89.3	102.4	107.6	126.8	109.9	86.1	69.1	31.6	32.0	911.6	55.1
BWE (50°C)	30.0	37.5	66.8	79.1	90.8	95.4	113.4	97.8	78.2	60.4	26.3	26.1	799.8	48.3
BWE (100°C)	5.1	10.8	27.5	35.2	41.8	43.8	53.9	45.3	33.4	22.7	6.4	3.3	329.1	19.9
GK 45°/±0°	100.1	106.1	150.9	158.1	167.8	168.3	190.3	173.8	147.7	135.0	79.3	90.5	1667.8	
BWE (30°C)	54.8	59.5	90.9	97.7	105.9	109.0	129.1	117.7	99.0	87.3	45.4	49.5	1045.9	62.7
BWE (40°C)	47.6	52.3	81.1	87.1	93.9	96.1	115.1	105.0	88.7	78.0	39.5	42.8	927.1	55.6
BWE (50°C)	40.6	45.3	71.9	77.1	82.9	84.5	102.2	93.3	78.9	69.2	34.0	36.4	816.1	48.9
BWE (100°C)	11.5	16.2	31.9	34.5	36.6	36.5	46.2	42.6	36.1	29.8	11.5	9.5	343.0	20.6
GK 60°/±0°	106.8	109.2	147.8	146.7	149.5	147.1	167.8	158.9	142.1	136.8	83.1	97.3	1593.2	
BWE (30°C)	61.0	62.4	88.7	87.9	89.5	89.8	108.3	104.3	94.2	89.3	49.3	55.8	980.3	61.5
BWE (40°C)	53.6	55.2	79.0	77.6	78.1	77.4	94.7	92.0	84.1	79.9	43.3	48.9	863.8	54.2
BWE (50°C)	46.5	48.2	70.0	68.1	67.7	66.6	82.7	80.8	74.5	71.1	37.7	42.3	756.3	47.5
BWE (100°C)	15.4	18.3	30.7	28.3	26.0	24.0	31.8	33.6	33.1	31.4	14.3	13.6	300.6	18.9
GK 90°/±0°	102.0	97.8	118.5	103.4	95.7	90.6	104.2	107.9	108.7	117.3	76.7	93.8	1216.7	
BWE (30°C)	57.2	52.7	62.6	48.4	41.8	39.8	50.9	57.5	63.8	71.9	44.5	53.4	645.4	53.0
BWE (40°C)	49.9	45.8	53.9	40.5	31.8	28.7	38.4	46.5	54.5	63.0	38.8	46.5	538.4	44.2
BWE (50°C)	42.9	39.1	45.8	32.6	23.8	20.2	28.4	36.9	46.0	54.8	33.4	40.0	443.8	36.5
BWE (100°C)	12.5	11.6	12.9	5.0	0.6	0.0	0.3	4.5	12.0	18.5	11.0	11.8	100.8	8.3
GK 30°/±30°	85.6	98.2	147.9	163.9	180.3	184.9	207.4	182.5	144.5	120.6	67.2	74.5	1657.4	
BWE (30°C)	39.0	47.7	82.0	97.8	113.4	120.3	139.8	120.4	92.7	73.3	33.8	33.9	994.0	60.0
BWE (40°C)	32.3	40.8	72.4	86.8	101.0	106.8	125.3	107.4	82.3	64.1	28.3	27.7	875.2	52.8
BWE (50°C)	26.1	34.3	63.3	76.6	89.5	94.7	112.1	95.4	72.6	55.5	23.3	22.0	765.5	46.2
BWE (100°C)	3.4	8.8	25.1	33.6	40.9	43.3	53.0	43.6	31.0	19.7	4.7	1.8	308.9	18.6
GK 45°/±30°	97.1	107.5	154.3	162.0	171.7	173.4	196.5	178.5	146.8	128.3	74.0	84.7	1674.7	
BWE (30°C)	48.4	54.6	86.0	95.1	105.0	109.3	128.7	115.2	94.1	80.3	40.3	43.1	1000.1	59.7
BWE (40°C)	41.6	47.6	76.5	84.5	93.0	96.2	114.5	102.5	83.8	71.1	34.7	36.7	882.6	52.7
BWE (50°C)	35.1	41.0	67.7	74.6	82.0	84.6	101.6	90.8	74.4	62.6	29.6	30.6	774.5	46.2
BWE (100°C)	8.5	13.5	29.1	33.2	36.5	37.0	46.4	41.5	33.4	25.8	8.9	6.5	320.3	19.1
GK 60°/±30°	103.2	111.0	152.3	152.2	155.4	154.5	176.4	165.6	141.6	128.9	76.7	90.2	1608.0	
BWE (30°C)	53.1	56.7	83.4	86.0	90.2	92.1	110.0	103.0	89.0	80.8	43.0	48.0	935.2	58.2
BWE (40°C)	46.2	49.7	74.2	75.8	78.6	79.4	96.1	90.5	79.0	71.8	37.5	41.4	820.3	51.0
BWE (50°C)	39.6	43.2	65.6	66.4	68.4	68.5	84.0	79.5	69.9	63.5	32.4	35.2	716.1	44.5
BWE (100°C)	11.8	15.5	28.0	27.8	27.1	25.8	33.6	33.5	30.6	27.1	11.1	9.6	281.5	17.5
GK 30°/±45°	80.5	94.8	144.8	162.5	180.2	185.8	208.3	181.8	140.6	114.4	62.5	68.7	1624.8	
BWE (30°C)	33.7	43.4	77.2	94.6	111.5	119.3	138.1	117.3	88.2	67.2	29.7	28.7	948.9	58.4
BWE (40°C)	27.5	36.6	67.8	83.8	99.0	105.7	123.4	104.3	77.8	58.3	24.4	22.9	831.4	51.2
BWE (50°C)	21.7	30.4	58.9	73.7	87.6	93.5	110.1	92.3	68.3	50.1	19.7	17.7	724.1	44.6
BWE (100°C)	1.8	6.7	22.0	31.6	39.7	42.5	51.7	41.6	28.0	16.2	3.0	0.6	285.3	17.6
GK 45°/±45°	89.9	102.8	150.5	160.8	172.3	175.4	198.5	178.0	142.2	119.7	67.4	76.6	1634.3	
BWE (30°C)	41.1	48.7	80.1	91.6	103.4	109.1	127.6	112.0	88.5	72.3	34.6	35.9	944.7	57.8
BWE (40°C)	34.8	42.0	70.8	81.2	91.2	95.7	113.1	99.1	78.3	63.5	29.3	29.8	828.9	50.7
BWE (50°C)	28.8	35.9	62.2	71.5	80.5	84.1	100.3	87.7	69.1	55.4	24.5	24.3	724.4	44.3
BWE (100°C)	5.4	10.7	25.6	31.3	35.9	37.0	45.8	39.6	29.9	21.1	6.2	3.5	292.1	17.9
GK 60°/±45°	94.4	105.4	148.4	151.5	157.2	158.2	180.3	166.1	136.4	118.8	68.8	80.3	1565.9	
BWE (30°C)	44.4	49.8	76.9	83.0	90.0	93.6	110.8	100.6	83.1	71.6	36.2	39.2	879.1	56.1
BWE (40°C)	38.1	43.4	68.1	72.9	78.0	80.5	96.5	87.9	73.1	63.1	31.0	33.2	765.7	48.9
BWE (50°C)	32.0	37.3	60.1	63.9	67.9	69.4	84.1	77.0	64.4	55.2	26.4	27.6	665.4	42.5
BWE (100°C)	7.8	12.4	25.1	26.9	27.8	27.5	35.1	33.0	27.5	22.0	7.8	5.7	258.5	16.5

Legende : Global = Globalstrahlung auf Horizontalfläche [kWh/m² Absorberfläche]
 GK = Globalstrahlung auf Kollektorfläche, Neigung/Azimuth [kWh/m² Absorberfläche]
 BWE (T_m C) = Ertrag bei mittlerer Kollektortemperatur T_m [kWh/m² Absorberfläche]
 % = mittlerer Jahreswirkungsgrad in [%]

BWE91.01/9/

	Handbuch 5	Trinkwasser	Blatt Nr. 2.2.7
---	-------------------	--------------------	---------------------------

Wasserbedarf

Warmwasserbedarfstabelle

Auswertungen von Messungen und Statistiken des Warmwasserverbrauchs (Für deren Anwendungen sind alle relevanten Einflussgrössen und objektbezogenen Randbedingungen mitzuberechnen).

Einheit	Gebäudeart	Zweckbestimmung Hinweise:	Warmwasserbedarf in Liter von 60 °C / Tag (dm ³ / d) Durchschnittswerte pro Einheit **			
			Einheit	1	2	3
personenbezogene Einheit	Wohn- und analoge Gebäude					
	Einfamilienhaus	einfacher Standard	P	30	35–40	
	Eigentumswohnung	mittlerer Standard	P	35	40–50	
		gehobener Standard	P	40	50–60	
	Mehrfamilienhaus	allgem. Wohnungsbau	P	30	35–45	
		gehobener Wohnungsbau	P	35	40–50	
	Gewerbeküchen:	Kochen, Spülen, Geschirrabwaschen				
	Caféstuben.	Besetzung mässig	S	15	20–30	
	Tea Rooms	Besetzung stark	S	20	30–40	
	Gaststätten	Besetzung mässig	S	10	15–25	
sachbezogene Einheit	Restaurants	Besetzung mittel	S	20	25–35	
		Besetzung stark	S	25	30–45	
		Standard (ohne Küche und Waschküche):				
	Gasthöfe	einfach	B	30	40–50	
	Hotels	2. Klasse	B	40	50–70	
	Appartementshäuser	1. Klasse	B	60	80	100
		Luxus	B	80	100	150
	Kinderheime	einfacher Standard	B	40	50–60	
	Altersheime	einfacher Standard	B	30	40–50	
	Krankenhäuser	medizinische Einrichtungen:				
sachbezogene Einheit	Kliniken	einfach	B	50	60–80	
		durchschnittlich	B	70	80	100
		umfangreich	B	100	120	150
	Speiserestaurant	Essen einfach, Tellergerichte	E / M	6	8–10	
		Essen bis 3 Gänge	E / M	8	10–12	
		Essen 4 und mehr Gänge	E / M	12	15–20	
	Duschenbad					
		Schüler	D / P	30	35–40	
		Sportler	D / P	35	40–50	
		Fabrikarbeit:				
sachbezogene Einheit		schwach schmutzig	D / P	45	50–60	
		stark schmutzig	D / P	50	60–70	
	Wannenbad	Normale Wannen	B / P	120	150	180
		Grosswannen	B / P	150	180	200
		Hydrotherapiewannen	B / P	250	300	400
		Grossraumwannen	B / P	400	500	600

** Je nach der konkret bestimmten, von 60°C abweichenden Warmwassertemperatur sind die Liter-Werte (L / d) mit dem entsprechenden Korrekturfaktor zu ermitteln.

Es bedeuten:

personenbezogene Einheiten:

P = Person
B = Bett
S = Sitzplatz

sachbezogene Einheiten:

E / M = Essen pro Mahlzeit
* D / P = Duschenbad
* B / P = Wannenbad
* pro einmalige Benützung

- 1 Mindestwert**, der bei der Bemessung von Wassererwärmungsanlagen keinesfalls zu unterschreiten ist
- 2 Durchschnittswert** als Grundlage für die Berechnung des Jahresgesamtbedarfs an Wasser und Wärmeenergie
- 3 Spitzenbedarf** als Grundlage für die Berechnung von Wassererwärmervolumen und Erwärmerleistungen

**Werkstoffe****Druckrohre Kupfer** DIN 1754 / 1786, SN 211 641

DN D _a [mm]	D _i [mm]	s [mm]	Inhalt V [$\frac{\text{dm}^3}{\text{m}^1}$]	Masse [$\frac{\text{kg}}{\text{m}^1}$]
6	4,4	0,8	0,015	0,116
8	6,4	0,8	0,032	0,162
10	8,4	0,8	0,055	0,205
12	10,0	1,0	0,079	0,308
15	13,0	1,0	0,133	0,392
18	16,0	1,0	0,201	0,475
22	20,0 (19,6)	1,0 (1,2)	0,314 (0,302)	0,587 (0,700)
28	25,0 (25,6)	1,5 (1,2)	0,491 (0,515)	1,11 (0,901)
35	32,0	1,5	0,804	1,40
42	39,0	1,5	1,195	1,71
54	50,0	2,0	1,964	2,91
76,1	72,1	2,0	4,072	4,14
88,9	84,9	2,0	5,675	4,86
108	103,0	2,5	8,332	7,37

Dichte ρ : 8900 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ Ausdehnung α : 0,0166 $\frac{\text{mm}}{\text{m} \cdot \text{K}}$ Wärmeleitfähigkeit λ : 372 $\frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}$ Rohrrauigkeit k : 0,0014 mm

Baulänge : – in Stangen zu 5,0 oder 6,0 m
 – in Ringen zu 50 m (DN 6–15)
 – in Ringen zu 25 m (DN 18 + 22)

Weichlote: [16]

- Sn Cu 3 Zinn 97% / Kupfer 3%
- Sn Ag 5 Zinn 95% / Silber max. 5%
- Sn Sb 5 Zinn 95% / Antimon 5%

Hartlote: [16]

- * – Ag 45 Sn Silber 45% / Zinn
- ** – Ag 30 Cd Silber 30% / Kadmium
- ** – Ag 40 Cd Silber 40% / Kadmium
- *** – Ag 2 P Silber 2% / Phosphor

