

# Planungsleitfaden Plusenergie

Energieeffizienz und gebäudeintegrierte regenerative  
Energieträgertechnologien in Vorentwurf und Entwurf

Entwurfsleitfaden Solarthermie

C. Ipser, T. Steiner, K. Stieldorf

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

## 56i/2012

**Impressum:**

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber:  
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie  
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:  
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien  
Leiter: DI Michael Paula

Liste sowie Downloadmöglichkeit aller Berichte dieser Reihe unter  
<http://www.nachhaltigwirtschaften.at>

# Planungsleitfaden Plusenergie

Energieeffizienz und gebäudeintegrierte regenerative  
Energieträgertechnologien in Vorentwurf und Entwurf

Entwurfsleitfaden Photovoltaik

DI Christina Ipser, DI Tobias Steiner, Prof. DI Dr. Karin Stieldorf  
Institut für Architektur und Entwerfen  
Technische Universität Wien

Wien, Juni 2012

Ein Projektbericht im Rahmen des Programms



im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie



## Vorwort

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Forschungs- und Technologieprogramm *Haus der Zukunft* des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie.

Die Intention des Programms ist, die technologischen Voraussetzungen für zukünftige Gebäude zu schaffen. Zukünftige Gebäude sollen höchste Energieeffizienz aufweisen und kostengünstig zu einem Mehr an Lebensqualität beitragen. Manche werden es schaffen, in Summe mehr Energie zu erzeugen als sie verbrauchen („Haus der Zukunft Plus“). Innovationen im Bereich der zukunftsorientierten Bauweise werden eingeleitet und ihre Markteinführung und -verbreitung forciert. Die Ergebnisse werden in Form von Pilot- oder Demonstrationsprojekten umgesetzt, um die Sichtbarkeit von neuen Technologien und Konzepten zu gewährleisten.

Das Programm *Haus der Zukunft Plus* verfolgt nicht nur den Anspruch, besonders innovative und richtungsweisende Projekte zu initiieren und zu finanzieren, sondern auch die Ergebnisse offensiv zu verbreiten. Daher werden sie in der Schriftenreihe publiziert und elektronisch über das Internet unter der Webadresse <http://www.HAUSderZukunft.at> Interessierten öffentlich zugänglich gemacht.

DI Michael Paula  
Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien  
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie



# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Gebäudeintegrierte Solarthermie .....</b>	<b>4</b>
<b>2 Solarkollektoren .....</b>	<b>4</b>
2.1 Funktionsprinzip und Aufbau .....	4
2.2 Arten von Kollektoren .....	4
2.3 Kollektorwirkungsgrad und Kollektorkennlinie .....	6
<b>3 Anforderungen der Architektur und Gestaltung .....</b>	<b>7</b>
3.1 Farbe und Oberfläche .....	7
3.2 Erscheinungsformen thermischer Solarkollektoren .....	8
3.3 Kollektorgrößen .....	8
<b>4 Systemtypen .....</b>	<b>9</b>
4.1 Allgemein .....	9
4.2 Systemschaltungen .....	9
4.2.1 Trinkwassererwärmung .....	10
4.2.2 Heizungsunterstützung .....	11
4.3 High-flow, Low-flow und Matched-flow .....	13
4.4 Zentrale und dezentrale Systeme .....	13
<b>5 Solarspeicher .....</b>	<b>13</b>
5.1 Allgemein .....	13
5.2 Wärmedämmstandards .....	14
5.3 Speichertechnologien .....	15
5.3.1 Warmwasserspeicher (Boiler) .....	15
5.3.2 Kombispeicher .....	15
5.3.3 Pufferspeicher für teilsolare Heizanlagen .....	16
<b>6 Möglichkeiten der Gebäudeintegration .....</b>	<b>16</b>
6.1 Integration in die Dachhaut eines Schrägdaches .....	16
6.2 Integration in die Fassade .....	16
<b>7 Planungsgrundlagen .....</b>	<b>17</b>
7.1 Orientierung und Neigung .....	17
7.2 Verschattung .....	17
7.3 Auswahlkriterien für Solarsysteme .....	19
7.3.1 Trinkwasserhygiene .....	19
7.3.2 Auslegung und Effizienz .....	20
7.3.3 Qualität und Betriebszuverlässigkeit .....	20

7.3.4	Wirtschaftliche Aspekte.....	20
7.4	Dimensionierung thermischer Solaranlagen .....	20
7.4.1	Unterscheidung zu konventionellen Energiesystemen .....	20
7.4.2	Stillstandszeiten und ungünstige Betriebszustände .....	20
7.4.3	Solarer Deckungsgrad .....	21
7.4.4	Warmwasserbedarf .....	22
7.4.5	Solarspeicher .....	22
7.4.6	Dachintegrierte Kollektoren im Vergleich zu Fassadenintegrierten Kollektoren.....	23
7.5	Bauphysikalische und bautechnische Aspekte .....	24
7.5.1	Kollektorbefestigung .....	24
7.5.2	Feuchtigkeit.....	24
7.5.3	Wärmetransport .....	24
7.5.4	Hydraulische Kollektorverschaltung.....	25
7.5.5	Wärme- und Schallschutz .....	25
7.5.6	Brandschutz .....	25
7.6	Wirtschaftlichkeit.....	25
7.6.1	Investitionskosten.....	25
7.6.2	Betriebskosten .....	26
7.6.3	Förderungen.....	26
7.6.4	Amortisation .....	27
7.7	Ökologie.....	27
7.7.1	Ökobilanz .....	27
7.7.2	Recycling.....	27
7.7.3	Energetische Amortisation .....	27
7.8	Weiterführende Informationen .....	27
7.8.1	Hilfreiche Links.....	27
7.8.2	Empfohlene Literatur.....	28
<b>8</b>	<b>Literatur:.....</b>	<b>29</b>



# 1 Gebäudeintegrierte Solarthermie

Wie auch bei der gebäudeintegrierten Photovoltaik bestehen im Bereich der Solarthermie Bestrebungen, die Systeme bereits als Bauteile, direkt ins Gebäude oder das Bauwerk zu integrieren. Gebäudeintegrierte Solarthermie bietet dem Architekten und Planer durch die Vielfältigkeit der am Markt verfügbaren Systeme eine große Gestaltungsfreiheit auf ästhetisch und architektonisch hohem Niveau.

Grundsätzliche Überlegungen zur Gebäudeintegration von solarthermischen Kollektoren, etwa über den Grad und die ästhetische Qualität der architektonischen Integration oder deren Vorteile und Potentiale, lassen sich analog zur gebäudeintegrierten Photovoltaik anstellen (siehe Leitfaden Teil 5 - Entwurfsleitfaden Photovoltaik, Kapitel 1). Die Anforderungen bei der Gebäudeintegration von Solarthermie unterscheiden sich jedoch system- und technologiebedingt von jenen der gebäudeintegrierten Photovoltaik.

## 2 Solarkollektoren

### 2.1 Funktionsprinzip und Aufbau

Das Funktionsprinzip thermischer Sonnenkollektoren besteht in der Wandlung solarer Strahlung in Wärme, um diese in einem angekoppelten System (z.B. Heizung, oder Trinkwassererwärmung) nutzen zu können. Beispielhaft sei hier der Aufbau des Flachkollektors beschrieben. Dieser besitzt frontseitig eine der Sonnenstrahlung ausgesetzte plane Abdeckung aus hochtransparentem Spezialglas. In planparalleler Ebene darunter befindet sich ein Absorber unter dem eine sehr temperaturbeständige Wärmedämmung liegt, welche die Wärmeverluste stark reduziert. Seitliche Rahmen und eine Rückwand bilden zusammen mit der Frontabdeckung die äußeren Begrenzungen des Flachkollektors. Trotz der unterschiedlichen existierenden Bauformen von Absorbern und Kollektoren ist das beschriebene Funktionsprinzip stets gleich.

### 2.2 Arten von Kollektoren

Thermische Sonnenkollektoren können zum einen nach der Art des Wärmeträgermediums in Flüssigkeitskollektoren (Flüssigkeit als Wärmeträgermedium) und Luftkollektoren (Luft als Wärmeträgermedium), zum anderen nach ihrer Bauart in konzentrierende (Sonnenstrahlung wird durch Spiegel oder Linsen konzentriert) und nicht konzentrierende Kollektoren eingeteilt werden. Weiter wird dahingehend unterschieden ob es sich um fix ausgerichtete Sonnenkollektoren handelt, oder um Kollektoren die dem Sonnenverlauf während des Tages folgen indem sie um eine oder zwei Rotationsachsen bewegt werden. Im Wohnbau haben sich bisher nur die nicht nachgeführten Kollektoren durchgesetzt.

Das optische Erscheinungsbild solarthermischer Kollektoren ist maßgeblich durch ihren funktionellen Aufbau bestimmt. Um einen Überblick über die Vielfalt an Kollektoren zu geben sind in Tabelle 1 verschiedene Kollektortypen und -ausführungen angeführt und kurz beschrieben. In Österreich kommen jedoch fast ausschließlich nicht konzentrierende Flüssigkeitskollektoren, in der Regel als Flachkollektoren oder Vakuum-Röhrenkollektoren, zur Anwendung.

<b>Bauarten thermischer Sonnenkollektoren</b>	
<b>Flachkollektor</b>	Nichtkonzentrierender Sonnenkollektor in dem die absorbierende Oberfläche im Wesentlichen eben ist
<b>Röhrenkollektor</b>	Kollektor dessen Absorber sich in Glasröhren mit starkem Unterdruck befinden (Die Reduzierung der Wärmeverluste wird durch den Unterdruck erreicht, sodass keine weitere Wärmedämmung notwendig ist.)
<b>Unabgedeckter Kollektor</b>	Sonnenkollektor ohne Abdeckung des Absorbers
<b>Kollektor mit Linienfokussierung</b>	Konzentrierender Kollektor der Sonnenstrahlung eindimensional konzentriert, indem er eine linienförmige Brennlinie erzeugt
<b>Nichtabbildender Kollektor</b>	Konzentrierender Kollektor der Sonnenstrahlung auf einen relativ kleinen Empfänger konzentriert, ohne die Sonnenstrahlung zu fokussieren, d.h. ohne ein Bild der Sonne auf dem Empfänger zu erzeugen
<b>Paraboloid-Kollektor</b>	Punktförmig fokussierender Kollektor der ein Paraboloid als Reflektor benutzt
<b>CPC-Kollektor (compound parabolic concentrator)</b>	Nichtabbildender Kollektor der parabolische Reflektorsegmente benutzt, um die Sonnenstrahlung zu konzentrieren (Der Kollektor reflektiert aus einem weiten Winkelbereich die gesamte auf die Apertur einfallende Strahlung auf den Absorber. Der Ausdruck „CPC“ wird für viele nichtabbildende Konzentratoren verwendet, selbst wenn ihre Geometrie nicht auf parabolischen Segmenten beruht.)
<b>Facettenkollektor</b>	Konzentrierender Kollektor der viele ebene reflektierende Elemente benutzt, um Sonnenstrahlung auf eine kleine Fläche oder auf einen langgestreckten Streifen zu konzentrieren
<b>Fresnel-Kollektor</b>	Konzentrierender Kollektor der Fresnelsche Stufenlinsen benutzt, um Sonnenstrahlung auf einen Empfänger zu konzentrieren.
<b>Vakuum-Kollektor</b>	Kollektor in dem der Raum zwischen dem Absorber und der Abdeckung evakuiert ist (Die Leistungsfähigkeit des Kollektors hängt in hohem Maße vom Unterdruck des evakuierten Raumes ab. Der Absorber kann röhrenförmig sein oder eine andere Form aufweisen, wobei auch eine Vorrichtung zur Ableitung der entstehenden Wärme vorhanden ist.)
<b>Jalousie-Kollektor</b>	Luftkollektor in dem bewegliche Lamellen benutzt werden, um Sonnenstrahlung entweder zu absorbieren oder nach außen zu reflektieren

Tabelle 1: Unterschiedliche Bauarten thermischer Sonnenkollektoren

## 2.3 Kollektorwirkungsgrad und Kollektorkennlinie

Der Wirkungsgrad  $\eta$  eines Kollektors gibt an, welcher Anteil der auf die Aperturfläche oder eine andere Bezugsfläche des Kollektors treffenden Globalstrahlung in nutzbare Wärmeleistung umgesetzt werden kann. Als Aperturfläche wird dabei die optisch wirksame Fläche des Kollektors bezeichnet, auf der Solarstrahlung einfällt, welche den Absorber direkt oder über Reflexion erreichen kann.

