

Solares Heizen mit Großanlagen – Chancen und Perspektiven

Ulrich Schirmer*, Thorsten Urbaneck*, Peter Donat**

* Technische Universität Chemnitz
Professur Technische Thermodynamik, Projektgruppe Solarthermie
09107 Chemnitz
Tel.: 0371/531-2546 und -2463, Fax: -2349
E-Mail: ulrich.schirmer@hrz.tu-chemnitz.de
E-Mail: thorsten.urbaneck@mb3.tu-chemnitz.de
Internet: <http://www.solarthermie2000.de>
Internet: <http://www.tu-chemnitz.de/~tur>

** Projektträger Jülich (PTJ), Forschungszentrum Jülich GmbH,
PTJ-Außenstelle Berlin, Postfach 610247, 10923 Berlin,
Tel.: 030/20199-427 Fax: -470
E-Mail: p.donat@fz-juelich.de
Internet: www.fz-juelich.de/ptj/

Energetische Situation

Die Endlichkeit der fossilen Energieträger, die bei der Verwertung entstehenden Emissionen und der Eingriff in die Natur kennzeichnen die derzeitige Energieversorgung weltweit. Aus diesen Gründen werden folgende Strategien parallel verfolgt:

- Energie sparen (verbraucherorientiert),
- Einsatz effizienterer Technologien bei der Gewinnung, Umwandlung und Verteilung (alle vorgelagerten Prozesse) bezüglich der bereits etablierten Techniken (z.B. Wärmekraftwerke) sowie
- Substitution durch erneuerbare Energieträger.

Dieser Beitrag bezieht sich auf den zu letzt genannten Punkt. Dabei wird der Einsatz thermischer Solartechnik durch folgende Potentiale motiviert. Verbraucherseitig besteht ein sehr hoher Bedarf an „Niedertemperaturwärme“ (bis 100 °C, Abbildung 1 bis Abbildung 4). Der größte Anteil wird bei der Raumheizung im häuslichen und gewerblichen Bereich benötigt. Abbildung 5 zeigt, daß die Energieversorgung, die zu einem hohen Anteil auf der Nutzung fossiler Energieträger basiert, wesentlich an der

Emission von Treibhausgasen beteiligt ist. Dieses soll vereinfachend für alle, nicht erwünschten Einflüsse stehen. Angebotsseitig ist die Lösung in der gleichzeitigen und wesentlich stärkeren Nutzung von Solarenergie sowie thermischer Energie aus Kraft-Wärme-Kopplung, Biomasse und Geothermie zu sehen. Mit 1177 kWh/(m²a) in Kollektorebene (siehe unten, vergleiche mit Abbildung 15) steht mit der solaren Einstrahlung ein hohes und relativ frei verfügbares Potential zur Verfügung.

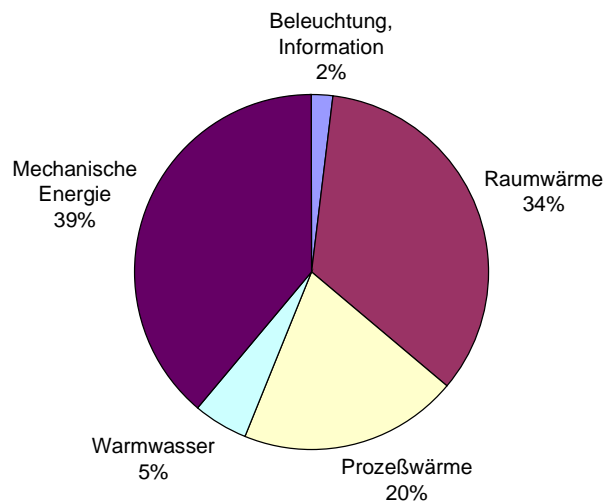


Abbildung 1: Verteilung des Endenergieverbrauchs für das Jahr 1998 in Deutschland nach den Anwendungen [1]