- * für Trinkwasser
- ** für medizinische und technische Gase
- *** keine Stahl-Kupfer-Verbindung

Max. Betriebsdrücke für Lötverbindungen

nach DIN 2856	Kupferrohr D _a [mm]	Betriebs- temperatur [°C]	Weichlot Sn Cu 3 Sn Ag 5 Sn Sb 5		Hartlot Ag 45 Sn Ag 30 Cd Ag 40 Cd Ag 2 P	
			PN [bar]	PN [bar]	PN [bar]	PN [bar]
6 ÷ 28		30	40		40	
		65	25		25	
		110	16		16	
35 ÷ 54		30	25		25	
		65	16		16	
		110	10		10	
76 ÷ 108		30	20		16	
		65	16		16	
		110	10		10	

W / TPW 136 beachten:
 Weisung 136, Technische Prüfstelle Wasser des SVGW

Werkstoffe

Druckrohre Stahl DIN 2440/2448, Verzinkung DIN 2444

Gewinderohr mittelschwer DIN 2440					Stahlrohr nahtlos DIN 2448						
Rohrweite in Zoll					Rohrweite DN (Diamètre nominal)						
Masse $\frac{\text{kg}}{\text{m}^1}$	Inhalt $\frac{\text{dm}^3}{\text{m}^1}$	D _i [mm]	D _a [mm]	Rohrweite in Zoll	Rohrweite DN	D _a [mm]	D _i [mm]	Inhalt $\frac{\text{dm}^3}{\text{m}^1}$	Masse $\frac{\text{kg}}{\text{m}^1}$	PN 16 Vorschweißflansche	
										Ø [mm]	Schrauben
0,85	0,123	12,5	17,2	3/8"	10	17,2	13,6	0,145	0,69	90	4×M12×45
1,22	0,201	16,0	21,3	1/2"	15	21,3	17,3	0,235	0,96	95	4×M12×45
1,58	0,366	21,6	26,9	3/4"	20	26,9	22,3	0,391	1,41	105	4×M12×50
2,44	0,581	27,2	33,7	1"	25	33,7	28,5	0,665	2,01	115	4×M12×50
3,14	1,01	35,9	42,4	1 1/4"	32	42,4	37,8	1,12	2,57	140	4×M16×50
3,61	1,37	41,8	48,3	1 1/2"	40	48,3	43,1	1,50	2,91	150	4×M16×50
5,10	2,21	53,0	60,3	2"	50	60,3	54,5	2,33	4,14	165	4×M16×55
6,51	3,72	68,8	76,1	2 1/2"	65	76,1	70,3	3,88	5,28	185	4×M16×55
8,47	5,13	80,8	88,9	3"	80	88,9	82,5	5,35	6,81	200	8×M16×60
12,1	8,71	105,3	114,3	4"	100	114,3	107,1	9,01	9,90	220	8×M16×60
–	–	–	–	5"	125	139,7	131,7	13,6	13,5	250	8×M16×60
–	–	–	–	–	150	168,3	159,3	19,3	18,1	285	8×M20×65

Dichte ρ : 7850 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

Ausdehnung α : 0,0118 $\frac{\text{mm}}{\text{m} \cdot \text{K}}$

Wärmeleitfähigkeit λ : 37 – 52 $\frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}$

Rohrrauigkeit k : 0,15 mm

Baulänge : in Stangen zu 6,0 m

Zulässige Betriebsdrücke für Gewindeverbindungen:

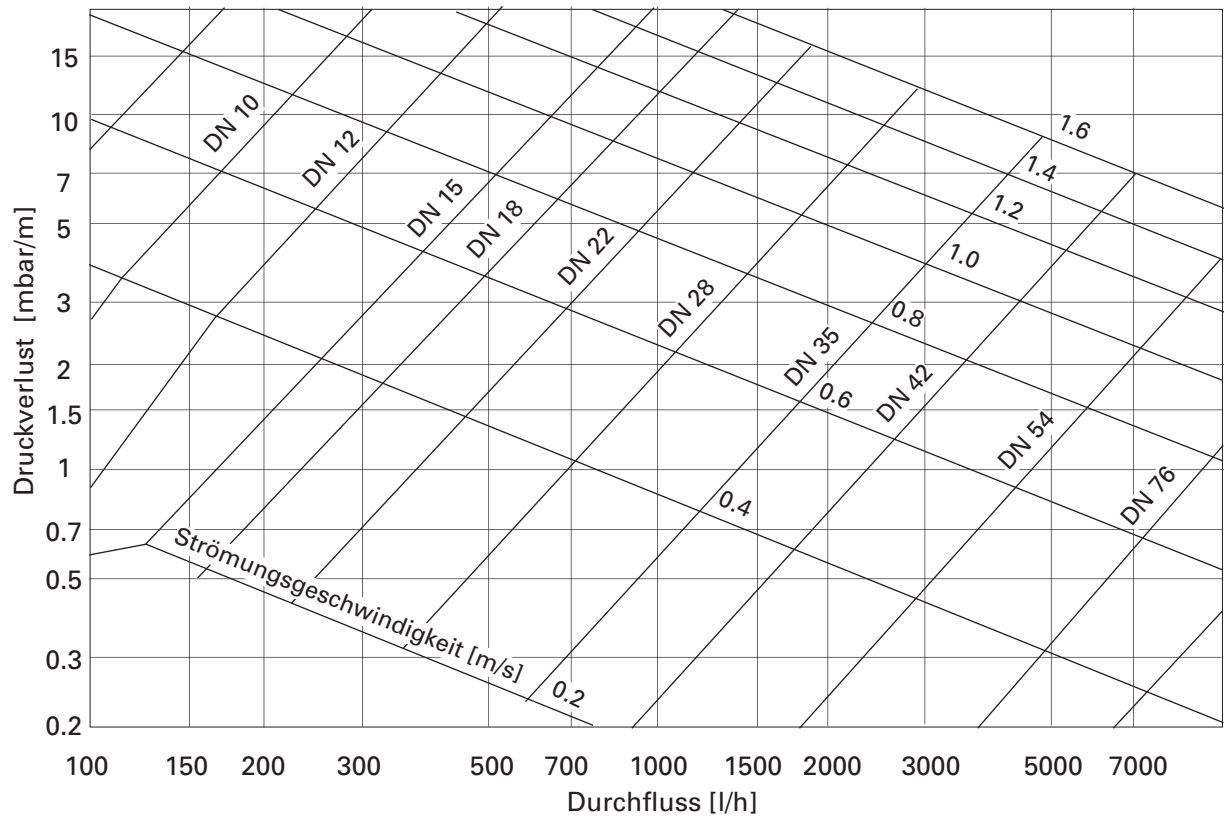
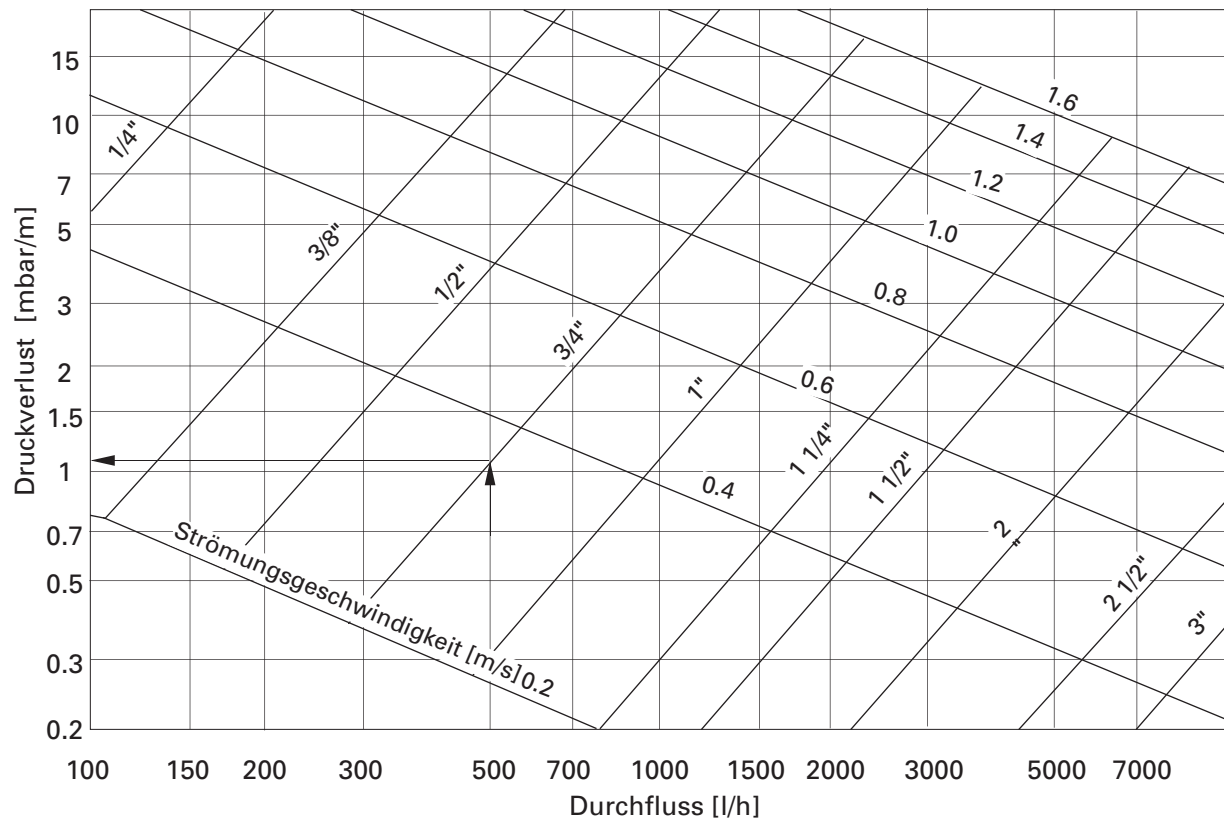
Rohrweite Zoll	Nenndruck PN [bar]	Betriebsdruck	
		bis 120 °C [bar]	bis 300 °C [bar]
3/8" – 3/4"	25	25	20
1" – 4"	16	16	13

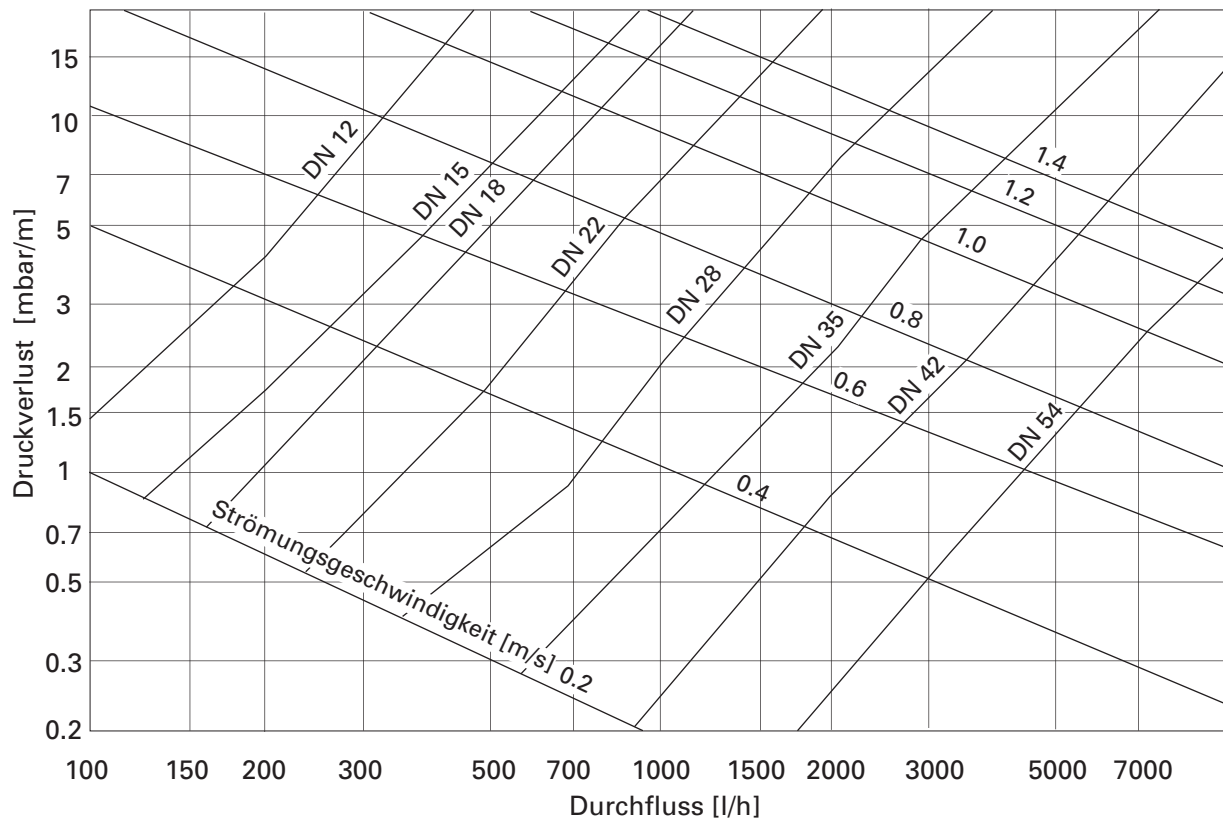
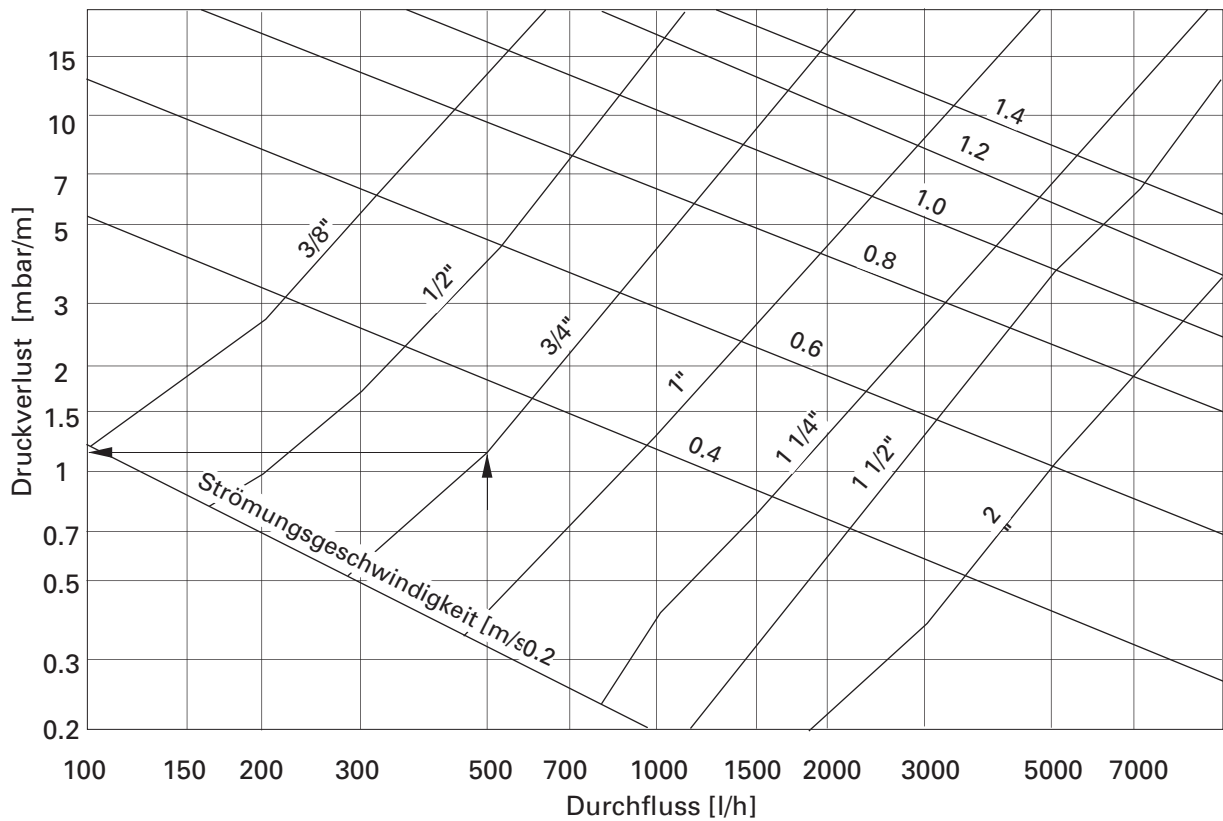
**Rohrweitenbestimmung****Einzelwiderstände Gewinde- und Lötittings sowie Armaturen**
(äquivalente Rohrlängen)**Gleichwertige (äquivalente) Rohrlängen von Gewindefittings und von Leitungsarmaturen bei Spitzenvolumenstrom**