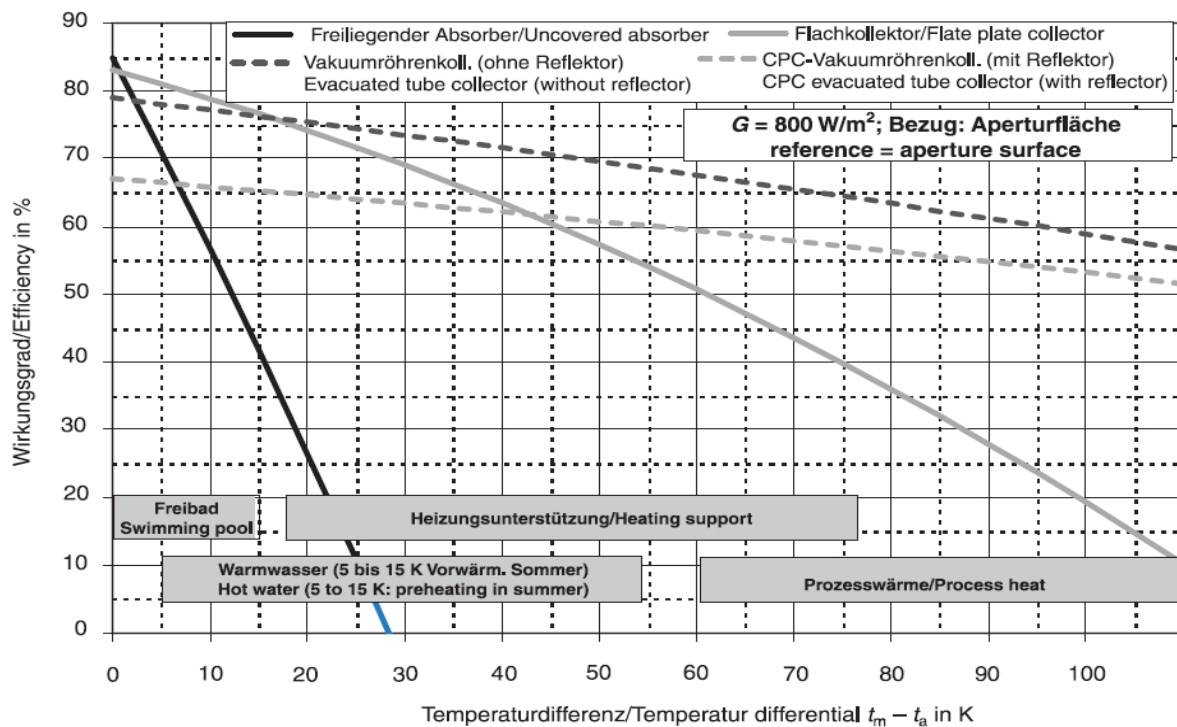


Abbildung 1: Typische Kennlinien von verschiedenen Kollektoren mit schwerpunktmäßigen Arbeitsbereichen bei unterschiedlichen Einsatzbedingungen (Quelle: VDI 6002 - 1, S. 16)

Der Wirkungsgrad ist abhängig vom Betriebszustand des Kollektors, welcher von der solaren Bestrahlungsstärke, der mittleren Temperatur des Wärmeträgers im Kollektor und der Umgebungstemperatur bestimmt wird (vgl. Abbildung 1). Mit zunehmender Temperaturdifferenz zwischen Wärmeträgermedium und Umgebungstemperatur erhöhen sich die Wärmeverluste und der Wirkungsgrad sinkt.

Kollektorbauart	Kennwerte (Bezug: Aperturfläche)		
	$\eta_0$	$a_1$ W/m <sup>2</sup> K	$a_2$ W/m <sup>2</sup> K <sup>2</sup>
Freiliegender Absorber ( $a_1$ stark abhängig vom Wind)	0,85	22	0,07
Flachkollektor	0,83	3,1	0,02
Vakuumröhrenkollektor (ohne Reflektor)	0,79	1,4	0,002

CPC-Vakuumröhrenkollektor (mit Reflektor)	0,67	0,9	0,002
---	------	-----	-------

Tabelle 2: Typische Kennwerte der Wirkungsgradkurve für verschiedene Kollektortypen (Quelle: VDI 6002-1, S.17)

Um die Abhängigkeit der Wirkungsgradkurven von der Einstrahlungsstärke zu vermeiden, können diese Kurven auch in einer auf die Strahlung normierten Form dargestellt werden. Diese Darstellungsart findet sich auch in Testberichten und Herstellerangaben. In Tabelle 2 sind für einige Kollektorbauarten typische Kennwerte der Wirkungsgradkurve zusammengefasst.

### 3 Anforderungen der Architektur und Gestaltung

#### 3.1 Farbe und Oberfläche

Die Absorber von Sonnenkollektoren werden so beschichtet, dass sie kurzwellige Sonnenstrahlung möglichst gut aufnehmen (Absorption), jedoch die langwellige Wärmeenergie des Absorbers nur schlecht wieder abgeben (Emission). Diese sogenannten selektiven Beschichtungen haben meist eine bläulich oder schwarz schimmernde Farbe.

Bisher wurden Absorber für die Anwendung farbiger Kollektoren meist mit herkömmlichen temperaturbeständigen Lacken beschichtet, was aufgrund der hohen Emissionsgrade der Lacke eine starke Reduktion des Leistungsniveaus im Vergleich zu herkömmlichen Kollektoren mit sich brachte. Aktuelle Tendenzen auf diesem Gebiet gehen in Richtung teilselektiver Absorberbeschichtungen, beispielsweise in den Farben Grün, Blau oder Rotbraun. Diese befinden sich derzeit jedoch noch in der Entwicklung. Tabelle 3 zeigt den Vergleich physikalischer Kennwerte unterschiedlicher Absorberbeschichtungen.

Beschichtung	Absorptionskoeffizient $\alpha$	Emissionskoeffizient $\epsilon$
Selektive Beschichtung	0,95	0,05
Solarlackbeschichtung	0,95	0,85
Teilselektiv grün/blau	0,85	0,50
Teilselektiv rotbraun	0,75	0,37

Tabelle 3: Physikalische Kennwerte von Absorberbeschichtungen (Quelle: Müller 2004, S.11)

Die Anwendung von Solarlack bzw. teilselektiven Beschichtungen bringt also eine erhebliche Reduktion des Wirkungsgrades mit sich, was durch zusätzliche Kollektorflächen kompensiert werden muss und wiederum zu höheren Kosten führt.

### 3.2 Erscheinungsformen thermischer Solarkollektoren

Sowohl für dach- als auch für fassadenintegrierte Kollektoren gibt eine Vielzahl unterschiedlicher Erscheinungsformen und Ausführungen, wobei manche auf den ersten Blick nicht gleich als Kollektoren wahrgenommen werden, andere wiederum ganz bewusst ihre Funktion gestalterisch betonen. Exemplarisch werden nachfolgend zwei entsprechende Ausführungen gezeigt.



Abbildung 2: Dachkollektor System QuickStep Rhein-zink (links) und teiltransparentes Vakuumröhrenfassadenkollektormodul, CPC Office/System WICONA (rechts)

### 3.3 Kollektorgößen

Zu den Abmessungen von Sonnenkollektoren gibt es keine Normvorgaben. Kollektoren unterscheiden sich daher je nach Hersteller und System stark in ihrer Größe. Es kann jedoch zwischen Großflächenmodulen, deren Größe primär durch Grenzen bei Transport und Montage eingeschränkt ist und „Standard“-Modulen, welche additiv zu größeren Anlagen kombiniert, unterschieden werden. Eine weitere Größenunterteilung kann nach kundenspezifisch gefertigten und standardisierten Anlagen erfolgen. In Tabelle 4 sind beispielhaft einige häufige Kollektorgößen angeführt.

Kollektortyp	Breite [m]	Höhe [m]	Tiefe [cm]
Großflächenkollektor	2,10 – 10,50	1,10 – 6,10	10 – 14
Kranmodul	2,10 – 9,40	1,10 – 3,00	10 – 14
Flachkollektor	1,00 – 1,20	2,00 – 3,00	8 – 14
Vakuumröhrenkollektor	1,10 – 2,10	1,70 – 2,00	10 – 18

Tabelle 4: Typische Abmessungen unterschiedlicher Kollektoren (Quelle: eigene Recherchen)

## 4 Systemtypen

### 4.1 Allgemein

Unter einer Solaranlage, auch als thermische Solaranlage bezeichnet, versteht man ein System bestehend aus Sonnenkollektoren und weiteren Komponenten wie Speicher, Wärmeträgermedium oder Wärmeüberträger, das der Nutzung der Wärme aus der Sonneneinstrahlung dient. Bei im Gebäudebereich eingesetzten thermischen Solaranlagen ist primär zu unterscheiden ob die Anlage der Erwärmung von Brauch- und Trinkwasser und/oder der Gewinnung von Raumwärme dient. Entsprechend Tabelle 5 können außerdem weitere Systemeinteilung getroffen werden.

Systemtyp	Beschreibung
<b>Solaranlage zur Trinkwassererwärmung</b>	Die gelieferte thermische Energie der Anlage wird ausschließlich zur Warmwasserbereitung genutzt. Mit wirtschaftlichen Anlagengrößen können im Wohnbau über das Jahr gerechnet etwa 50% bis 70% des Warmwasserbedarfs gedeckt werden. In den Sommermonaten ist sogar eine 100-prozentige Deckung des Warmwasserbedarfs aus der Solaranlage möglich.
<b>Solaranlage zur Heizungsunterstützung</b>	Die Wärme aus der Solaranlage wird für die Raumheizung genutzt. Solare Raumheizungsunterstützung eignet sich sehr gut für Niedertemperatur-Heizsysteme wie sie in Gebäuden mit hohem Dämmstandard zur Anwendung kommen. In der Regel kommen kombinierte Anlagen zur Brauchwassererwärmung und Heizungsunterstützung zur Anwendung. Mit wirtschaftlichen Anlagengrößen können im Wohnbau über das Jahr gerechnet bis zu etwa 30% des Gesamtwärmebedarfs gedeckt werden.
<b>Solaranlage Zusatzheizung ohne</b>	Die thermische Solaranlage wird ohne zusätzliche Wärmequelle betrieben.
<b>Solaranlage Zusatzheizung mit</b>	Sowohl Sonnenenergie als auch eine Zusatzenergiequelle werden in einer integrierten Anlage genutzt. Die Anlage ist in der Lage einen festgelegten Wärmebedarf unabhängig von der verfügbaren Sonnenenergie zu decken.
<b>Solare Vorwärmanlage</b>	Wasser oder Luft werden durch die Solaranlage vor dem Eintritt in einen Wasser- oder Lufterwärmer vorwärmt. Vor allem bei größeren Anlagen zur Heizungsunterstützung kann die solare Vorwärmung sehr wirtschaftlich eingesetzt werden.

Tabelle 5: Systemtypen solarthermischer Anlagen

### 4.2 Systemschaltungen

Weiter gilt es zu unterscheiden ob es sich um eine direkte oder indirekte Solaranlage handelt. Bei der direkten Solaranlage wird das Wasser, das durch den Kollektor fließt direkt verbraucht oder zum Wärmeverbraucher transportiert, während bei der indirekten Solaranlage der Wärmeträger im Kollektor nicht direkt verbraucht oder zum Wärmeverbraucher transportiert wird.

