



Die fachgerechte Installation von thermischen Solaranlagen

Herausgeber:

Deutsches Kupferinstitut
Auskunfts- und Beratungsstelle
für die Verwendung von
Kupfer und Kupferlegierungen

Am Bonnheshof 5
40474 Düsseldorf
Telefon: 02 11-4 79 63 00
Telefax: 02 11-4 79 63 10
E-Mail: info@kupferinstitut.de
www.kupferinstitut.de

Erstellt in Zusammenarbeit mit:

- DGS – Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie e. V.
- BSW – Bundesverband Solarwirtschaft e. V.
- Fraunhofer Institut für solare Energiesysteme ISE
- Solarpraxis AG
- ZVSHK – Zentralverband Sanitär Heizung Klima St. Augustin

Layout und Umsetzung:

Solarpraxis AG
© 2006

Überarbeitete Auflage 2006

Alle Rechte, auch die des auszugsweisen Nachdrucks und der fotomechanischen oder elektronischen Wiedergabe, vorbehalten.

Wir danken der ICA (International Copper Association), New York, und dem ECI (European Copper Institute), Brüssel, sowie der Gütegemeinschaft Kupferrohr e.V. für die besondere Unterstützung zur Herausgabe dieser Broschüre.

Copper Connects Life™

Die fachgerechte Installation von thermischen Solaranlagen

Inhalt:

1. Einleitung	2
1.1 Potenzial für das Handwerk	2
1.2 Die Sonne als Energiequelle	2
2. Funktion und Anwendung thermischer Solaranlagen	3
2.1 Wie funktioniert eine thermische Solaranlage?	3
2.2 Anwendungsgebiete thermischer Solaranlagen	4
2.2.1 Solare Trinkwassererwärmung	4
2.2.2 Heizungsunterstützung	4
2.2.3 Schwimmbaderwärmung	5
2.2.4 Prozesswärmeerzeugung	5
3. Komponenten thermischer Solaranlagen	6
3.1 Welchen Kollektortyp für welchen Einsatzfall? ..	6
3.2 Einsatzfall Schwimmbadabsorber	6
3.3 Einsatzfall Flachkollektor	6
3.4 Einsatzfall Vakuumröhrenkollektor	6
4. Planung und Dimensionierung thermischer Solaranlagen	7
4.1 Dimensionierungshinweise für Solaranlagen	7
4.2 Solaranlagen nur in Südausrichtung?	7
4.3 Kluge Dimensionierung: ein Muss	7
4.4 Einfaches Anlagenkonzept wählen	8
4.5 Speicher	8
4.5.1 Trinkwasserspeicher	8
4.5.2 Pufferspeicher	8
4.5.3 Kombispeicher	9
4.6 Kollektorkreis	9
4.6.1 Druck und Temperaturen im Kollektor und Kollektorkreis	10
4.6.2 Verdampfung im Kollektorfeld	11
4.7 Ausdehnungsgefäße, Pumpen und Armaturen im Kollektorkreis	11
4.7.1 Ausdehnungsgefäße	11
4.7.2 Armaturen	13
4.7.3 Pumpen	13
4.8 Wärmeträger	13
4.9 Regelung	14
4.9.1 Regelung von Einspeichersystemen	14
4.9.2 Regelung von Zweispeichersystemen	14
4.9.3 Regelung von Kombispeichersystemen	15
5. Montage und Installation thermischer Solaranlagen	16
5.1 Installationskomponenten	16
5.1.1 Kupferrohre	16
5.1.2 Fittings	16
5.1.2.1 Kapillarlöt fittings	16
5.1.2.2 Pressverbindungen	16
5.1.2.3 Klemmringverschraubungen	17
5.2 Lote und Flussmittel	17
5.3 Verarbeitungs- und Verbindungstechniken	18
5.4 Wärmedehnung	18
5.5 Befestigungen	18
5.6 Zusammenbau von Kupfer mit anderen Werkstoffen in geschlossenen Anlagen	18
6. Inbetriebnahme und Wartung thermischer Solaranlagen	19
6.1 Druckprobe und Spülen der Anlage	19
6.2 Befüllung des Kollektorkreises	19
6.3 Einstellung des Anlagendurchflusses	19
6.4 Überprüfung der Solarregelung	20
6.5 Entlüftung des Kollektorkreises	20
6.6 Inbetriebnahme, Wartung und Abnahme	21
6.7 Lebensdauer und Verschmutzung der Kollektoren	21
7. Anhang	22
7.1 Normen und Regelwerke	22
7.2 Links und Literaturliste	23
7.3 Checklisten zur Ergänzung der Herstellerunterlagen Wartungsprotokoll	25
Inbetriebnahme-/Übergabeprotokoll	26
7.4 Verlagsprogramm	28

1. Einleitung

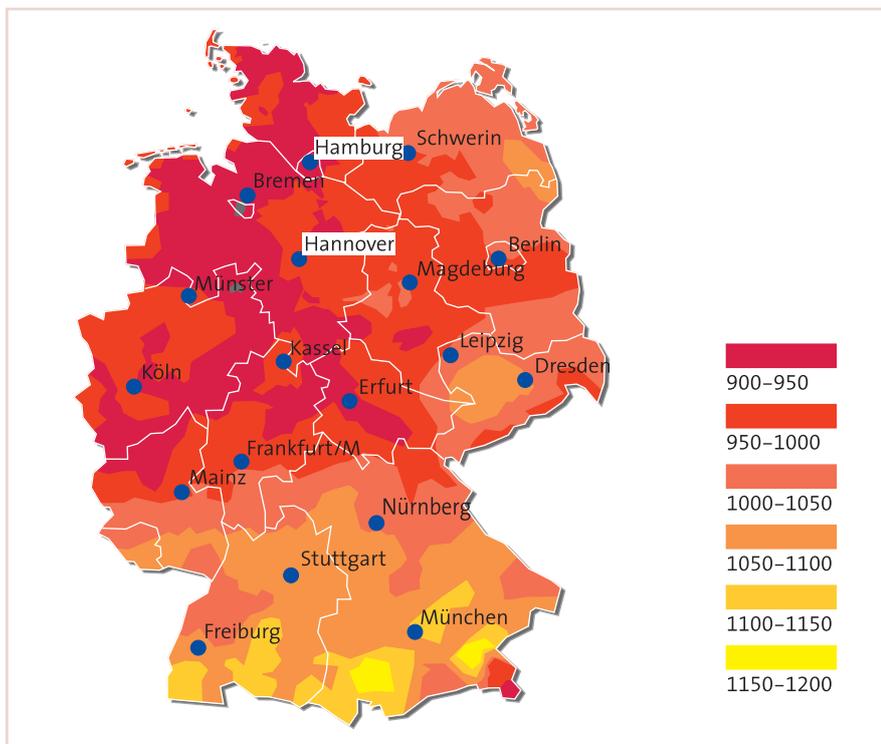


Abb. 1: Jährliche solare Einstrahlung auf eine horizontale Fläche in Deutschland in kWh/m², Grafik: Solarpraxis AG, Quelle: DWD

1.1 Potenzial für das Handwerk

Einleitung

Der Solarthermiemarkt ist zurzeit einer der größten Wachstumsmärkte für das Handwerk. Jährliche Wachstumsraten von 20 Prozent und mehr lassen diesen Markt zunehmend an Bedeutung gewinnen. Zwei Fakten führen das enorme Umsatzpotenzial vor Augen:

1. Die zur solaren Trinkwassererwärmung benötigte Kollektorfläche beträgt in Deutschland etwa 1 bis 1,5 Quadratmeter pro Person. Bei rund 80 Millionen Einwohnern bedeutet das eine vom Fachhandwerk zu installierende Fläche von ca. 80 bis 100 Millionen Quadratmetern.
2. Die zur Verfügung stehende Dachfläche liegt bei 800 Millionen Quadratmetern. Jährlich kommen etwa 1 Million Quadratmeter Kollektorfläche neu hinzu. Damit steht die Nutzung der Solarthermie in Deutschland zwar nicht mehr am Anfang, verfügt aber noch über ein erhebliches Wachstumspotenzial.

Der fortschrittliche Handwerker erkennt die Chance, durch den Einsatz moderner und umweltfreundlicher Techniken Kunden an sich zu binden und neue zu gewinnen – zum Nutzen für den eigenen Betrieb und zum Nutzen für unsere Umwelt.

Verglaste Kollektoren Stand 2005	Gesamt installierte Fläche in Millionen m ²	Gesamt installierte Fläche in m ² /1.000 Einwohner
Deutschland	6,72	80
Österreich	2,34	300

Tabelle 1: Installierte Gesamtfläche verglaster Kollektoren, Stand: 2005
Quelle: bsw (D), austriasolar (A)

1.2 Die Sonne als Energiequelle

Die Sonne liefert in 20 Minuten so viel Energie auf die Erde, wie die gesamte Menschheit in 1 Jahr verbraucht. Selbst auf die Fläche von Deutschland strahlt die Sonne mehr als das 100-Fache des deutschen Energieverbrauchs ein. Solarenergie ist die größte und sicherste Energiequelle, über die wir verfügen. Stellen wir eine 1 Quadratmeter große Fläche senkrecht zu den Sonnenstrahlen, können wir darauf eine Leistung von bis zu 1.000 Watt empfangen.

Selbst bei bewölktem Himmel entfallen auf 1 Quadratmeter durchaus noch mehrere hundert Watt. Auf 1 Jahr hochgerechnet bedeutet dies, dass die

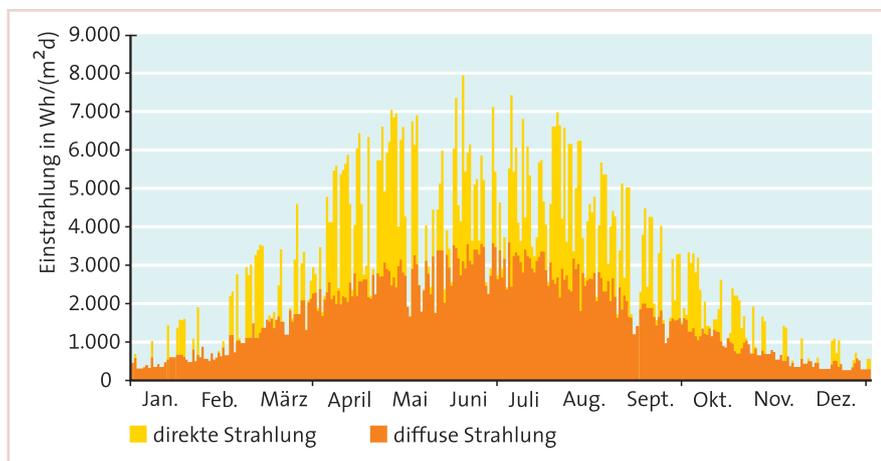


Abb. 2: Gemittelte tägliche Einstrahlung auf eine horizontale Fläche, Grafik: Solarpraxis AG, Quelle: DGS

2. Funktion und Anwendung thermischer Solaranlagen

Sonne auf 1 Quadratmeter horizontaler Fläche in Deutschland zwischen 900 und 1200 Kilowattstunden Energie pro Jahr einstrahlt.

Ein Vergleich mit den Wüstenzonen am Äquator zeigt uns, dass dort mit rund 2200 Kilowattstunden pro Quadratmeter und Jahr nur rund das Doppelte an Solarenergie zur Verfügung steht. Deutschland ist also durchaus solar begünstert. Im Öläquivalent – 1 Liter Heizöl hat einen Heizwert von rund 10 Kilowattstunden – bedeutet das rund 100 Liter Heizöl je Quadratmeter, die wir in Deutschland jährlich von der Sonne empfangen.

In unseren Breiten schwankt die verfügbare Solarenergie im Rhythmus der Jahreszeiten. Die mittlere tägliche Einstrahlung kann im Sommer mehr als 5-mal so hoch wie im Winter sein. Aber auch an einem klaren Wintertag können wir täglich durchaus 3 bis 4 Kilowattstunden pro Quadratmeter empfangen.

Bei modernen Kollektoren ist die abgegebene Leistung nahezu unabhängig von der Umgebungstemperatur. Der Markt bietet eine breite Palette hochwertiger Kollektoren und Systeme für die unterschiedlichen Einsatzgebiete wie Trinkwassererwärmung, Heizungsunterstützung, Schwimmbaderwärmung und Prozesswärmeerzeugung an. Mit Prozesswärme ist dabei Wärme auf einem besonders hohen Temperaturniveau gemeint, die für technische Prozesse und Verfahren in Industrie und Handwerk verwendet werden kann. Dazu gehören Waschen, Spülen, Reinigen, Trocknen, Desinfizieren usw.

2.1 Wie funktioniert eine thermische Solaranlage?

Herzstück einer thermischen Solaranlage ist der Kollektor. Ein Flachkollektor, die am weitesten verbreitete Bauform eines Kollektors, besteht aus einem selektiv beschichteten Kupferabsorber. Er dient zur Absorption („Aufnahme“) der einfallenden Sonnenstrahlung und zu ihrer Umwandlung in Wärme.

Zur Minimierung von thermischen Verlusten wird dieser Absorber in einen wärmeisolierten Kasten mit transparenter Abdeckung eingebettet. Die Abdeckung besteht in der Regel aus eisenarmem Sicherheitsglas. Beim Vakuumröhrenkollektor ist jeder Absorberstreifen in eine evakuierte Glasröhre eingebaut. Die annähernd verlustfreie Wärmedämmung des Vakuums ermöglicht besonders hohe Arbeitstemperaturen, die unabhängig von der Außen-

temperatur sind. Damit lässt sich dieser Kollektortyp besonders gut zur winterlichen Heizungsunterstützung einsetzen. (siehe auch Abb. 4).

Der Absorber wird von einer Wärmeträgerflüssigkeit durchströmt, die zwischen Kollektor und Warmwasserspeicher zirkuliert. Bei dieser Flüssigkeit handelt es sich meistens um ein Gemisch aus Wasser und ökologisch unbedenklichem Frostschutzmittel, bei einigen Anlagentypen auch um reines Wasser.

Thermische Solaranlagen werden über einen Solarregler in Betrieb genommen. Sobald die Temperatur am Kollektor die Temperatur im Speicher um einige Grad übersteigt, schaltet die Regelung die Solarkreisumwälzpumpe ein und die Wärmeträgerflüssigkeit transportiert die im Kollektor aufgenommene Wärme in den Speicher.

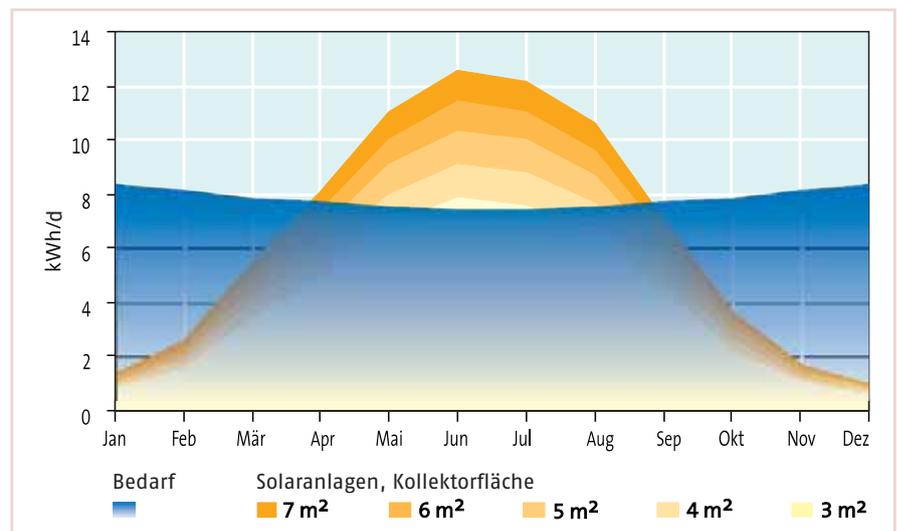


Abb. 3: Warmwasserbedarf und Sonneneinstrahlung, Grafik: Solarpraxis AG

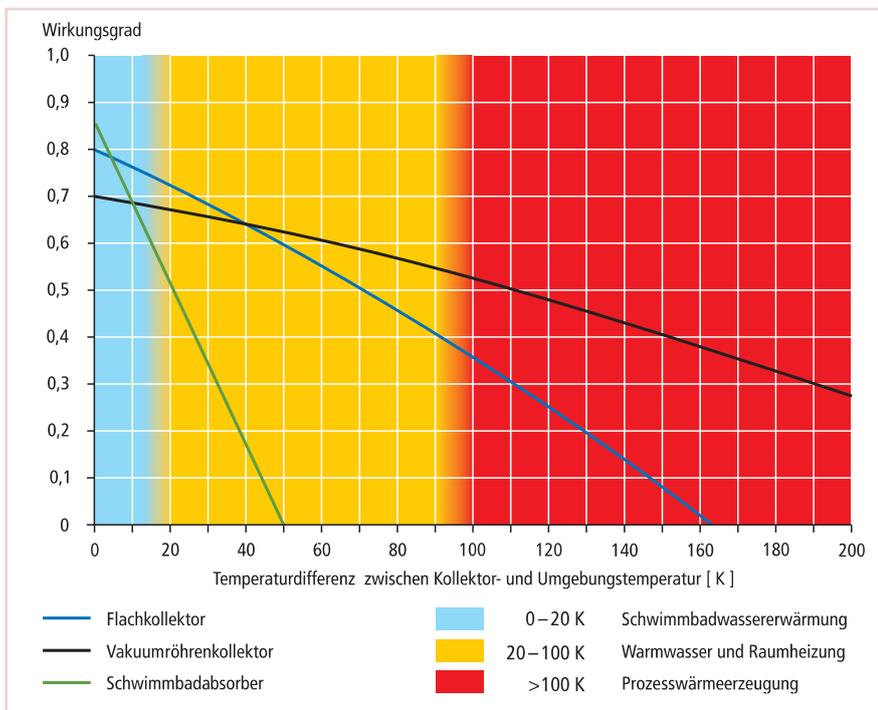


Abb. 4: Arbeitsbereiche und Wirkungsgradkennlinien verschiedener Kollektortypen bei einer Einstrahlung von 1.000 W/m^2 , Grafik: Solarpraxis AG

2.2 Anwendungsgebiete thermischer Solaranlagen

2.2.1 Solare Trinkwassererwärmung

Die solare Trinkwassererwärmung stellt den idealen solarthermischen Anwendungsfall dar. Die Voraussetzungen sind hier besonders günstig, da der Trinkwasserwärmebedarf eines Haushaltes über das Jahr annähernd konstant ist. Solaranlagen zur Trinkwassererwärmung zeichnen sich durch eine einfache Anlagentechnik aus und sind technisch ausgereift. Die Übereinstimmung zwischen solarem Energieangebot und Energiebedarf ist daher größer als bei der Nutzung zur Raumheizung, deren Hauptanwendungsgebiet eher in den Wintermonaten liegt.