Fittingart / Armaturenart	Rohrweiten						
	1/2"	3/4"	1"	5/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"
	gleichwertige Rohrlänge in m						
Bogen bis 90°	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9
Winkel bis 90°	0,3	0,4	0,6	0,7	0,8	1,1	1,4
T-Stück 90° 	0,5	0,7	0,9	1,2	1,4	1,7	2,4
T-Stück 90° 	0,4	0,5	0,6	0,9	1,0	1,2	1,7
T-Stück 90° 	1,3	1,8	2,5	3,4	4,1	5,4	7,5
Geradsitzventil, URS	3,5	6,0	8,0	10,9	13,0	16,0	23,0
Schrägsitzventil, URS	1,5	1,5	1,5	2,0	2,5	3,5	4,5
Mit Rücksicht auf den kleinen Rohrlängenwert werden nicht erfasst: T-Stück 90°-Durchgang; Muffen; Reduktionen; Verschraubungen; Flanschen							

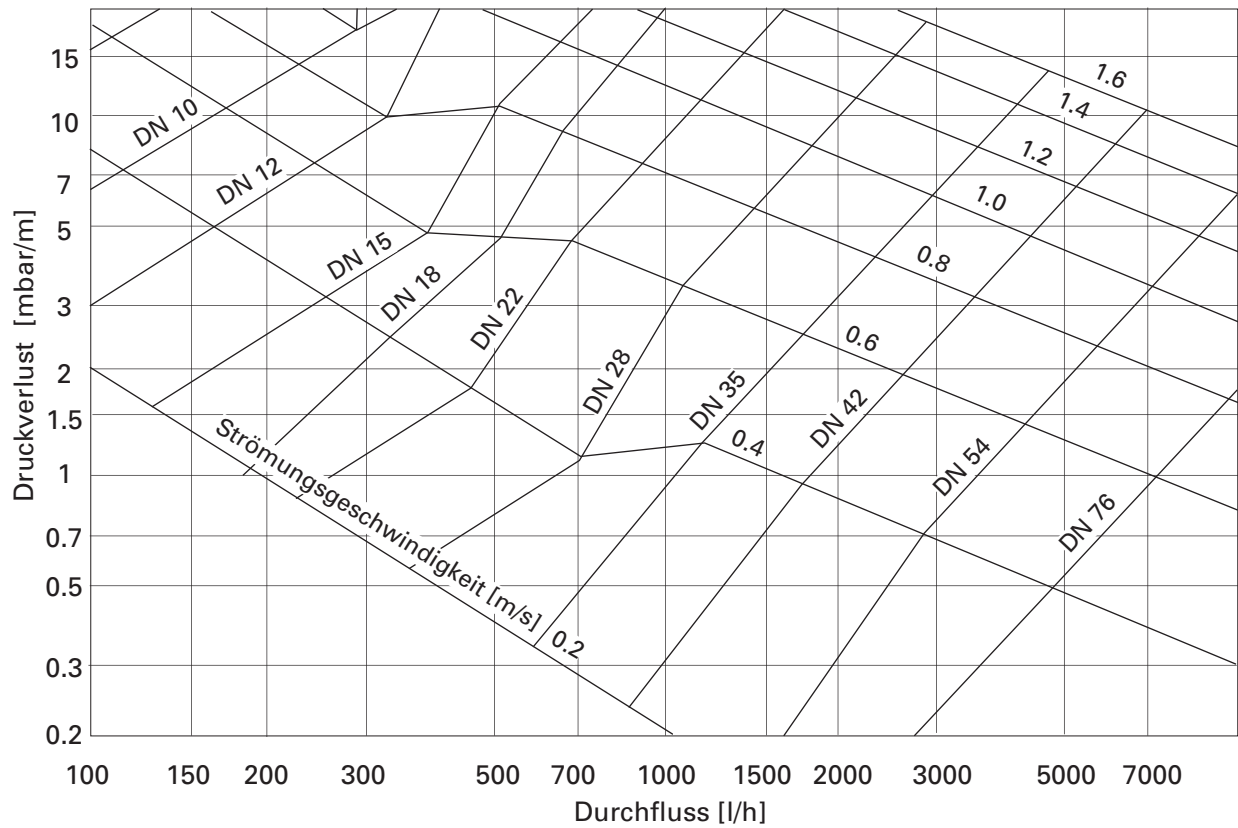
Gleichwertige (äquivalente) Rohrlängen von Kupferrohr-Lötittings und von Leitungsarmaturen bei Spitzenvolumenstrom

Fittingart / Armaturenart	Nenndurchmesser = Aussendurchmesser in mm								
	12	15	18	22	28	35	42	54	76
	gleichwertige Rohrlänge in m								
Bogen bis 90°	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,8
Winkel bis 90°	0,4	0,5	0,5	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,9
T-Stück 90° 	0,5	0,7	0,8	1,0	1,1	1,6	1,9	2,2	3,7
T-Stück 90° 	0,5	0,6	0,7	0,9	1,0	1,4	1,7	2,0	3,3
T-Stück 90° 	1,3	1,8	2,2	2,7	3,1	4,5	5,5	6,7	11,1
Geradsitzventil, URS	1,5	2,0	5,0	6,0	8,0	–	–	–	–
Schrägsitzventil, URS	–	1,0	1,5	1,5	1,5	2,0	3,0	4,0	–
Mit Rücksicht auf den kleinen Rohrlängenwert werden nicht erfasst: T-Stück 90°-Durchgang; Muffen; Reduktionen; Verschraubungen; Flanschen									

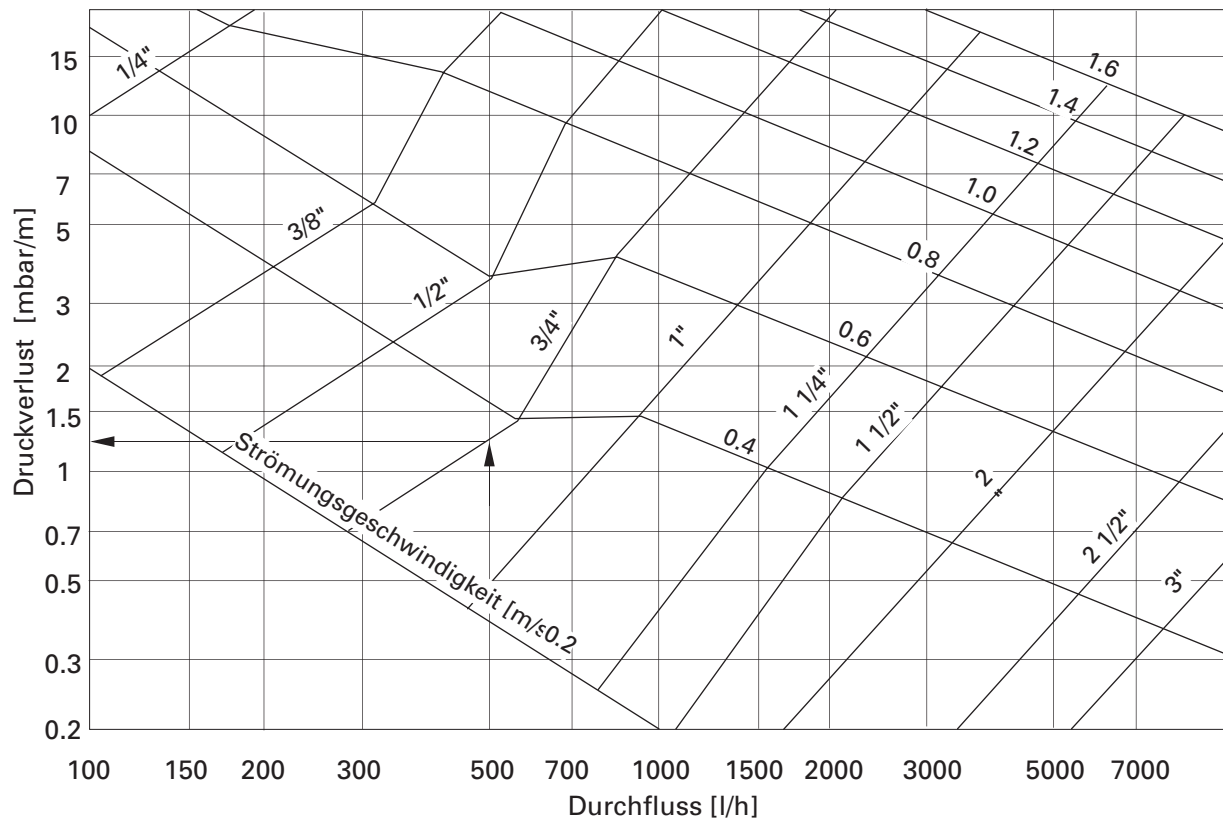
Druckverlust in Kupferrohr: 65% Wasser, 35% Glykol; 50 °C