### 4.2.1 Trinkwassererwärmung

Im Folgenden sind als Beispiele für die vielen möglichen Systeme drei häufig realisierte Systemschaltungen solarthermischer Anlagen zur Trinkwassererwärmung skizziert, die sich in der Praxis bewährt haben:

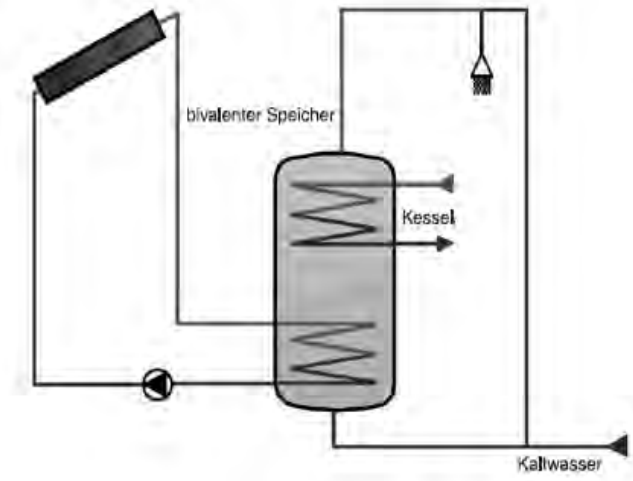


Abbildung 3: Skizze einer Solaranlage mit bivalentem Trinkwasserspeicher, typisch für Ein- und Zweifamilienhäuser (Quelle: VDI 6002-1, S.21)

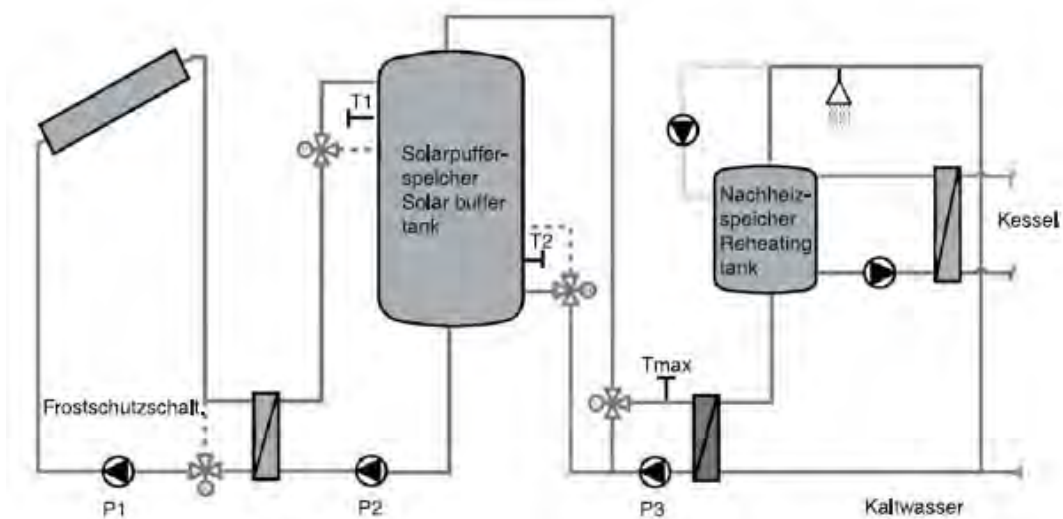


Abbildung 4: Skizze einer Anlage mit solarem Pufferspeicher und Abgabe der Solarwärme aus dem Pufferspeicher an das zu erwärmende Kaltwasser direkt über den Entlade- Wärmeübertrager (Wärmetauscher), typisch für größere Solarsysteme (Quelle: VDI 6002-1, S.21)

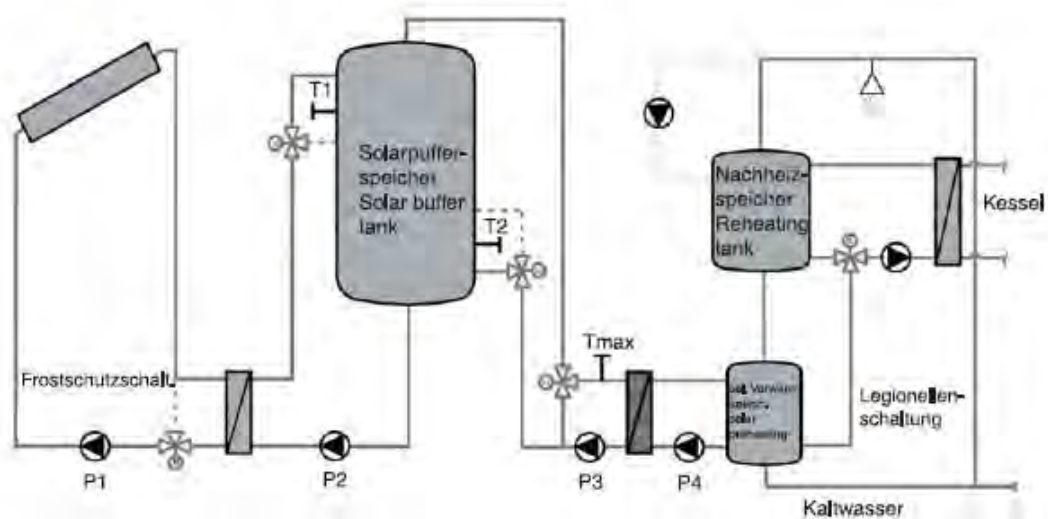


Abbildung 5: Skizze einer Anlage mit solarem Pufferspeicher und Abgabe der Solarwärme aus dem Pufferspeicher an das zu erwärmende Kaltwasser über den Entlade-Wärmeübertrager (Wärmetauscher) und einen mit Trinkwasser gefüllten solaren Vorwärmespeicher (Quelle: VDI 6002-1, S.21)

#### 4.2.2 Heizungsunterstützung

Aus ökonomischer Sicht ist eine saisonale Speicherung mit der derzeit am Markt vorhandenen Speichertechnik im Bereich von Ein- und Zweifamilienhäusern unwirtschaftlich und nicht breit umsetzbar. In diesem Bereich ist daher das Konzept der teilsolaren Raumheizung interessanter. Hier wird eine Kollektorfläche in Kombination mit einem Pufferspeicher betrieben, welcher in der Lage ist, Wärme über einige Stunden (Nacht) bzw. einige Tage zu speichern. Der erforderliche Restenergiebedarf wird durch eine Zusatzheizung gedeckt. Die folgenden Abbildungen zeigen drei häufig realisierte Systemschaltungen solarthermischer Anlagen zur Heizungsunterstützung:

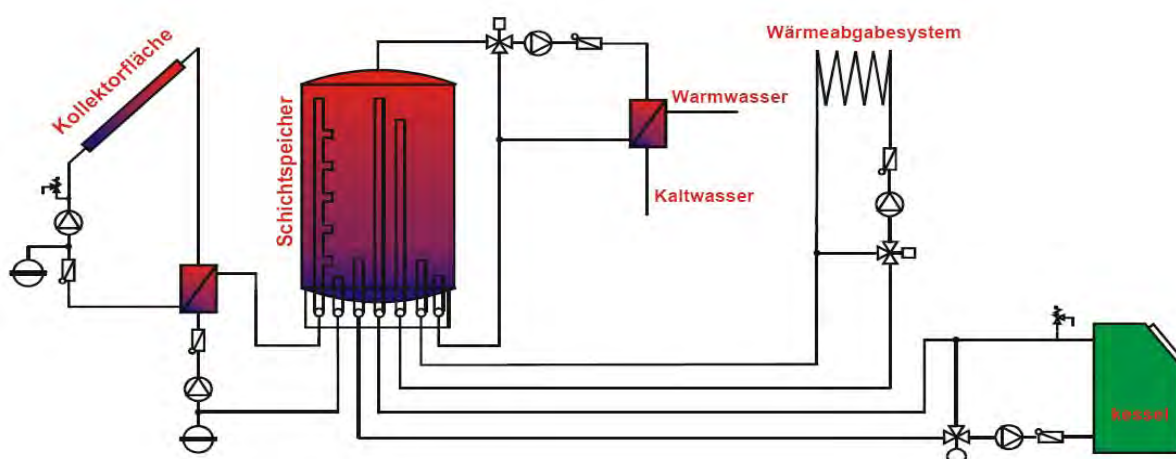


Abbildung 6: Skizze einer Solaranlage zur teilsolaren Raumheizung (Zentraler Energiespeicher mit externer Brauchwasserbereitung) und Kessel als Nachheizsystem (Quelle: Purkarthofer, 2008 S.28)



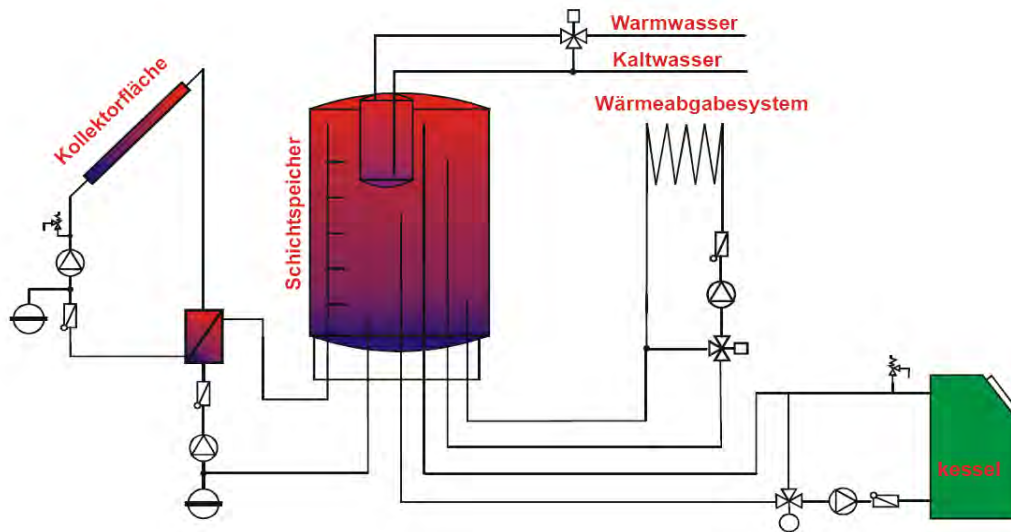


Abbildung 7: Skizze einer Solaranlage zur teilsolaren Raumheizung (Zentraler Energiespeicher und Edelstahlbrauchwasserspeicher im Pufferspeicher (Tank in Tank) und Kessel als Nachheizsystem (Quelle: Purkarthofer 2008, S.29)