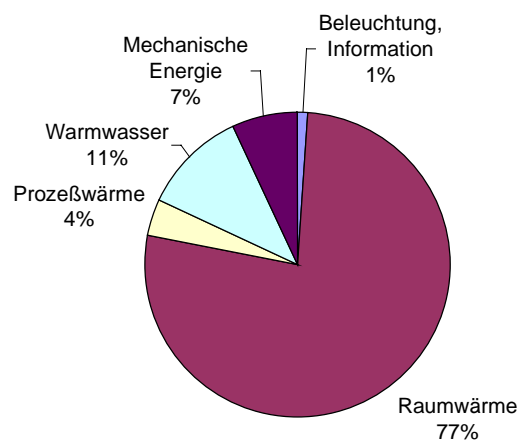


Abbildung 2: Verteilung der Endenergie im Sektor Haushalt nach Abbildung 1 [1]

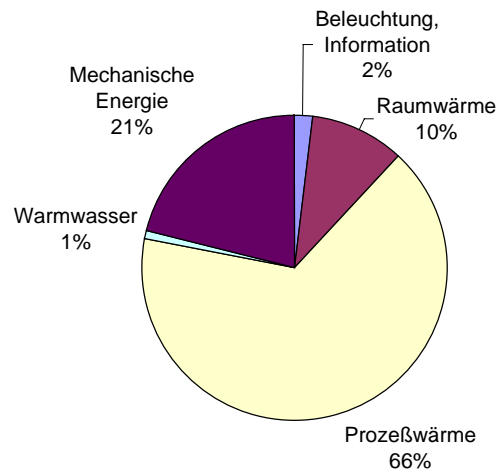


Abbildung 3: Verteilung der Endenergie im Sektor Industrie nach Abbildung 1 [1]

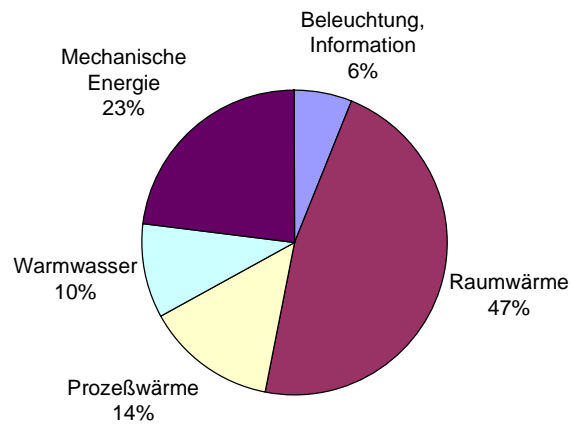


Abbildung 4: Verteilung der Endenergie im Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistung nach Abbildung 1 [1]

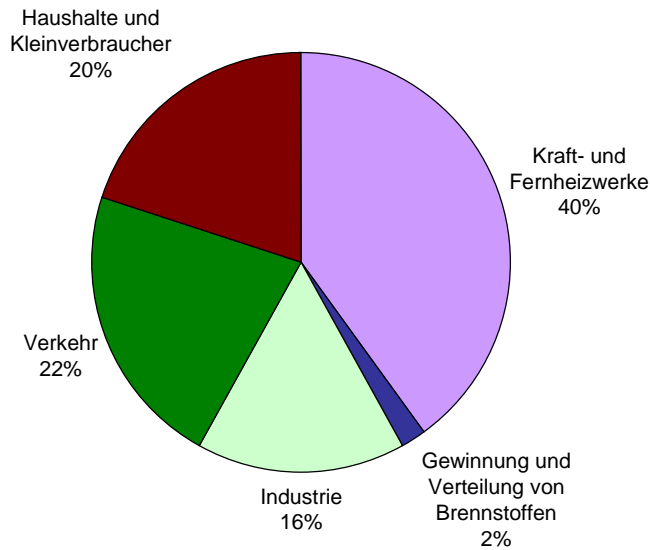


Abbildung 5: Anteile der Sektoren an den energiebedingten Treibhausgasemissionen berechnet als CO₂-Äquivalent für das Jahr 2000 (insgesamt 861 Mio. Tonnen) [2]

Stand in Wissenschaft und Technik

Bei der sogenannten aktiven, thermischen Nutzung von Solarenergie wird Anlagentechnik (Kollektoren, Pumpen, Speicher, MSR-Technik) zur Energiegewinnung herangezogen. Da bei allen Verfahren Solarstrahlung ein Fluid erwärmt (im weiteren Sinne solares Heizen), soll folgende Unterscheidung der Verbraucher bzw. der Verfahren im Niedertemperaturbereich (bis 100 °C) die technische Vielfalt zeigen:

- Trinkwasser-Erwärmung (günstig wegen der jährlich relativ ausgeglichenen Lastprofile im Trinkwasser-Bereich, weit verbreitet, vor allem Kleinanlagen, aber auch Großanlagen wurden in den letzten Jahren etabliert),
- Raumheizung (im engeren Sinne solares Heizen, Erläuterung in diesem Beitrag)
- Kälte, Klimatisierung (solarthermischer Antrieb von Absorptionskälte-Verfahren, solarthermische Regeneration von adsorptiven Materialien zur Entfeuchtung, z.B. Silikagel)
- Trocknung (z.B. landwirtschaftliche Produkte)
- solare Luftsysteme (Sonderstellung: Luft als Arbeitsmittel im Kollektorkreis statt einer Wasser-Glykol-Mischung, vorwiegender Einsatz in Verbindung mit konventioneller Klima- oder Trocknungstechnik)

Kleinanlagen

Kann der Heizung neben der Trinkwasser-Erwärmung auch Solarwärme zugeführt werden, bezeichnet man das System als Kombianlage. Diese Anlagen, vor allem im Bereich von Ein- und Mehrfamilienhäusern, zeichnen sich durch die verschiedensten Schaltungen aus. Abbildung 6 zeigt beispielhaft eine Ein-Speicher-Anlage. Weitere Informationen zu Kombianlagen sind unter [3], [4], [5] zu finden.

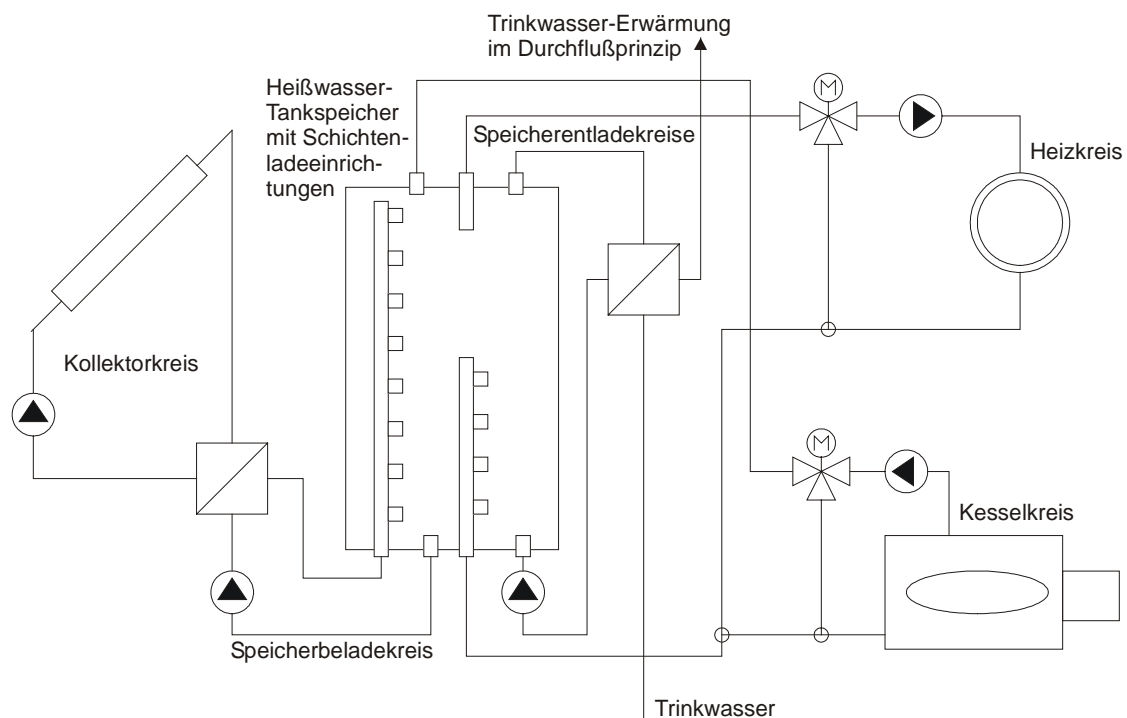


Abbildung 6: Kombianlage als Ein-Speicher-System [3]