Druckverlust in Stahlrohr: 65% Wasser, 35% Glykol; 50 °C


Druckverlust in Kupferrohr: 50% Wasser, 50% Glykol; 50 °C

Druckverlust in Stahlrohr: 50% Wasser, 50% Glykol; 50 °C


Druckverlust in Kupferrohr: 10% Wasser, 90% Glykol; 50 °C



Druckverlust in Stahlrohr: 10% Wasser, 90% Glykol; 50 °C



3.10.3 Auswahl Expansionsgefäß		METHODE A														
		Typ Expansionsgefäß und effektives Ausdehnungsvolumen in Liter														
Δh -m	Pa -bar	12	18	25	35	50	80	110	140	200	300	400	500	600	750	900
1	0.4	5.4	8.7	11.7	16.6	21.2	35.3	49.6	67.1	100.1	138.2	175.9	225.4	270.8	328.5	394.4
2	0.5	5.1	8.2	11.1	15.8	20.1	33.5	47.1	63.6	95.0	131.2	167.0	213.9	257.0	311.8	374.3
3	0.6	4.8	7.8	10.5	14.9	19.0	31.6	44.4	60.1	89.7	123.9	157.7	202.0	242.7	294.5	353.5
4	0.7	4.6	7.3	9.9	14.0	17.8	29.7	41.8	56.5	84.3	116.4	148.2	189.8	228.0	276.6	332.1
5	0.8	4.3	6.8	9.2	13.1	16.7	27.8	39.0	52.7	78.7	108.7	138.4	177.3	213.0	258.4	310.2
6	0.9	3.9	6.3	8.6	12.1	15.5	25.8	36.2	48.9	73.1	100.9	128.4	164.5	197.6	239.8	287.9
7	1.0	3.6	5.8	7.9	11.2	14.2	23.7	33.3	45.1	67.3	92.9	118.3	151.5	182.0	220.9	265.1
8	1.1	3.3	5.3	7.2	10.2	13.0	21.7	30.4	41.2	61.4	84.8	108.0	138.3	166.2	201.6	242.1
9	1.2	3.0	4.8	6.5	9.2	11.8	19.6	27.5	37.2	55.5	76.7	97.6	125.0	150.2	182.2	218.7
10	1.3	2.7	4.3	5.8	8.2	10.5	17.5	24.5	33.2	49.5	68.4	87.1	111.5	134.0	162.5	195.1
11	1.4	2.3	3.8	5.1	7.2	9.2	15.3	21.5	29.1	43.5	60.0	76.4	97.9	117.6	142.7	171.3
12	1.5	2.0	3.2	4.4	6.2	7.9	13.2	18.5	25.0	37.4	51.6	65.7	84.2	101.1	122.7	147.3
13	1.6	1.7	2.7	3.7	5.2	6.6	11.0	15.5	20.9	31.2	43.1	54.9	70.4	84.5	102.5	123.1
14	1.7	1.4	2.2	2.9	4.2	5.3	8.8	12.4	16.8	25.1	34.6	44.1	56.4	67.8	82.2	98.7
15	1.8	1.0	1.6	2.2	3.1	4.0	6.6	9.3	12.6	18.8	26.0	33.1	42.4	51.0	61.8	74.2
16	1.9	0.7	1.1	1.5	2.1	2.7	4.4	6.2	8.4	12.6	17.4	22.1	28.3	34.1	41.3	49.6
17	2.0	0.3	0.5	0.7	1.0	1.3	2.2	3.1	4.2	6.3	8.7	11.1	14.2	17.1	20.7	24.9

3.10.4 Auswahl Expansionsgefäß		METHODE B														
		Typ Expansionsgefäß und effektives Ausdehnungsvolumen in Liter														
Δh -m	Pa -bar	12	18	25	35	50	80	110	140	200	300	400	500	600	750	900
1	0.4	6.2	9.9	13.4	19.0	24.3	40.4	56.8	76.8	114.6	158.2	201.4	258.0	310.0	376.0	451.5
2	0.5	6.0	9.6	12.9	18.4	23.4	39.0	54.8	74.0	110.5	152.6	194.3	248.9	299.0	362.7	435.5
3	0.6	5.7	9.2	12.4	17.7	22.5	37.5	52.6	71.2	106.3	146.8	186.8	239.3	287.5	348.7	418.8
4	0.7	5.5	8.8	11.9	16.9	21.6	35.9	50.5	68.3	101.9	140.7	179.1	229.4	275.6	334.3	401.5
5	0.8	5.3	8.4	11.4	16.2	20.6	34.3	48.2	65.2	97.4	134.4	171.1	219.2	263.4	319.5	383.6
6	0.9	5.0	8.0	10.9	15.4	19.6	32.7	45.9	62.1	92.7	128.0	163.0	208.8	250.9	304.3	365.4
7	1.0	4.8	7.6	10.3	14.6	18.6	31.0	43.6	58.9	88.0	121.5	154.7	198.1	238.1	288.7	346.7
8	1.1	4.5	7.2	9.7	13.8	17.6	29.3	41.2	55.7	83.2	114.9	146.2	187.3	225.0	272.9	327.8
9	1.2	4.2	6.8	9.2	13.0	16.6	27.6	38.8	52.4	78.3	108.1	137.6	176.3	211.8	256.9	308.5
10	1.3	4.0	6.3	8.6	12.2	15.5	25.9	36.3	49.1	73.3	101.3	128.9	165.1	198.4	240.6	289.0
11	1.4	3.7	5.9	8.0	11.4	14.5	24.1	33.8	45.8	68.3	94.3	120.1	153.9	184.8	224.2	269.2
12	1.5	3.4	5.5	7.4	10.5	13.4	22.3	31.3	42.4	63.3	87.4	111.2	142.5	171.2	207.6	249.3
13	1.6	3.1	5.0	6.8	9.7	12.3	20.5	28.8	39.0	58.2	80.3	102.2	131.0	157.3	190.8	229.2
14	1.7	2.9	4.6	6.2	8.8	11.2	18.7	26.3	35.5	53.0	73.2	93.2	119.4	143.4	173.9	208.9
15	1.8	2.6	4.1	5.6	7.9	10.1	16.9	23.7	32.0	47.8	66.0	84.1	107.7	129.4	156.9	188.5
16	1.9	2.3	3.7	5.0	7.1	9.0	15.0	21.1	28.5	42.6	58.8	74.9	96.0	115.3	139.8	167.9
17	2.0	2.0	3.2	4.4	6.2	7.9	13.2	18.5	25.0	37.4	51.6	65.7	84.1	101.1	122.6	147.2

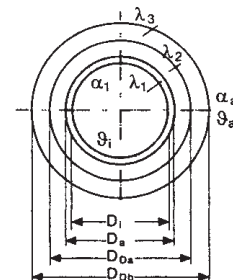
3.10.5 Auswahl Expansionsgefäß		METHODE C														
		Typ Expansionsgefäß und effektives Ausdehnungsvolumen in Liter														
Δh -m	Pa -bar	12	18	25	35	50	80	110	140	200	300	400	500	600	750	900
1	0.4	7.1	11.3	15.3	21.7	27.7	46.1	64.8	87.7	130.9	180.7	230.0	294.7	354.0	429.4	515.6
2	0.5	6.9	11.1	15.0	21.3	27.1	45.1	63.4	85.7	128.0	176.7	224.9	288.1	346.2	419.9	504.2
3	0.6	6.7	10.8	14.6	20.8	26.4	44.0	61.9	83.7	124.9	172.4	219.5	281.2	337.8	409.7	492.1
4	0.7	6.6	10.5	14.2	20.2	25.7	42.9	60.3	81.5	121.6	168.0	213.8	273.9	329.1	399.1	479.3
5	0.8	6.4	10.2	13.8	19.7	25.0	41.7	58.6	79.2	118.3	163.3	207.9	266.3	320.0	388.1	466.1
6	0.9	6.2	9.9	13.4	19.1	24.3	40.5	56.9	76.9	114.8	158.5	201.8	258.5	310.6	376.7	452.4
7	1.0	6.0	9.6	13.0	18.5	23.5	39.2	55.1	74.5	111.2	153.6	195.5	250.5	300.9	365.0	438.3
8	1.1	5.8	9.3	12.6	17.9	22.8	37.9	53.3	72.1	107.6	148.6	189.1	242.3	291.0	353.0	423.9
9	1.2	5.6	9.0	12.2	17.3	22.0	36.6	51.4	69.6	103.9	143.4	182.6	233.9	281.0	340.8	409.2
10	1.3	5.4	8.7	11.7	16.6	21.2	35.3	49.6	67.0	100.1	138.2	175.9	225.3	270.7	328.3	394.3
11	1.4	5.2	8.3	11.3	16.0	20.4	33.9	47.7	64.5	96.2	132.9	169.1	216.7	260.3	315.7	379.1
12	1.5	5.0	8.0	10.8	15.3	19.5	32.6	45.7	61.8	92.3	127.5	162.3	207.9	249.7	302.9	363.7
13	1.6	4.8	7.6	10.3	14.7	18.7	31.2	43.8	59.2	88.4	122.0	155.3	199.0	239.1	290.0	348.2
14	1.7	4.6	7.3	9.9	14.0	17.9	29.8	41.8	56.5	84.4	116.5	148.3	190.0	228.3	276.9	332.5
15	1.8	4.3	6.9	9.4	13.4	17.0	28.3	39.8	53.8	80.4	111.0	141.3	181.0	217.4	263.7	316.7
16	1.9	4.1	6.6	8.9	12.7	16.2	26.9	37.8	51.1	76.3	105.4	134.1	171.8	206.4	250.4	300.7
17	2.0	3.9	6.2	8.5	12.0	15.3	25.5	35.8	48.4	72.2	99.7	127.0	162.6	195.4	237.0	284.6
18	2.1	3.7	5.9	8.0	11.3	14.4	24.0	33.7	45.6	68.1	94.1	119.7	153.4	184.3	223.5	268.4
19	2.2	3.5	5.5	7.5	10.6	13.5	22.6	31.7	42.9	64.0	88.3	112.5	144.1	173.1	209.9	252.1


Handbuch 5 Dämmungen

Blatt Nr.
7.2.6
Wärmeabgaben
Wärmeabgabe, Kupferrohr gedämmt in $\left[\frac{W}{m^1 \cdot K} \right]$

Ohne Berücksichtigung allfälliger Wärmebrücken durch Rohthalterungen und Schlitzte

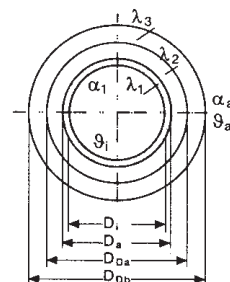
Isolier- stärke in mm	λ Dämmung $\left[\frac{W}{m \cdot K} \right]$	10/12	13/15	16/18	20/22	25/28	32/35	39/42	50/54	72/76	85/89	103/108
		D_i 10 D_a 12	13 15	16 18	20 22	25 28	32 35	39 42	50 54	72.1 76.1	84.9 88.9	103 108
20	0.025	0.1006	0.1131	0.1251	0.1408	0.1636	0.1897	0.2153	0.2588	0.3377	0.3831	0.4506
	0.030	0.1192	0.1339	0.1481	0.1665	0.1933	0.2240	0.2541	0.3051	0.3979	0.4512	0.5304
	0.040	0.1552	0.1740	0.1922	0.2158	0.2502	0.2894	0.3280	0.3933	0.5118	0.5800	0.6813
	0.050	0.1894	0.2121	0.2341	0.2624	0.3038	0.3510	0.3973	0.4757	0.6181	0.6999	0.8214
	0.060	0.2221	0.2484	0.2738	0.3066	0.3544	0.4089	0.4625	0.5530	0.7173	0.8117	0.9520
30	0.025	0.0844	0.0938	0.1027	0.1142	0.1308	0.1496	0.1679	0.1987	0.2544	0.2862	0.3334
	0.030	0.1006	0.1116	0.1222	0.1358	0.1555	0.1777	0.1994	0.2359	0.3016	0.3393	0.3950
	0.040	0.1321	0.1465	0.1603	0.1779	0.2035	0.2323	0.2604	0.3077	0.3929	0.4416	0.5139
	0.050	0.1627	0.1803	0.1971	0.2186	0.2497	0.2848	0.3190	0.3765	0.4801	0.5393	0.6270
	0.060	0.1925	0.2131	0.2327	0.2579	0.2943	0.3353	0.3753	0.4425	0.5634	0.6325	0.7349
40	0.025	0.0752	0.0828	0.0901	0.0993	0.1126	0.1275	0.1420	0.1662	0.2095	0.2342	0.2707
	0.030	0.0897	0.0988	0.1074	0.1184	0.1342	0.1519	0.1691	0.1978	0.2493	0.2785	0.3218
	0.040	0.1184	0.1303	0.1416	0.1560	0.1766	0.1997	0.2222	0.2597	0.3268	0.3650	0.4214
	0.050	0.1465	0.1611	0.1749	0.1926	0.2179	0.2463	0.2738	0.3197	0.4018	0.4485	0.5175
	0.060	0.1740	0.1912	0.2075	0.2284	0.2582	0.2915	0.3239	0.3778	0.4743	0.5292	0.6103
50	0.025	0.0690	0.0756	0.0818	0.0896	0.1009	0.1134	0.1254	0.1455	0.1813	0.2015	0.2314
	0.030	0.0825	0.0903	0.0977	0.1071	0.1204	0.1353	0.1497	0.1736	0.2161	0.2402	0.2757
	0.040	0.1091	0.1194	0.1291	0.1414	0.1590	0.1785	0.1974	0.2287	0.2844	0.3160	0.3625
	0.050	0.1353	0.1480	0.1600	0.1751	0.1967	0.2208	0.2440	0.2825	0.3510	0.3898	0.4469
	0.060	0.1611	0.1761	0.1903	0.2082	0.2338	0.2622	0.2896	0.3351	0.4159	0.4616	0.5291
60	0.025	0.0645	0.0704	0.0758	0.0827	0.0925	0.1034	0.1139	0.1312	0.1617	0.1790	0.2044
	0.030	0.0772	0.0842	0.0907	0.0989	0.1106	0.1236	0.1360	0.1566	0.1931	0.2137	0.2439
	0.040	0.1023	0.1115	0.1201	0.1309	0.1463	0.1634	0.1798	0.2069	0.2548	0.2818	0.3216
	0.050	0.1271	0.1384	0.1490	0.1624	0.1814	0.2025	0.2227	0.2561	0.3152	0.3485	0.3975
	0.060	0.1515	0.1650	0.1776	0.1935	0.2160	0.2410	0.2649	0.3045	0.3744	0.4138	0.4717
80	0.025						0.0902	0.0986	0.1123	0.1363	0.1498	0.1695
	0.030						0.1079	0.1179	0.1343	0.1630	0.1791	0.2026
	0.040						0.1430	0.1562	0.1779	0.2157	0.2369	0.2680
	0.050						0.1777	0.1941	0.2208	0.2677	0.2939	0.3323
	0.060						0.2120	0.2315	0.2633	0.3189	0.3501	0.3957
100	0.025						0.0817	0.0887	0.1003	0.1203	0.1315	0.1478
	0.030						0.0978	0.1062	0.1200	0.1440	0.1573	0.1768
	0.040						0.1298	0.1410	0.1592	0.1909	0.2086	0.2343
	0.050						0.1615	0.1754	0.1980	0.2373	0.2592	0.2910
	0.060						0.1930	0.2095	0.2365	0.2832	0.3093	0.3472