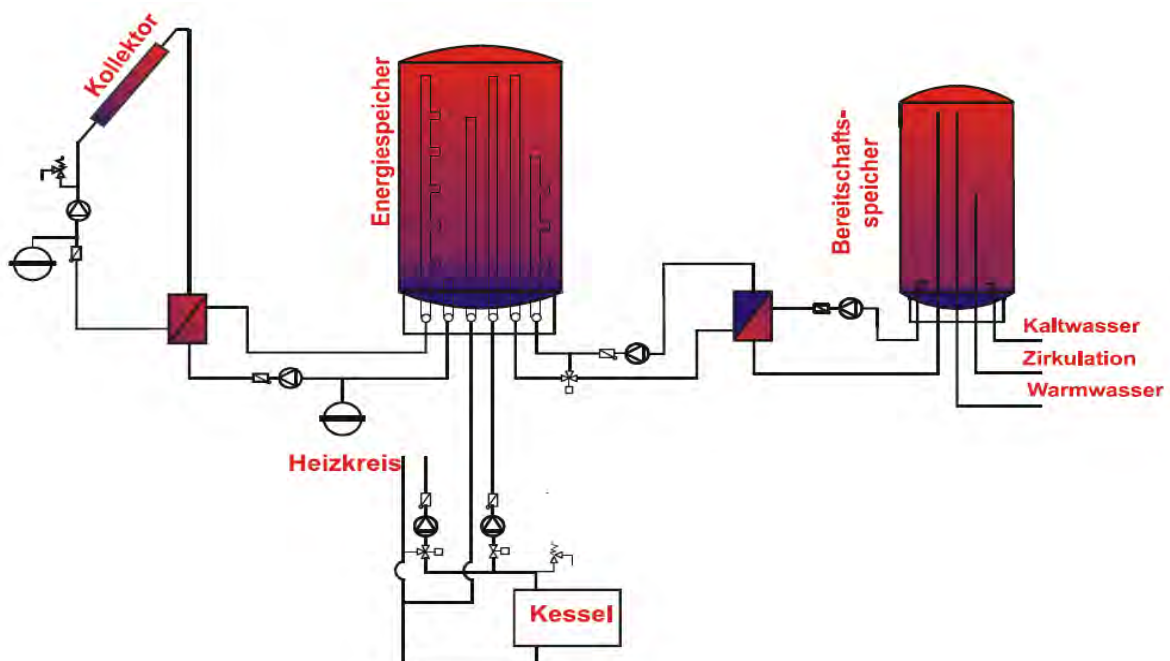


Abbildung 8: Skizze einer Solaranlage zur teilsolaren Raumheizung (Zentraler Energiespeicher und Boiler) und Kessel als Nachheizsystem (Quelle: Purkarthofer 2008, S.29)

### 4.3 High-flow, Low-flow und Matched-flow

Die oben beschriebenen Systeme können auch nach dem flächenbezogenen Feld-Volumenstrom ( $l$  pro Stunde und pro  $m^2$  Kollektorfläche des gesamten Feldes) in Low-flow, High-flow und Matched-flow (variable Regelung des Volumenstroms im Bereich von 15-40  $l/m^2h$ ) Systeme unterschieden werden.

Systemtyp	Flächenbezogener Feld- Volumenstrom $l/(m^2h)$	Beschreibung
Low-flow	15 - 20	Liegt der flächenbezogene Feld-Volumenstrom im Bereich von 15-20 $l/m^2h$ spricht man von Low-flow-Systemen. Dabei ist zu beachten, dass der vom Hersteller vorgegebene Mindestdurchfluss durch den Kollektor erreicht wird (z.B. durch Reihenschaltung mehrerer Kollektoren), da die Durchströmung durch den Kollektor sonst nicht homogen ist. Zugleich darf aber auch die Durchströmung nicht überschritten werden, die bei der seriellen Verschaltung von Kollektoren im Einzelkollektor sehr hoch werden kann.
High-flow	30 – 40	Größere auf das gesamte Kollektorfeld bezogene Volumenströme (normalerweise im Bereich von 30-40 $l/m^2h$ ) werden als High-flow bezeichnet.
Matched Flow	15-40, variable Regelung des Volumenstroms	Unter Matched-flow versteht man Volumenströme, die variabel im Bereich von High-flow bis Low-flow über geregelte Pumpen eingestellt werden. Bei Anlagen zur Trinkwassererwärmung ohne Einbindung der Zirkulation bringt diese Variante keine signifikanten Vorteile.

Tabelle 6: Einteilung nach flächenbezogenem Feld-Volumenstrom (in Anlehnung an VDI 6002 - 1, 2004, S.34)

### 4.4 Zentrale und dezentrale Systeme

Für den Mehrgeschosswohnungsbau ist zwischen dezentralen und zentralen solarthermischen Anlagen zu unterscheiden. Den Vorteilen höherer Wirkungsgrade zentraler Anlagen stehen die ebenfalls höheren Leitungs- und Verteilungsverluste gegenüber, die sich bei dezentralen Anlagen stark reduzieren.

## 5 Solarspeicher

### 5.1 Allgemein

Wegen der stark schwankenden Sonneneinstrahlung im Tages- und Jahresverlauf werden Solaranlagen zu Trinkwassererwärmungs- und Heizungszwecken mit Speichern versehen, die den zeitlichen Unterschied zwischen Angebot an Solarenergie und dem Energiebedarf des Verbrauchers überbrücken. Dabei können je nach Art der Energiespeicherung Anlagen mit solarem Trinkwasserspeicher und Anlagen mit solarem Pufferspeicher unterschieden werden:

Speichersysteme	Beschreibung
Anlagen mit solarem Trinkwasserspeicher	die gewonnene Sonnenenergie wird direkt im Trinkwasser gespeichert
Anlagen mit solarem Pufferspeicher	die gewonnene Solarenergie wird zunächst in einem nicht mit Trinkwasser gefüllten Pufferspeicher gespeichert und dann über einen Wärmeübertrager/Wärmetauscher an das Trinkwasser abgeben

Tabelle 7: Speicherkonzepte für die Solare Trinkwassererwärmung

Prinzipiell können mit größeren Speichern Ertragsschwankungen besser ausgeglichen werden. Eine Überdimensionierung ist jedoch nicht zweckmäßig, da die Größe des Speichers auch diverse Nachteile wie z.B. einen erhöhten Platzbedarf mit sich bringt. Besonders relevant ist im Zusammenhang mit der Trinkwassererwärmung und -speicherung das Thema der Hygiene (Legionellen). Die entsprechenden Richtlinien zur Solaren Trinkwassererwärmung müssen unbedingt beachtet werden. Siehe zum Beispiel VDI-Richtlinie 6002 Blatt 1:2004.

## 5.2 Wärmedämmstandards

Die Speicherverluste sind bei kleinen Speichern, bedingt durch ihr schlechteres Verhältnis von Oberfläche zu Volumen, höher als bei großen Speichern. Grundvoraussetzung für eine hohe Systemeffizienz ist selbstverständlich eine optimale Dämmung der Rohrleitungen und des Speichers.

System-komponenten	Minimierung der Wärmeverluste
Energiespeicher	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einspeichersysteme sind Mehrspeichersystemen vorzuziehen. Wärmeverluste von Einspeichersystemen sind aufgrund eines günstigeren Verhältnisses zwischen Oberfläche und Volumengeringer, außerdem sind Einspeichersysteme kostengünstiger (nicht zuletzt wegen des reduzierten hydraulischen Verbindungsaufwandes).</li> <li>• Verhältnis zwischen Speicherhöhe und Durchmesser (H/D) sollten zwischen zwei und vier liegen. Damit wird sowohl die Anforderung an die Temperaturschichtung als auch an die Begrenzung der verlustbehafteten Oberfläche erfüllt.</li> <li>• Die Dämmstärke muss bei größeren Solaranlagen mindestens 200 mm (<math>\lambda</math> Dämmung = 0,04 W/mK) aufweisen.</li> <li>• Rollendämmstoffe müssen mehrlagig, stoßversetzt und voll anliegend verarbeitet werden.</li> <li>• Schüttdämmungen in Verbindung mit Trockenbauverschlüssen haben sich hinsichtlich energetischer Effizienz und geringer Kosten bewährt.</li> <li>• Speicheranschlüsse sollten lückenlos gedämmt und mit Thermosiphon ausgeführt werden.</li> </ul>

- Rohrleitungen**
- Rohrnetzlängen in der Planung auf das Nötigste reduzieren. Gerade bei Solarsystemen kann durch intelligente Kollektorverschaltung das Rohrnetz erheblich reduziert werden.
  - Ausführung der Wärmedämmstandards entsprechend der ÖNORM M7580. Als Faustformel gilt: Rohrdurchmesser = Dämmstärke
  - Erhöhter Wärmedämmstandard bei Rohrleitungen im Freien.
  - Verwendung von temperaturbeständigen Dämmstoffen.
  - Bei im Außenbereich verlegten Rohrleitungen muss der Dämmstoff zusätzlich noch feuchtebeständig sein (z.B. Kautschukrohrschaalen). Als UV-Schutz bzw. Schutz vor Tieren (Nagetiere, Vögel) muss diese aber mit Glanzblech ummantelt werden.
  - Bei Bauteildurchbrüchen (Wand, Decke) muss die volle Rohrdämmung durchgezogen werden.
  - Glanzblechmantel sowohl bei Rohrleitungsdämmungen als auch Speicherdämmungen nicht in Kontakt mit der heißen Rohrleitung bringen (Wärmeableitung!)
  - Armaturendämmung sollten in modernen Wärmeversorgungsanlagen Standard sein.

---

*Tabelle 8: Minimierung der Wärmeverluste bei solarthermischen Anlagen (in Anlehnung an Fink 2008, S.31f)*

### 5.3 Speichertechnologien

Speichersysteme sind für die Auslegung und Optimierung solarthermischer Anlagen von hoher Relevanz. Da die richtige Auswahl und Dimensionierung des Speichers mitentscheidend für die zu erzielenden solaren Deckungsgrade (siehe Kapitel 7.4.3 Solarer Deckungsgrad) ist, wird im Folgenden ein Überblick über die unterschiedlichen Speichertechnologien gegeben.

#### 5.3.1 Warmwasserspeicher (Boiler)

Nach Purkarthofer (2008) ist die häufigste Bauform ein stehender zylindrischer Stahlspeicher. Durch das ständige Zufießen von Kaltwasser, das mit Sauerstoff angereichert ist, muss als Korrosionsschutz eine lebensmittelechte Speicherinnenbeschichtung vorhanden sein. Stahlspeicher sind aufgrund möglicher Fehlstellen in der Speicherinnenbeschichtung oft mit einem zusätzlichen Korrosionsschutz versehen. Etwas seltener, jedoch durchaus gebräuchlich sind Edelstahlspeicher, welche sich durch eine hohe Korrosionsbeständigkeit und Langlebigkeit auszeichnen.

#### 5.3.2 Kombispeicher

Bei Kombispeichern wird der Brauchwasserspeicher in den Heizenergiespeicher eingebunden. In einem aus Stahl gefertigten Speicher ist ein Boiler eingeschweißt. Das Boilervolumen wird aus hygienischen Gründen relativ klein gehalten, reicht aber durch die Kombination des Speicher- und Durchlauferhitzerprinzips für die Bereitstellung der Warmwasserleistung aus. Der Vorteil dieses Systems liegt in seiner hydraulischen Einfachheit.

### 5.3.3 Pufferspeicher für teilsolare Heizanlagen

Die Größe des Heizenergiespeichers wird einerseits von der gewünschten solaren Deckung (siehe Kapitel 7.4.3 Solarer Deckungsgrad), andererseits aber auch vom Zusatzheizsystem bestimmt. Da in solchen Speichern nur sauerstoffarmes Heizungswasser zirkuliert, sind keine besonderen Vorkehrungen gegen Korrosion notwendig. Bei Einfamilienhäusern ist es wirtschaftlich sinnvoll Pufferspeicher in der Größe von 1-5 m<sup>3</sup> einzusetzen. Um die Mischverluste beim Beladen des Speichers zu reduzieren, ist es empfehlenswert, die Pufferspeicher mit Schichtladeeinrichtungen auszuführen.

## 6 Möglichkeiten der Gebäudeintegration

Ähnlich wie Photovoltaikmodule (siehe Entwurfsleitfaden Photovoltaik Kapitel 3 Möglichkeiten der Gebäudeintegration) können auch thermische Solarkollektoren in Schrägdächer, Pergolen, Verschattungselemente oder Balkonbrüstungen und Fassaden integriert werden. Bei allen Installationsarten muss beachtet werden, dass die Nutzungsdauer der Unterkonstruktion (Dach, Pergola, etc.) mindestens so lang ist wie die Lebensdauer der Solaranlage (20-25 Jahre).