Mit einer richtig dimensionierten Anlage kann man jährlich 50 bis 65 % des Trinkwasserwärmebedarfs mit Sonnenenergie decken. Im Sommer kann meistens sogar der gesamte Trinkwasserwärmebedarf durch die Solaranlage bereitgestellt werden. Die angebotene Sonnenenergie lässt sich zudem noch besser nutzen, wenn anstatt der herkömm-

lichen Geräte Waschmaschinen und Geschirrspüler mit Warmwasseranschluss zum Einsatz kommen.

2.2.2 Heizungsunterstützung

Gesetzliche Maßnahmen wie die Energieeinsparverordnung (EnEV) oder einfach stetig steigende Öl- und Gaspreise sorgen für ein gestiegenes Interesse vieler Bauherren und Investoren an Maßnahmen zur Energieeinsparung. Solarsysteme sind heute in der Lage, die Raumheizung in der Übergangszeit und im Winter effizient zu unterstützen. Dadurch wird dieses Anwendungsgebiet der Solarthermie immer interessanter.

Ein Altbau, der vor 1980 gebaut wurde, verbraucht in Deutschland ca. 400 Kilowattstunden pro Jahr und Quadratmeter. Ein Haus, das der Energieeinsparverordnung von 2004 entspricht, dagegen nur noch etwa 100, ein Niedrigenergiehaus sogar nur noch ca. 40 Kilowattstunden pro Jahr und Quadratmeter. Durch die fortwährende Reduzierung der Wärmeverluste moderner Gebäude kann mit einer Solaranlage

ein immer größerer Anteil der Heizenergie eingespart werden.

Damit die Solaranlage wirksam in die vorhandene Heizung einspeisen kann, ist ein niedriges Heiztemperaturniveau wichtig. Außerdem ist eine Vergrößerung der Kollektorfläche und ein zusätzliches Speichervolumen notwendig. Am Anfang dieser Entwicklung stand neben der Vergrößerung der Kollektorfläche eine Ergänzung des Solarspeichers zur Trinkwassererwärmung um einen Pufferspeicher. Um die Anschaffung, Installation, Regelung und den Platzbedarf einer solchen Anlage zu vereinfachen, wurden in den letzten Jahren hocheffiziente Kombispeicher entwickelt. Sie vereinen Trinkwasser- und Pufferspeicher auf engstem Raum.

Energieeinsparung und Deckungsbeitrag

Allgemein gilt:

Je größer der Wärmebedarf eines Gebäudes ist, umso mehr Brennstoff kann durch eine thermische Solaranlage eingespart werden. Je schlechter ein Gebäude gedämmt ist, also je höher der spezifische Wärmebedarf pro Flächeneinheit ist, umso geringer ist gleichzeitig der mögliche prozentuale solare Deckungsbeitrag.

Typisch sind z. B. 30 bis 40 % Deckungsbeitrag bei einem Niedrigenergiehaus und etwa 10 % Deckungsbeitrag bei einem schlecht gedämmten Altbau.

Mit einer Kollektorfläche von ca. 15 Quadratmetern und einem Pufferspeicher von 1.000 Litern können in gut gedämmten Einfamilienhäusern solare Deckungsraten von 30 % erzielt werden. Dies genügt häufig, um Heizung und Trinkwassererwärmung auch in den Jahresübergangszeiten vollständig mit Solarenergie abzudecken. Die Zufriedenheit der Besitzer solcher Anlagen bestätigt dies eindrucksvoll – sie können ihre „konventionelle“ Heizungsanlage noch ausgeschaltet lassen, während die Nachbarn bereits auf die Gas- oder Ölheizung zurückgreifen müssen. Zusätzlich wird noch ein erheblicher Beitrag zur Verminderung des CO_2 -Ausstoßes geleistet.

Der solare Deckungsbeitrag steigt in dem Maße, wie die Heizungswassertemperaturen sinken. Für die Wirksamkeit einer solaren Heizungsunterstützung ist also eine gut abgeglichene Heizung mit großer Spreizung, niedrigen Volumenströmen und vor allem niedrigen Rücklauftemperaturen wichtig. Im Fall einer Nachrüstung lohnt sich deshalb der Aufwand der nachträglichen Einregulierung, der „hydraulische Abgleich“.

Flächenheizungen mit ihren ganzjährig niedrigen Rücklauftemperaturen sind deshalb besonders gut für eine Ergänzung durch Solaranlagen geeignet.

Übrigens: Eine solare Heizungsunterstützung ergänzt in der Regel eine konventionelle Grundheizung.

Vorteilhafte Berücksichtigung im Rahmen der EnEV

Die aktuelle „Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden“ – Energieeinsparverordnung – ermöglicht die Berücksichtigung solarer Gewinne im Rahmen des zu planenden Gebäudeprimärenergiebedarfes. Der Einbau einer Solaranlage zur Heizungsunterstützung gewinnt dadurch wirtschaftlich an Attraktivität.

Als Daumenwert für die notwendige Kollektorfläche nach EnEV/DIN V 4701-10 in Abhängigkeit von der Wohnfläche gilt: Bei 100/150/200 Quadratmetern Wohnfläche werden 6,5/9/11,5 Quadratmeter Kollektorfläche benötigt.

Im Ergebnis verringert sich der Umfang der notwendigen Wärmeschutzmaßnahmen deutlich, Architekt und Haus technikplaner bekommen mehr Handlungsspielraum.

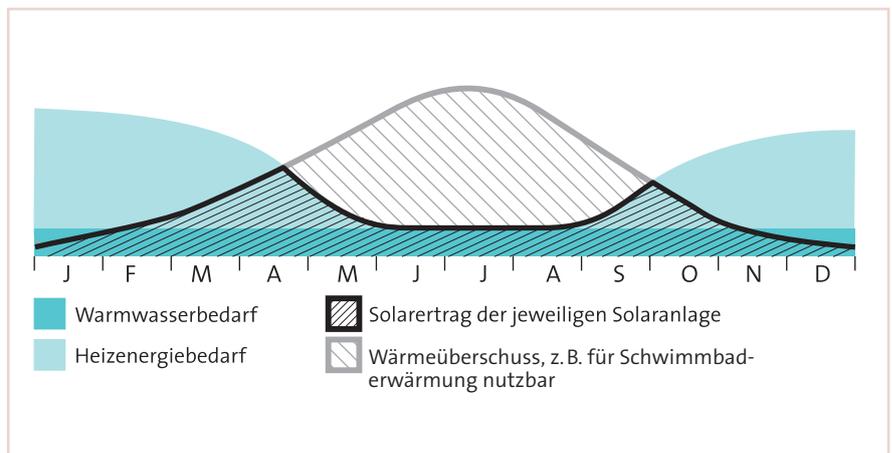


Abb. 5.1: Nutzbarer Solarertrag im Verhältnis von Energiebedarf und Sonnenenergieangebot für Anlagen zur Trinkwassererwärmung und Heizungsunterstützung, z. B. 8 m² Kollektorfläche, Grafik: Solarpraxis AG

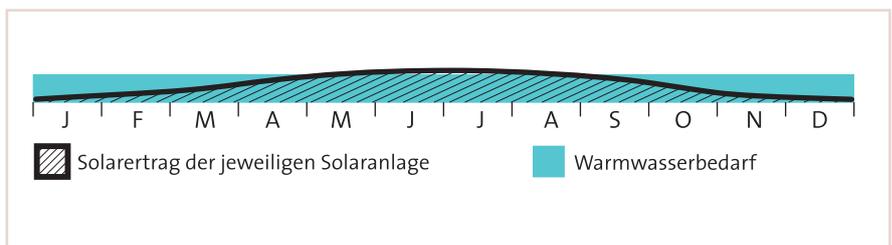


Abb. 5.2: Nutzbarer Solarertrag im Verhältnis von Energiebedarf und Sonnenenergieangebot für Anlagen zur solaren Trinkwassererwärmung, z. B. 4 m² Kollektorfläche, Grafik: Solarpraxis AG

2.2.3 Schwimmbaderwärmung

Eine sehr weit verbreitete und kostengünstige Nutzung der thermischen Solarenergie ist die Erwärmung von Schwimmbadwasser eines Freibades mittels einfacher Absorber.

Das maximale solare Wärmeangebot fällt mit dem Wärmebedarf während der Badesaison zusammen. Die Schwimmbaderwärmung eignet sich auch hervorragend zur Nutzung sommerlicher

Wärmeüberschüsse von Solaranlagen zur Trinkwassererwärmung und Heizungsunterstützung.

2.2.4 Prozesswärmeerzeugung

Unter Prozesswärme wird solare Wärmeenergiebereitstellung für technische Verfahren und Prozesse in Industrie und Handwerk verstanden. Die Sonnenwärme ermöglicht Primärenergieeinsparungen und kann die kostengünstigste Lösung darstellen.

3. Komponenten thermischer Solaranlagen

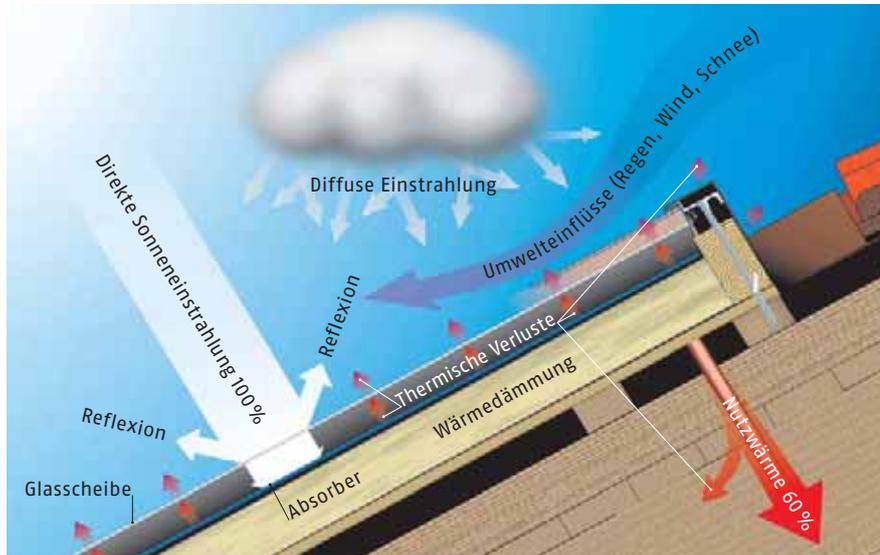


Abb. 6: Schematische Darstellung der Energiegewinne und -verluste eines Flachkollektors, Grafik: Solarpraxis AG

3.1 Welchen Kollektortyp für welchen Einsatzfall?

Wichtig für die richtige Wahl des geeigneten Kollektortyps ist vor allem der geforderte Temperaturbereich. So ist beispielsweise ein unabgedeckter Schwimmbadabsorber für die Erzeugung von höheren Temperaturen für die Trinkwassererwärmung und Heizungsunterstützung ungeeignet. Im Einzelnen müssen aber auch bestimmte Standortfaktoren wie Einstrahlung, Witterung und Platzangebot bei der Auswahl des Kollektors berücksichtigt werden.

Ein guter Kollektor allein ist jedoch noch kein Garant für eine gute Solaranlage. Vielmehr sollten alle Anlagen-teile von hoher Qualität und optimal aufeinander abgestimmt sein.

3.2 Einsatzfall Schwimmbadabsorber

In unseren Breiten ist die Beheizung von Freibädern während der Badesaison eine sehr günstige solarthermische Anwendung. Der Heizenergiebedarf und das Sonnenenergieangebot fallen hier zeitlich optimal zusammen. Außerdem werden nur sehr geringe Kollektortemperaturen benötigt, um die Beckentemperatur spürbar anzuheben.

Wenn der Temperaturunterschied zwischen Kollektor und Umgebung derart klein ist, sind die Wärmeverluste der Solaranlage gering und der solare Wirkungsgrad ist besonders hoch. In der Praxis bietet sich hier der Einsatz von einfachen, preisgünstigen Kunststoffabsorbermatten ohne Glasabdeckung und rückseitige Wärmedämmung an.

3.3 Einsatzfall Flachkollektor

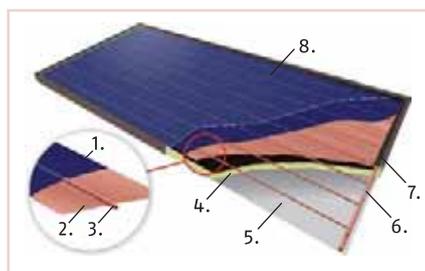
Der Flachkollektor ist die am meisten verbreitete Bauart. Flachkollektoren werden sowohl für die Trinkwassererwärmung als auch für die Heizungsunterstützung eingesetzt. In der Kombination dieser beiden Anwendungen ist auch ein Einsatz von Flachkollektoren zur Schwimmbaderwärmung sinnvoll, da so die im Sommerhalbjahr anfallende überschüssige Wärme genutzt wird.

Für den Einsatz zur Heizungsunterstützung ist es wichtig, dass die Kollektoren steiler aufgestellt sind, als es für die Trinkwassererwärmung notwendig ist. Der Aufstellwinkel sollte bei ca. 45 Grad liegen, damit die der Sonne entgegengerichtete Fläche im Winter, wenn die Sonne tief steht, möglichst groß ist.

3.4 Einsatzfall Vakuumröhrenkollektor

Vakuumröhrenkollektoren haben deutlich geringere Verluste als Flachkollektoren und sind leichter als diese. Zudem können einige Typen auf Flachdächern waagrecht montiert werden, womit sich die Windangriffsfläche verringert, weniger Aufstellplatz benötigt wird und die Montage deutlich kostengünstiger ausfällt. Röhrenkollektoren sind andererseits deutlich teurer als Flachkollektoren. Außerdem ist die effektive Absorberfläche im Verhältnis zur gesamten Kollektorfläche etwas kleiner, da zwischen den einzelnen Röhren jeweils ein Abstand besteht.

Der Einsatz der Vakuumröhrenkollektoren ist besonders sinnvoll und wirtschaftlich, wenn es um die Erzielung hoher Temperaturen geht. Sie kommen deshalb vor allem in Solaranlagen zur Trinkwassererwärmung und Heizungsunterstützung zum Einsatz.



1. Absorberbeschichtung
2. Kupferabsorber
3. Kapillarrohr aus Kupfer
4. Kollektorisolierung
5. Kollektorrückwand
6. Verteilerrohr aus Kupfer
7. Kollektorrahmen
8. Spezialglas

4. Planung und Dimensionierung thermischer Solaranlagen

4.1 Dimensionierungshinweise für Solaranlagen

4.2 Solaranlagen nur in Südausrichtung?

Eine Dachfläche muss nicht unbedingt exakt nach Süden ausgerichtet sein, um als Montagefläche für Sonnenkollektoren dienen zu können. Abweichungen aus der Südrichtung von bis zu 30 Grad führen in Deutschland nur zu geringen Einbußen. Selbst reine Ost- oder Westausrichtungen können durch eine entsprechend vergrößerte Kollektorfläche ausgeglichen werden. Der Neigungswinkel einer Dachfläche kann zwischen 20 und 60 Grad betragen, wobei geringere Neigungswinkel die Energieausbeute der Solaranlage im Sommer begünstigen und steilere die Solarerträge im Winter. Bei Flachdächern bieten sich Aufständereien an.

Die Kollektoren sollten nicht verschattet werden. Das Augenmerk des Planers muss sich deshalb besonders auf Bäume, benachbarte Gebäude, Kamine oder Dachaufbauten richten.

4.3 Kluge Dimensionierung: ein Muss

Richtig dimensionierte Solaranlagen bieten die beste Gewähr für einen zufriedenen Besitzer. Voraussetzung für die richtige Dimensionierung einer Solaranlage zur Trinkwassererwärmung ist eine möglichst genaue Kenntnis des Warmwasserverbrauchs. Als guter Anhaltspunkt für die Dimensionierung einer solaren Trinkwassererwärmung für Einfamilienhäuser ergibt sich eine Kollektorfläche von 1 bis 1,5 Quadratmeter pro Person.

Damit werden Deckungsbeiträge von 60 % erreicht und der Heizkessel kann den größten Teil des Sommers ausgeschaltet bleiben. Im Zweifelsfall sollte hier etwas mehr Fläche vorgesehen werden, was in erster Linie zufriedenerer Kunden bedeutet. Die dabei auftretenden Überschüsse halten sich in Grenzen und werden von vielen Besitzern eher als Qualitätsbeweis gewertet.

Die Dimensionierung einer Solaranlage zur Trinkwassererwärmung und Hei-

zungsunterstützung hängt von deutlich mehr Faktoren ab. Vereinfachend gilt hier jedoch, dass es keine „richtige“ Auslegung im klassischen Sinne gibt, sondern lediglich sinnvolle Unter- und Obergrenzen. Nicht selten erfolgt die Dimensionierung in der Praxis nach der Investitionsbereitschaft des Bauherren.

Als Untergrenze für eine sinnvolle Dimensionierung kann die doppelte Kollektorfläche einer Anlage zur Trinkwassererwärmung angenommen werden. Üblicherweise bedeutet das eine Min-

destfläche von 8 Quadratmetern Röhrenkollektor oder 10 Quadratmetern Flachkollektor. Auch wenn die Größe der Kollektorfläche genau genommen nach oben hin „offen“ ist, ist etwas Fingerspitzengefühl notwendig. Sehr große Kollektorflächen verursachen in den Sommermonaten erhebliche Überschüsse. Ohne zusätzliche sommerliche Verbraucher wie z. B. einem Schwimmbad muss in solchen Anlagen der Dimensionierung des Ausdehnungsgefäßes und des Vorschaltgefäßes besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden.

Gute Argumente für den Einsatz von Flächenheizungen mit Kupferrohren

Die solare Heizungsunterstützung ist besonders wirksam, wenn die Heizung für niedrige Systemtemperaturen ausgelegt ist. Besonders geeignet sind hier die Flächenheizungen, da sie mit niedrigeren Systemtemperaturen (z. B. 40/30°C) als z. B. Radiatoren oder Plattenheizkörper (z. B. 70/55°C oder 55/45°C) betrieben werden.