 **Empfohlene Dämmstärke für Zirkulationssysteme**


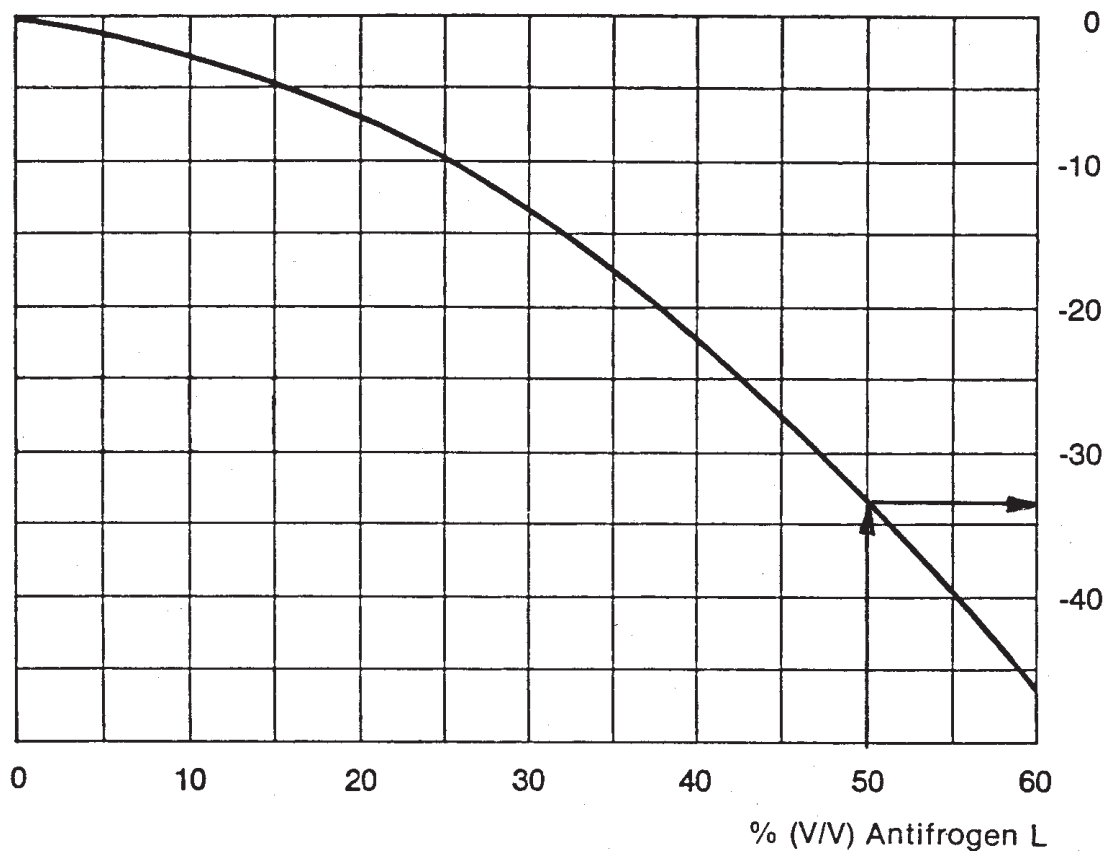
**Wärmeabgaben****Wärmeabgabe, Stahlrohr gedämmt in $\left[\frac{W}{m^1 \cdot K}\right]$**

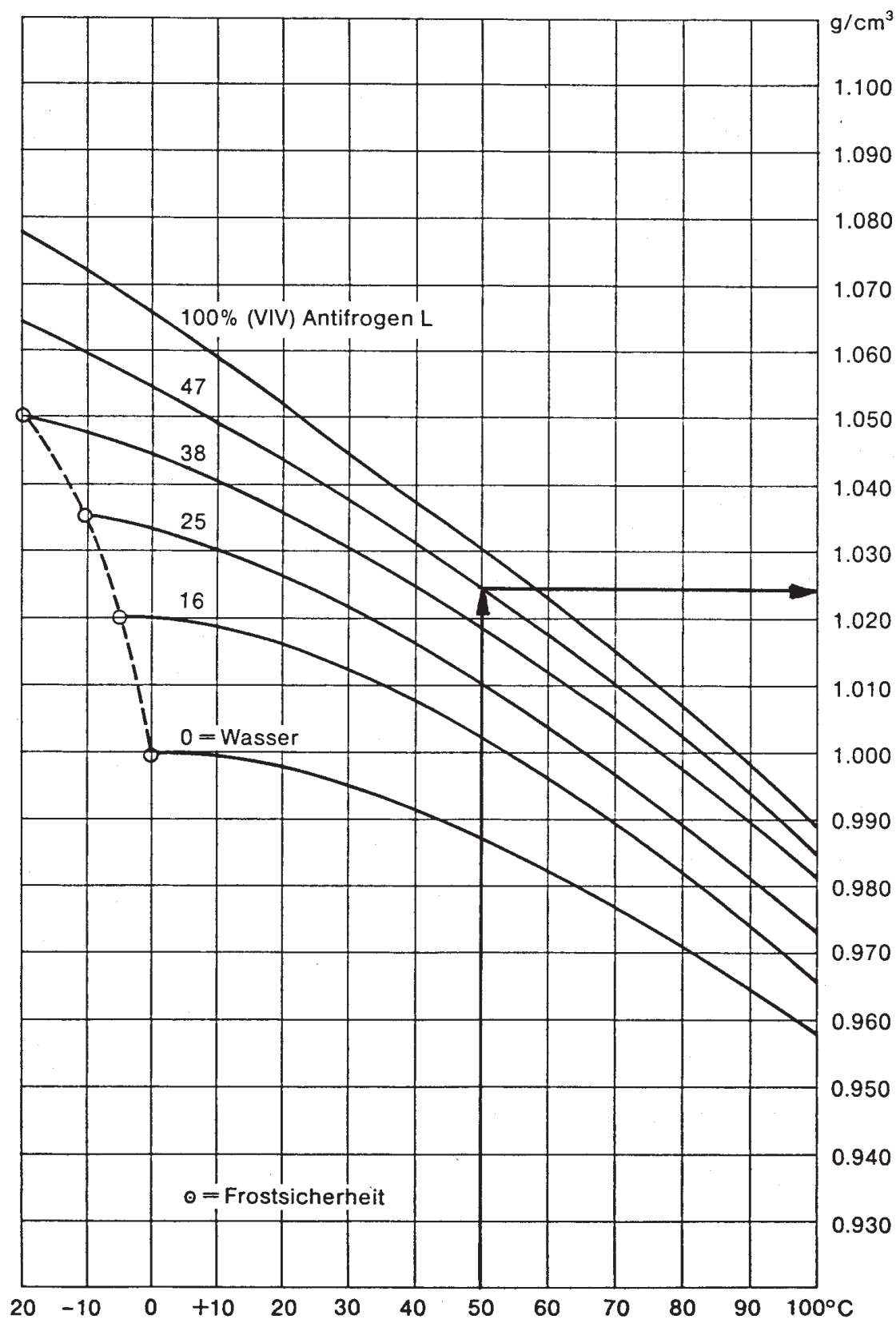
Ohne Berücksichtigung allfälliger Wärmebrücken durch Rohrhalterungen und Schlitzte

Dämm- stärke in mm	λ Dämmung $\left[\frac{W}{m \cdot K}\right]$	DN 15	DN 20	DN 25	DN 32	DN 40	DN 50	DN 65	DN 80	DN 100
		1/2"	3/4"	1"	5/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"
		D_i	D_a	D_i	D_a	D_i	D_a	D_i	D_a	D_i
20	0.025	16.0	21.6	26.9	35.9	41.8	53.0	68.8	80.8	105.3
	0.030	21.3	26.9	33.7	42.4	48.3	60.3	76.1	88.9	114.3
	0.040									
	0.050									
	0.060									
30	0.025	0.1380	0.1594	0.1848	0.2168	0.2382	0.2813	0.3377	0.3831	0.4728
	0.030	0.1633	0.1884	0.2183	0.2558	0.2810	0.3317	0.3978	0.4511	0.5564
	0.040	0.2117	0.2439	0.2821	0.3301	0.3623	0.4272	0.5118	0.5799	0.7145
	0.050	0.2574	0.2962	0.3422	0.3999	0.4385	0.5164	0.6179	0.6997	0.8612
	0.060	0.3008	0.3457	0.3987	0.4654	0.5100	0.5999	0.7171	0.8115	0.9979
40	0.025	0.1122	0.1278	0.1461	0.1689	0.1841	0.2147	0.2543	0.2862	0.3488
	0.030	0.1334	0.1519	0.1736	0.2006	0.2186	0.2547	0.3016	0.3392	0.4133
	0.040	0.1748	0.1988	0.2269	0.2620	0.2853	0.3321	0.3929	0.4416	0.5375
	0.050	0.2148	0.2440	0.2783	0.3209	0.3493	0.4062	0.4800	0.5392	0.6557
	0.060	0.2535	0.2877	0.3277	0.3775	0.4107	0.4771	0.5633	0.6324	0.7684
50	0.025	0.0977	0.1102	0.1248	0.1428	0.1547	0.1786	0.2095	0.2342	0.2826
	0.030	0.1165	0.1314	0.1487	0.1701	0.1843	0.2126	0.2492	0.2785	0.3360
	0.040	0.1535	0.1729	0.1955	0.2234	0.2420	0.2790	0.3268	0.3649	0.4399
	0.050	0.1895	0.2133	0.2410	0.2753	0.2980	0.3433	0.4017	0.4484	0.5401
	0.060	0.2247	0.2527	0.2853	0.3256	0.3523	0.4056	0.4742	0.5291	0.6368
60	0.025	0.0883	0.0988	0.1111	0.1261	0.1361	0.1558	0.1813	0.2015	0.2412
	0.030	0.1054	0.1180	0.1326	0.1505	0.1623	0.1858	0.2161	0.2402	0.2873
	0.040	0.1393	0.1558	0.1749	0.1984	0.2139	0.2447	0.2844	0.3160	0.3777
	0.050	0.1725	0.1928	0.2163	0.2452	0.2643	0.3022	0.3509	0.3897	0.4656
	0.060	0.2051	0.2291	0.2569	0.2911	0.3136	0.3584	0.4158	0.4616	0.5511
80	0.025	0.0816	0.0908	0.1014	0.1144	0.1230	0.1400	0.1617	0.1790	0.2127
	0.030	0.0975	0.1085	0.1212	0.1367	0.1469	0.1672	0.1931	0.2136	0.2538
	0.040	0.1290	0.1435	0.1602	0.1807	0.1941	0.2207	0.2547	0.2818	0.3345
	0.050	0.1601	0.1780	0.1986	0.2238	0.2404	0.2732	0.3152	0.3485	0.4134
	0.060	0.1907	0.2120	0.2364	0.2662	0.2858	0.3247	0.3743	0.4137	0.4906
100	0.025					0.1058	0.1193	0.1363	0.1498	0.1759
	0.030					0.1266	0.1426	0.1630	0.1791	0.2103
	0.040					0.1677	0.1888	0.2157	0.2369	0.2781
	0.050					0.2083	0.2344	0.2677	0.2939	0.3448
	0.060					0.2483	0.2794	0.3189	0.3501	0.4105
100	0.025					0.0949	0.1061	0.1203	0.1315	0.1530
	0.030					0.1136	0.1270	0.1440	0.1573	0.1831
	0.040					0.1507	0.1685	0.1909	0.2085	0.2426
	0.050					0.1874	0.2095	0.2373	0.2592	0.3014
	0.060					0.2238	0.2501	0.2832	0.3092	0.3594