Folgende Tendenzen sind zur Zeit im Kombianlagen-Bereich erkennbar:

- Trotz der schwierigen Verhältnisse auf Grund der Gegenläufigkeit von Angebot und Bedarf (detaillierte Erläuterung siehe unten, Abbildung 15) werden höhere Erträge, absolut gesehen, angestrebt. Stark entgegenkommend ist dabei die Entwicklung im baulichen Wärmeschutz mit stark sinkenden Heizlasten und die zunehmende Verwendung von Heizsystemen mit niedrigen Temperaturen. Letztere sind entscheidend für eine Ertragssteigerung bei Systemen, die die Wärme vom Speicher an das Heizsystem mittels der natürlichen Temperaturdifferenz abgeben (siehe Abbildung 6, Speicherentladekreise).

- Im Bereich der Europäischen Union werden verschiedene, z.T. länderabhängige Systeme favorisiert [5], die von den jeweiligen nationalen Randbedingungen abhängen.
- Der sommerliche Überschuß an solarer Energie, der bei derartigen für den Sommer überdimensionierten Anlage anfällt, führt oft zu diversen Detailproblemen. Beispiele hierfür sind die thermisch-mechanische Belastung der Kollektoren und die Zerstörung des Glykol-Wasser-Gemisches in relativ kurzer Zeit. Deswegen werden diese Themen zur Zeit in Forschungsvorhaben untersucht. Ziel ist die weitere Verbesserung der Kombianlage.
- Verschiedene Hersteller gehen zu weitgehend vorgefertigten Wärmeversorgungssystemen (z.B. Abbildung 7, Abbildung 8) über. Das bringt den Vorteil mit sich, daß vor allem Probleme in der Bauphase unterdrückt werden. Aber auch die Tendenz weg von Einzellösungen – die Komplexität sollte nicht unterschätzt werden – hin zu universellen und anpaßbaren Standardsystemen ist eine positive Entwicklung in diesem Bereich. Die Ergebnisse der Stiftung Warentest [4] mit 2 x sehr gut, 8 x gut und 1 x befriedigend sprechen für sich.