Im Gegensatz zur gebäudeintegrierten Photovoltaik, wo die in den Modulen entstehende Wärme, sofern diese nicht durch Hinterlüftung oder andere Mechanismen abgeführt wird, den Wirkungsgrad erheblich senken kann, gibt es diesen Nachteil bei gebäudeintegrierter Solarthermie nicht. Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass es im Wand- und Dachaufbau mit integrierten solarthermischen Modulen vor Allem bei Anlagenstillstand zu hohen thermischen Belastungen kommen kann. Dies kann sich auch negativ auf die Sommertauglichkeit der dahinter liegenden Innenräume auswirken.

### 6.1 Integration in die Dachhaut eines Schrägdaches

Bei der Dachintegration ersetzen die Kollektoren die Dachhaut. Das Kollektorfeld muss also regendicht sein und auch dicht an die umgebende Dachhaut angebunden werden. Der Austausch einzelner Kollektoren wird dadurch erschwert. Durch den Wegfall der konventionellen Dachhaut (z.B. Ziegeldeckung, Dachsteine) im Bereich des Kollektorfeldes, ist die zusätzliche Gewichtsbelastung durch die Kollektoren meist sehr gering. Diese Art der Integration wirkt architektonisch harmonischer als das Aufsetzen der Kollektoren auf eine bestehende Dachhaut.

### 6.2 Integration in die Fassade

Kollektoren können auch als gestalterische Elemente in die Fassade integriert werden. Vollflächig auf die Fassade aufgebrachte Kollektoren können Aufgaben der Fassadendämmung und –verkleidung übernehmen. Die ungünstige Neigung der Fassadenkollektoren (senkrecht = 90°) kann bei Röhrenkollektoren mit waagrecht ausgerichteten Röhren teilweise durch axiales Drehen der Röhren (der Absorber) ausgeglichen werden.

## 7 Planungsgrundlagen

Auf die Grundlagen der Solarenergienutzung wird im Entwurfsleitfaden Photovoltaik in Kapitel 4.2.1 detailliert eingegangen. Sie gelten analog auch für die thermische Nutzung der Sonnenenergie.

### 7.1 Orientierung und Neigung

Bei Südorientierung können auf der Nordhalbkugel der Erde über das Jahr gerechnet die höchsten Einstrahlungssummen erzielt werden. Eine Abweichung der Ausrichtung der Kollektoren nach Süd-West oder Süd-Ost bewirkt lediglich eine Verminderung der jährlichen Einstrahlungssumme von ca. 3% gegenüber der Südorientierung wobei hingegen größere Abweichungen zu Reduktionen des jährlichen solaren Ertrags bis zu 16% bei reiner Ost- oder Westausrichtung mit sich bringen.

Eine geschlossene Schneedecke bewirkt eine signifikante Erhöhung des reflektierten Strahlungsanteils. Während der Wintermonate ist deshalb bei Schneelage die Einstrahlung in eine vertikale Fläche höher, als in eine 45° geneigte Fläche. Gleichzeitig ist jedoch zu beachten, dass mit Schnee bedeckte Kollektoren keine Erträge liefern.

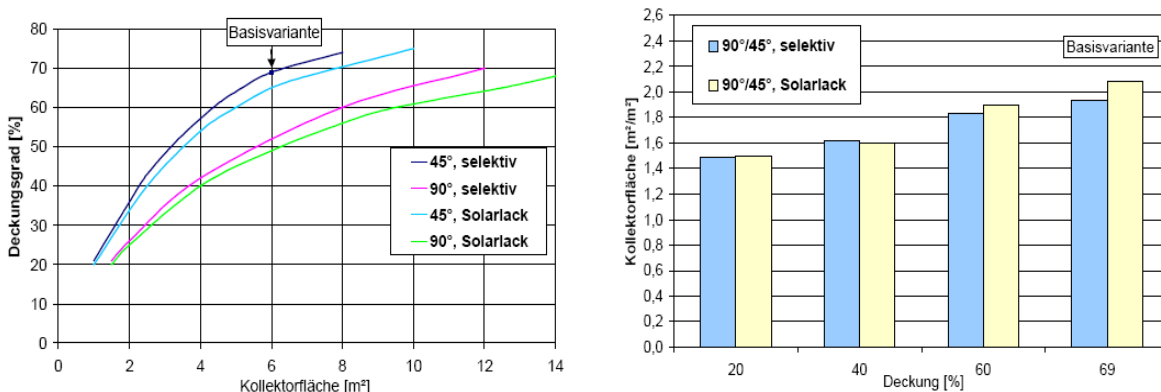


Abbildung 9: links: Vergleich der Deckungsgrade unter Variation von Kollektorfläche, Neigung und Kollektortyp (EFH, WW, 300I); Rechts: Erforderliche Vergrößerung der Kollektorfläche bei 90° Neigung im Vergleich zu 45° Neigung bei verschiedenen Deckungsgraden (EFH, WW, 300I) (Quelle: Bergmann 2002, S. 65)

### 7.2 Verschattung

Thermische Kollektoranlagen reagieren nicht ganz so empfindlich auf Teilverschattungen wie Photovoltaikgeneratoren (vgl. Entwurfsleitfaden Photovoltaik Kapitel 4.2.4 und 4.2.5). Dennoch stellt die Verschattungsfreiheit der Anlage auch bei der Solarthermie einen grundlegenden Planungsaspekt dar. Ein beschatteter Kollektor kann nicht nur keine Sonnenenergie in Wärme umwandeln, er wirkt zusätzlich auch noch als Kühler, da der Wärmeträger, der in einem bestrahlten Teil des Kollektors erwärmt wurde, über die beschatteten Flächen wieder Wärme an

die Umgebung abgibt. Um Verschattungen von gebäudeintegrierten Solarkollektoren zu vermeiden sollten die in Tabelle 9 dargestellten Aspekte berücksichtigt werden.

<b>Verschattung von gebäudeintegrierten thermischen Solarkollektoren</b>		
<b>Abschattung Fassaden</b>	<b>von</b>	Generell ist die Gefahr der Abschattung von Kollektoren in der Fassade durch Gebäude und Gebäudeteile größer, als auf dem Dach. Wie auch Dachkollektoren können Fassadenkollektoren von Gegenständen beschattet werden, die sich vor der Kollektorfläche befinden, wie etwa Vordächer, Gebäude oder Gebäudeteile und Bepflanzungen.
<b>Verschattung Vordächer</b>	<b>durch</b>	Ein Vordach kann bei hohem Sonnenstand (im Sommer) eine teilweise Abschattung von fassadenintegrierten Kollektorflächen verursachen, wodurch die Bereitstellung der Energie zur Warmwasserbereitung beeinträchtigt werden kann.
<b>Abschattung Gebäude</b>	<b>durch</b>	Besonders im bebauten, städtischen Raum sind Planer von Solaranlagen mit der Frage der Abschattung durch andere Gebäude konfrontiert. Diese Problematik ist im Bereich der Fassadenkollektoren größer, als bei Dachkollektoren. Einer Abstufung des Kollektorfelds zur Umgehung des Schattenwurfes stehen oftmals formale gestalterische Aspekte entgegen. Diese können eventuell durch den Einsatz von Dummyelementen gehandhabt werden können.
<b>Abschattung Bepflanzung</b>	<b>durch</b>	Auf Bepflanzung im Bereich direkt vor einer Fassadenkollektoranlage sollte im Allgemeinen verzichtet werden, dies gilt insbesondere für Nadelbäume. Durch die Entlaubung vieler Pflanzen (Laubbäume, Büsche) im Winter bei tiefem Sonnenstand, wird der Effekt des Schattenwurfes gemindert. Weiter sollte berücksichtigt werden, dass Pflanzen unterschiedlich schnell und unterschiedlich hoch wachsen. Allfällige Bepflanzung sollte so weit vom Kollektorfeld entfernt sein, dass der Schatten auch bei niedrigstem Sonnenstand die Unterkante des Kollektorfeldes nicht erreicht. Dies gilt auch für die Errichtung von Gartenhütten etc.
<b>Gegenseitige Abschattung aufgeständerter Kollektoren</b>	<b>durch</b>	Die gegenseitige Abschattung von Kollektoren bei auf dem Dach aufgeständerten Anlagen, erfolgt besonders bei niedrigem Sonnenstand, also verstärkt in der Heizsaison. Dies ist bei der Auslegung der Solaranlage zu berücksichtigen. Bei gebäudeintegrierten Anlagen ist z.B. bei Sheddachkonstruktionen, bzw. bei fassadenintegrierten Kollektoren auf eine Verschattung durch Vor- und Rücksprünge der Fassadenebene zu achten. Ebenso ist eine mögliche Verschattung durch Balkone zu berücksichtigen.

*Tabelle 9: Verschattung von gebäudeintegrierten thermischen Solarkollektoren*

Schattenwerfende Objekte sollten idealerweise so weit vom Kollektorfeld entfernt sein, dass selbst bei niedrigstem Sonnenstand am 21. Dezember die untere Kante des Kollektorfeldes nicht erreicht wird (siehe Abbildung 10). Bei Vordächern ist eine ungewollte Verschattung durch hohen Sonnenstand zu beachten. Dementsprechend muss bei der Anordnung des Kollektorfeldes darauf geachtet werden, dass bei höchstem Sonnenstand am 21. Juni die Oberkante des Kollektorfeldes nicht durch den Schatten erreicht wird (siehe Abbildung 11). In stark verbautem Gebiet empfiehlt es sich die Verschattung, respektive den solaren Ertrag durch Simulation zu ermitteln.

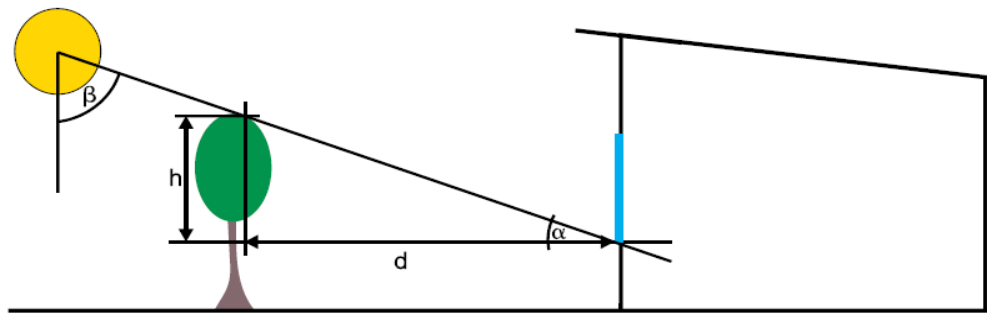


Abbildung 10: Schattenwurf auf eine Südfassade im Winter (Quelle: Müller et al. 2002, S.10)

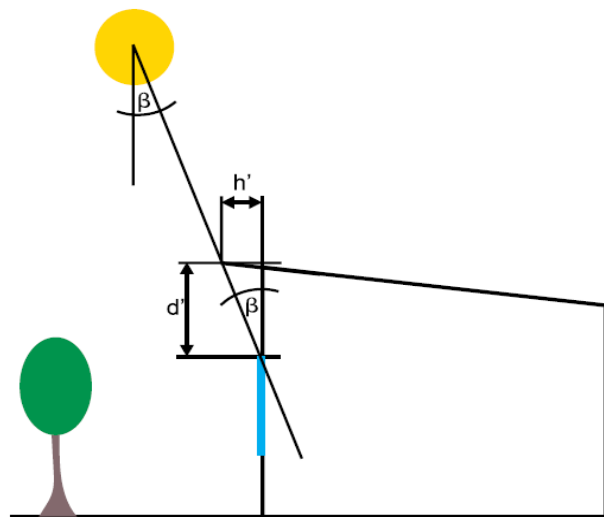


Abbildung 11: Schattenwurf auf eine Südfassade im Sommer (Quelle: Müller et al. 2002, S.10)

### 7.3 Auswahlkriterien für Solarsysteme

Bei der Auswahl eines Solarsystems ist den nachfolgenden Kriterien besondere Aufmerksamkeit zu schenken:

#### 7.3.1 Trinkwasserhygiene

Solaranlagen erfordern in aller Regel größere Speichervolumina als konventionelle Systeme. Zudem treten in Solarspeichern häufig Temperaturen im Bereich von 30°C bis 50°C auf, in welchem sich Keime besonders stark vermehren können. Durch geeignete Maßnahmen (z.B. auch angepasste System- und Speicherkonfiguration) können jedoch bei Solaranlagen Vorkehrungen gegen ein vermehrtes Keimwachstum im Trinkwasser getroffen werden.