 Empfohlene Dämmstärke für Zirkulationssysteme


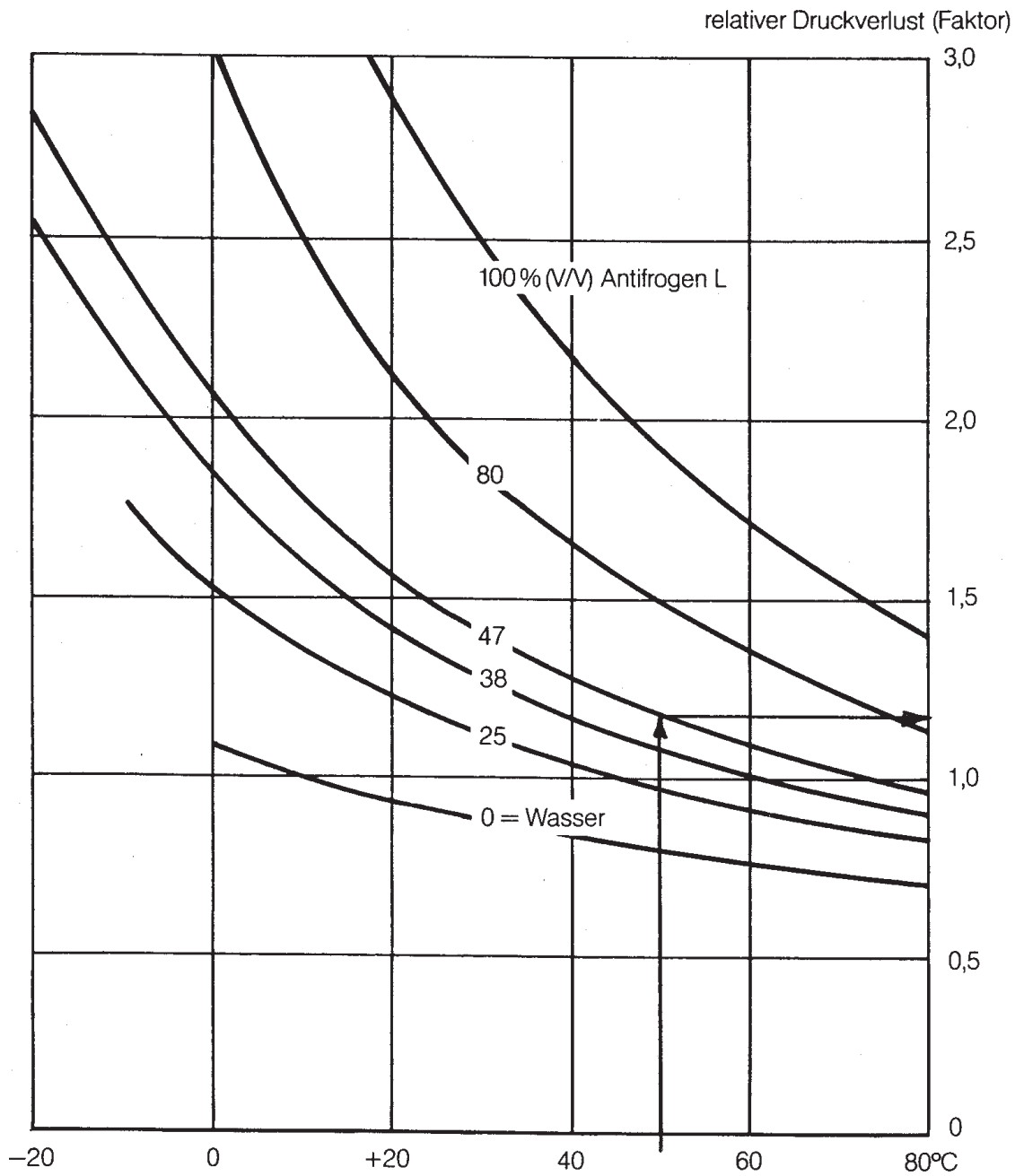
Frostsicherheit (Kristallisationspunkt nach DIN 51782) von Antifrogen L-Wassermischungen

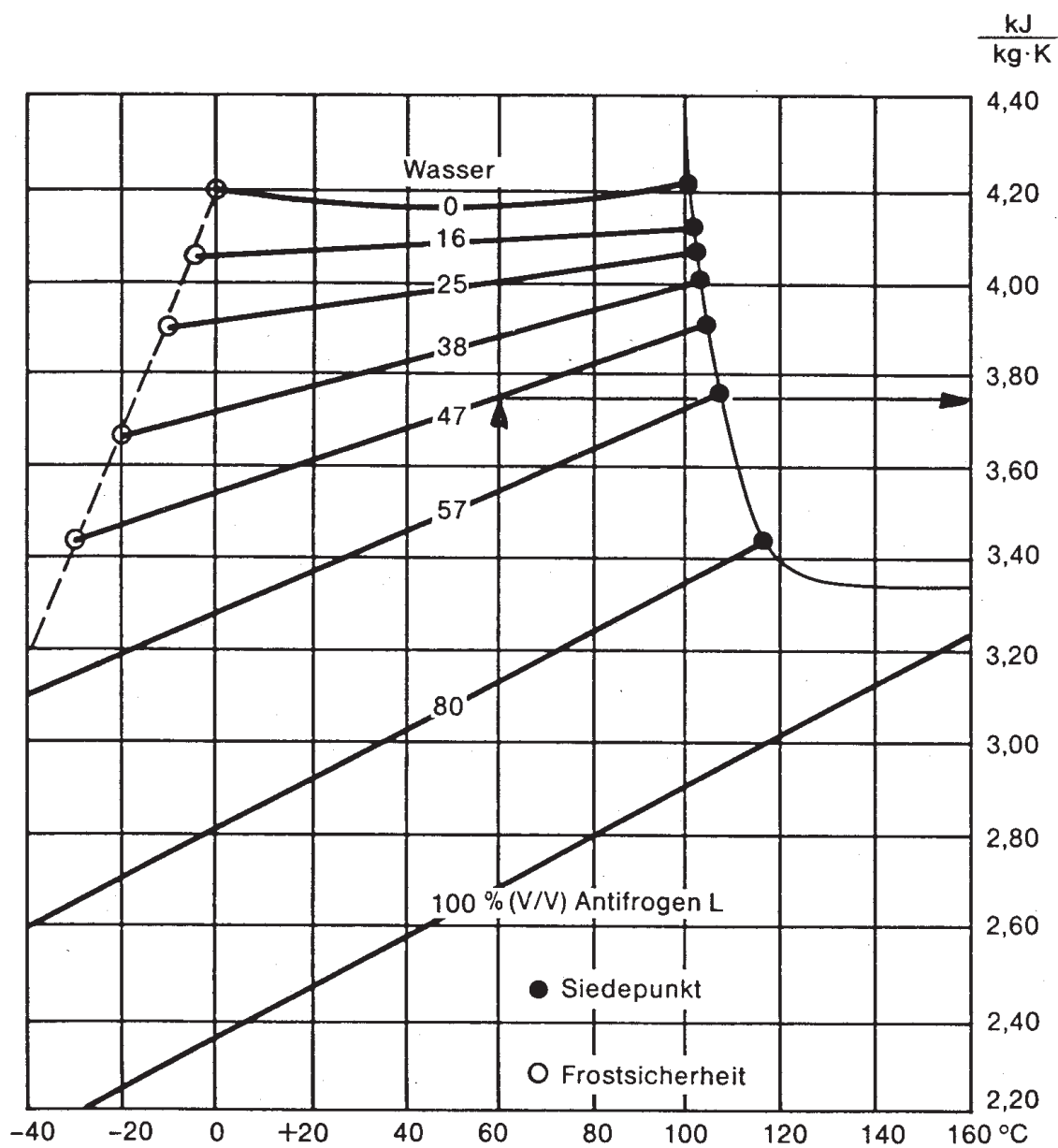


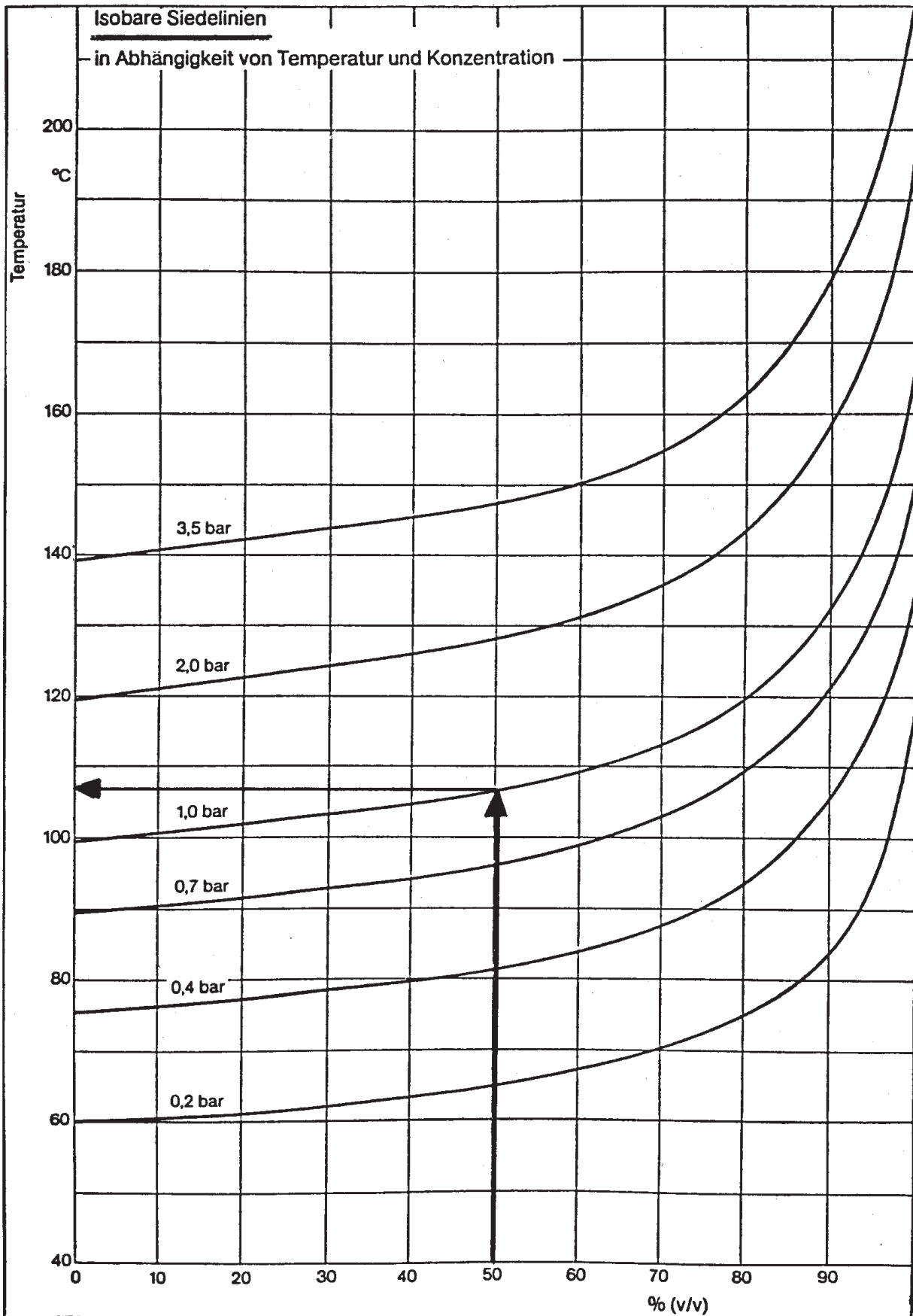
Dichte von Antifrogen L-Wassermischungen in Abhängigkeit von der Temoeratur

Relativer Druckverlust

von Antofrogen L-Wassermischung im Vergleich mit Wasser (+ 10 °C) bei turbulenter Strömungen



Spezifische Wärme von Antofrogen L-Wassermischungen in Abhängigkeit von der Temperatur




Solarenergie – finanzielle Aspekte

Zur jetzigen Zeit (1993) und bei den heute üblichen Energiepreisen ist es selten, dass man die Realisierung einer Solaranlage rein mit finanziellen Argumenten rechtfertigen kann.

Es müssen andere Argumente, die für die Wahl einer solchen Anlage sprechen, mit einbezogen werden.

Aus diesem Grund muss jede Wirtschaftlichkeitsrechnung, die ein Heizungs- oder Sanitärfachmann einem potentiellen Kunden im Zusammenhang mit der Realisierung einer Solaranlage vorlegt, von einer Liste von anderen stichhaltigen Argumenten zu Gunsten der Solarenergie begleitet sein.

Bandbreite der Energiepreise (Wärmepreise) für 1993

kWh	Öl oder Gas	5 bis 10 Rappen
kWh	Elektrizität	10 bis 27 Rappen
kWh	Sonnenenergie für die Warmwasserproduktion und möglicher Anteil an der Raumheizung in Einfamilienhäusern	30 bis 50 Rappen
kWh	Sonnenenergie in Mehrfamilienhäusern oder Gebäuden mit grossem Warmwasserverbrauch	10 bis 25 Rappen

Wir stellen fest, dass die Solarenergie schon heute auch finanziell rentabel ist, wenn:

- die Kosten mit der Elektrizität verglichen werden
- die Solarenergie für die Warmwasseraufbereitung bei grossem Warmwasserverbrauch eingesetzt wird.

Einige Argumente

Solarenergie ist effizient:

Bei einem Einfamilienhaus liegt der solare Deckungsgrad der Warmwasseraufbereitung bei 50–70 % im Jahr, in den Sommermonaten sogar über 90 %.

Solarenergie rentiert finanziell nicht immer – aber sie ist auch nicht teuer!

Verglichen mit der Erwärmung von Warmwasser mit Öl, sind die Mehrkosten einer Installation, die einen solaren Deckungsgrad von 50 % für die Warmwasseraufbereitung erlaubt, ungefähr bei Fr. 10.– im Monat pro Wohnung. (Die Mehrkosten sind so berechnet, dass die Erträge der Sonnenenergie von den Zinsen der investierten Summe abgezogen werden.)

Solaranlagen werden nun vom Bund subventioniert:

In Gebäuden mit mehr als fünf Wohnungen werden Subventionen in der Höhe von Fr. 300.– pro m² Kollektorfläche ausbezahlt. Dazu kommen in einigen Fällen kantonale Subventionen oder bedeutende Steuererleichterungen. (Stand März 1993)

Allein die Solarenergie trägt alle ihre Kosten schon im Preis der Installation.

Die anderen Energiearten verursachen indirekte Kosten, die nicht in ihrem Verkaufspreis enthalten sind: die Einflüsse auf die Umwelt (Umweltverschmutzung, Krankheit).

Wirtschaftlichkeit

Investitionen

Berechnen wir die Kosten für ein Sechs-Familienhaus mit 20 Personen. Die Solaranlage ist für das Warmwasser ausgelegt.