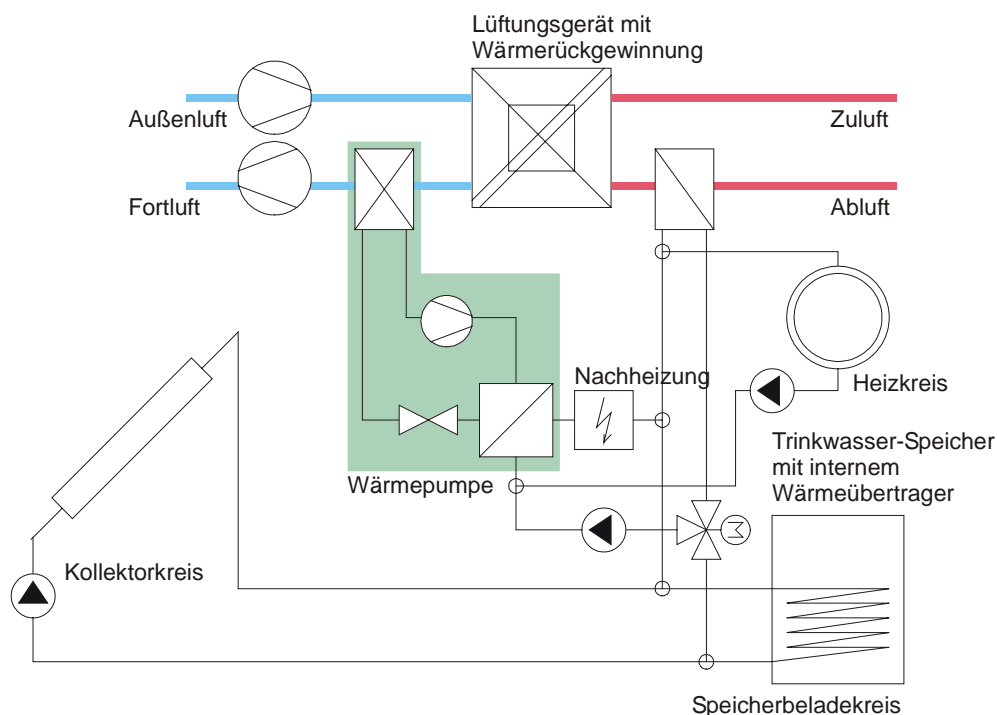


Abbildung 7: Kompaktgerät mit Wärmepumpe für Passivhäuser mit Lüftungsanlage der Firma Viessmann [6] (siehe Artikel in diesem Tagungsband)