### **7.3.2 Auslegung und Effizienz**

Für die Auslegungsplanung ist der Auslegungsbedarf vorab zu bestimmen, damit das System optimal dimensioniert werden kann.

Bei Altbauten ist es zweckmäßig, zunächst den Energiebedarf durch geeignete Maßnahmen zu reduzieren und danach das konventionelle System an den verminderten Energiebedarf unter Beachtung der Integrationsmöglichkeit für das Solarsystem anzupassen. Ein einfacher Systemaufbau, optimale Integration in das bestehende System und eine angepasste Dimensionierung sind wichtige Voraussetzungen für die Effizienz und die Betriebssicherheit des Solarsystems.

### **7.3.3 Qualität und Betriebszuverlässigkeit**

Es ist auf langfristige Funktionsfähigkeit und Betriebssicherheit des Systems und die Qualität seiner Komponenten zu achten, da jeder Ausfall der Anlage die Wirtschaftlichkeit verschlechtert.

### **7.3.4 Wirtschaftliche Aspekte**

Nur Solarsysteme mit einer langen Nutzungsdauer bei gleich bleibend hohem Energieertrag sowie mit geringen Betriebs- und Instandhaltungskosten können wirtschaftlich positive Ergebnisse erzielen.

## **7.4 Dimensionierung thermischer Solaranlagen**

### **7.4.1 Unterscheidung zu konventionellen Energiesystemen**

Der grundlegende Unterschied bei der Auslegung von konventionellen Energiesystemen im Vergleich zu Solaranlagen besteht darin, dass ein konventionelles Energieversorgungssystem eine weitgehende Versorgungssicherheit gewährleisten muss. Diese Anforderung wird an Solarsysteme, die in den meisten Fällen auf ein konventionelles Nachheizsystem angewiesen sind, nicht gestellt.

### **7.4.2 Stillstandszeiten und ungünstige Betriebszustände**

Um Stillstandszeiten der Kollektoren zu vermeiden, muss gesichert sein, dass die durch die Kollektoren theoretisch erzeugbare Nutzwärme zu jeder Zeit entweder gespeichert oder vom Verbraucher abgenommen werden kann. Ziel der Auslegung einer großen Solaranlage sollte es sein, ungünstige Betriebszustände und Stillstandszeiten zu vermeiden. Bei kleinen Wohngebäuden wie Ein- und Zweifamilienhäusern, kann es infolge der Abwesenheit der Bewohner (etwa im Urlaub) vorkommen, dass in dieser Zeit überhaupt keine Energieabnahme erfolgt. Stillstandszeiten können unter diesen Umständen nicht vermieden werden.

### 7.4.3 Solarer Deckungsgrad

Der Solare Deckungsgrad ist die dem Bereitschaftsspeicher vom Solarsystem zugeführte Energie, dividiert durch die gesamte dem Bereitschaftsspeicher zugeführten Energie. Er gibt also an wie hoch der Anteil der Solarenergie an der insgesamt benötigten Energie ist. Bei hohem solarem Deckungsanteil erhöhen sich auch die Stillstandszeiten, sofern auf den Einsatz sehr großer, teurer Speichern verzichtet wird.

Bei der Optimierung von Solaranlagen, wie auch bei der Auslegung ist der solare Deckungsgrad von hoher Bedeutung, wobei für die Auslegung von Solaranlagen unterschiedliche Ziele verfolgt werden können.

Ein mögliches Ziel kann ein 100% solarer Sommerdeckungsgrad für die Warmwassererwärmung sein. Aus Ökologischer Sicht ist dieser Dimensionierungsansatz zu begrüßen, da der Warmwasserbedarf in den einstrahlungsreichen Monaten vollständig durch das Solarsystem gedeckt werden und der zusätzliche Wärmeerzeuger in diesem Zeitraum ausgeschaltet bleiben kann.

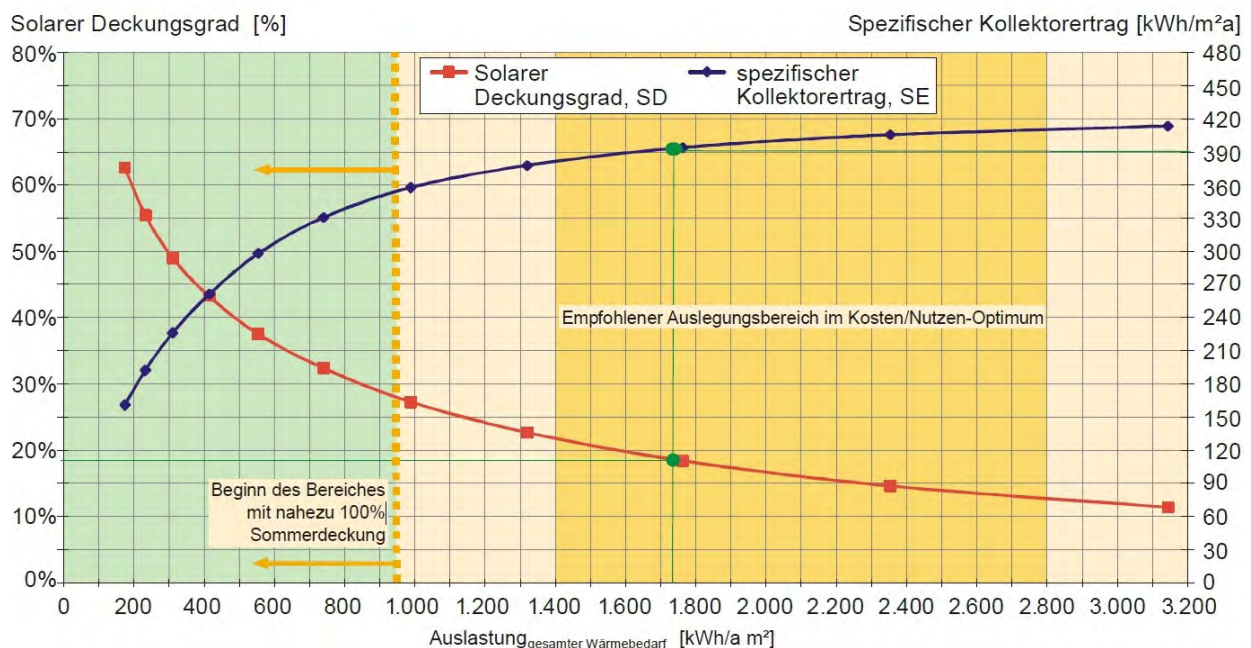


Abbildung 12: Nomogramm zur Bestimmung der Bruttokollektorfläche bzw. des solaren Deckungsgrades von Solaranlagen im Geschosswohnbau bei gleichzeitiger Ermittlung des spezifischen Ertrags. Die Grafik basiert auf einem spezifischen Solarspeichervolumen von 50l/m<sup>2</sup> Bruttokollektorfläche und einer südorientierten, 45° geneigten Kollektorfläche (Flachkollektor). Der orange hinterlegte Bereich zeigt den empfohlenen Auslegungsbereich im Kosten-Nutzen Optimum. Bei Auslastung unter 950 kWh/m<sup>2</sup> a (Gesamtdeckungsanteile über 30%) kann eine nahezu 100% Sommerdeckung erreicht werden. (Quelle: Fink und Müller 2009, S.36)

Ein anderes Dimensionierungsziel wäre der Betrieb der Anlage im Kosten-Nutzen-Optimum. Es kommt besonders im Geschosswohnbau zur Anwendung, wo betriebswirtschaftliche Aspekte in

der Regel dominieren. Es werden solare Deckungsgrade am Gesamtwärmebedarf zwischen 12 und 20% erreicht (orange hinterlegter Bereich in Abbildung 12). In Hinblick auf das Kosten-Nutzen-Optimum dimensionierte Systeme sind so ausgelegt, dass sie auch im Sommer nur selten den Zustand der Stagnation erreichen und so eine optimale Systemausnutzung ohne Stillstandszeiten ermöglichen (Fink und Müller 2009, S.35f).

Für eine erste Abschätzung der erforderlichen Kollektorflächen können die Werte in Tabelle 10 herangezogen werden, wobei im wirtschaftlich optimalen Bereich 50l Pufferspeicher pro m<sup>2</sup> Kollektorfläche empfohlen werden:

Gewünschte Auslegung	Solarer Deckungsgrad [%]	Bruttokollektorfläche [m <sup>2</sup> pro Person]
Dimensionierung im Kosten/Nutzen-Optimum	ca. 12 - 20	0,9 - 1,4
Dimensionierung mit nahezu 100% Sommerdeckung	ca. 28	2

Tabelle 10: Dimensionierungsrichtlinien in Abhängigkeit des solaren Deckungsgrades (Quelle: Fink und Müller 2009, S.36)

#### 7.4.4 Warmwasserbedarf

Für die Dimensionierung thermischer Solaranlagen zur Brauchwassererwärmung in Mehrfamilienhäusern kann eine durchschnittliche Zapfmenge von 25-30l pro Bewohner und Tag angenommen werden, wobei die Warmwassertemperaturen in der Regel 60°C betragen um Zirkulationsverluste zu berücksichtigen (Fink und Riva 2004, S.21).

Für unterschiedliche Ansprüche kann der Warmwasserbedarf nach Heimrath et al. 2002 (S.87) überschlagsmäßig wie folgt abgeschätzt werden:

Warmwasserbedarf pro Tag und Person bei einer Temperatur von 60°C	
Einfache Ansprüche	10-20 l
Höhere Ansprüche	20-40 l
Höchste Ansprüche	40-80 l

Tabelle 11: Täglicher Warmwasserbedarf von Wohnungen (Quelle: Heimrath et al. 2002, S.87)

#### 7.4.5 Solarspeicher

Nach Fink und Riva (2004) kann für eine Grobabschätzung eine Annahme von 50l Speichervolumen pro m<sup>2</sup> Kollektorfläche für auf das Kosten-Nutzen-Optimum ausgelegte Anlagen getroffen werden. Dabei ist zu Erwähnen, dass die Einflüsse des Speichervolumens geringer als jene der Kollektorfläche sind. Bei größeren Anlagen sind Gleichzeitigkeitseffekte bei der Auslegung der Speicher zu berücksichtigen.