Flächenheizungen, d. h. Fußboden-, Wand- und Deckenheizungen, sind Strahlungsheizungen. Ihre Leistung stellt sich bereits bei geringfügig höherer Heizoberflächentemperatur als der gewünschten Raumtemperatur ein.

Vorlauftemperaturen kleiner/gleich 45°C sind deshalb Standard und werden im größten Teil der Heizperiode deutlich unterschritten. Flächenheizungen erfüllen alle künftigen Anforderungen an moderne Heizungssysteme. Neben der bereits beschriebenen bedarfsdeckenden Heizleistung bei niedrigen Vorlauftemperaturen bieten Flächenheizungen noch folgende weitere Vorteile:

Gute Energieausnutzung

Das gleiche Wärmeempfinden wird bereits bei geringeren Raumtemperaturen als bei Konvektionsheizungen (Heizkörperheizungen) erreicht.

Selbstregeleffekt

Die Leistungsabgabe einer Flächenheizung vermindert sich bei einer Raumtemperaturerhöhung durch Fremdwärme, z. B. Sonneneinstrahlung, von selbst.

Wohlbehagen

Durch die großflächige Erwärmung der Um-

gebungsfläche fühlt sich der Mensch angenehm wohl. Dieser Komfort ist, wie viele Nutzer von Flächenheizungen bestätigen, ein nicht zu vernachlässigender Faktor.

Hygiene

Der hohe Strahlungsanteil bei Flächenheizungen vermindert Staubaufwirbelungen. Bei Flächenheizungen, die fest in ein Gebäude integriert sind, spielt die Auswahl des Werkstoffes der Heizungsrohre eine wichtige Rolle. Neben der Langlebigkeit – es wird dabei von mindestens 50 Jahren ausgegangen – sind die Folge- oder Begleitkosten, die aus Rohrwerkstoffen resultieren, ein wichtiger Faktor, der in der Praxis allerdings oft vernachlässigt wird.

Aus folgenden Gründen ist Kupfer der ideale Werkstoff für Flächenheizungen:

- Kupfer ist alterungsbeständig und ändert seine mechanischen Eigenschaften im Laufe der Zeit nicht.
- Kupfer als metallischer Werkstoff lässt Sauerstoffdiffusion nicht zu. Zusatzkosten durch den Einsatz von Wärmetauschern oder Inhibitoren entfallen bei Anlagen mit Kupferrohren.
- Das Verbinden von Kupferrohren durch Lötten, Pressen und Klemmen ist anerkannt sicher, im Estrich und unter Putz zugelassen und ermöglicht eine kostengünstige und abfallfreie Verlegung.
- Kupfer ist zu 100 % und beliebig oft ohne Qualitätsverlust recycelbar. Kupferrohre sind kein Sondermüll.
- Flächenheizungen mit Kupferrohren können auch nach Jahren beliebig oft und ohne Schwierigkeiten erweitert werden. Solaranlagen zur Raumheizung sind deshalb in Verbindung mit Flächenheizungen und Kupferrohren als Werkstoff eine gute Investition für die Zukunft.

4.4 Einfaches Anlagenkonzept wählen

Prinzipiell gilt für alle Anlagen, die Anzahl von Speichern, Pumpen und Ventilen möglichst gering zu halten. In Deutschland werden fast ausschließlich Einspeicheranlagen errichtet. Sie gelten als extrem langlebig und wenig anfällig für Störungen jeglicher Art. Eine einfache Anlage zur Trinkwassererwärmung besteht dabei im Wesentlichen aus den Kollektoren, einer Pumpe, der Regelung und dem Solarspeicher.

Um Solaranlagen vor Frostschäden zu schützen, befindet sich im Kollektorkreislauf ein Wasser-Frostschutz-Gemisch. Man unterscheidet somit den mit Frostschutzmittel gefüllten Kollektorkreis und den Trinkwasserkreis. Zur Wärmeabgabe wird die Wärmeträgerflüssigkeit aus dem heißen Kollektor mittels einer Pumpe in den Speicher transportiert. Dort gibt sie die Sonnenwärme über einen Wärmetauscher an das Trinkwasser im Speicher ab. Im Trinkwasserkreis fließt das erwärmte Wasser zu den Zapfstellen. Anlagen zur Heizungsunterstützung enthalten zusätzlich einen mit Heizungswasser gefüllten Heizkreis.

4.5 Speicher

Solarspeicher dienen zur Bevorratung der tagsüber gesammelten Sonnenwärme. Sie sollten immer stehend montiert werden und eine schlanke, zylindrische Bauform haben, damit sich im Speicher eine Temperaturschichtung ausbilden kann.

Der Speicher sollte auf seiner ganzen Oberfläche eng anliegend und vollständig mit einer guten Wärmedämmung versehen sein. Insbesondere ist darauf zu achten, dass an den Anschlüssen die Rohrdämmung lückenlos an die Wärmedämmung schließt. Zur

Vermeidung von Speicherentladung durch Schwerkraftzirkulation können die Anschlüsse zusätzlich mit Wärmeschleifen versehen werden. Senkrechte, durch den Speicherdeckel nach oben verlaufende Warmwasserabgänge sollten nach Möglichkeit vermieden werden, da hier zu viel Energie verloren geht.

4.5.1 Trinkwasserspeicher

Das Volumen eines Trinkwasserspeichers sollte etwa das 1,5- bis 2-fache des täglichen Warmwasserverbrauchs umfassen, d. h. 75 bis 100 Liter pro Person. Ein übliches Einfamilienhaus verfügt deshalb über einen Inhalt von 300 bis 400 Litern.

Als Material kommen für die Trinkwassererwärmung emaillierte Stahlspeicher zum Einsatz. Diese benötigen als Korrosionsschutz immer eine Magnesium- oder Fremdstromanode. Edelstahlspeicher verfügen über eine längere Lebensdauer, sind aber um einiges teurer.

Der obere Teil eines Trinkwasserspeichers wird als Bereitschaftsteil bezeichnet. Sollte einmal die Sonnenenergie nicht ausreichen, wird lediglich dieses Speichervolumen vom Heizkessel nachgeheizt.

Innerhalb des Speichers befinden sich 2 Rohrwärmetauscher, wobei der Solarkreis immer unten angebunden wird. Die Anordnung des Solarkreiswärmetauschers im unteren, kälteren Speicherbereich bewirkt, dass der Kollektor durch niedrige Einlauftemperaturen mit einem höheren Wirkungsgrad arbeitet. Eine unerwünschte Durchmischung des Speicherinhaltes durch einströmendes Kaltwasser wird durch eine spezielle Rohrkonstruktion oder eine Prallplatte verhindert.

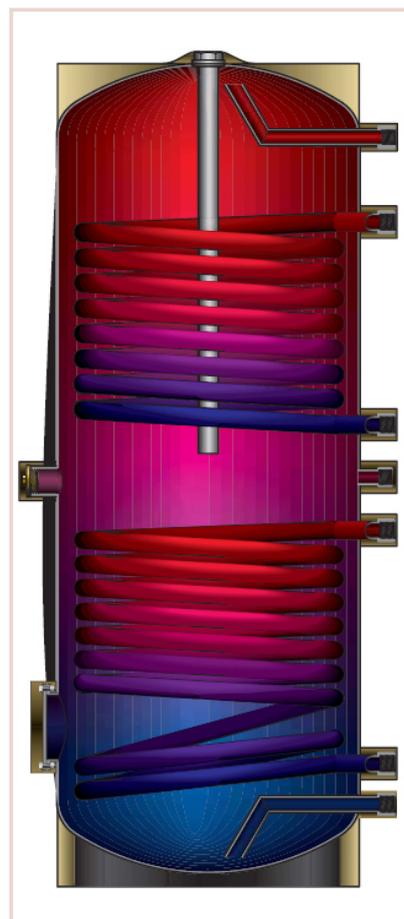


Abb. 7: Trinkwasserspeicher mit 2 Wärmetauschern (bivalenter Speicher), Grafik: Solarpraxis AG

4.5.2 Pufferspeicher

In Pufferspeichern wird die Wärme nicht im Trinkwasser, sondern im „toten“ Heizungswasser gespeichert. Da dieses keinen Sauerstoff enthält, wird keine Emaillierung oder sonstige Vergütung der Innenflächen benötigt. Pufferspeicher kommen vor allem in Solaranlagen zur Heizungsunterstützung zum Einsatz, wenn das Temperaturniveau der Heizung deutlich über 50°C liegt. Ein anderer typischer Einsatzfall betrifft Holzheizungen, die zur Pufferung der Wärme große Wasservolumen benötigen. Ansonsten wird in der Praxis auf kostengünstigere Kombispeicher zurückgegriffen. Am Markt existieren Pufferspeicher ohne jegliche Inneneinbauten sowie mit internen oder externen Wärmetauschern.

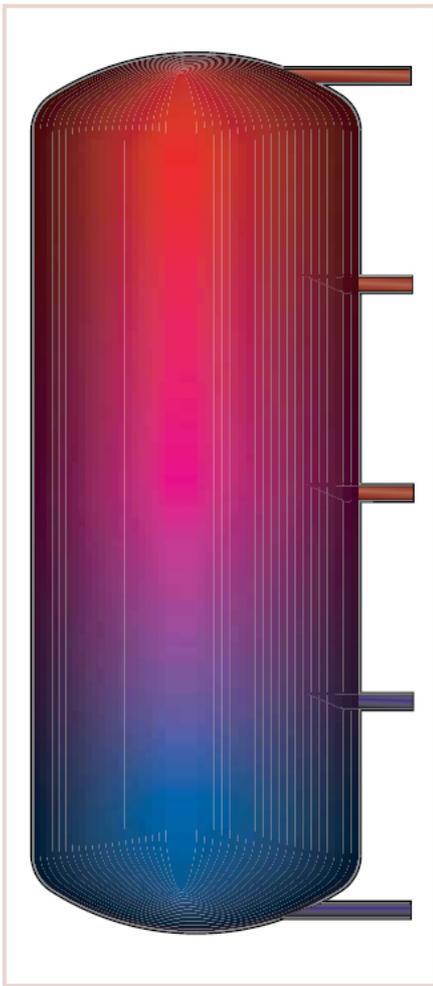


Abb. 8: Pufferspeicher, Grafik: Solarpraxis AG

4.5.3 Kombispeicher

Kombispeicher kombinieren die Bevorratung von Trink- und Pufferwasser in einem Speicher. Dadurch wird der Platzaufwand für die Aufstellung verringert und die Installation vereinfacht. In der Regel wird innerhalb eines Kombispeichers eine größere Menge Pufferwasser solar erwärmt und das Trinkwasser in einem innenliegenden Trinkwasserbehälter oder im Durchfluss erwärmt.

Beim Einsatz von Kombispeichern ist es wichtig zu beachten, dass die Temperaturschichtung im Speicher während der Be- und Entladung erhalten bleibt. Typischerweise lassen sich von oben nach unten 3 Schichten unterscheiden: Trinkwasserbereich, Heizungsbereich und Solarbereich. Heizungsrücklauftemperaturen von deutlich über 50°C begrenzen den Einsatz von Kombispei-

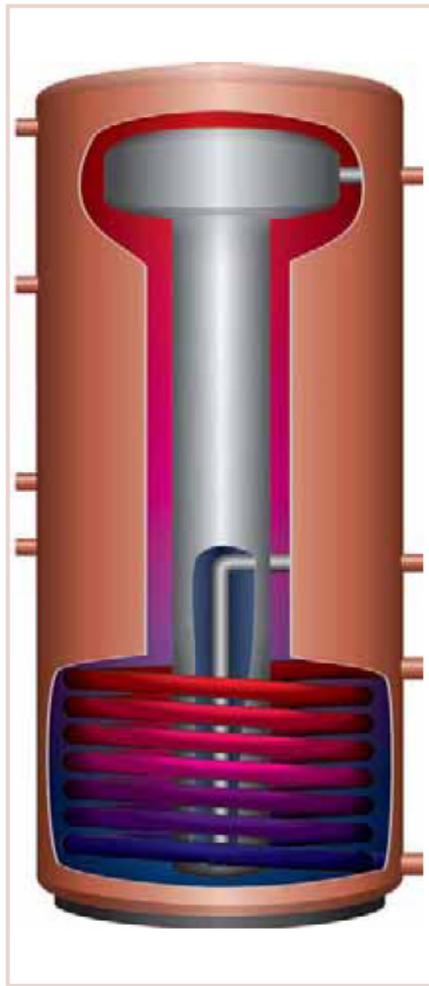


Abb. 8: Kombispeicher, Grafik: Solarpraxis AG

chern in der Praxis, da der mittlere Bereich dann zu heiß wäre, um noch einen nennenswerten Solareintrag in den oberen Bereich zu ermöglichen. Heizungsanlagen, die weder über Flächenheizungen noch über gut abgeglichenen Radiator Kreise verfügen, sollten für die solare Heizungsunterstützung als Zweispeicheranlage mit getrenntem Trinkwasser- und Pufferspeicher ausgeführt werden.

Die Nacherwärmung des Trinkwassers erfolgt im oberen Bereich des Speichers, oberhalb der Speicheranschlüsse für die Raumheizung, dem sogenannten Bereitschaftsteil, durch den konventionellen Heizkessel. Dazu werden größere Speichervolumina und Kollektorflächen als bei der reinen solaren Trinkwassererwärmung benötigt.

4.6 Kollektorkreis

Der Kollektorkreislauf dient zum Transport der Sonnenwärme vom Kollektor zum Trinkwasserspeicher. Um Wärmeverluste gering zu halten, sollten die Wege zwischen Kollektor und Speicher möglichst kurz sein. Für Anlagen im Ein- und Zweifamilienhausbereich reichen meist Kupferrohre mit einem Durchmesser von 15 bis 18 mm aus, um einen optimalen Wärmetransport zu gewährleisten.

Rohre und Dämmung

Die Dämmung des Kollektorkreises ist gemäß Energieeinsparverordnung (EnEV) mit 100% des Rohrdurchmessers auszuführen. Sie muss dauerhaft Temperaturen von über 110°C standhalten. Im Außenbereich muss sie zudem UV-Strahlung, Witterung und Vogelfraß widerstehen. Als Materialien kommen deshalb im Außenbereich nur Mineralwolle mit wasserdichtem Blechmantel und hochtemperaturbeständiges, geschäumtes EPDM zum Einsatz. Im Innenbereich steht zudem noch unverblechte Mineralwolle zur Verfügung. Schaumdämmstoffe aus der konventionellen Heizungstechnik sind i.d.R. an keiner Stelle des Kollektorkreises verwendbar! Bei Betriebsunterbrechungen (z.B. durch urlaubsbedingte Nichtentnahme des Nutzers) kann der im Kollektor entstehende Dampf mit weit über 100°C bis in die Rohrleitungen im Kellerbereich vordringen. Bei ungeeigneter Dämmung kann es zum Schrumpfen, Abtropfen oder Abschmelzen des Dämmmaterials kommen.

Neben der klassischen separaten Installation von Kupferrohr, Wärmedämmung und Elektrokabel sind am Markt vorgefertigte Rohrleitungen aus Kupfer inkl. Wärmedämmung und Elektrokabel für die Installation des Kollektorfühlers erhältlich.

Durchfluss

Man unterscheidet zwischen 3 Durchflussvarianten im Kollektorkreis. „High Flow“ (dt.: hoher Volumenstrom) steht für Durchflussraten von 30 bis 50 Litern pro Stunde und Quadratmeter Kollektorfläche. Diese relativ hohen Durchflussraten können mit gängigen Pumpen

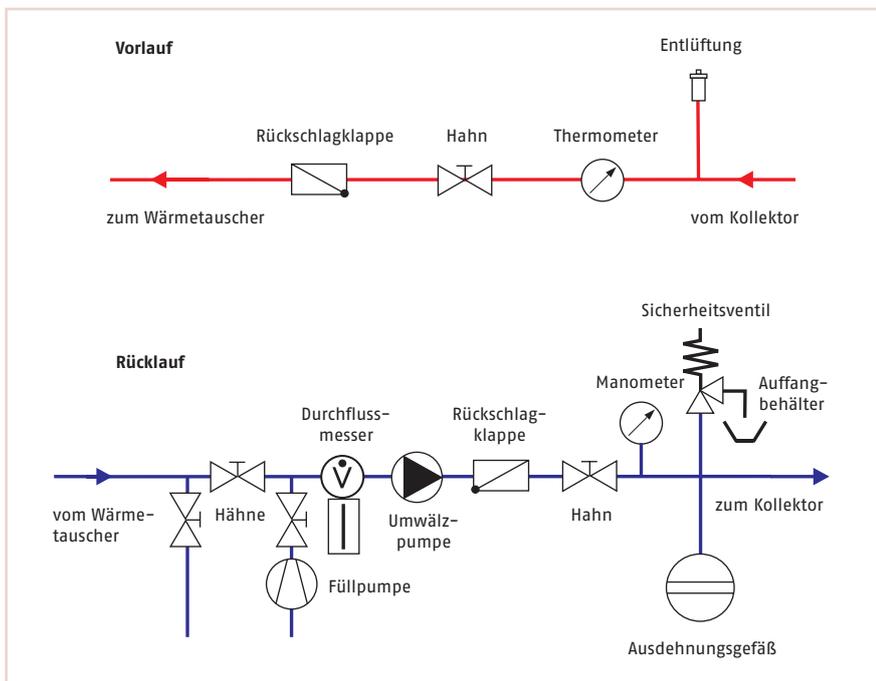


Abb. 10: Armaturen und Sicherheitseinrichtungen im Solarkreis, Grafik: Solarpraxis AG

erzielt werden, wenn die Rohrquerschnitte ausreichend und die Kollektorfelder klein sind. Die Temperaturspannung zwischen Kollektorvor- und -rücklauf ist aufgrund des hohen Durchflusses mit ca. 12 Kelvin relativ klein, die Wärmeverluste im Kollektor entsprechend gering. „Low Flow“ (dt.: niedriger Volumenstrom) steht für Durchflussraten von 12 bis 20 Litern pro Stunde und Quadratmeter Kollektorfläche. Aufgrund dieses niedrigeren Durchflusses herrschen im Kollektorvorlauf höhere Temperaturen. „Matched Flow“ (dt.: angepasster Volumenstrom) steht für eine Variierung des Volumenstroms durch drehzahlgesteuerte Regelung der Kollektorkreispumpe. Ziel ist es dabei, eine gleichmäßig hohe Ladetemperatur für den Solarspeicher zu erreichen. Kleine Solaranlagen bis etwa 10 Quadratmeter Kollektorfläche werden oft im High-Flow-Betrieb gefahren. In größeren Anlagen wird ausschließlich Low Flow gefahren. Tendenziell geht der Trend dahin, auch kleinere Anlagen in Low Flow zu betreiben, da die Vorteile durch kleinere Rohrquerschnitte, geringere Pumpenleistung und einfachere Kollektorverschaltung überwiegen.