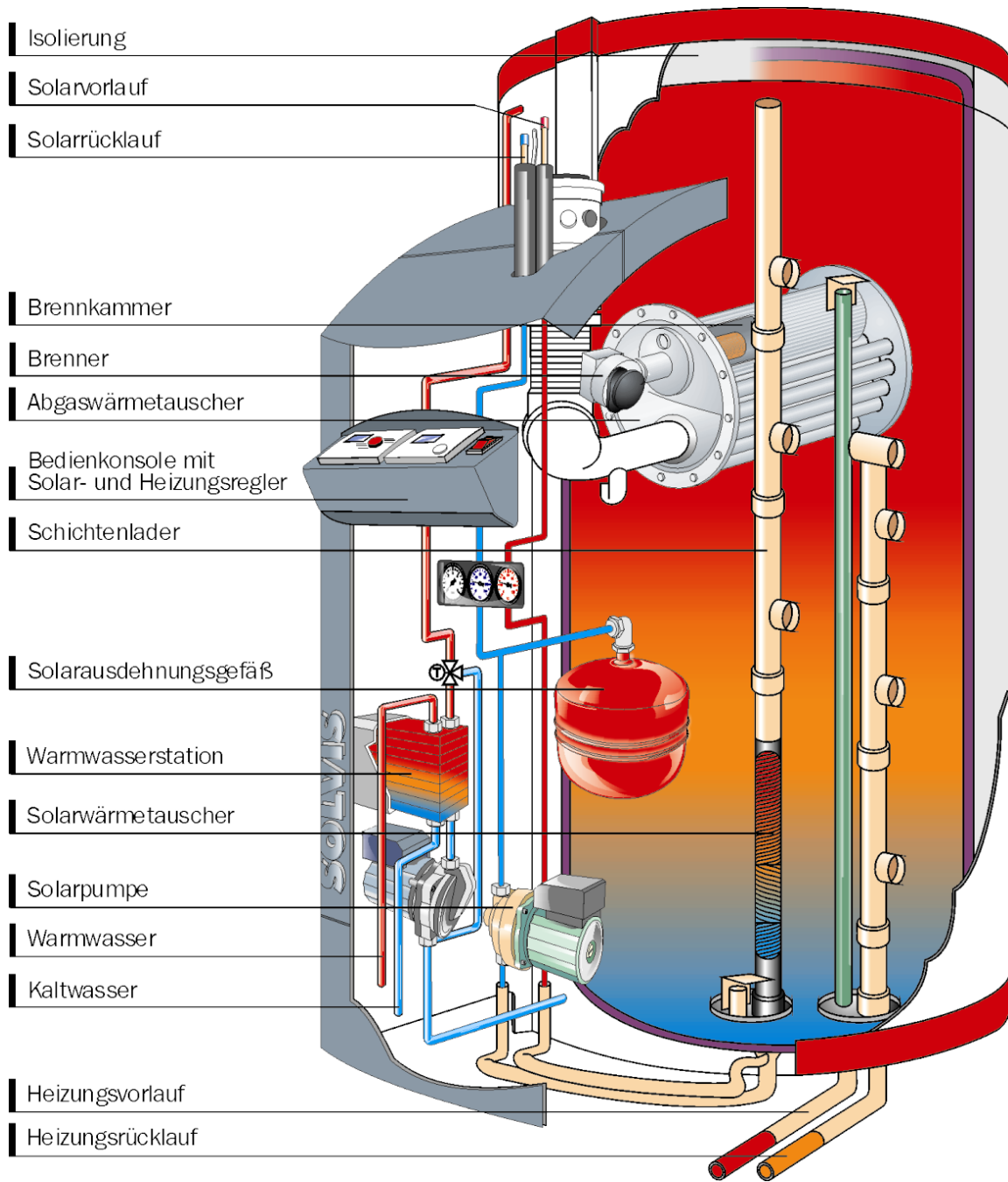


Abbildung 8: SolvisMax (Produkt der Solvis Energiesysteme GmbH & Co KG) Schichtenlade-Speicher mit innenliegendem Heizkessel und kompletter Peripherie zum Anschluß von Solar-, Trinkwasser- und Heizungskreis [6]

Großanlagen

Großanlagen sind keine vergrößerten Kleinanlagen. Trotz einiger gleicher Bauteile unterscheiden sich Großanlagen (z.B. Abbildung 9, sog. Vorwärmanlagen mit einer Kollektorfläche größer 100 m² für die Trinkwassererwärmung, siehe z.B. Solarthermie 2000, Teilprogramm 2 [8]) oder solare Nahwärmesysteme (siehe z.B. Abbildung 10, Tabelle 1) wesentlich von den Kleinanlagen.

Erste solare Nahwärmesysteme (Tabelle 2) wurden in den letzten Jahren entwickelt und umgesetzt. Die Untersuchung und Weiterentwicklung dauert an. Diese Projekte zeigen aber schon jetzt, daß auch die großen solaren Systeme eine effiziente Technik sind. Die Planung bzw. die Integration derartiger Systeme ist daher besonders wichtig. Solare Nahwärmesysteme werden in absehbarer Zeit spezielle Lösungen bleiben, da Anpassungen vor allem an die baulichen Randbedingungen notwendig sind. Es existieren aber bereits viele technische Standard-Lösungen im Bereich von Funktionsgruppen (z.B. Kollektorkreis). Im Unterschied zu herkömmlichen Wärmeversorgungssystemen müssen sehr viele grundlegende Fragen in den ersten Planungsphasen geklärt werden. Die Durchführung von separaten Vorstudien hat sich dabei als sinnvoll und praktikabel erwiesen.