Beispiel:

Warmwasserverbrauch	Liter/Tag	Muster	Ihre Anlage
Kollektorfläche	Total	m ²	m ²
Nutzenergie/Jahr kWh/m ²	Total	kWh	kWh
Investition Brutto	Total	Fr.	Fr.
Subvention /m ²	Total	Fr.	Fr.
Investition Netto	Total	Fr.	Fr.
Annuität % Jahreskosten	Total	Fr.	Fr.
+ Steuerersparnis	Total	Fr.	Fr.
Jahreskosten Netto	Total	Fr.	Fr.
Energiekosten pro kWh	$\frac{\text{Jahreskosten}}{\text{Nutzenergie}}$	Fr.	Fr.
Energiekosten z.B. Strom (Annahme für 20 Jahre, inkl. Teuerung und 95 % Wirkungsgrad)	$\frac{\text{Fr./kWh} \cdot \text{Teuerung}}{\text{Wirkungsgrad}}$	Fr.	Fr.

- Die Subvention muss bei den Energiefachstellen nachgefragt werden.
- Die Steuerersparnis muss bei der Steuerverwaltung nachgefragt werden.
- Die Annuität und die Teuerung der Energie kann in den Tabellen im Kapitel H Anhang abgelesen werden.


Handbuch 5 Allgemeine Grundlagen

Blatt Nr.

1.5.15
Wirtschaftlichkeitsberechnungen
Annuitätenfaktor (Kapitalwiedergewinnungsfaktor) a_n

Nutzungs- dauer n Jahre	Kapitalzins in %										
	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9
1	1,04	1,045	1,05	1,055	1,06	1,065	1,07	1,075	1,08	1,085	1,09
2	0,5302	0,5340	0,5378	0,5416	0,5454	0,5493	0,5531	0,5569	0,5608	0,5646	0,5685
3	0,3603	0,3638	0,3672	0,3707	0,3741	0,3776	0,3811	0,3845	0,3880	0,3915	0,3951
4	0,2755	0,2787	0,2820	0,2853	0,2886	0,2919	0,2952	0,2986	0,3019	0,3053	0,3087
5	0,2246	0,2278	0,2310	0,2342	0,2374	0,2406	0,2439	0,2472	0,2505	0,2538	0,2571
6	0,1908	0,1939	0,1970	0,2002	0,2034	0,2066	0,2098	0,2130	0,2163	0,2196	0,2229
7	0,1666	0,1697	0,1728	0,1760	0,1791	0,1823	0,1856	0,1888	0,1921	0,1954	0,1987
8	0,1485	0,1516	0,1547	0,1579	0,1610	0,1642	0,1675	0,1707	0,1740	0,1773	0,1807
9	0,1345	0,1376	0,1407	0,1438	0,1470	0,1502	0,1535	0,1568	0,1601	0,1634	0,1668
10	0,1233	0,1264	0,1295	0,1327	0,1359	0,1391	0,1424	0,1457	0,1490	0,1524	0,1558
11	0,1141	0,1172	0,1204	0,1236	0,1268	0,1301	0,1334	0,1367	0,1401	0,1435	0,1469
12	0,1066	0,1097	0,1128	0,1160	0,1193	0,1226	0,1259	0,1293	0,1327	0,1362	0,1397
13	0,1001	0,1033	0,1065	0,1097	0,1130	0,1163	0,1197	0,1231	0,1265	0,1300	0,1336
14	0,0947	0,0978	0,1010	0,1043	0,1076	0,1109	0,1143	0,1178	0,1213	0,1248	0,1284
15	0,0899	0,0931	0,0963	0,0996	0,1030	0,1064	0,1098	0,1133	0,1168	0,1204	0,1241
16	0,0858	0,0890	0,0923	0,0956	0,0990	0,1024	0,1059	0,1094	0,1130	0,1166	0,1203
17	0,0822	0,0854	0,0887	0,0920	0,0954	0,0989	0,1024	0,1060	0,1096	0,1133	0,1170
18	0,0790	0,0822	0,0855	0,0889	0,0924	0,0959	0,0994	0,1030	0,1067	0,1104	0,1142
19	0,0761	0,0794	0,0827	0,0862	0,0896	0,0932	0,0968	0,1004	0,1041	0,1079	0,1117
20	0,0736	0,0769	0,0802	0,0837	0,0872	0,0908	0,0944	0,0981	0,1019	0,1057	0,1095
21	0,0713	0,0746	0,0780	0,0815	0,0850	0,0886	0,0923	0,0960	0,0998	0,1037	0,1076
22	0,0692	0,0725	0,0760	0,0795	0,0830	0,0867	0,0904	0,0942	0,0980	0,1019	0,1059
23	0,0673	0,0707	0,0741	0,0777	0,0813	0,0850	0,0887	0,0925	0,0964	0,1004	0,1044
24	0,0656	0,0690	0,0725	0,0760	0,0797	0,0834	0,0872	0,0911	0,0950	0,0990	0,1030
25	0,0640	0,0674	0,0710	0,0745	0,0782	0,0820	0,0858	0,0897	0,0937	0,0977	0,1018
26	0,0626	0,0660	0,0696	0,0732	0,0769	0,0807	0,0846	0,0885	0,0925	0,0966	0,1007
27	0,0612	0,0647	0,0683	0,0720	0,0757	0,0795	0,0834	0,0874	0,0914	0,0956	0,0997
28	0,0600	0,0635	0,0671	0,0708	0,0746	0,0785	0,0824	0,0864	0,0905	0,0946	0,0989
29	0,0589	0,0624	0,0660	0,0698	0,0736	0,0775	0,0814	0,0855	0,0896	0,0938	0,0981
30	0,0578	0,0614	0,0651	0,0688	0,0726	0,0766	0,0806	0,0847	0,0888	0,0931	0,0973
31	0,0509	0,0604	0,0641	0,0679	0,0718	0,0758	0,0798	0,0839	0,0881	0,0924	0,0967
32	0,0559	0,0596	0,0633	0,0671	0,0710	0,0750	0,0791	0,0832	0,0875	0,0917	0,0961
33	0,0551	0,0587	0,0625	0,0663	0,0703	0,0743	0,0784	0,0826	0,0869	0,0912	0,0956
34	0,0543	0,0580	0,0618	0,0656	0,0696	0,0737	0,0778	0,0820	0,0863	0,0907	0,0951
35	0,0536	0,0573	0,0611	0,0650	0,0690	0,0731	0,0772	0,0815	0,0858	0,0902	0,0946
40	0,0505	0,0543	0,0583	0,0623	0,0665	0,0707	0,0750	0,0794	0,0839	0,0884	0,0930
45	0,0483	0,0522	0,0563	0,0604	0,0647	0,0691	0,0735	0,0780	0,0826	0,0872	0,0919
50	0,0466	0,0506	0,0548	0,0591	0,0634	0,0679	0,0725	0,0771	0,0817	0,0865	0,0912
55	0,0452	0,0494	0,0537	0,0581	0,0625	0,0671	0,0717	0,0764	0,0812	0,0850	0,0908
60	0,0442	0,0485	0,0528	0,0573	0,0619	0,0665	0,0712	0,0760	0,0808	0,0856	0,0905

$$a_n = \frac{p}{1 - \frac{1}{(1+p)^n}} = \frac{p}{1 - \frac{1}{p^n}}$$

 a_n = Annuitätenfaktor [einheitenlos]

 $p = \frac{\text{Kapitalzins in \%}}{100}$ [einheitenlos]

 n = Nutzungsdauer [Jahre]
(Zeitdauer bis zum Ersatz)

 $P = \frac{\text{Kapitalzins in \%}}{100} + 1$ [einheitenlos]

Wirtschaftlichkeitsberechnungen
Mittelwertfaktor $\bar{t}$

der durchschnittlichen Energiemittelpreisteuerung für jährlich gleichmässig ansteigende, nachschüssige Zahlungen

Nutzungsdauer n Jahre	Jährliche Energiemittelpreisteuerung (t) in %									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1,01	1,02	1,03	1,04	1,05	1,06	1,07	1,06	1,09	1,10
2	1,01	1,03	1,05	1,06	1,08	1,09	1,11	1,12	1,14	1,15
3	1,02	1,04	1,06	1,08	1,10	1,12	1,14	1,17	1,19	1,21
4	1,02	1,05	1,08	1,10	1,13	1,16	1,18	1,21	1,24	1,27
5	1,03	1,06	1,09	1,12	1,16	1,19	1,22	1,26	1,29	1,33
6	1,03	1,07	1,11	1,14	1,18	1,22	1,26	1,31	1,35	1,40
7	1,04	1,08	1,12	1,16	1,21	1,26	1,31	1,36	1,41	1,46
8	1,04	1,09	1,14	1,19	1,24	1,29	1,35	1,41	1,47	1,53
9	1,05	1,10	1,15	1,21	1,27	1,33	1,39	1,46	1,53	1,61
10	1,05	1,11	1,17	1,23	1,30	1,36	1,44	1,52	1,60	1,69
11	1,06	1,12	1,18	1,25	1,32	1,40	1,49	1,57	1,67	1,77
12	1,06	1,13	1,20	1,27	1,35	1,44	1,53	1,63	1,74	1,86
13	1,07	1,14	1,21	1,30	1,38	1,48	1,58	1,69	1,82	1,95
14	1,07	1,15	1,23	1,32	1,41	1,52	1,60	1,76	1,89	2,04
15	1,07	1,16	1,24	1,34	1,44	1,56	1,69	1,82	1,97	2,14
16	1,08	1,16	1,26	1,36	1,48	1,60	1,74	1,89	2,06	2,24
17	1,08	1,17	1,27	1,38	1,51	1,64	1,79	1,96	2,15	2,35
18	1,09	1,18	1,29	1,41	1,54	1,69	1,85	2,03	2,24	2,47
19	1,09	1,19	1,30	1,43	1,57	1,73	1,91	2,11	2,33	2,59
20	1,09	1,20	1,32	1,45	1,60	1,78	1,97	2,19	2,43	2,71
21	1,10	1,21	1,33	1,48	1,64	1,82	2,03	2,27	2,53	2,84
22	1,10	1,22	1,35	1,50	1,67	1,87	2,09	2,35	2,64	2,98
23	1,11	1,23	1,36	1,52	1,70	1,91	2,16	2,43	2,75	3,12
24	1,11	1,24	1,38	1,55	1,74	1,96	2,22	2,52	2,87	3,27
25	1,11	1,24	1,39	1,57	1,78	2,01	2,29	2,61	2,99	3,43
26	1,12	1,25	1,41	1,59	1,81	2,06	2,36	2,71	3,12	3,60
27	1,12	1,26	1,42	1,62	1,84	2,11	2,43	2,80	3,25	3,77
28	1,12	1,27	1,44	1,64	1,88	2,16	2,50	2,90	3,38	3,96
29	1,13	1,28	1,45	1,66	1,92	2,21	2,57	3,00	3,52	4,15
30	1,13	1,28	1,47	1,69	1,95	2,27	2,65	3,11	3,67	4,35

Basis: Kapitalzinssatz = 5%. Bei Zinssätzen von 4 bzw. 6% sind die ausgewiesenen Mittelwertfaktoren bis 30 Jahre, bei 7% bis 20 Jahre hinreichend genau.

$$\bar{t} = \frac{T}{P} \cdot \frac{\left(\frac{T}{P}\right)^n - 1}{\frac{T}{P} - 1} \cdot \frac{P - 1}{1 - \frac{1}{P^n}}$$

Beispiel: $p = 5 \%$
 $t = 8 \%$
 $n = 20$ Jahre
 $\bar{t} = 2,19 \%$

 $\bar{t}$ = Mittelwertfaktor [einheitenlos]

 n = Nutzungsdauer [Jahre]

 $P = \frac{\text{Kapitalzins in \%}}{100} + 1$ [einheitenlos]

 $T = \frac{\text{Teuerung pro Jahr in \%}}{100} + 1$ [einheitenlos]

Arbeitssicherheit

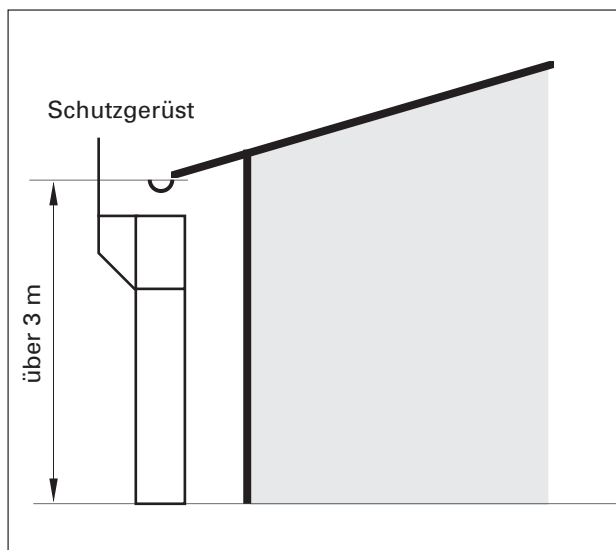
1 Arbeiten an und auf geneigten Dächern

Grundsätzlich gilt es, die Bestimmungen der Artikel der Verordnung über die Verhütung von Unfällen bei Arbeiten an und auf Dächern (SUVA Form 1805) einzuhalten. Nachfolgend werden die wichtigsten Artikel der Verordnung angeführt und die zu treffenden Schutzmassnahmen anhand von Skizzen und Fotos erläutert.

Art. 1

- 1 Diese Verordnung ist auf alle der obligatorischen Unfallversicherung gemäss Bundesgesetz vom 13. Juni 1911 über die Kranken- und Unfallversicherung unterstellten Betriebe anwendbar.
- 2 Vorbehalten sind die baupolizeilichen Vorschriften der Kantone und Gemeinden, soweit sie dieser Verordnung nicht widersprechen.