Die Kollektorkreisumwälzpumpe muss den gewünschten Durchfluss sicherstellen können. Hierfür werden in der Regel konventionelle Heizungsumwälzpumpen mit einer elektrischen Aufnahmeleistung zwischen 40 und 80 Watt eingesetzt. Die Pumpe sollte immer im kälteren Rücklauf des Kollektorkreises eingebaut sein, um sie nicht unnötig den hohen Temperaturen im Vorlauf auszusetzen.

Armaturen und Fittings

Damit beim Auswechseln einer defekten Pumpe nicht das ganze System entleert werden muss, werden vor und hinter der Pumpe Kugelhähne montiert. Die Thermometer in Vor- und Rücklauf dienen zur Betriebskontrolle der Anlage. Zur Verhinderung von Schwerkraftzirkulation wird zumindest im Rücklauf, besser noch zusätzlich im Vorlauf, ein Rückschlagventil montiert.

An den Scheitelpunkten der Steigstränge sind Entlüftungsmöglichkeiten vorzusehen. Wichtig ist, dass sich darunter die Luft sammeln kann, da sie sonst im Pumpenbetrieb wieder mitgerissen wird. Ein Stück senkrecht Roh von 10 bis 20 cm ist dazu ausreichend. Auf

spätere Zugänglichkeit der Entlüfter ist zu achten. Zur Anwendung kommen ganzmetallische Handentlüfter, sogenannte „Heizkörperentlüfter“ oder absperrbare und temperaturbeständige Automatikentlüfter. Hierbei ist zu beachten, dass im Kollektorbereich Temperaturen bis weit über 200°C auftreten können.

Das Ausdehnungsgefäß hält den Druck in der Anlage stabil und nimmt die durch unterschiedliche Temperaturen bedingte Volumenänderungen der Wärmeträgerflüssigkeit auf. Bei Stillstand des Kollektorkreislaufes kommt es üblicherweise innerhalb weniger Minuten zum Verdampfen der im Kollektor und in angrenzenden Rohrbereichen befindlichen Flüssigkeit. Das Ausdehnungsgefäß muss deshalb so bemessen sein, dass es das Volumen der verdrängten Flüssigkeit aufnehmen kann.

4.6.1 Druck und Temperaturen im Kollektor und Kollektorkreis

Findet bei voller Sonneneinstrahlung keine Wärmeabnahme statt, erreichen Solarkollektoren eine werkseitig definierte Maximaltemperatur, die sogenannte Stillstandstemperatur. Der Stillstand einer Solaranlage gilt als normaler Betriebszustand, für den alle Komponenten des Kollektorkreises ausgelegt sein müssen. In heute üblichen Flachkollektoren werden Stillstandstemperaturen von über 200°C erreicht. In Vakuumröhren werden Temperaturen bis 350°C erreicht, wodurch die Verbindungsrohrleitungen thermisch bis zu 300°C belastet werden können.

Setzt sich die Anlage nach einer solchen Abschaltung bei hohen Temperaturen wieder in Betrieb, können im Kollektorkreis kurzzeitig Temperaturen von deutlich über 110°C auftreten. Im sommerlichen Urlaubsfall ist auch mit längeren Zeiten zu rechnen, innerhalb derer es zu einer Dampfbeaufschlagung von Teilen des Kollektorkreises kommen kann. Typische Betriebsdrücke von Solaranlagen liegen bei 1,5 bis 3 Bar. Die Anlage wird mit einem Sicherheitsventil abgesichert, ein Manometer dient zur Kontrolle des Druckes. Um Volumen und Preis des Ausdehnungs-

gefäßes gering zu halten, wird das Sicherheitsventil in der höchstmöglichen Druckstufe gewählt.

Begrenzender Faktor ist hierbei die Druckbeständigkeit des schwächsten Anlagenbestandteils. In der Praxis handelt es sich dabei i. d. R. um Ausdehnungsgefäß, Pumpe und Kollektor.

4.6.2 Verdampfung im Kollektorfeld

Bei den marktüblichen Kollektoranlagen und Bauteilen beschränken sich die Hersteller und Planer in der Regel auf Drücke von maximal 6 bzw. 10 Bar im Kollektorkreis. Bei diesen Drücken ist eine Verdampfung im Kollektorfeld nicht zu verhindern. Die Kollektoren sind für diese Verdampfung und eine darauffolgende Kondensation des Wärmeträgermediums ausgelegt. Bei starker Einstrahlung verdampft der gesamte Inhalt des Kollektors sowie ein je nach Bauart des Kollektors mehr oder weniger großer Teil der Anschlussleitungen. Dieses Dampfvolument muss in die Berechnung des Ausdehnungsgefäßes eingehen. (vgl. 4.7.1)

Bei der Montage von Automatikentlüftern und Sicherheitsventilen im Bereich der Dampfbildung muss unbedingt die Gefahr durch Dampfaustritt berücksichtigt werden. Automatikentlüfter müssen deshalb nach abgeschlossener Entlüftung unbedingt durch einen vorgeschalteten Kugelhahn abgesperrt werden. Austrittsöffnungen von Sicherheitsventilen sollten zur Wand oder in Ableittrichter gerichtet werden.

4.7 Ausdehnungsgefäße, Pumpen und Armaturen im Kollektorkreis

4.7.1 Ausdehnungsgefäße

Das Ausdehnungsgefäß eines Kollektorkreises hat die Aufgabe, die Ausdehnung der Solarflüssigkeit bei Erwärmung aufzunehmen und auch bei Anlagenstillstand und Dampfbildung im Kollektor ein Ansprechen des Sicherheitsventils zu vermeiden.

Befindet sich die Solaranlage im Stillstand, weil z. B. der Speicher seine Maximaltemperatur erreicht hat und kein

Berechnung des Ausdehnungsgefäßes

Für die Berechnung eines Ausdehnungsgefäßes werden folgende Angaben benötigt:

Ausdehnungsvolumen der Flüssigkeit: $V_{\text{ausd, Flüss}}$

Ausdehnungsvolumen des Dampfes: $V_{\text{ausd, Dampf}}$

Enddruck der Anlage: p_e

Anfangsdruck der Anlage im kalten Zustand (Fülldruck): p_0

Das Nennvolumen eines Ausdehnungsgefäßes V_{nenn} berechnet sich dann wie folgt:

$$V_{\text{nenn}} = (V_{\text{ausd, Flüss}} + V_{\text{ausd, Dampf}}) \frac{p_e + 1}{p_e - p_0}$$

Das Ausdehnungsvolumen der Flüssigkeit: $V_{\text{ausd, Flüss}}$ ergibt sich aus dem Flüssigkeitsinhalt der Anlage V_a und dem Ausdehnungskoeffizienten β

$$V_{\text{ausd, Flüss}} = V_a \cdot \beta$$

Der Ausdehnungskoeffizient β ist abhängig vom Mischungsverhältnis des Frostschutzmittels und der Temperatur im Solarkreis. Er kann vereinfacht im Kleinanlagenbereich mit 0,09 (9%) angesetzt werden. 10 Liter Solarflüssigkeit verursachen also maximal knapp 1 Liter Volumenausdehnung.

Verbrauch stattfindet, kann sich bei weiterer Sonneneinstrahlung in den Kollektoren Dampf bilden. Der Dampfraum entspricht in der Regel dem Kollektorvolumen, dem Volumen der Kollektorverbindungsleitungen sowie dem Volumen eines Teils der Steigleitungen.

Um einen solchen Betriebsfall nicht zum Störfall werden zu lassen, wird im Regelwerk die Eigensicherheit der Anlage entsprechend EN 12977 gefordert. Diese Forderung gilt u. a. dann als erfüllt, wenn das Ausdehnungsgefäß so bemessen ist, dass es sowohl die temperaturbedingte Volumenänderung der Wärmeträgerflüssigkeit als auch das Dampfvolument aufnehmen kann und ein Ansprechen des Sicherheitsventils vermieden wird.

Zur Berechnung des Ausdehnungsgefäßes muss zunächst das Anlagenvolumen (V_a) bestimmt werden. Dieses ergibt sich aus der Summe der Inhalte der Kollektoren, der Rohrleitungen, des Wärmetauschers und der Armaturen. Während der Kollektorinhalt und der Inhalt des Wärmetauschers

den Unterlagen des Kollektor- bzw. Speicherherstellers zu entnehmen sind, kann der Inhalt der Rohrleitungen anhand Tabelle 2 ermittelt werden. Das Ausdehnungsvolumen des Dampfes: $V_{\text{ausd, Dampf}}$ ergibt sich aus dem Flüssigkeitsinhalt der Kollektoren V_{Koll} und eines Teils der Anschlussverrohrung V_{Rohr} . Wie viel Flüssigkeit der Anschlussverrohrung mitverdampft, hängt vom Kollektortyp und der Rohrführung ab und muss vom Planer von Fall zu Fall ermittelt werden. An dieser Stelle soll nur erwähnt werden, dass in einigen Fällen – wie z. B. Dachheizzentralen mit großen Kollektorflächen und kleinen Speichern – selbst im Kleinanlagenbereich eine 100-prozentige Verdampfung des Kollektorkreises nicht ausgeschlossen werden kann. Zu dieser Frage sind speziell die Herstellerunterlagen zu beachten.

$$V_{\text{ausd, Dampf}} = V_{\text{Koll}} + V_{\text{Rohr}}$$

Der Enddruck der Anlage p_e ergibt sich aus dem Nenndruck des Sicherheitsventils abzüglich einer Arbeitsdruckdifferenz von pauschal 0,5 Bar bis zu einem Nenndruck des Sicherheitsven-

tils von 5 Bar. Darüber beträgt die Arbeitsdruckdifferenz pauschal 10 % des Nenndruckes des Sicherheitsventils. Ein 6-Bar-Sicherheitsventil darf also rechnerisch und in der Praxis bereits bei 5,4 Bar (6 Bar abzüglich 10 % von 6 Bar) öffnen.

Der Anfangsdruck der Anlage im kalten Zustand (Fülldruck) p_0 ergibt sich aus dem statischen Druck zzgl. einer Wasservorlage. Der statische Druck ergibt sich aus der Höhe des Kollektors über dem Ausdehnungsgefäß in Metern, wobei 1 Meter 0,1 Bar entspricht. Die Wasservorlage dient ausschließlich dem Zweck, in der kalten Jahreszeit bei minimalem Anlagenvolumen am höchsten Punkt der Anlage einen Überdruck zu gewährleisten. Sie beträgt bei mitteleuropäischen Wintern 3 % des Anlagenvolumens und muss vom Planer für größere Ausdehnungsgefäße in ein Druckäquivalent umgerechnet und zur Verfügung gestellt werden. Sie kann im Kleinanlagenbereich pauschal mit 0,5 bis 0,8 Bar angesetzt werden.

Mit dem errechneten Nennvolumen des Ausdehnungsgefäßes lässt sich dann anhand der Herstellerunterlagen ein Ausdehnungsgefäß auswählen, das mindestens die errechnete Nenngröße hat.

Der Vordruck des Ausdehnungsgefäßes muss bei der Inbetriebnahme im abgekoppelten Zustand auf den Fülldruck der Anlage angepasst werden und entspricht damit exakt dem statischen Druck. Eine Anlage auf einem 10 Meter hohen Gebäude wird also mit 1,5 bis 1,8 Bar befüllt und auch der Vordruck des Ausdehnungsgefäßes muss 1,0 Bar betragen.

Das Ausdehnungsgefäß ist so anzuordnen, dass es vor Dauertemperaturen über 70°C geschützt ist. Der Einbau der

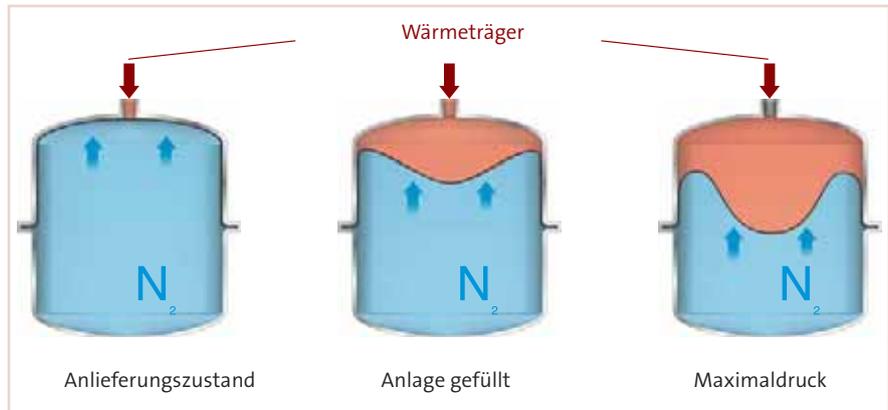


Abb. 11: Verschiedene Betriebszustände am Membranausdehnungsgefäß, Grafik: Solarpraxis AG

Ausdehnungsgefäße muss daher unbedingt im Solarrücklauf erfolgen. Außerdem kann die Installation eines Vorschaltgefäßes erforderlich sein. Da ein Vorschaltgefäß die Aufgabe hat, Wärme abzugeben, darf es grundsätzlich keine Wärmedämmung erhalten. Ein Vorschaltgefäß ist immer dann erforderlich, wenn die Kollektoren mehr Dampf erzeugen, als in den angrenzenden Rohrleitungen bis zur Solarstation wieder kondensieren kann.

Pauschal gilt: Der Einsatz von Vorschaltgefäßes zum Schutz des Ausdehnungsgefäßes ist für jede Solaranlage zu empfehlen. Besonders trifft dies zu bei allen Anlagen mit sehr kurzen Leitungswegen und/oder sehr geringen Leitungsquerschnitten, oder bei großen Kollektorflächen bzw. Kollektoren mit großem Inhalt (z. B. Vakuum-Röhrenkollektoren). Anlagen zur Heizungsunterstützung sollten prinzipiell mit Vorschaltgefäß ausgerüstet werden.

Ein Vorschaltgefäß von 5 Litern ist in der Regel bei Anlagen unter 20 Quadratmeter Kollektorfläche ausreichend.

Rohrabmessung $d_a \times s$ (mm)	Spezifisches Leitungsvolumen V (l/m)
12 x 0,7	0,088
12 x 1,0	0,079
15 x 0,8	0,141
15 x 1,0	0,133
18 x 0,8	0,211
18 x 1,0	0,201
22 x 1,0	0,314
28 x 1,0	0,531
28 x 1,5	0,491
35 x 1,5	0,804
42 x 1,5	1,257
54 x 2,0	1,963

Tabelle 2: Rohrabmessungen und Leitungsvolumen

4.7.2 Armaturen

Wie in der Heizungsinstallation werden in Kollektorkreisen Thermometer, Manometer, Sicherheitsventile, Entlüfter, Absperrrichtungen und Rückflussverhinderer eingesetzt. Alle Bauteile in Kollektornähe müssen eine ausreichende Temperaturbeständigkeit von deutlich über 110°C aufweisen. Strangregulierventile mit einer Anzeige des Durchflusses müssen wärmeträger- und temperaturbeständig sein. Ihr Anzeigebereich muss zum verwendeten Wärmeträgermedium passen. Als Absperrrichtungen haben sich Kugelhähne bewährt.

Sicherheitsventile sind entsprechend den Angaben des Kollektor- oder Systemherstellers vorzusehen und auszuwählen. Der Ansprechdruck des Sicherheitsventils darf maximal der Druckstufe des schwächsten Anlagenbestandteils entsprechen. In der Regel ist dieses das Ausdehnungsgefäß, seltener auch der Kollektor, die Armaturen oder die Pumpe. Es sind die Bestimmungen des AD 2000-Merkblatts A2 bezüglich der Ausführung und Kennzeichnung der Sicherheitsventile zu beachten. Die Abblaseleitung des Sicherheitsventils muss so ausgeführt werden, dass im Fall von Dampfaustritt eine Gefährdung von Personen ausgeschlossen ist.

Sie wird zum Auffangen des Glykol-Wasser-Gemisches in einen Auffangbehälter geführt. Dieser ist temperaturbeständig auszuführen und muss mindestens das Volumen des Kollektorfeldes aufnehmen können. Nach Möglichkeit ist eine Aufnahme des gesamten Anlageninhaltes zur Befüllung und bei Reparaturarbeiten sinnvoll. Eine Wiederbefüllung der Anlage sollte zudem manuell über eine Pumpe leicht möglich sein.