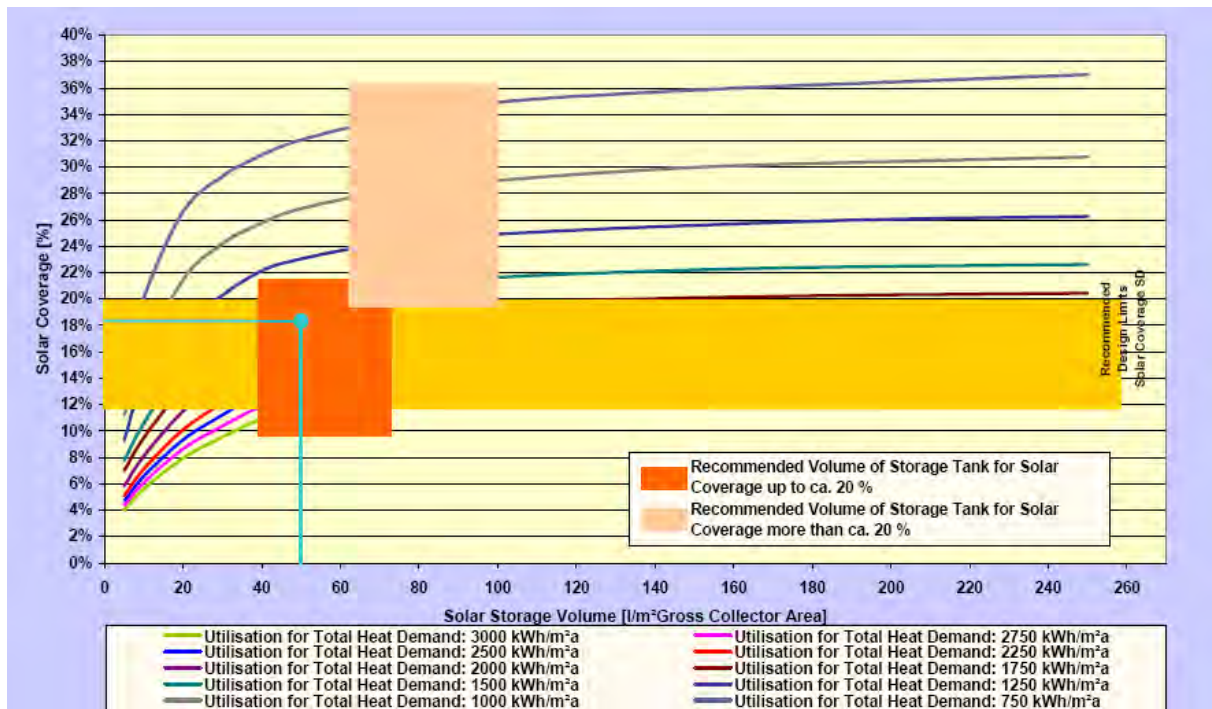


Abbildung 13: Nomogramm zur Ermittlung des Speichervolumens (Quelle: Fink und Riva 2004, S.91)

Der Architekt oder Planer muss ausreichend Platz für Speicher und andere Bestandteile der solarthermischen Anlage in geeigneten Räumlichkeiten vorsehen. Diese müssen für Wartungszwecke ständig zugänglich sein.

#### 7.4.6 Dachintegrierte Kollektoren im Vergleich zu fassadenintegrierten Kollektoren

Generell ist bei vertikal angeordneten Kollektoren, bei gleichem solarem Deckungsgrad, eine größere Kollektorfläche im Vergleich zu geneigten Kollektoren erforderlich. Beispielsweise ist bei einer Warmwasseranlage in der Fassade mit solarem Deckungsgrad von 40% (siehe Kapitel 7.4.3 Solarer Deckungsgrad) im Vergleich zu einer 45° geneigten Kollektorfläche, eine zusätzliche Fläche von ca. 60% erforderlich.

Die zusätzlich benötigte Kollektorfläche bei fassadenintegrierten Kollektoren im Vergleich zu dachintegrierten Kollektoren hängt von mehreren Faktoren ab. Bei stark geneigten Kollektoren haben mehrere Faktoren einen positiven Einfluss auf die Bilanz. Zum einen wirken sich der gleichmäßigere Strahlungsverlauf übers Jahr sowie erhöhte Gewinne durch Reflektionen bei Schneelage auf stark geneigte Flächen günstig aus. Zum Anderen verringert eine stärkere Neigung auch das Anhaften von Schmutz und Schnee.

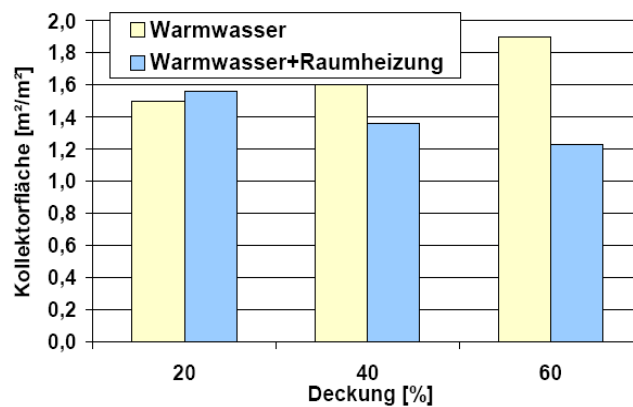


Abbildung 14: Kollektorfläche in der Fassade im Vergleich zu einer Anlage mit 45° geneigten Kollektoren für eine Anlage zur Warmwasserbereitung und eine Kombianlage in Abhängigkeit vom solaren Deckungsgrad. (Quelle: Bergmann und Weiß 2002, S. 74)

## 7.5 Bauphysikalische und bautechnische Aspekte

Wasserdampfdiffusion und Wärmetransport, sowie die auftretenden Temperaturen im Kollektor und die Rückwirkungen auf die dahinterliegende Wand bzw. die darunterliegende Dachkonstruktion, spielen eine bedeutende Rolle bei der Gebäudeintegration von Solarkollektoren. Weiter sind auch die hydraulische Kollektorverschaltung, sowie die schall- und brandschutztechnischen Anforderungen bereits in frühen Planungsphasen relevant.

### 7.5.1 Kollektorbefestigung

Um Wärmeverluste und Bauschäden zu unterbinden und den gesamten U-Wert der Bauteile mit integrierten Kollektoren nicht herabzusetzen, ist es erforderlich auf die Vermeidung von Wärmebrücken durch die Befestigung zu achten.

### 7.5.2 Feuchtigkeit

Bei der Anbringung thermischer Sonnenkollektoren ohne Hinterlüftungsebene bildet der Kollektor eine dampfdichte Schicht nach außen. Die Bau- und Materialfeuchte muss in diesem Fall nach innen abgegeben werden, was eine nach innen diffusionsoffener werdende Bauweise erfordert.

### 7.5.3 Wärmetransport

Um eine Überwärmung oder übermäßige Wärmeabfuhr von Räumen zu verhindern, die sich hinter Bauteilen mit integrierten Kollektoren befinden, sind eine Wärmebrücken reduzierende Anbindung sowie eine ausreichende Dämmung des Kollektors notwendig. Bei Kollektoren ohne Hinterlüftung erfüllt die Kollektordämmung gleichzeitig die Funktion der Gebäudedämmung.

#### **7.5.4 Hydraulische Kollektorverschaltung**

Um den Verrohrungsaufwand so gering wie möglich zu halten, sollte der hydraulischen Verschaltung des Kollektorfeldes besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden. Generell ist es bei der Einbindung von Kollektoren in Bauteile eine möglichst einfache hydraulische Verschaltung von Vorteil. Die hydraulische Verschaltung ist von der Betriebsart der Solaranlage (siehe Kapitel 4.3 High-flow, Low-flow und Matched-flow) abhängig.

#### **7.5.5 Wärme- und Schallschutz**

Für die Errichtung von Fassadenkollektoranlagen, insbesondere in mehrgeschossiger Ausführung, gelten grundlegend andere bautechnische Anforderungen, als bei der Aufdachmontage oder Dachintegration thermischer Kollektoranlagen. Dabei ist auf wärme- und schallschutztechnische Aspekte ein Hauptaugenmerk zu legen. Bei den wärme- und schallschutztechnischen Bestimmungen sind die Anforderungen an Außenbauteile so definiert, dass der gesamte Bauteilaufbau die erforderlichen Wärmedurchgangskoeffizienten oder bewertete Schalldämmmaße aufweisen muss.

#### **7.5.6 Brandschutz**

Die brandschutztechnischen Anforderungen sind unter anderem in den Bestimmungen für Wände, tragende Konstruktionen und zusätzlich in den unterschiedlichen Bestimmungen für Außenwandverkleidungen, Fassadenverkleidungen etc. geregelt. Dies bedeutet, dass von der tragenden Konstruktion der Wand definierte, meist sehr strenge Anforderungen zu erfüllen sind, während von der Außenwandverkleidung ebenfalls definierte in der Regel aber bedeutend weniger strenge Anforderungen zu erfüllen sind.

Da sich bei Kollektoren aus thermischen Gründen Steinwolle als Dämmstoff durchgesetzt hat, ist die Gefahr der Verbreitung eines Feuers über die Fassade relativ gering. Auch die Verwendung einer Holzkonstruktion als Kollektorwanne ist aus brandschutztechnischer Sicht nicht überzubewerten. Hinsichtlich der Verankerung ist jedenfalls darauf zu achten, dass die Verankerungselemente aus nicht brennbarem Material hergestellt werden und ihre Funktion im Brandfall über eine ausreichend lange Zeit aufrecht erhalten bleibt.

### **7.6 Wirtschaftlichkeit**

#### **7.6.1 Investitionskosten**

Die Investitionskosten setzen sich aus den Kosten für die Kollektoren und den Speicher, den Planungs- und Montagekosten sowie Kosten für die Leitungsführung und die erforderliche technische Ausrüstung zusammen. Bei der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung von gebäudeintegrierten solarthermischen Anlagen müssen auch die Kosteneinsparungen durch die ersetzten Materialien ebenso wie Synergieeffekte bei der Planung und Errichtung berücksichtigt werden.

Ähnlich wie bei PV-Anlagen ist auch bei thermischen Solaranlagen mit zunehmender Anlagengröße eine deutliche Kostendegression erkennbar (siehe Abbildung 15). Nach Bleiberschnig (2010, S. 11) liegen die spezifischen Investitionskosten in Österreich (ohne Speicherkosten) im Leistungsbereich von ca. 2 bis 10 kW<sub>th</sub> derzeit zwischen 650 und 1300 €/kW<sub>th</sub>. Im größeren Leistungsbereich (bis 190 kW<sub>th</sub>) sinken sie auf ca. 500 bis 650 €/kW<sub>th</sub>.

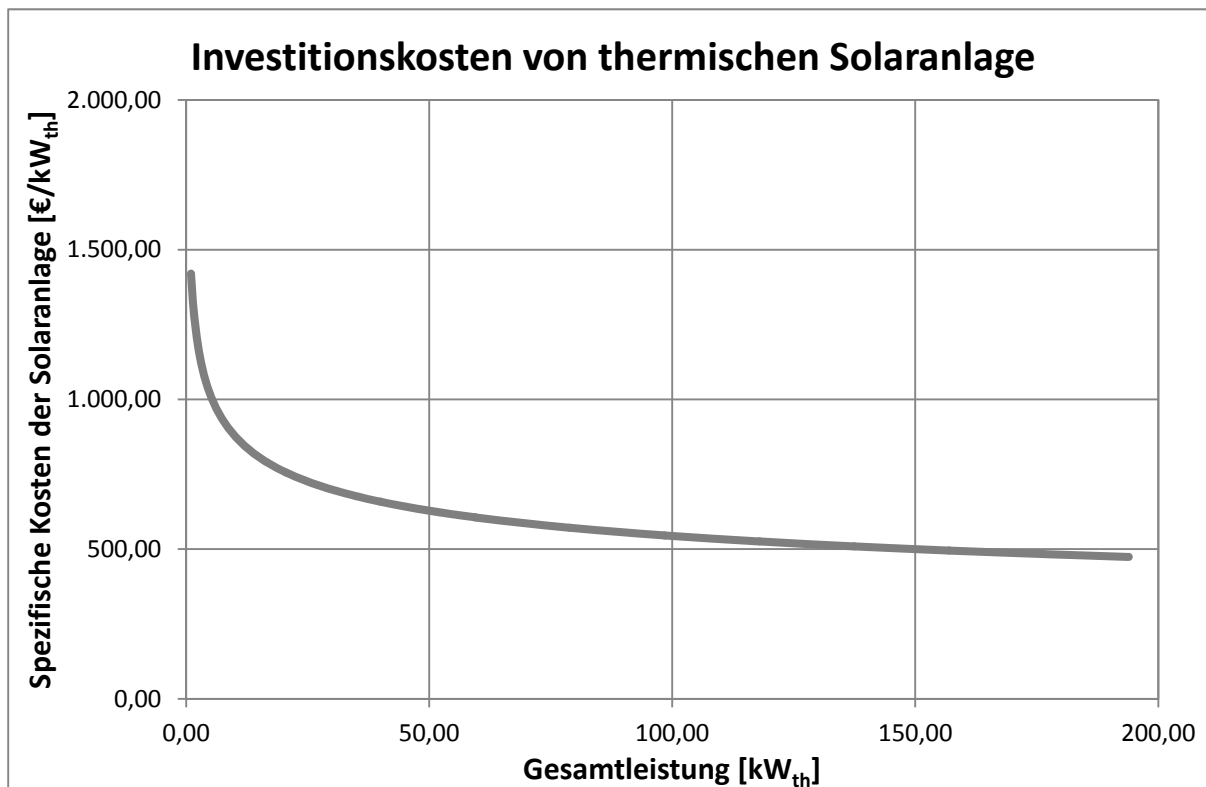


Abbildung 15: Investitionskosten von thermischen Solaranlagen (exkl. Speicherkosten) in Abhängigkeit von der Gesamtleistung der Anlage (nach Bleiberschnig 2010, S.11)

### 7.6.2 Betriebskosten

Die Betriebskosten von thermischen Solaranlagen setzen sich aus den Aufwendungen für Wartung und Instandhaltungsarbeiten (Wechsel des Wärmeträgermediums, Dichtungstausch, Reinigung der Wärmetauscher, usw.) und den Kosten für die zum Betrieb der Kollektorkreispumpe und zur Regelung benötigte elektrische Energie zusammen. Die Höhe der Betriebskosten kann derzeit für Österreich mit etwa 20 bis 25 €/kW<sub>th</sub> im Jahr angesetzt werden (Bleiberschnig 2010, S.16).