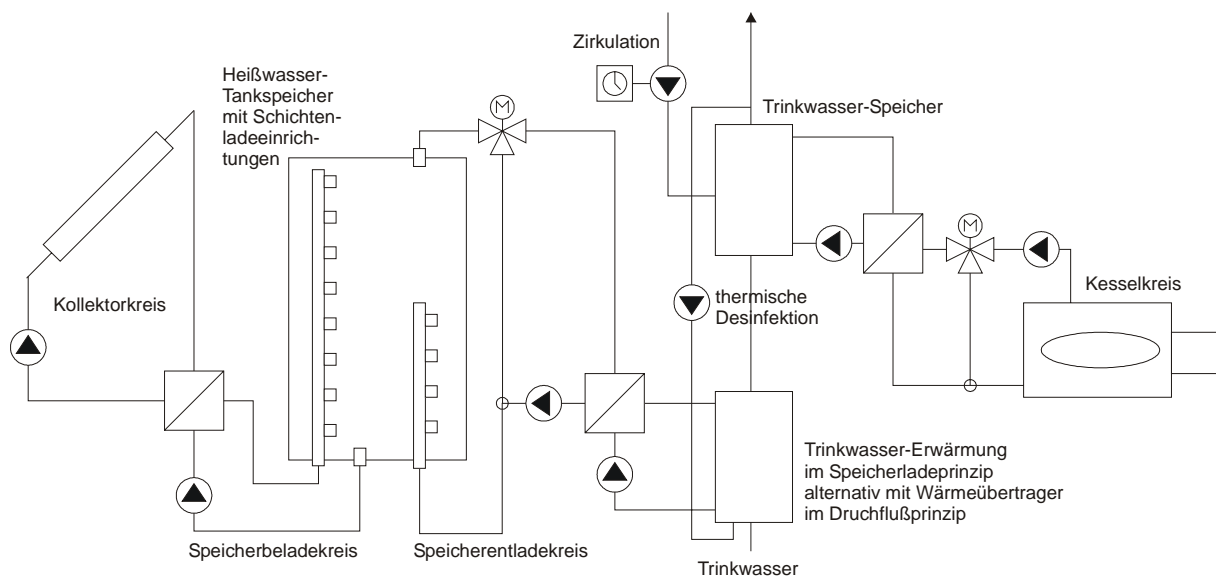


Abbildung 9: typischer Aufbau einer Großanlage zur solaren Trinkwasser-Erwärmung

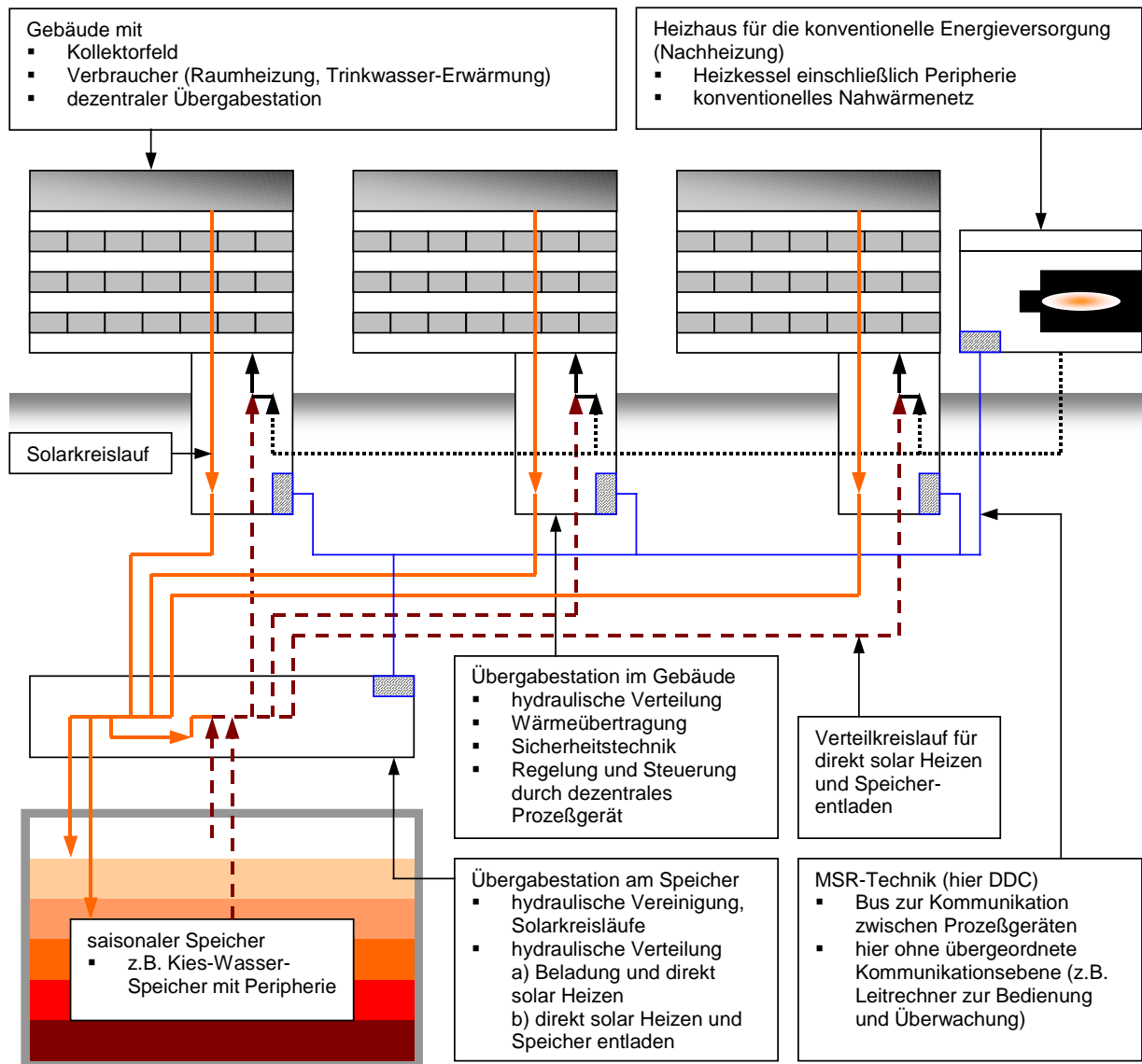


Abbildung 10: Schema eines solar unterstützten Nahwärmesystems mit dezentralen Übergabestationen und saisonalem Speicher