4.7.3 Pumpen

Die im Kollektorkreis eingesetzten Pumpen müssen temperaturbeständig sein. Der Einbauort ist so zu wählen, dass eine Überhitzung der Pumpe ausgeschlossen ist. Zum Schutz der Pumpe darf der Anteil des Frostschutzmittels im Wärmeträgermedium 50 % nicht überschreiten. Ansonsten besteht die

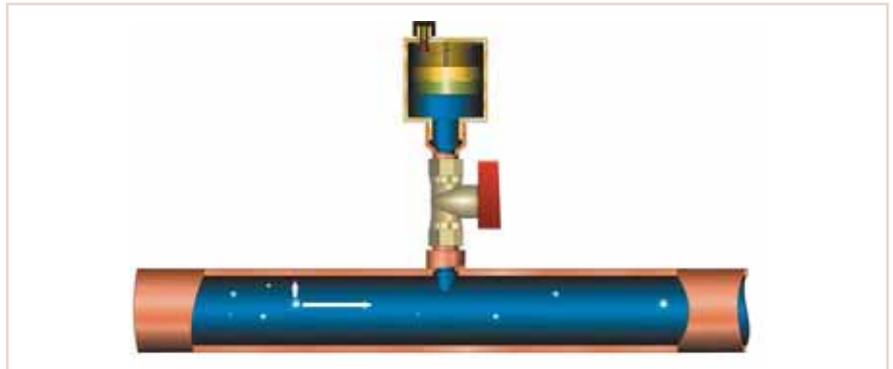


Abb. 12: Entlüftung ohne Beruhigungsstrecke mit Automatikentlüfter und Kugelhahn, Grafik: Solarpraxis AG

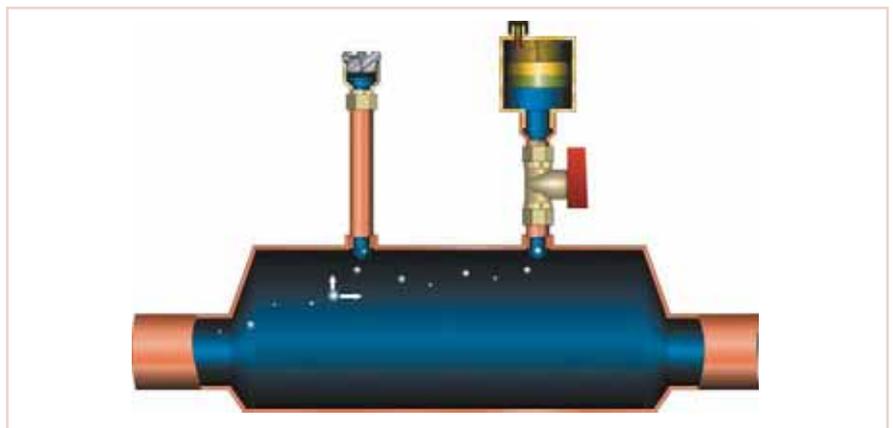


Abb. 13: Entlüftung in Beruhigungsstrecke: Kugelhahn mit Handentlüfter (links) und Automatikentlüfter (rechts), Grafik: Solarpraxis AG

Gefahr der Motorüberhitzung. Außerdem kann die Pumpe bei niedrigen Kollektorkreistemperaturen aufgrund der hohen Druckverluste das Wärmeträgermedium sonst u. U. nicht anlaufen.

Die Einbaulage der Pumpe sollte unbedingt den Vorgaben der Hersteller entsprechen. Um Beschädigungen der Pumpe zu vermeiden, ist der Kollektorkreis sorgfältig zu spülen (siehe Inbetriebnahme).

4.8 Wärmeträger

Als Wärmeträgermedien kommen heute vorwiegend ungiftige Wasser-Propylen-glykol-Gemische zum Einsatz. Aufgrund ihrer hohen Toxizität werden nur noch selten Ethylenglykole eingesetzt. Ihr Einsatz beschränkt sich auf die Beladung von nicht trinkwasserführenden Speichern. Ein Frostschutz von ca. 40 % Glykol im Gemisch verhindert zuverlässig die Beschädigung der Anlage, zu-

dem bleibt die Anlage bis ca. -24°C betriebsbereit. Bei Temperaturen darunter bildet sich eine eishaltige Flüssigkeit, die jedoch nicht in der Lage ist, die Rohrleitungen aufzusprengen.

Um den sicheren Betrieb der Anlagen mit dem Wärmeträgermedium zu gewährleisten, sind die folgenden Punkte zu beachten:

- Nur für Solaranlagen ausdrücklich geeignete Frostschutzmittel einsetzen.
- Die verwendeten Materialien im Kollektorkreis müssen glykolbeständig sein (Herstellerefreigabe).
- Im Kollektorkreis niemals Zink oder verzinkte Bauteile einsetzen, da Zink vom Glykol gelöst wird.
- Konzentrationen größer als 50 % Glykol sind zu vermeiden, sie können zu Beschädigungen an Ausdehnungsgefäßen führen, benötigen höhere Pumpenleistungen und vermindern den Wirkungsgrad der Anlage.

4.9 Regelung

Die Regelung einer Solaranlage besteht aus folgenden Komponenten:

- Temperaturfühler im Kollektorfeld,
- Temperaturfühler im unteren Teil des/der Speicher/s,
- Regelgerät.

Die Regelung (einfache Differenzregelung) verfügt somit über mindestens 2 Eingänge und 1 Ausgang. Ein weiterer Temperaturfühler (dritter Eingang) dient ausschließlich der Anzeige z. B. im oberen Speicherbereich und hat keine Regelfunktion.

Wichtigster Regelparameter ist die Temperaturdifferenz zwischen 2 Fühlern. Wird die Einschalt-differenz (z. B. 5 bis 8 Kelvin) überschritten, wird die Pumpe eingeschaltet. Bei Unterschreitung der Ausschalt-differenz (z. B. 2 Kelvin) wird die Pumpe ausgeschaltet.

Einbau eines Thermostatmischers

In Solaranlagen können im Trinkwasserbereich Temperaturen von über 60°C auftreten. Dem Schutz des Nutzers vor Verbrühung kommt hier besondere Bedeutung zu. Der Einbau eines Thermostatmischers zur Temperaturbegrenzung auf 60°C ist deshalb Pflicht. Eine solarseitige Begrenzung der Speichertemperatur auf 60°C ist im Sinne eines hohen Solarertrages ausdrücklich nicht zu empfehlen.

Wichtig: Werden Thermostatmischer in Trinkwasserleitungen mit Zirkulation installiert, ist auf die hydraulische Verbindung des Zirkulationsrücklaufs mit dem Kaltwasserzulauf des Thermostatmischers zu achten. Anderenfalls kommt es beim üblichen Betrieb der Zirkulation ohne gleichzeitige Zapfung zu einem „Überrennen“ des Mischers. Dabei will der Mischer kaltes Trinkwasser zumischen, bekommt aber ohne Zapfung keinen Zulauf. Erreicht in einem solchen Fall Wasser mit z. B. 90°C den Mischer, passiert es diesen, ohne abgekühlt zu werden. Wird hingegen der Zirkulationsrücklauf eingebunden, kommt es zu einem Bypass im Zirkulationssystem, bis die Trinkwassertemperatur wieder den eingestellten Wert von z. B. 60°C erreicht hat.

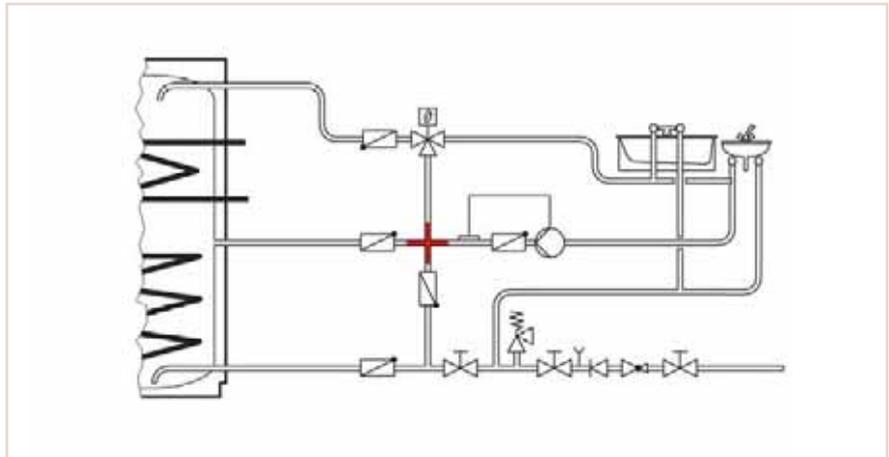


Abb. 14: Einbindung des Zirkulationsrücklaufes in den Kaltwasserzulauf des Thermostatmischers, Grafik: Solarpraxis AG

Verkalkung

In der Vergangenheit wurden die Temperaturen im Solarspeicher häufig auf 60 bis 65°C begrenzt, um eine Verkalkung zu verhindern. In der Praxis hat sich jedoch gezeigt, dass das Verkalkungsrisiko an den in überwiegender Mehrzahl eingesetzten emaillierten Glatrohrwärmetauschern faktisch zu vernachlässigen ist. Ursache hierfür ist die glatte und zudem ständigen Wärme-dehnungen unterworfenen Oberfläche, die ein Festsetzen von Kalkablagerungen wirksam verhindert. Der Kalk fällt jedoch als Schlamm im unteren Speicherbereich an und kann dort im Rahmen der Wartung bei Bedarf entfernt werden.

Nachfolgend werden 3 grundsätzliche Regelungsvarianten vorgestellt.

4.9.1 Regelung von Einspeicher-systemen

Die Regelung von Einspeichersystemen, die sogenannte Einspeicheranlage, ist die am häufigsten verwendete Regelung. Sie besteht lediglich aus einem Temperaturdifferenzregler sowie 2 Temperaturfühlern. Die Temperatur im Kollektor wird dabei mit der Temperatur im unteren Speicherbereich verglichen. Ein dritter Fühler kann optional zur Anzeige der oberen Speichertemperatur verwendet werden.

Ist die Temperatur im Kollektor höher als im Speicher, wird die Kollektorkreis-

umwälzpumpe in Betrieb gesetzt. Meist werden die Parameter so eingestellt, dass für den Pumpenstart eine Temperaturdifferenz von etwa 5 bis 8 Kelvin zwischen Kollektor und Speicher notwendig ist. Sinkt diese Temperaturdifferenz auf weniger als 2 bis 3 Kelvin, wird die Kollektorkreisumwälzpumpe durch den Solarregler wieder außer Betrieb genommen.

Steht nicht genügend Solarwärme zur Verfügung, sorgt der Heizkessel für die Erwärmung des Trinkwassers.

4.9.2 Regelung von Zweispeicher-systemen

Typische Vertreter sind Anlagen in der Kombination Trinkwasserspeicher und Schwimmbad bzw. Trinkwasserspeicher und Pufferspeicher. Für jeden Speicher wird eine eigene, selbstständige Temperaturdifferenzregelung benötigt. Der benötigte Regler heißt deshalb auch Zweispeicherregler.

Jeweils einer der Speicher wird in Vorrang geladen. Die Umschaltung von Ladung des ersten Speichers auf Ladung des zweiten Speichers erfolgt über ein 3-Wege-Umschaltventil oder per Pumpe.

Zunächst wird der Vorrangspeicher bis zu einem eingestellten Temperaturwert aufgeheizt. Anschließend bzw. immer dann, wenn eine Ladung des Vorrangspeichers nicht möglich ist, erfolgt die Ladung des zweiten Speichers. Bei Ver-

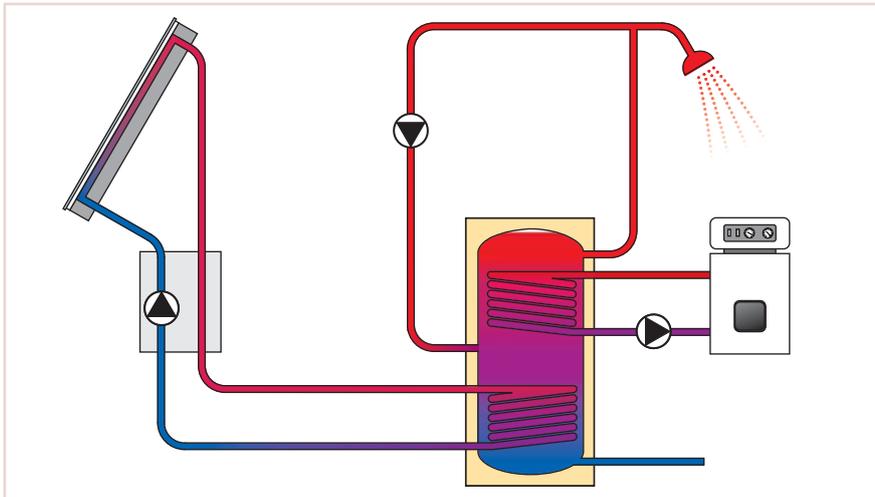


Abb. 15: Typisches Einspeichersystem, Grafik: Solarpraxis AG

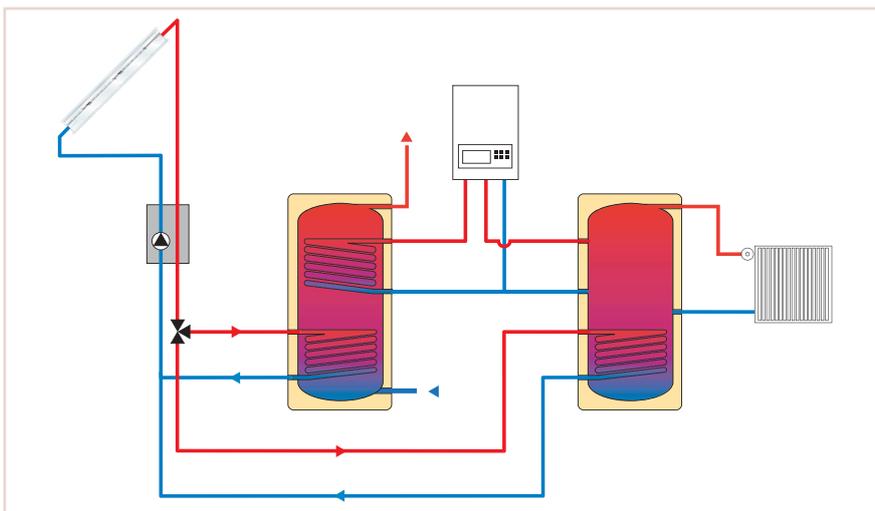


Abb. 16: Typisches Pufferspeichersystem, Grafik: Solarpraxis AG

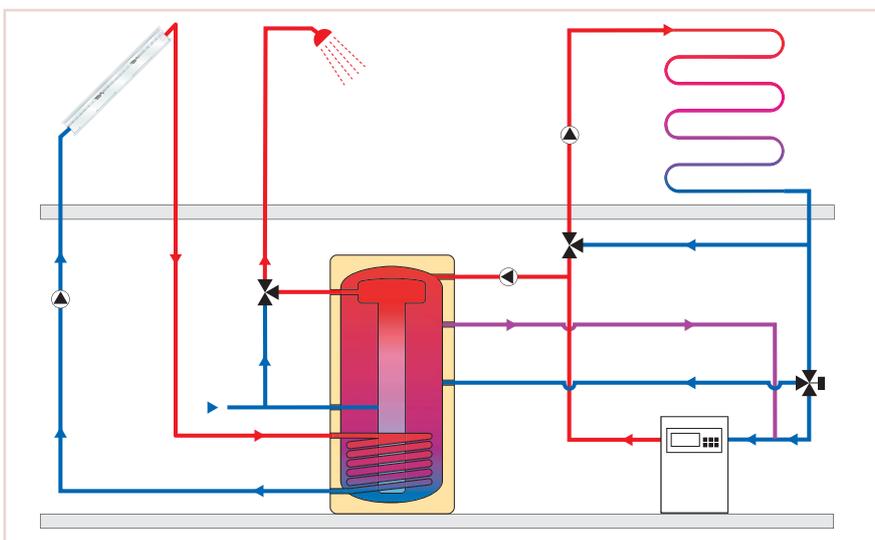


Abb. 17: Typisches Kombispeichersystem, Grafik: Solarpraxis AG

wendung von externen Wärmetauschern ist zu berücksichtigen, dass die Speicherladepumpe im Sekundärkreis parallel zur Kollektorkreispumpe geschaltet wird.

4.9.3 Regelung von Kombispeichersystemen

In Kombispeichersystemen bilden Pufferspeicher und Trinkwasserspeicher eine kompakte Einheit. Für die Regelung entscheidend ist dabei, ob die Einbindung der Heizungsunterstützung permanent oder geregelt erfolgt. Bei ganzjährigen Heizungsrücklauftemperaturen unter 35°C, wie z. B. bei einer Fußbodenheizung, sollte mit permanenter Einbindung gearbeitet werden, da diese ohne zusätzliche Armaturen und Regelkomponenten auskommt. Regelungstechnisch handelt es sich dabei um eine einfache Einspeicherung.

Für Anlagen mit höheren Rücklauftemperaturen von über 35°C kommt diese Variante nicht infrage. Es würde sonst eine Wärmeverschleppung aus dem Heizkreis in den Pufferbereich stattfinden. Dadurch sinkt der Nutzungsgrad der Solaranlage. Hier wird als sogenannte „geregelt Rücklaufeinbindung“ eine zusätzliche Temperaturdifferenzregelung benötigt. Das Prinzip ist einfach: Ist der Rücklauf wärmer als der Kombispeicher, so schaltet das 3-Wege-Ventil den Heizungsrücklauf am Solarpuffer vorbei direkt in den Heizkessel. Kann der Rücklauf dem Speicher hingegen Wärme entnehmen, wird er durch den Solarpuffer geführt. Eine unerwünschte Erwärmung des Speichers durch den Kessel wird so vermieden.

Es handelt sich hier um den Sonderfall einer Zweispeicherregelung, da jeweils eine Temperaturdifferenzregelung für die Beladung des Speichers und eine für die Entladung bzw. Anhebung des Heizungsrücklaufes benötigt wird. Der Heizkessel springt je nach Temperatur des vorgewärmten Rücklaufes überhaupt nicht an oder er arbeitet nur auf einer geringen Leistungsstufe.

5. Montage und Installation thermischer Solaranlagen



5.1 Installationskomponenten

5.1.1 Kupferrohre

In solarthermischen Anlagen werden Kupferinstallationsrohre nach DIN EN 1057 eingesetzt. Diese Norm beschreibt die Anforderungen an die Eigenschaften, die Zusammensetzung, die Lieferbedingungen und die Prüfung von nahtlosen Rundrohren aus Kupfer mit einem Außendurchmesser von 6 bis 267 mm.

Zusätzlich sollten die zur Verwendung vorgesehenen Kupferrohre auch die Gütebedingungen der Gütegemeinschaft Kupferrohr e.V. (RAL-Gütezeichen) erfüllen, die gegenüber der Norm DIN EN 1057 ergänzende Anforderungen und Vorschriften zur Prüfung der Rohre enthalten.

5.1.2 Fittings

Zum Verbinden der Kupferrohre können in Solaranlagen folgende Form- und Verbindungsstücke verwendet werden:

- gütegeprüfte KapillarlötfitTINGS nach DIN EN 1254-1 und -4,
- PressfitTINGS nach prEN 1254-7,
- metallisch dichtende Klemmringverschraubungen nach DIN EN 1254-2.

Die in solarthermischen Anlagen teilweise auftretenden, sehr hohen Temperaturen stellen im Vergleich zur „normalen“ Heizungstechnik deutlich höhere Anforderungen an die zu verwendenden Bauteile. Kupferrohre, KapillarlötfitTINGS, PressfitTINGS mit speziellem Solar-Dichtelement oder Klemmringverschraubungen sind auch unter den besonderen Anforderungen im Solarbereich uneingeschränkt geeignet.