### 7.6.3 Förderungen

Thermische Solaranlagen zur Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung werden in Österreich von den einzelnen Bundesländern in unterschiedlicher Höhe gefördert. Von einigen österreichischen Gemeinden werden zu den Landesförderungen zusätzliche Förderungen vergeben. Ein Überblick zu den aktuellen Fördermöglichkeiten von thermischen Solaranlagen in Österreich befindet sich auf der Homepage des Verband Austria Solar [www.solarwaerme.at](http://www.solarwaerme.at).

#### **7.6.4 Amortisation**

Die wirtschaftliche Amortisationszeit thermischer Solaranlagen ist neben Faktoren wie der Systemtechnik, den spezifischen Wärmeerträgen und den Energiepreisen auch stark von der Anlagengröße abhängig. Solarthermische Anlagen im Einfamilienhausbereich weisen aufgrund der niedrigen Energiepreise derzeit noch relativ lange Amortisationszeiten auf, während sich größere Anlagen (etwa bei Mehrfamilienhäusern) in deutlich kürzerer Zeit amortisieren.

### **7.7 Ökologie**

#### **7.7.1 Ökobilanz**

Die thermische Solarenergienutzung im Gebäudebereich ermöglicht eine sehr umweltfreundliche und geräuschlose Wärmeerzeugung, ohne direkte Freisetzung umweltschädigender Stoffe. Dennoch sind Herstellung und Betrieb mit gewissen Umweltauswirkungen verbunden.

Die Kollektoren selbst stellen nur einen geringen Anteil der Gesamtbelastungen dar. Einen stärkeren Einfluss auf die Ökobilanz haben verschiedene andere Systemkomponenten, allen voran der Warmwasserspeicher. Auch der benötigte Strom für den Anlagenbetrieb (Pumpen, usw.) macht einen nicht unbedeutenden Teil der Umweltwirkungen aus (Jungbluth 2007, S. 35).

#### **7.7.2 Recycling**

Das Recycling der wesentlichen Bauteile von solarthermischen Anlagen (z. B. Solarkollektor, Speicher) ist relativ unkompliziert möglich. Die Zurücknahme alter Kollektoren durch die Hersteller und damit eine Wiederverwertung der darin enthaltenen Materialien ist durchaus üblich (Kaltschmitt 2009, S.151).

#### **7.7.3 Energetische Amortisation**

Die Energierücklaufzeit (auch energetische Amortisationszeit) gibt jene Betriebsdauer an, innerhalb derer ein Energiesystem so viel Energie liefert wie für seine Herstellung nötig war. In Anbetracht der langen Lebensdauer von solarthermischen Anlagen (> 20 Jahre) ist die energetische Amortisationszeit relativ kurz. Sie liegt in Mitteleuropa für Anlagen zur Warmwasserbereitung bei etwa 1 bis 2 Jahren und bei Systemen mit Heizungsunterstützung etwas höher bei rund 2 bis 4 Jahren (Streicher 2004, S. 10).

### **7.8 Weiterführende Informationen**

#### **7.8.1 Hilfreiche Links**

[www.solarwaerme.at](http://www.solarwaerme.at) - Umfassende Informationsseite der Austria Solar (Verband verschiedener österreichischer Anbieter thermischer Solaranlagen)



[www.solarserver.de](http://www.solarserver.de) - Umfangreiches Informationsportal zum Thema Sonnenenergie mit Themenschwerpunkten Solarthermie, Photovoltaik und Solares Bauen.

[www.baunetzwissen.de](http://www.baunetzwissen.de) - Informationsplattform mit Fachinformationen für Architekten, Planer und andere am Bau beteiligte. Im Kapitel Solar finden sich Grundlageninformationen, Projektbeispiele und Tipps zu unterschiedlichen Themen der Sonnenenergienutzung in Gebäuden.

[www.solarthermie2000.de](http://www.solarthermie2000.de) - Eine Vielzahl an Informationen über Demonstrations- und Pilotanlagen zur solaren Nahwärmeversorgung, Untersuchungen des Langzeitverhaltens von existierenden thermischen Solaranlagen und Solarthermische Demonstrationsanlagen für öffentliche Gebäude.

<http://www.kollektorliste.ch/Kollektorliste.php> - Liste geprüfter und zertifizierter Kollektoren

### 7.8.2 Empfohlene Literatur

**Bergmann Irene und Weiß Werner:** Fassadenintegration von thermischen Sonnenkollektoren ohne Hinterlüftung – Systemtechnische und bauphysikalische Grundlagen für die Fassadenintegration von thermischen Sonnenkollektoren ohne Hinterlüftung. BMVIT, Berichte aus Energie- und Umweltforschung, Wien 2002.

Beschreibt ausführlich bauphysikalische und bautechnische Aspekte und zeigt anhand von Testanlagen und Simulationen Probleme, Vor- und Nachteile integrierter Solarthermie.

**Fink Christian und Müller Thomas:** Thermische Solarenergienutzung im Geschoßwohnbau – Ein Leitfaden für Planung, Umsetzung und Betriebsführung. BMVIT, Berichte aus Energie- und Umweltforschung, Wien 2009.

Planung und Einsatz und Erfahrungen Solarthermischer Anlagen im Geschoßwohnbau werden anschaulich anhand vieler Beispiele dargestellt und diskutiert.

**VDI-Richtlinie 6002** Blatt 1: Solare Trinkwassererwärmung – Allgemeine Grundlagen, Systemtechnik und Anwendung im Wohnungsbau. Beuth Verlag GmbH, Berlin 2004.

Anforderungen an die Trinkwassererwärmung werden ebenso behandelt wie Systemtechnik, deren Einsatzgebiete, Stärken und Schwächen.

**DIN SPEC 1208:** Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile – Kundenspezifisch gefertigte Anlagen – Teil1: Allgemeine Anforderungen an Solaranlagen zur Trinkwassererwärmung und solare Kombianlagen. Beuth Verlag GmbH, Berlin 2010.

Beinhaltet eine Beschreibung sämtlicher Anlagenteile solarthermischer Anlagen, deren Funktion sowie Angaben zur Dimensionierung

**DIN EN ISO 9488:1999:** Sonnenenergie Vokabular. Beuth Verlag GmbH, Berlin 2001.

Die grundlegenden Begriffe der Solarenergie werden systematisch definiert und anschaulich erläutert.

## 8 Literatur:

**Bergmann Irene, Weiß Werner:** Fassadenintegration von thermischen Sonnenkollektoren ohne Hinterlüftung – Systemtechnische und bauphysikalische Grundlagen für die Fassadenintegration von thermischen Sonnenkollektoren ohne Hinterlüftung. BMVIT, Berichte aus Energie- und Umweltforschung, Wien 2002.

**Bleiberschnig Daniel:** Kostenfunktionen - Erneuerbare-Energie-Technologien. Bachelorarbeit am Institut für Thermodynamik und Energiewandlung, Technische Universität Wien. Wien 2010.

**DIN EN ISO 9488:1999:** Sonnenenergie Vokabular. Beuth Verlag GmbH, Berlin 2001.

**DIN SPEC 1208:** Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile – Kundenspezifisch gefertigte Anlagen – Teil1: Allgemeine Anforderungen an Solaranlagen zur Trinkwassererwärmung und solare Kombianlagen. Beuth Verlag GmbH, Berlin 2010.

**Fink Christian et al.:** Thermische Solaranlagen für Mehrfamilienhäuser. BMUJF, Wien 1999.

**Fink Christian und Müller Thomas.:** Thermische Solarenergienutzung im Geschößwohnbau – Ein Leitfaden für Planung, Umsetzung und Betriebsführung. BMVIT, Berichte aus Energie- und Umweltforschung, Wien 2009.

**Fink Christian, Müller Thomas:** Aktuellste Forschungsergebnisse zur thermischen Solarenergienutzung im Geschößwohnbau aufbereitet für Wohnbauträger und Planer „WohnSolar“. BMVIT Berichte aus Energie- und Umweltforschung, Wien 2009.

**Fink Christian, Riva Richard:** Solar-supported heating networks in multi-storey residential buildings - A planning handbook with a holistic approach. AEE-INTEC, Gleisdorf 2004.

**Heimrath Richard et al.:** Solarunterstützte Wärmenetze. BMVIT, Berichte aus Energie- und Umweltforschung, Wien 2002.

**Kaltschmitt Martin, Streicher Wolfgang (Hrsg.):** Regenerative Energien in Österreich - Grundlagen, Systemtechnik, Umweltaspekte, Kostenanalysen, Potenziale, Nutzung. Vieweg+Teubner Verlag, Wiesbaden 2009.

**Kaltschmitt Martin, Streicher Wolfgang, Wiese Andreas (Hrsg.):** Erneuerbare Energien – Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte. Springer Verlag, Berlin - Heidelberg 2006.

**Müller A. et al.:** Heizen 2050 - Systeme zur Wärmebereitstellung und Raumklimatisierung im österreichischen Gebäudebestand: Technologische Anforderungen bis zum Jahr 2050, Forschungsbericht, Klima- und Energiefonds - Programm „ENERGIE DER ZUKUNFT“; Wien, 2010

**Müller Thomas et al.:** Colourface – Planungsrichtlinien für farbige Fassadenkollektoren. AEE-INTEC, 2004 Gleisdorf.

**Purkarthofer Gottfried:** Technologieportrait Solarthermie. AEE-Institut für Nachhaltige Technologien, Gleisdorf 2008.

**Rührlinger T.:** Energetischer und ökonomischer Vergleich von Heiz-, Warmwasserbereitungs- und Lüftungssystemen in Niedrigenergie- und Passivhäusern. Technische Universität Wien, Wien 2008.

**VDI-Richtlinie 2067** Blatt 12: Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen – Nutzenergiebedarf für die Trinkwassererwärmung. Beuth Verlag GmbH, Berlin 2000.

**VDI-Richtlinie 6002** Blatt 1: Solare Trinkwassererwärmung – Allgemeine Grundlagen, Systemtechnik und Anwendung im Wohnungsbau. Beuth Verlag GmbH, Berlin 2004.

**VDI-Richtlinie 6012** – Blatt 1: Dezentrale Energiesysteme im Gebäude – Grundlagen und Energiespeicher. Beuth Verlag GmbH, Berlin 2003.