Umfangreiche Arbeiten an und auf geneigten Dächern beim Errichten von Neubauten oder Eindecken bestehender Bauwerke.



Schutzmassnahmen über 3 m Traufhöhe

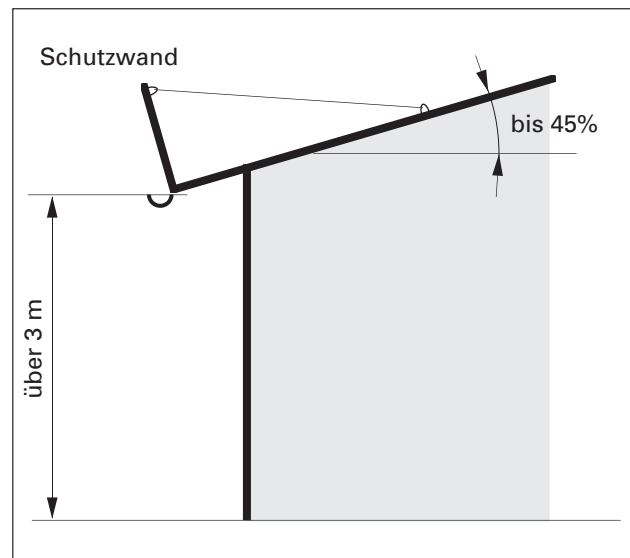
Art. 14

- 1 Bei Arbeiten an und auf Dächern mit Arbeitsverrichtungen an der Traufe (Anbringen oder Auswechseln der Rinne) sind vor Inangriffnahme der Arbeiten folgende Schutzmassnahmen zu treffen:
 - a) ungefähr 1 Meter unterhalb der Dachtraufe ist ein Gerüstgang mit dicht geschlossenem Bretterbelag zu erstellen;
 - b) an der Sturzseite des Gerüstganges ist eine Schutzwand anzubringen, die in waagrechter Richtung einen Zwischenraum von mindestens 60 Zentimeter von der Dachrinne bzw. Traufkante aufweist und diese um wenigstens 60 Zentimeter überragt.

c) von der Rinnenhöhe an abwärts ist die Schutzwand, um den Absturz von Personen und Materialien zu verhindern, mit einem dicht geschlossenen Bretterbelag oder einem starken, engmaschigen (Maschenweite höchstens 5 Zentimeter) Drahtgeflecht bis auf den Gerüstbelag hinunter zu erstellen; oberhalb der Dachrinne sind Zwischenräume in der Schutzwand bis 25 Zentimeter zugelassen.

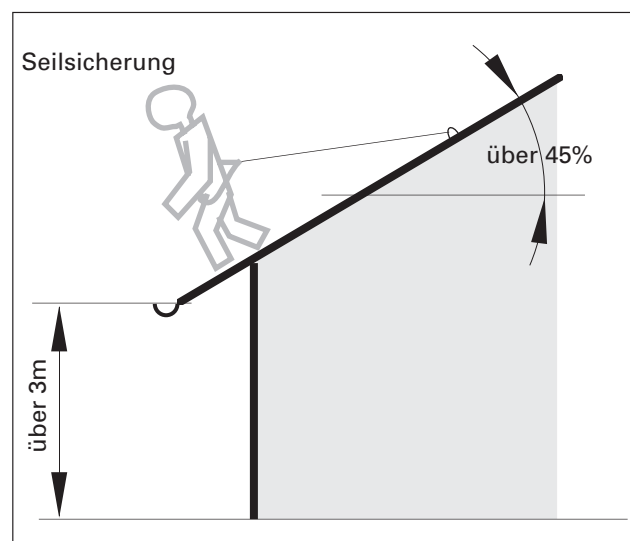
2 Andere Schutzmassnahmen sind nur zulässig, wenn sie mindestens dieselbe Sicherheit wie die Vorschriften von Absatz 1 gewährleisten. Bei Dachneigungen bis 45 % ist ein Gerüstgang erforderlich, wenn die Dachtraufe mehr als 3 m über dem Terrain verläuft.

Bei Dachneigungen über 45 % ist ein Gerüstgang erforderlich, wenn die Dachtraufe mehr als 3 m über dem Terrain verläuft.



Schutzmassnahmen, bis 45 % Dachneigung, bei über 3 m Traufhöhe (wenn Kollektorfeld im oberen Teil des Daches).

Art. 14 gilt für die Überdachung von Neubauten sowie für Neueindeckungen an bestehenden Bauten. Bei sorgfältiger Planung, Arbeitsvorbereitung und Koordinierung der Arbeitsabläufe können auch Dritte die vom Bauunternehmen erstellten Gerüste mitbenützen, ohne diese erheblich abändern zu müssen.



Schutzmassnahmen, über 45 % Dachneigung, über 3 m Traufhöhe (z.B. bei Kontrollen)

Kleine Arbeiten an und auf geneigten Dächern

Art. 15

Sofern bei Arbeiten an bestehenden Bauten keine eigentlichen Arbeitsverrichtungen an der Traufe bzw. am Dachgesims erforderlich sind, kann auf die Errichtung eines Gerüstganges gemäss Art. 14 verzichtet werden. Dafür ist an der Dachtraufe eine durchgehende, wenigstens 60 Zentimeter hohe, solide Schutzwand zu errichten. Diese muss so stark sein, dass sie den Sturz von Personen oder niederfallenden Materialien mit Sicherheit aufhält.

Art. 16

Die Ausführungen von Kontroll-, Reinigungs-, Kleinreparatur-, Maler-, Schneeräumungsarbeiten, Versetzen von Antennen und andere ähnliche Arbeiten auf Dächern mit mehr als 45 % Neigung darf nur von gut gesicherten Dachleitern aus erfolgen. Ist dies nicht möglich, hat sich das Personal mittels Seil zu sichern oder geeignete Absturzsicherungsgeräte zu benutzen.

Werden bei Dachneigungen bis zu 45 % kleine Arbeiten auf dem Dach ausgeführt, haben sich die Arbeiter zu sichern, wenn die Traufe mehr als 3 m über dem Terrain verläuft (Bild 5). Bei Dachneigungen über 45 % hat sich das auf dem Dach beschäftigte Personal zur Ausführung kleiner Arbeiten zu sichern, wenn die Dachtraufe mehr als 3 m über dem Terrain verläuft.

Art. 17

Bei feuchtem, regnerischem Wetter und Glatteisgefahr sind beim Begehen der Dachhaut auch auf Dächern von weniger als 45 % Neigung die Bestimmungen des Art. 16 sinngemäss einzuhalten.

2 Arbeiten auf Flachdächern

Zum Schutze von Personen gegen Absturz bei Arbeiten auf Flachdächern gelten sinngemäss die Bestimmungen des Art. 3 der Verordnung über die Verhütung von Unfällen bei Bauarbeiten (SUVA-Form. 1796).

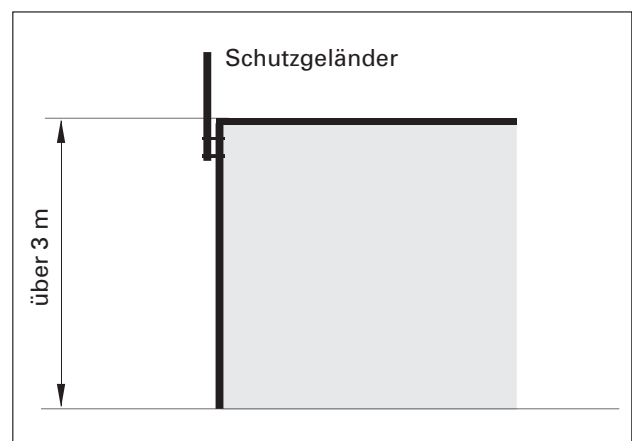
An Neubauten, bei denen fast immer Dachisolations- und Spenglerarbeiten an der Aussenseite der Dachplatte auszuführen sind, gelten diese Bestimmungen uneingeschränkt.

Absturzsicherungen in Form von Fassadengerüsten, Schutzlehnen an der Deckenaussenkante, Schutzwänden, Fangnetzen usw. müssen den Absturz verhindern.

Bei Ausbesserungs- und Renovationsarbeiten auf Flachdächern bestehender Bauten genügt es, persönliche Schutzmittel nach Art. 47 der Verordnung über die Verhütung von Unfällen bei Bauarbeiten (Sicherheitsgürtel, Anseilgeräte) zu verwenden. Nur bei Flachdächern, deren Oberkante sich weniger als 3 m über dem Terrain befindet, kann auf diese persönlichen Schutzmassnahmen verzichtet werden.

Ingenieure und Architekten können schon bei der Planung von Neubauten dazu beitragen, dass sich bei späteren Revisionsarbeiten auf Flachdächern Schutzlehnen ohne grossen Aufwand anbringen lassen. So können z.B. beim Erstellen des Gebäudes in die Brüstungsoberkante Hülsen eingelassen oder in die Aussenwände unterhalb der Brüstungskante rostfreie Dübel versetzt werden. Von grosser Bedeutung sind solche vorsorglichen Massnahmen bei fensterlosen Gebäuden wie Silos.

Umfangreiche Arbeiten auf Flachdächern beim Errichten von Neubauten oder beim Sanieren von Altbauten.

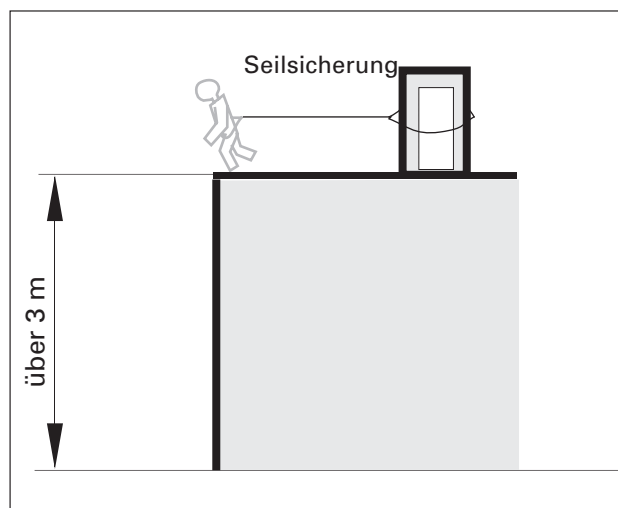


Absicherungen sind erforderlich, wenn sich die Dachoberkante mehr als 3 m über dem Terrain befindet. Bei sorgfältiger Planung, Arbeitsvorbereitung und Koordinierung der Arbeitsabläufe können die für die vorausgehenden Baumeisterarbeiten angebrachten Schutzvorrichtungen ohne grosse Mehrkosten auch weiterhin benützt werden.

Kleine Arbeiten auf Flachdächern beim Renovieren oder Reparieren von Altbauten

Art. 47 der Verordnung über die Verhütung von Unfällen bei Bauarbeiten (SUVA Form 1796) lautet: Wenn keine allgemeinen Schutzmassnahmen getroffen werden können, um den Absturz von Personen zu verhindern, sind überall, wo die Möglichkeit besteht, letztere mit Gurt und Sicherungsseil oder Anseilgeräten, welche solid zu befestigen sind, zu sichern.

Eine solche Sicherung mit Gurt und Sicherungsseil oder Anseilgerät ist unbedingt erforderlich, wenn sich das Flachdach mehr als 3 m über dem Terrain befindet.



Literaturverzeichnis

Nr.	Autor	Titel	Verlag
1.	C.-A. Roulet C. Jobin L. Keller N. Schmitt J.-M. Sutter	Solare Wassererwärmungsanlagen	EDMZ 3000 Bern Juni 1988
2.	B. Schläpfer P. Schneiter K. Wellinger	Planung Solarer Wassererwärmungsanlagen	SOFAS 8050 Zürich November 1987
3.	P. Bremer M. Heimlicher G. Schriber P. Kesselring R. Minder P. Valko	Meteonorm Theorie für den Solarplaner	Bundesamt für Ener- giewirtschaft 1985
4.	U. Frei T. Häuselmann E. Rohner	Leistungsdaten thermischer Sonnenkollektoren	Bundesamt für Ener- giewirtschaft 1991
5.	H. Grallert	Solarthermische Heizungssysteme	Oldenbourg 1978
6.	H. Kuchling	Taschenbuch der Physik	Harry Deutsch 1988
7.	J. Hermann	dtv-Atlas zur Astronomie	Deutscher Taschen- buchverlag 1973
8.	+GF+	Weichlote und Flussmittel	+GF+ Schaffhausen
9.	SUVA	Arbeiten an und auf Dächern	SUVA 6000 Luzern
10.	C. Macherel G. Krebs	Installations solaires de préchauffage de l'eau chaude sanitaire	Ville de Genève Département des constructions 1990
11.	P. Jaboyedoff	Kombinierte Solaranlagen zur Wassererwär- mung und Raumheizung. Synthese, Planungs- empfehlungen	SOFAS 8050 Zürich 1990
12.	E. Rohner U. Frei	Polysun, PC-Programme SPF Rapperswil	INFOENERGIE Post- fach 310 5200 Brugg
13.	O. Zahn	Mises au point et tests d'installation solaires à injection directe simplifiées	Bureau Keller & Zahn Lavigny 1992
14.	O. Fux B. Berchtold J. Reist C. Stauber E. Zehender	SI-Handbuch	VSSH Vereinigung Schweizerischer Sani- tär- und Heizungs- fachleute 1992