Um sicherzustellen, dass nur hochwertige Installationskomponenten eingesetzt werden, gilt für Verarbeiter, Planer und Bauherren die dringende Empfehlung, nur gütegeprüfte Kupferrohre, Fittings, Lote und Flussmittel zu verwenden.

Generell gilt, dass für alle Bauteile die jeweiligen Herstellerangaben hinsichtlich der Einsatzbereiche und -grenzen zu beachten sind.

Gewindeverbindungen sollten nicht mit PTFE-Dichtungsband (Teflonband) abgedichtet werden, da durch das veränderte Kriechverhalten von Wasser-Glykol-Gemischen schleichende Undichtigkeiten entstehen können. Fachgerecht ausgeführte Hanpackungen haben sich hingegen bewährt.

5.1.2.1 KapillarlötfitTINGS

KapillarlötfitTINGS nach DIN EN 1254-1 mit RAL-Gütezeichen sind für Kupferrohrabmessungen von 6 bis 108 mm erhältlich, Übergangsfittings nach DIN EN 1254-4 bis zu Gewindeanschlussgrößen von 4 Zoll.

Beim Weich- und Hartlöten von Kupferrohren wird die Kapillarlöttechnik angewandt, d.h., der Lötspalt muss gleichmäßig und so eng sein, dass ein Kapillareffekt möglich ist und das Lot auch gegen die Schwerkraft in den Spalt eindringt. Dies ist bei Verwendung von Installationsrohren nach DIN EN 1057 in Verbindung mit LötfitTINGS nach DIN EN 1254 infolge der eng aufeinander abgestimmten Maßtoleranzen gegeben. Eine fachgerechte Vorbereitung und Durchführung der Lötung ist von entscheidendem Einfluss auf die spätere Betriebssicherheit der Anlage.

Prinzipiell gilt: Rohrenden sind nach dem Ablängen grundsätzlich immer innen und außen zu entgraten, Enden von weichen Kupferrohren (vom Ring) sind stets zu kalibrieren. Die Lötflächen der Rohrenden und -fitTINGS sind metallisch blank (schmutz- und oxidfrei) zu machen. Für das Reinigen sind metallfreie Reinigungsvliese, Schmirgelleinen feiner Körnung oder Ring- und Rundbürsten mit Drahtborsten geeignet. Reinigungsbedingte Rückstände sind zu entfernen.

5.1.2.2 Pressverbindungen

Für den Einsatz von Pressverbindungen in Solaranlagen werden je nach Anbieter und Anwendung Standard-Dichtelemente oder auch Dichtelemente für höhere Kollektorleistungen angeboten. Bei der Verarbeitung der PressfitTINGS ist stets die Montageanweisung des jeweiligen Herstellers zu beachten.

Im Wesentlichen gelten die folgenden Hinweise: Die PressfitTINGS sind vor Verwendung auf den korrekten Sitz des speziellen Dichtelements zu überprüfen. Die Rohrenden dürfen keine Reste von Graten oder Verschmutzungen z. B. durch Mörtel aufweisen, damit beim Aufschieben des PressfitTINGS auf das Rohr das Dichtelement nicht beschädigt wird. Für eine sichere Installation muss die Einstecktiefe des Fittings z. B. mit einem Filzstift am Rohr markiert werden. Diese Markierung ermöglicht eine optische Kontrolle der Einstecktiefe vor der Verpressung. Stützhülsen sind nicht notwendig. Das Verpressen erfolgt mit den vom Hersteller des PressfitTINGS benannten speziellen Werkzeugen. Fitting und Rohr werden hierbei unlösbar miteinander verbunden.

5.1.2.3 Klemmringverschraubungen

Metallisch dichtende Klemmringverschraubungen gehören zur Gruppe der lösbaren Verbindungen für glatte Rohr-enden (Glattrohrverbinder). Klemmringverschraubungen nach DIN EN 1254-2 sind für Kupferrohrabmessungen bis 108 mm lieferbar. Gewindeübergänge gewährleisten die Kompatibilität zu anderen Verbindungssystemen.

5.2 Lote und Flussmittel

Bei der Erstellung von solarthermischen Anlagen ist nach DIN V EN V 12977-1 zu beachten, dass die in den Rohrleitungen verwendeten Materialien und Werkstoffe in der Lage sein müssen, „der höchsten Betriebstemperatur und dem höchsten Betriebsdruck (unter Stagnationsbedingungen) standzuhalten“. Dies ist insbesondere bei thermisch hoch belasteten Bereichen der Installation zu berücksichtigen.

Da Weichlote bzw. Weichlotpasten, die nach Herstellerangaben dauerhaft Temperaturen von über 110°C standhalten, in Deutschland nicht angeboten werden, ist die Anwendung der Verbindungstechnik Weichlöten aufgrund der zu erwartenden hohen Temperaturen nicht zu empfehlen.

Es sind also andere geeignete Verbindungstechniken (Hartlöten, Schweißen, Pressen oder Klemmen) zu bevorzugen. Hartlote werden in der DIN EN 1044, Flussmittel in der DIN EN 1045 beschrieben, wobei auch für diese Produkte ein RAL-Gütezeichen vergeben werden kann (Tabelle 3). Diese Produkte sind uneingeschränkt für die in Solaranlagen auftretenden Temperaturen und Drücke geeignet.

Zusammensetzung des Lotes	Schmelzbereich (°C)	Flussmittel	Wirkbereich (°C)
CP 203 (L – CuP6)	710 – 890	FH 10 (F – SH1)*	550 – 800
CP 105 (L – Ag2P)	645 – 825		
Ag 106 (L – Ag34Sn)	630 – 730		
Ag 104 (L – Ag45Sn)	640 – 680		
Ag 203 (L – Ag44)	675 – 735		

Tabelle 3: Für die Solarinstallation zugelassene Hartlote und Flussmittel

*) Bei Kupfer-Phosphor-Loten sind für Verbindungen von Kupfer an Kupfer keine Flussmittel erforderlich. Bei Verbindungen von Kupfer an Messing oder Rotguss muss jedoch ein Flussmittel eingesetzt werden.

Außendurchmesser (mm)	12	15	18	22	28	35	42	54
Befestigungsabstand (m)	1,25	1,25	1,5	2	2,25	2,75	3	3,5

Tabelle 4: Richtwerte für Befestigungsabstände wasserführender Kupferrohrleitungen nach DIN 1988 Teil 2

Ein Blick über die Grenze (betrifft nur Österreich)

In Österreich dürfen Kupferrohrleitungen für solarthermische Anlagen mit Norm-Stillstandstemperaturen kleiner oder gleich 200°C und höchstzulässigen Betriebsdrücken kleiner oder gleich 6 Bar mit dem Lot S-Sn97Cu3 (DIN EN 29453) und einer entsprechenden, dasselbe Lot enthaltenden

Lotpaste weichgelötet werden. Es gelten die Ö-Normen M 7826-1 und -2. Die Verwendung anderer Lotpasten ist nicht zulässig. Für Solaranlagen mit höheren Norm-Stillstandstemperaturen und/oder Betriebsdrücken gelten auch in Österreich die bereits vorher erwähnten Kriterien hinsichtlich der Auswahl geeigneter Verbindungstechniken.

5.3 Verarbeitungs- und Verbindungstechniken

Für das Verbinden von Kupferrohren in der Gas- und Trinkwasserinstallation gelten die im DVGW-Arbeitsblatt GW 2 „Verbinden von Kupferrohren für die Gas- und Trinkwasser-Installation innerhalb von Grundstücken und Gebäuden“ festgeschriebenen Bestimmungen. Für alle anderen Anlagen ist die Anwendung des GW 2 nicht zwingend vorgeschrieben. Die Festlegungen dieses Arbeitsblattes gelten jedoch als anerkannte Regel für das Verbinden von Kupferrohren und sind damit auch für die Installation von thermischen Solaranlagen anwendbar. Weitere Informationen sind unter anderem dem DKI-Informationsdruck „i. 158 – die fachgerechte Kupferrohrinstallation“ zu entnehmen.

5.4 Wärmedehnung

1 Meter Kupferrohr dehnt sich unabhängig vom Rohrdurchmesser zwar weitaus geringer als nicht metallische Werkstoffe aus, aber bei einer Temperaturdifferenz von 100 K immer noch um ca. 1,7 mm. Wird diese Tatsache bei der Rohrinstallation nicht beachtet und den Rohren keine Dehnungsmöglichkeit (Kompensatoren, Bögen, Gleitschellen) gegeben, kann es durch die auftretenden Spannungen zu Rissbildungen im Rohr, im Fitting oder in der Verbindungsstelle und damit zur Undichtigkeit kommen.

5.5 Befestigungen

Solarleitungen dürfen nicht an Gas- und Wasserleitungen befestigt werden. Sie dürfen nicht als Träger für andere Leitungen oder Lasten dienen. In wasserführenden Leitungen muss die Befestigung außerdem den Schallschutz gewährleisten, in warmwasserführenden Leitungen muss die Wärmedehnung der Rohrleitungen berücksichtigt werden. Bei Auswahl und Anordnung der Rohrbefestigungen ist auf diese Anforderungen zu achten.

5.6 Zusammenbau von Kupfer mit anderen Werkstoffen in geschlossenen Anlagen

Bei geschlossenen Anlagen besteht in Anlehnung an fachgerecht ausgeführte Warmwasserheizungsanlagen nach VDI 2035 bei gemeinsamer Installation von Kupferrohren sowie Rohren und Anlagenteilen aus anderen metallischen Werkstoffen keine Korrosionsgefahr. Der für die Korrosion wichtige Reaktionspartner Sauerstoff wird schon bei der ersten Aufheizung des Wassers thermisch ausgetrieben und entweicht durch die Entlüftung der Anlage bzw. wird gebunden. Eine mögliche Zufuhr von Sauerstoff, z. B. durch undichte Stopfbuchsen oder nicht sauerstoffdichte Kunststoffrohre, muss durch fachgerechte Installation verhindert werden. Verzinkte Rohre und Fittings dürfen in Solaranlagen generell nicht eingesetzt werden.

6. Inbetriebnahme und Wartung thermischer Solaranlagen

6.1 Druckprobe und Spülen der Anlage

Der Kollektorkreis muss nach Fertigstellung einer Druckprobe unterzogen werden. Diese Druckprobe hat nach EN 12976-1 mit dem 1,5-Fachen des maximalen Betriebsdruckes zu erfolgen. Der Druck darf über die Prüfzeit (möglichst mind. 2 Stunden) nicht abfallen. Nach der Druckprobe wird der Druck abgesenkt und mit dem Spülen der Anlage begonnen. Dies ist zur Entfernung von Schmutzresten aus der Anlage unbedingt erforderlich. Zum Spülen der Anlage ist der Wasserschlauch an den Füllhahn „c“ anzuschließen, der davorliegende Hahn „b“ zu schließen und das aus dem Hahn „a“ austretende Wasser abzuleiten (siehe Abbildung 18). Gegen Abschluss des Spülvorgangs ist der Hahn „b“ kurz zu öffnen, um die Kurzschlussstrecke ebenfalls zu spülen. Um ein Sieden der Flüssigkeit in den Kollektoren zu verhindern, sollte die Anlage nicht bei starkem Sonnenschein gespült bzw. mit Wasser befüllt werden. Andernfalls sollten die Kollektoren abgedeckt werden. Bei Frost darf die Anlage auf keinen Fall mit Wasser gespült werden. Achtung Frostgefahr: Viele Kollektoren oder Rohrleitungen laufen nach der Druckprobe und dem Spülen nicht mehr leer. Es besteht damit die Gefahr von Frostschäden. Eine einmal mit Wasser gefüllte Solaranlage muss daher bei Frostgefahr sofort nach dem Spülen mit dem Wärmeträgermedium aufgefüllt und gut durchmischt werden.

6.2 Befüllung des Kollektorkreises

Der Gesamthalt des Kollektorkreises ist anhand von Tabelle 2 und den Herstellerangaben abzuschätzen. Der Einfachheit halber sollte fertig gemischtes Frostschutzmittel zum Einsatz kommen. Konzentrate müssen hingegen auf der Baustelle erst noch gemischt werden. Dazu wird das unverdünnte Frostschutzkonzentrat mit Wasser in einem sauberen Eimer oder im Behälter einer Abdrückpumpe gemischt. Hierbei sollte ein vom Anlagenhersteller vorgegebenes Mischungsverhältnis erzielt werden. Das Mischen in der Anlage ist nicht zu empfehlen.

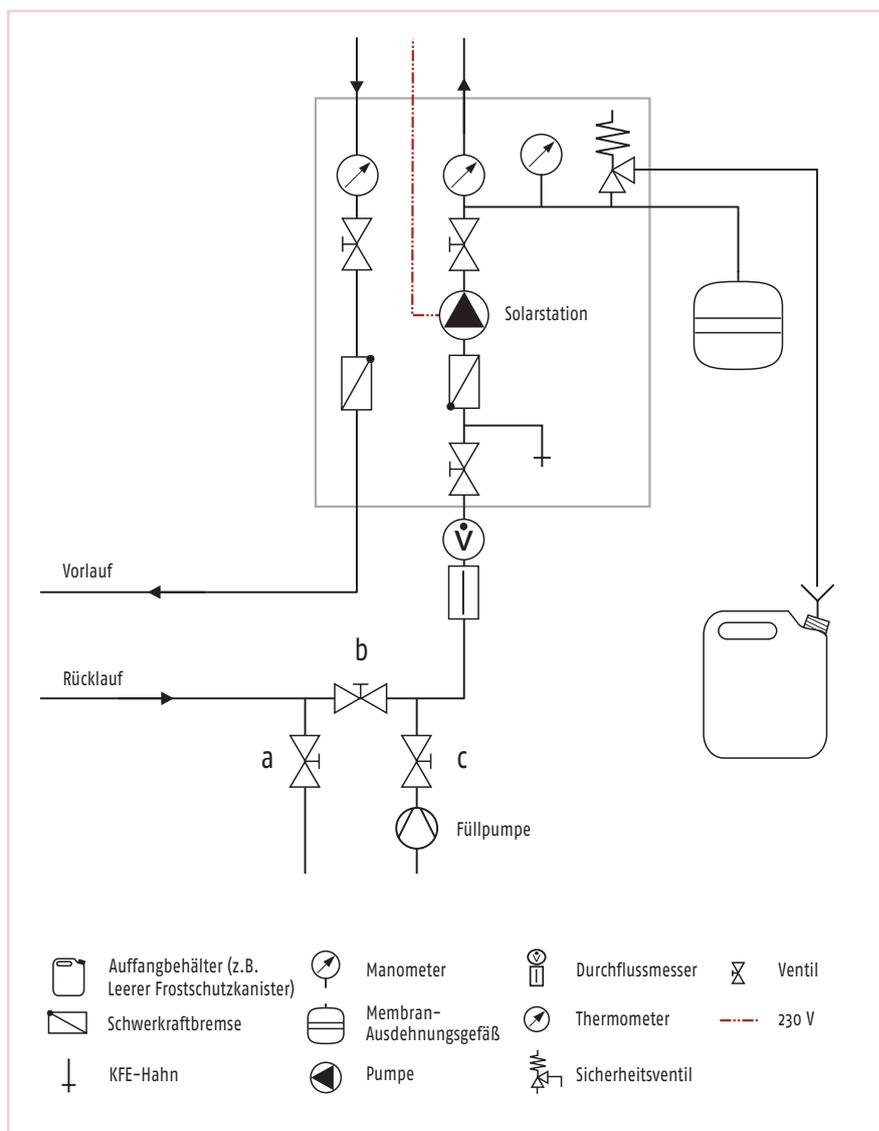


Abb. 18: Befüllung des Kollektorkreises, Grafik: Solarpraxis AG

Vorgemischte Solarflüssigkeiten werden direkt in die Anlage gegeben.

- Den Füllschlauch an den Füllhahn „c“ (siehe Abbildung 18) anschließen. Nebenliegenden Absperrkugelhahn „b“ schließen und einen weiteren Schlauch vom Entleerungshahn „a“ in das Mischgefäß legen.
- Die Anlage mithilfe einer Bohrmaschinpumpe, einer Kreiselpumpe oder einer Prüfpumpe über den Füllhahn „c“ befüllen.
- Den Anlagenbetriebsdruck am Einbauort des Manometers auf die statische Höhe der Anlage plus ca. 0,5 bis 0,8 Bar Überdruck einstellen.

- Die Kollektorkreispumpe in Betrieb nehmen, nach ausreichender Durchmischung etwas Wärmeträger aus einem Füll-/Entleerungshahn zapfen und nochmals auf Frosticherheit überprüfen.

6.3 Einstellung des Anlagen-durchflusses

Solarthermische Anlagen bis etwa 10 Quadratmeter Kollektorgröße sollten in High Flow (30 bis 50 Liter pro Quadratmeter und Stunde) betrieben werden, da sie hier am wirtschaftlichsten arbeiten. In der Praxis gibt es jedoch einige Ausnahmen, in denen Low Flow

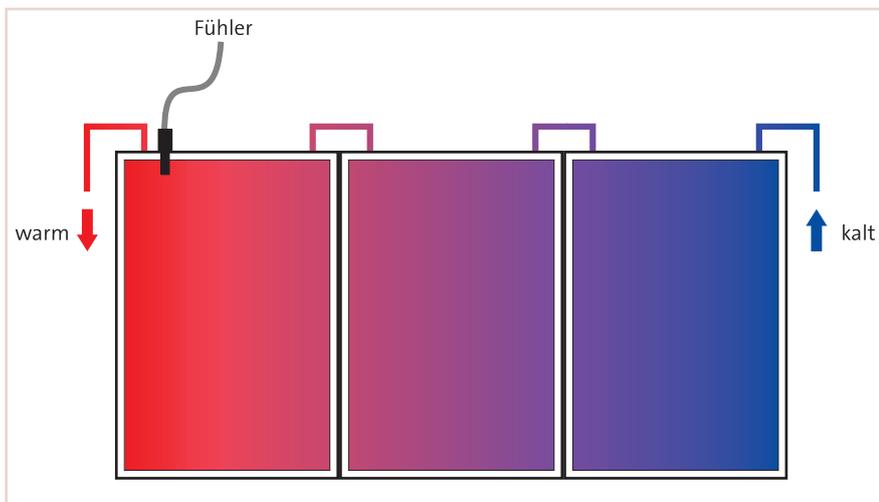


Abb. 19: Positionierung des Temperaturfühlers, Grafik: Solarpraxis AG

als die sinnvollere Variante gilt. Dazu gehören vor allem Schichtenladesysteme, Anlagen mit vielen in Reihe geschalteten Kollektoren und natürlich alle drehzahlgeregelten Anlagen. Prinzipiell gilt auch in Kleinanlagen Low Flow nicht als Fehler. Vielmehr wird sich bedingt durch immer leistungsfähigere Kollektoren und immer bessere Dämmung auch in Kleinanlagen Low Flow als eine normale Betriebsweise durchsetzen.

Anlagen über 10 Quadratmeter Kollektorfläche sollten immer als Low-Flow-Anlagen (15 bis 20 Liter pro Quadratmeter und Stunde) gefahren werden, da die Vorteile des Low Flow hier überwiegen. Der Durchfluss im Kollektorkreis ist an einem Durchflusssteller abzulesen und einzustellen. In jedem Fall sollte mit der kleinsten Pumpenstufe begonnen werden, um ein Wegdrosseln von Pumpenleistung zu verhindern. Erst wenn der gewünschte Volumenstrom mit der geringsten Pumpenstufe nicht erreicht wird, ist eine höhere Stufe zu wählen.

6.4 Überprüfung der Solarregelung

Bei den meisten Regelungen wird eine am Ausgang des Kollektorfeldes gemessene Temperatur mit einer im unteren Teil des Solarspeichers gemessenen Temperatur verglichen. Ist die Differenz

zwischen beiden Temperaturen größer als die sogenannte Einschalttemperaturdifferenz, muss der Solarregler die Kollektorkreispumpe in Betrieb nehmen. Bei der Positionierung des Kollektorfühlers ist darauf zu achten, dass dieser im letztdurchströmten Kollektor (= heißer Abgang der Kollektoren, siehe Abb. 19) exakt an der vom Kollektorhersteller vorgesehenen Position im oder am Kollektor montiert wird. Andernfalls kommt es zur Fehlfunktion der Regelung, da diese taktet bzw. zu spät oder gar nicht reagiert. Der Speicher-Temperaturfühler sollte in mittlerer Höhe des Kollektorkreiswärmetauschers montiert werden. Er darf weder deutlich höher noch deutlich tiefer montiert werden, da die Regelung die Solarkreispumpe ansonsten zu spät oder zu früh einschaltet.

6.5 Entlüftung des Kollektorkreises

Bereits bei der Befüllung des Kollektorkreises wird durch genügend langes Spülen ein großer Teil der bläschenförmigen Luft aus dem System entfernt. Dies ist deutlich zu hören, wenn im Handbetrieb der Solarpumpe keine Luftgeräusche in den Leitungen mehr auftreten. Die restliche, noch enthaltene gasförmige Luft steigt erst in den Ruhephasen der Pumpe entlang der Steigstränge nach oben und sammelt sich – entsprechende Sammelmöglich-

keiten vorausgesetzt – unter den Entlüftern. Sie muss dort manuell oder mittels Automatik-Entlüfter entfernt werden.

Die in der Flüssigkeit gelöste Luft kann auf diese Weise nicht entfernt werden. Es handelt sich hierbei um immerhin ca. 0,5 Liter Luft auf 10 Liter Flüssigkeit. Diese kann erst abgegeben werden, wenn die Anlage zum ersten Mal heiß wird. Eine Anlage, die zum Herbst in Betrieb genommen wird, muss also abermals zum Frühling entlüftet werden, da die gelöste Luft erst in den sonnigeren März- bzw. Apriltagen abgeschieden wird.

Beim Befüllen der Anlage mit dem Betriebsdruck dient die Wasservorlage dazu, ganzjährig einen geringen Überdruck auch am höchsten Anlagenbereich zu gewährleisten. Käme es dort zu einem auch nur geringen Unterdruck, könnte Luft angesaugt werden. Luft im System verursacht störende Betriebsgeräusche, bei größeren Luftmengen kommt die Umwälzung des Kollektorkreises zum Erliegen.

Luft in Solaranlagen ist einer der häufigsten Anlagenfehler. Seine Ursache muss unverzüglich gefunden und abgestellt werden. Andernfalls kommt es zu einer verstärkten Oxydation des Frostschutzmittels. Im Zusammenhang mit der Oxydation kommt es zu einer Absenkung des pH-Wertes, es können sich Säuren bilden. Längere Zeit unentdeckt kann dadurch sogar der Kollektor beschädigt werden.

Luft kann auch die Kollektorkreis-Pumpe beschädigen, da diese bei trockenen Lagern nicht mehr ausreichend gekühlt wird. Undichte Anlagen müssen deshalb unbedingt abgedichtet werden. Es reicht keinesfalls aus, die permanent eindringende Luft durch sogenannte Zentralentlüfter aus dem System zu entfernen. Zum Schutz von Automatikentlüftern vor Verschmutzung sollten diese während der Druckprobe und bei Druckerhöhungen über einen vorgeschalteten Kugelhahn abgesperrt werden.

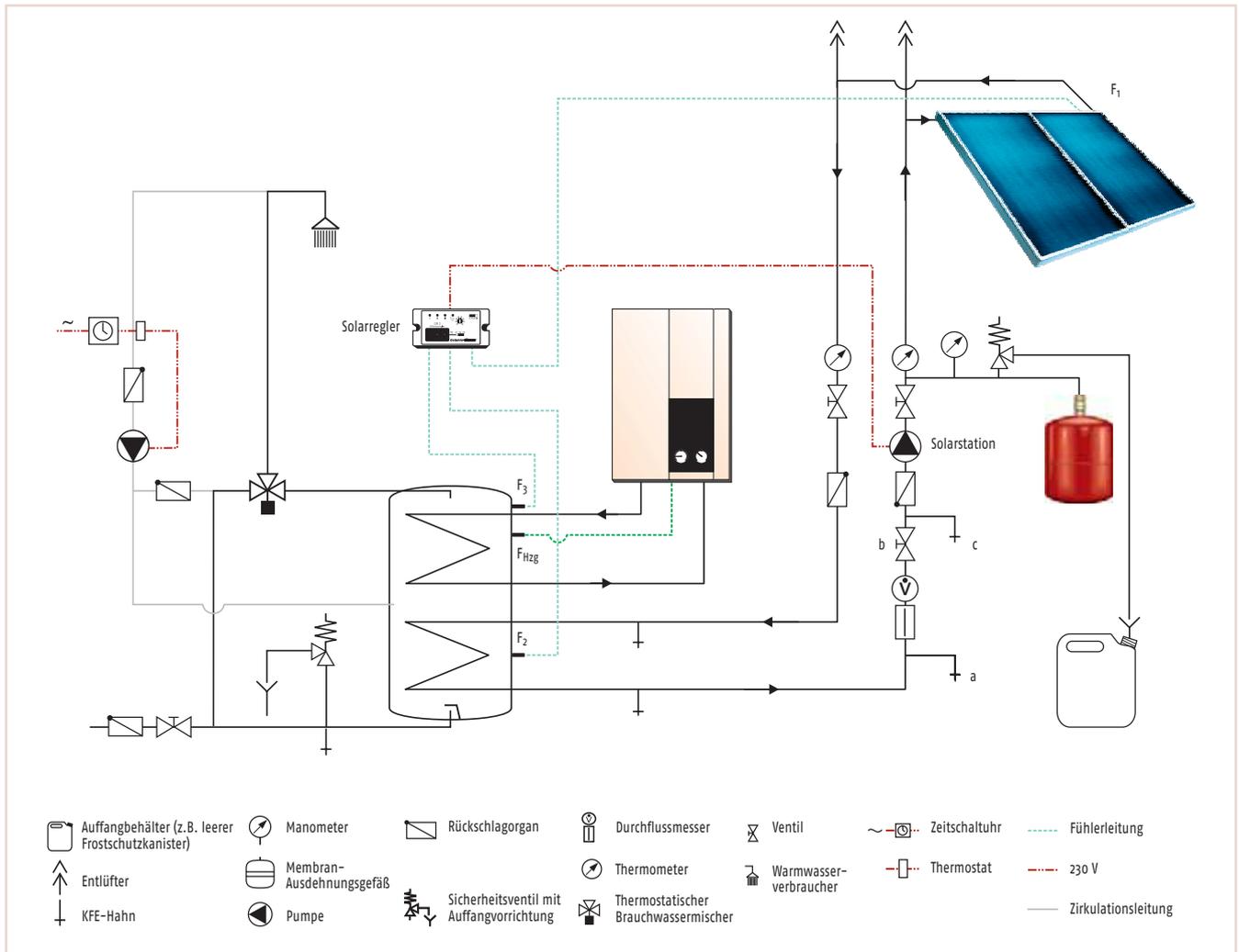


Abb. 20: Beispielhafter Schaltplan für eine typische Solaranlage zur Trinkwassererwärmung, Grafik: Solarpraxis AG

6.6 Inbetriebnahme, Wartung und Abnahme

Obwohl Solaranlagen einen geringen Wartungsaufwand erfordern, empfiehlt es sich, in regelmäßigen Abständen Funktion und Zustand der Anlagen zu prüfen. Pro Jahr kann vom Fachhandwerker mit maximal einer Stunde Arbeitsaufwand zzgl. An- und Abreise kalkuliert werden.

Besonderes Augenmerk erfordert der Anlagendruck. Bei Unterschreiten des Mindestdruckes muss eine Undichtigkeit vermutet und deren Ursache behoben werden. Gegebenenfalls ist dazu eine neue Druckprobe durchzuführen. Im Rahmen der Wartung ist mindestens 2-jährig auch die Frostschutzkonzentration und der pH-Wert

der Flüssigkeit zu messen und mit den Herstellerangaben zu vergleichen. Ist der pH-Wert kleiner als 7, muss in jedem Fall die gesamte Solarflüssigkeit ausgetauscht werden.

Die Bedienungs – und Wartungsanleitung ist an gut sichtbarer Stelle im Aufstellraum der Anlage aufzubewahren. Die Vordrucke der Checklisten im Anhang ergänzen die Unterlagen der Hersteller und erleichtern die Installation und Inbetriebnahme sowie die korrekte Wartung der Solaranlage.

6.7 Lebensdauer und Verschmutzung der Kollektoren

In der Praxis hört man häufig die Frage nach der Lebensdauer der Solaranlage. Untersuchungen haben klar gezeigt,

dass Solaranlagen bei fachgerechter Wartung und regelmäßiger Kontrolle durch den Betreiber eine Lebenserwartung von deutlich mehr als 20 Jahren besitzen.

Neben dieser Frage wird oft auch die nach der Verschmutzung der Kollektoren gestellt. Untersuchungen geben auch hier eine klare Antwort: Anlagen an normalen Standorten in Stadt und Land verlieren durch Verschmutzung maximal ca. 2 % ihrer Leistungsfähigkeit, normalerweise kann ein Minderertrag überhaupt nicht nachgewiesen werden. Eine Reinigung der Kollektoren ist deshalb nicht erforderlich.

7. Anhang

7.1 Normen und Regelwerke

Energieeinsparverordnung 2004 (EnEV)

DIN EN 12975-1

Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile; Kollektoren, Teil 1: Allgemeine Anforderungen

DIN EN 12975-2

Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile; Kollektoren, Teil 2: Prüfverfahren

DIN EN 12976-1

Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile; Vorgefertigte Anlagen, Teil 1: Allgemeine Anforderungen

DIN EN 12976-2

Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile; Vorgefertigte Anlagen, Teil 2: Prüfverfahren

DIN V EN V 12977-1

Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile; Kundenspezifisch gefertigte Anlagen, Teil 1: Allgemeine Anforderungen

DIN V EN V 12977-2

Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile; Kundenspezifisch gefertigte Anlagen, Teil 2: Prüfverfahren

DIN V EN V 12977-3

Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile; Kundenspezifisch gefertigte Anlagen, Teil 3: Leistungsprüfung von Warmwasserspeichern

DIN 1055-4

Lastenannahmen für Bauten; Verkehrslasten; Windlasten nicht schwingungsanfälliger Bauwerke

DIN 1055-5

Lastenannahmen für Bauten; Verkehrslasten; Schneelast und Eislast

DIN 18338

Dachdeckungs- und Dachdichtungsarbeiten

DIN 18451

Gerüstarbeiten

Pr ISO 9488

Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile; Terminologie (ISO/DIS 9488; 1995)

ISO/TR 10217

Ausgabe: 1989-09 Solarenergie; Wasserheizsysteme; Richtlinie für die Werkstoffauswahl mit Bezug auf innere Korrosion

ISO 9459

Solar heating – domestic water heating systems

DKI Informationsdruck i.158

Die fachgerechte Kupferrohrinstallation

DIN EN 1044

Hartlöten/Lötzusätze

DIN EN 1045

Hartlöten; Flussmittel zum Hartlöten; Einleitung und technische Lieferbedingungen

DIN EN 1057

Kupfer und Kupferlegierungen – Nahtlose Rundrohre aus Kupfer für Wasser- und Gasleitungen für Sanitärinstallationen und Heizungsanlagen

DIN EN 1254-1

Kupfer und Kupferlegierungen; Fittings; Kapillarlöt fittings für Kupferrohre (Weich- und Hartlöten)

DIN EN 1254-2

Kupfer und Kupferlegierungen; Fittings; Klemmverbindungen für Kupferrohre

DIN EN 1254-4

Kupfer und Kupferlegierungen; Fittings; Fittings zum Verbinden anderer Ausführungen von Rohrenden mit Kapillarlötverbindungen oder Klemmverbindungen

Pr EN 1254-7

Kupfer und Kupferlegierungen; Fittings; Pressfittings für metallische Rohre

DIN 1988-2

Technische Regeln für Trinkwasserinstallationen (TRWI): Planung und Ausführung; Bauteile; Apparate; Werkstoffe; Technische Regel des DVGW

DIN 1988-4

Technische Regeln für Trinkwasserinstallationen (TRWI): Schutz des Trinkwassers; Erhaltung der Trinkwasserqualität; Technische Regel des DVGW

DIN 4807

Ausdehnungsgefäße

VDI 2035-2

Vermeidung von Schäden an Wasserheizungsanlagen – Wasserseitige Korrosion

VDI 6002

Solare Trinkwassererwärmung

DVGW-Arbeitsblatt GW 2

Verbinden von Kupferrohren für die Gas- und Trinkwasser-Installation innerhalb von Grundstücken und Gebäuden

AD 2000 Merkblatt A2

Ausführung und Kennzeichnung von Sicherheitsventilen

7.2 Links und Literaturliste

Interaktive Beratung zu Förderprogrammen: www.solarfoerderung.de

Fachbücher

Deutsches Solarfirmen-Verzeichnis
Energiewende Verlag und Vertrieb, Freilassing (Hrsg.): Im Internet abrufbar unter: www.solarenergie.com Das „Deutsche Solarfirmen-Verzeichnis“ mit über 1.700 Einträgen ist zu einer sehr umfangreichen und gefragten Informationsquelle im Solarbereich angewachsen. Es wird monatlich aktualisiert. Man kann nach verschiedenen Rubriken suchen.

Solarstrom – Solarthermie

Hadamovsky, H. F.; Jonas, D.: Würzburg: Vogel, 2004. 256 S. + CD-ROM, ISBN 3-8023-1937-0, EUR 29,80

Beratungspaket Solarthermie, Kunden kompetent beraten – Solartechnik erfolgreich verkaufen

2006, Solarpraxis AG, ISBN 3-934595-63-4, EUR 49,-

Marktübersicht Solarkollektoren CD-ROM Datenbank mit ca. 250 Solarkollektoren

2003, Solarpraxis AG, EUR 69,-

Marktübersicht Solarspeicher 2004

Juni 2004. CD-ROM, ISBN 3-934595-22, EUR 7,69

Solarwärme optimal nutzen – Technik, Planung und Montage

Schreier, N., Wagner, A., Orths, R., Rotarius, T., 17. Auflage, 2002, Wagner & Co. Solartechnik GmbH, ISBN 3-923129-36-X, EUR 19,80

Langzeiterfahrung Solarthermie – Wegweiser für das erfolgreiche Planen und Bauen von Solaranlagen

Peuser, F. A., Remmers, K. H., Schnauss, M., 2001, Solarpraxis AG, ISBN 3-934595-01-4, EUR 49,-

Große Solaranlagen – Einstieg in Planung und Praxis

Remmers, K. H., 2. überarbeitete Auflage 2001, Solarpraxis AG, ISBN 3-934595-06-5, EUR 65,-

Sonnenwärme für den Hausgebrauch: Ein Ratgeber für Auswahl und Kauf der eigenen Solaranlage

Dr. Sonne Team, 2000, Solarpraxis AG, ISBN 3-934595-01-4, EUR 19,-

Tragkonstruktionen für Solaranlagen, Planungshandbuch zur Aufständigung von Solarkollektoren

Erfurth + Partner, Steinbeis-Transferzentrum, Solarpraxis, 2001, Solarpraxis AG, ISBN 3-934595-11-1, EUR 59,-

Solare Wärme – Vom Kollektor zur Hausanlage

BINE, ISBN 3-934595-56-1, EUR 17,80

Das Solarbuch, Fakten, Argumente, Strategien

Witzel, W., Seifried, D. Ökobuch Verlag, 2000, EUR 15,30

Vertrieb: solid Solarenergie

Informations- und Demonstrationzentrum, Heinrich-Stranka-Str.3-5, 90765 Fürth, Tel.: 0911/81027-0, Fax: 0911/81027-11

Das Solarbuch.

Fakten, Argumente, Strategien. Energieagentur Regio Freiburg GmbH (Hrsg.), 2004, Ökobuch-Verlag, 2004, ISBN 3-936896-02-X, EUR 19,90

Solaradressbuch 2004. Das Anwenderbuch für die Branche. Praxisratgeber, Förderung, Marktübersichten, Anschriften- und Leistungsverzeichnis

Johnsen, B. (Hrsg.): SunMedia Verlags- und Kongressgesellschaft für Erneuerbare Energien mbH, Hannover (Hrsg.) 2004. 223 S., 5., überarb. Aufl., ISBN 3-9807957-5-6, EUR 10,-
Vertrieb: SunMedia Verlags- und Kongressgesellschaft für Erneuerbare Energien mbH, Querstr. 31, 30519 Hannover, Tel.: 0511/ 8 44-1932, Fax: 0511/ 8 44-2576 info@sunmediaverlag.de, www.erneuerbareenergien.de

Thermische Solaranlagen

Kartchenko, N.: Berlin : Verl. für Wissenschaft und Forschung GmbH, 2004. 514 S., 2., überarb. u. verb. Aufl., ISBN 3-89700-372-4, EUR 59,90

Marktübersicht Solarspeicher 2004

solid Solarenergie Informations- und Demonstrationzentrum, Fürth (Hrsg.); (Hrsg.): Juni 2004. CD-ROM, ISBN 3-934595-22-7, EUR 69,-
Vertrieb: solid Solarenergie Informations- und Demonstrationzentrum, Heinrich-Stranka-Str. 3-5, 90765 Fürth, Tel.: 0911/ 8 10 27-0, Fax: 0911/ 8 10 27-11

Expert Praxislexikon Sonnenenergie und solare Techniken.

1750 Begriffe von A-Z zum Verständnis der solaren Techniken und zur Nutzung der Sonnenenergie für eine umweltschonende Energiebereitstellung
Weik, H.: Renningen-Malmsheim: expert-Verl., (Nachdruck geplant zum 1. Quartal 2006). 340 S., ISBN 3-8169-2538-3, EUR 38,-

Das Solarbuch. Fakten, Argumente, Strategien

Witzel, W.; Seifried, D.: Energieagentur Regio Freiburg GmbH (Hrsg.) Staufen: Ökobuch, 2004. 197 S. + CD-ROM, 2., überarb. u. erg. Aufl., ISBN 3-936896-02-X, EUR 19,90

Multi-SOL 3.0

Lernprogramm für Solarthermie, 2007, CD-ROM, ECONSULT, Bestellung: www.multi-sol.de, EUR 149,90

Fachzeitschriften

Sonnenenergie – Zeitschrift für regenerative Energiequellen und Energieeinsparung

offizielles Fachorgan der DGS e.V., Solarpraxis AG, Zinnowitzer Straße 1, 10115 Berlin, erscheint 6 x jährlich, Einzelpreis EUR 5,-

Moderne Energie & Wohnen

Ratgeber Heizung-Lüftung-Solarenergie, Solarpraxis AG, Zinnowitzer Straße 1, 10115 Berlin

Neue Energie – Das Magazin für erneuerbare Energien

Organ des Bundesverbandes WindEnergie e.V. (BWE), und des Bundesverbandes Erneuerbare Energie e.V. (BEE), Marienstraße 19/20, 10117 Berlin, erscheint monatlich, Einzelpreis EUR 6,50

Sonne, Wind & Wärme

Das Branchenmagazin für alle erneuerbaren Energien, BVA Bielefelder Verlag GmbH & Co. KG, Ravensburger Straße 10 f, 33602 Bielefeld, erscheint monatlich, Einzelpreis EUR 5,60

SBZ, Sanitär-, Heizungs-, Klima- und Klempnertechnik

Fachorgan des Zentralverbandes Sanitär-, Heizungs-, Klima- und Klempnertechnik Gentner Verlag, Forststraße 131, 70193 Stuttgart, erscheint 2 x monatlich, Einzelpreis EUR 9,-

TGA-Fachplaner, Das Magazin für die technische Gebäudeausrüstung

Gentner Verlag, Forststraße 131, 70193 Stuttgart, erscheint monatlich, Einzelpreis EUR 13,-

Gebäude-Energieberater

Gentner Verlag, Forststraße 131, 70193 Stuttgart, erscheint monatlich, Einzelpreis EUR 15,-

Moderne Energie & Wohnen, Ratgeber Heizung-Lüftung-Solarenergie

Solarpraxis AG, Zinnowitzer Straße 1, 10115 Berlin, erscheint 4 x jährlich, Einzelpreis EUR 2,90

Grundlagenbücher

Solare Weltwirtschaft

Scheer, H., 2002, Verlag Antja Kunstmann, ISBN 3-888972-28-0, EUR 16,90

Jahrbuch Erneuerbare Energien

2002/2003, Steiß, Fithjof, Stiftung Energieforschung Baden Württemberg, 2003, EUR 35,20

Regenerative Energiesysteme

Quaschnig, V., Hauer, 2. Auflage 1999, Verlag Carl Hauser, ISBN 3-446193-69-3, EUR 40,-

BINE-Informationspakete

Wärmespeicher

Fisch, N., Köbler, R., 3. Auflage, 1998, TÜV Verlag GmbH, ISBN 3-8249-0442-8

Solare Nahwärme

Hahne, E., TÜV Verlag GmbH, 1998, ISBN 3-8249-0470-5

Aus dem Verlagsprogramm des Deutschen Kupferinstitutes.

Architektur & Solarthermie

Dokumentation zum Architekturpreis, 2002, ISBN 3-935243-12-x, EUR 25,-

CD-ROM Solares Heizen

Neues Informationsmedium zur Motivation von Planern und Handwerkern für solares Heizen, EUR 10,-

Handbücher

Solarthermische Anlagen

Leitfaden für SHK-, Elektro- und Dachdeckerhandwerk, für Fachplaner, Architekten und Weiterbildungsinstitutionen F. Antony, K. Heidler, C. Hindenburg u.a. Vollständig überarb. Neuaufl. 2004, Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie e.V. (DGS), Landesverband Berlin (Hrsg. und Vertrieb) Erich-Steinfurth-Str.6, 10243 Berlin ISBN 3-9805738-7-7, EUR 79,-

Wirtschaftlichkeit der solaren Warmwasserbereitung

Herausgeber und Vertrieb: Fraunhofer Informationszentrum Raum und Bau (IRB), Nobelstr. 12, 70569 Stuttgart, Tel.: 0711/970-2500, Fax: 0711/9702508 ISBN 3-8167-1287, EUR 8,47

7.3 Checklisten zur Ergänzung der Herstellerunterlagen

Wartungsprotokoll

Anlagenstandort: _____

Betreiber: _____

	o.k.
Kollektorkreis	
Anlagendruck _____ bar bei _____ °C Vorlauftemperatur	
Dichtheit des Kollektorkreises geprüft	
Sicherheitsventil geprüft	
Frostschutz bis - _____ °C geprüft	
Kollektorkreis entlüftet	
Volumenstrom geprüft: _____ l/min	
Rückschlagklappe in Funktion	
Schmutzfänger gereinigt (wenn vorhanden)	
Sonnenkollektor	
Sichtprüfung der Kollektoren durchgeführt	
Sichtprüfung der Kollektorhalterung durchgeführt	
Sichtprüfung der Dachdichtheit durchgeführt	
Sichtprüfung der Wärmedämmung durchgeführt	
emaillierte Solarspeicher	
Schutzstrom der Opferanode _____ mA	
Kontrollleuchte der Fremdstromanode leuchtet grün	
Regelung	
Pumpenfunktion in den Stellungen An / Aus / Auto geprüft	
Regelung zeigt _____ Betriebsstunden in der Zeit von _____ bis _____.	
Temperaturanzeige aller Fühler kontrolliert	
Nachheizung funktionstüchtig	
gewünschte Solltemperatur wird eingehalten	
Thermostatisches Mischventil in Funktion	
Wärmemengenzähler (WMZ) (soweit vorhanden)	
WMZ zeigt in der Zeit von _____ bis _____ kWh an	

Datum

Name

Unterschrift/Stempel

Inbetriebnahme- / Übergabeprotokoll

Anlagenstandort: _____

Betreiber: _____

	o.k.
Füllen der Anlage	
Anlage gespült	
Druckprobe bei _____ bar Prüfdruck	
Wärmeträgermedium, Hersteller:	
Einfüllmenge _____ l, Gemisch _____ %, geprüft bis - _____ °C	
Vordruck am Ausdehnungsgefäß _____ bar	
Anlagenbetriebsdruck _____ bar bei _____ °C Vorlauftemperatur	
Ansprechdruck des Sicherheitsventils _____ bar	
Ableitung mit Auffanggefäß am Sicherheitsventil des Kollektorkreises angeschlossen	
Kollektorkreis entlüftet	
Automatikentlüfter mit vorgeschaltetem Kugelhahn abgesperrt	
Fremdstromanode in Funktion gesetzt	
Pumpe	
Drehrichtung kontrolliert	
Volumenstrom _____ l/h	
Rückstellklappe in Arbeitsstellung	
Regelung	
Temperaturdifferenz des Kollektorkreisreglers auf _____ K eingestellt	
Funktionskontrolle der Regelung durchgeführt	
Temperatur für die Nachheizung auf _____ °C eingestellt	
Maximalbegrenzung der Speichertemperatur auf _____ °C eingestellt	
Thermostatisches Mischventil auf max. 60°C eingestellt	
Einweisung des Anlagenbetreibers	
Grundfunktion und Bedienung des Solarreglers	
Funktion und Bedienung der Nachheizung	
Funktion der Fremdstromanode	
Wartungsintervalle	
Unterlagen zur Solaranlage ausgehändigt	
Betriebsanweisung übergeben	

Datum

Name

Unterschrift/Stempel

7.4 Verlagsprogramm

Dach und Wand

Verhalten von Kupferoberflächen an der Atmosphäre; Bestell-Nr. s. 131
.....
Dachdeckung und Außenwandbekleidung mit Kupfer; Bestell-Nr. i. 30
.....
Ausschreibungsunterlagen für Klempnerarbeiten an Dach und Fassade
.....
Blau-Lila-Färbungen an Kupferbauteilen

Sanitärinstallation

Kupfer in Regenwassernutzungsanlagen; Bestell-Nr. s. 174
.....
Metallene Werkstoffe in der Trinkwasser-Installation; Bestell-Nr. i. 156
.....
Die fachgerechte Kupferrohrinstallation; Bestell-Nr. i. 158

Werkstoffe

Schwermetall-Schleuder- und Strangguss – technische und wirtschaftliche Möglichkeiten; Bestell-Nr. s. 165
.....
Zeitstandeigenschaften und Bemessungskennwerte von Kupfer und Kupferlegierungen für den Apparatebau; Bestell-Nr. s. 178
.....
Ergänzende Zeitstandversuche an den beiden Apparatewerkstoffen SF-Cu und CuZn20Al2; Bestell-Nr. s. 191
.....
Einsatz CuNi10Fe1Mn plattierter Bleche für Schiffs- und Bootskörper
Use of Copper-Nickel Cladding on Ship and Boat Hulls; Bestell-Nr. s. 201
.....
Kupfer-Nickel-Bekleidung für Offshore-Plattformen
Copper-Nickel Cladding for Offshore Structures; Bestell-Nr. s. 202
.....
Werkstoffe für Seewasser-Rohrleitungssysteme
Materials for Seawater Pipeline Systems; Bestell-Nr. s. 203
.....
Kupfer-Zinn-Legierungen (Messing und Sondermessing)
Bestell-Nr. i. 5
.....
Kupfer-Aluminium-Legierungen
Bestell-Nr. i. 6
.....
Niedriglegierte Kupferwerkstoffe
Bestell-Nr. i. 8
.....
Kupfer-Nickel-Zinn-Legierungen (Neusilber)
Bestell-Nr. i. 13
.....

Kupfer-Nickel-Legierungen
Bestell-Nr. i. 14
.....
Kupfer-Zinn-Knetlegierungen (Zinnbronzen)
Bestell-Nr. i. 15
.....
Rohre aus Kupfer-Zinn-Legierungen
Bestell-Nr. i. 21
.....
Bänder, Bleche, Streifen aus Kupfer-Zinn-Legierungen
Bestell-Nr. i. 22
.....
Kupfer-Zinn- und Kupfer-Zinn-Zinn-Gusslegierungen (Zinnbronzen)
Bestell-Nr. i. 25
.....
Kupfer – Das rote Metall
.....
Kupfer – Werkstoff der Menschheit
.....
Messing – Ein moderner Werkstoff mit langer Tradition
.....
Von Messing profitieren – Drehteile im Kostenvergleich
.....
Messing ja – Entzinkung muss nicht sein!
.....
Dekorativer Innenausbau mit Kupferwerkstoffen
.....
Bronze – unverzichtbarer Werkstoff der Moderne
.....

Verarbeitung

Konstruktive Gestaltung von Formgussstücken aus Kupferwerkstoffen; Bestell-Nr. s. 133
.....
Kupfer-Zinn-Legierungen für die Herstellung von Gesenkschmiedestücken; Bestell-Nr. s. 194
.....
Kleben von Kupfer und Kupferlegierungen; Bestell-Nr. i. 7
.....
Trennen und Verbinden von Kupfer und Kupferlegierungen; Bestell-Nr. i. 16
.....
Richtwerte für die spanende Bearbeitung von Kupfer und Kupferlegierungen; Bestell-Nr. i. 18

Elektrotechnik

Drehstrom, Gleichstrom, Supraleitung – Energie-Übertragung heute und morgen; Bestell-Nr. s. 180
.....
Brandsichere Kabel und Leitungen; Bestell-Nr. s. 181
.....
Energiesparen mit Spartransformatoren; Bestell-Nr. s. 183
.....

Wechselwirkungen von Blindstrom-Kompensationsanlagen mit Oberschwingungen; Bestell-Nr. s. 185
.....
Vom Umgang mit Blitzschäden und anderen Betriebsstörungen; Bestell-Nr. s. 186
.....
Sparen mit dem Sparmotor; Bestell-Nr. s. 192
.....
Bedarfsgerechte Auswahl von Kleintransformatoren; Bestell-Nr. s. 193
.....
Energiesparpotentiale bei Motoren und Transformatoren; Bestell-Nr. i. 1
.....
Kupferwerkstoffe in der Elektrotechnik und Elektronik; Bestell-Nr. i. 10
.....
Kupfer in der Elektrotechnik – Kabel und Leitungen
.....
Kupfer spart Energie
.....
Geld sparen mit Hochwirkungsgrad-Motoren

Umwelt/Gesundheit

Versickerung von Dachablaufwasser; Bestell-Nr. s. 195
.....
Kupfer in kommunalen Abwässern und Klärschlämmen; Bestell-Nr. s. 197
.....
Sachbilanz einer Ökobilanz der Kupfererzeugung und -verarbeitung; Bestell-Nr. s. 198
.....
Sachbilanz zur Kupfererzeugung unter Berücksichtigung der Endenergien; Bestell-Nr. s. 199
.....
Untersuchung zur Bleiabgabe der Messinglegierung CuZn39PB3 an Trinkwasser – Testverfahren nach British Standards BS 7766 and NSF Standard 61; Bestell-Nr. s. 200
.....
Kupfer – Lebensmittel – Gesundheit; Bestell-Nr. i. 19
.....
Recycling von Kupferwerkstoffen; Bestell-Nr. i. 27
.....
Kupfer und Kupferwerkstoffe ein Beitrag zur öffentlichen Gesundheitsvorsorge; Bestell-Nr. i. 28
.....
Kupfer – der Nachhaltigkeit verpflichtet
.....
Kupfer in unserer Umwelt
.....
Natürlich Kupfer – Kupfer ökologisch gesehen
.....
Doorknobs: a source of nosocomial infection?
.....
Kupfer – Hygienischer Werkstoff
.....
Kupfer – Lebenswichtiges Spurenelement

Spezielle Themen

Kupferwerkstoffe im Kraftfahrzeugbau;
Bestell-Nr. s. 160

.....

Die Korrosionsbeständigkeit metallischer
Automobilbremsleitungen – Mängelhäufigkeit
in Deutschland und Schweden;

Bestell-Nr. s. 161

.....

Kupfer – Naturwissenschaften im Unterricht
Chemie; Bestell-Nr. s. 166

.....

Ammoniakanlagen und Kupfer-Werkstoffe?;
Bestell-Nr. s. 210

.....

Kupferwerkstoffe in Ammoniakkälteanlagen;
Bestell-Nr. s. 211

.....

Kupferrohre in der Kälte-Klimatechnik,
für technische und medizinische Gase
Bestell-Nr. i. 164

DKI-Fachbücher*

Kupfer

.....

Schweißen von Kupfer und Kupfer-
legierungen

.....

Chemische Färbungen von Kupfer und
Kupferlegierungen

.....

Kupfer als Werkstoff für Wasserleitungen

.....

Kupfer in der Landwirtschaft

.....

Kupfer im Hochbau
EUR 10,00****

.....

Planungsleitfaden Kupfer – Messing – Bronze
EUR 10,00****

.....

Architektur und Solarthermie
Dokumentation zum Architekturpreis
EUR 10,00

CD-ROM des Deutschen Kupferinstituts

Werkstoffdatenblätter
EUR 10,00

.....

Solares Heizen
EUR 10,00

.....

Was heißt hier schon "harmonisch"?
EUR 10,00

.....

Faltmuster für Falzarbeiten mit Kupfer
Muster für Ausbildungsvorlagen in der
Klempnertechnik
EUR 10,00

.....

Werkstofftechnik – Herstellungsverfahren
EUR 10,00

Lernprogramm

Die fachgerechte Kupferrohr-Installation
EUR 10,00 ***

Filmdienst des DKI

Das Deutsche Kupferinstitut verleiht kostenlos
die nachstehend aufgeführten Filme und
Videos:

„Kupfer in unserem Leben“
Videokassette oder DVD, 20 Min.
Schutzgebühr EUR 10,00
Verleih kostenlos

.....

„Fachgerechtes Verbinden von Kupferrohren“
Lehrfilm, DVD, 15 Min.
Schutzgebühr EUR 10,00
Verleih kostenlos

.....

„Kupfer in der Klempnertechnik“
Lehrfilm, Videokassette, 15 Min.
Schutzgebühr EUR 10,00
Verleih kostenlos

.....

*Fachbücher des DKI sind über den
Fachbuchhandel zu beziehen oder ebenso
wie Sonderdrucke, Informationsdrucke
und Informationsbroschüren direkt vom
Deutschen Kupferinstitut,
Am Bonnehof 5, 40474 Düsseldorf.

**Dozenten im Fach Werkstofftechnik an
Hochschulen erhalten die Mappen kostenlos

***Sonderkonditionen für Berufsschulen

****Sonderkonditionen für Dozenten und
Studenten

**Auskunfts- und Beratungsstelle
für die Verwendung von
Kupfer und Kupferlegierungen**

Am Bonneshof 5
40474 Düsseldorf
Telefon: 02 11-4 79 63 00
Telefax: 02 11-4 79 63 10
E-Mail: info@kupferinstitut.de

www.kupferinstitut.de

┌

┐

Firmenstempel

└