Tabelle 1: Parameter für ein solares Nahwärmesystem nach Abbildung 10, * Planungsparameter, ** mit TRNSYS [9] berechnete Werte

Kollektorfläche *	2000 m ²
Kollektortyp *	Wagner LB 64 (7,5 m ² Flachkollektor) [10]
saisonalen Speicher, Kapazität *	8000 m ³ Kies-Wasser
Temperaturbereich *	ca. 30 bis 85 °C
maximale Heizlast nach DIN 4701 *	425 kW
Heizsystem *	70 / 40 °C Radiatoren

Trinkwasser-Erwärmung *	dezentrales Speicherladesystem
Trinkwasser-Zapfmenge *	3702 m³/a
konventionelle Nachheizung *	erdgasbefeuerte Kessel
solarer Deckungsanteil **	42 %
Kollektornutzungsgrad **	34 %
Speichernutzungsgrad **	71 %
Systemnutzungsgrad **	23 %

Tabelle 2: Übersicht zu bereits realisierten solaren Nahwärmesystemen mit saisonalem Speicher aus dem Forschungs- und Demonstrationsprogramm Solarthermie 2000 [8], [11], [12]

	Kollektorfläche und -typ	Speicherkapazität bzw. -volumen	Verbraucher	TWE	RH
Hamburg	3000 m² FK	4500 m³ Heißwasser-Speicher	124 Einfamilien-Reihenhäuser	×	×
Friedrichshafen	5600 m² FK	12000 m³ Heißwasser-Speicher	570 WE	×	×
Neckarsulm II, 1. und 2. BA	5300 m² FK	63000 m³ Erdsonden-Speicher	6 MFH, Schule, 2 Altenwohnheime, Ladenzentrum	×	×
Chemnitz, 1. BA	540 m² VRK	8000 m³ Kies-Wasser-Speicher	1 Bürogebäude		×
Steinfurt	510 m² FK	1500 m³ Kies-Wasser-Speicher	42 WE	×	×
Rostock	1000 m² FK	20000 m³ Aquiferspeicher	108 WE	×	×
Hannover	1350 m² FK	2750 m³ Heißwasser-Speicher	106 WE	×	×
Attenkirchen	800 m²	Hybridspeicher mit 500 m³ Heißwasser-Speicher und 9350 m³ Erdsonden-Speicher	30 WE	×	×

Im Bereich der Kollektoren ist die technische Entwicklung weit vorgeschritten. Diese können als weitgehend ausgereift betrachtet werden. Lösungen zur Aufständigung bzw. Montage liegen ebenfalls vor [13]. In den nächsten Jahren geht es hauptsächlich um die Weiterentwicklung der Systeme und Speicher. Favorisiert werden die in Tabelle 2 genannten Speichertypen. Eine innovative, konstruktive Lösung im Bereich der Heißwasser-Speicher zeigt Abbildung 11 mit einem oberirdischen Tank aus Glasfaserverstärktem Kunststoff (GFK) und innenliegender Wärmedämmung [14]. Im Ge-

gensatz zu den in Tabelle 2 genannten großen Speichern vereint diese Speicherkonstruktion viele Vorteile im Bereich von 20 bis 3000 m³ und unter Umständen auch bis 6000 m³.



Abbildung 11: 300 m³ GFK-Heißwasser-Speicher (Prototyp) bei der Montage [15], Entwicklung der TU Ilmenau, Arbeitsgruppe regenerative Energien und Umweltmeßtechnik

Die wesentlichen Vorteile der Großanlagen können mit folgenden Punkten zusammengefaßt werden:

- Erschließung großer Verbraucher mit entsprechend hohem umweltseitigen Reduktionspotential,
- Effizienz von großen Einheiten (z.B. große Kollektorfelder mit relativ wenig Verrohrungsaufwand und dementsprechend geringen Verlusten [16]),
- Sinken der spezifischen Investitionskosten durch große Funktionseinheiten (z.B. starke Kostenreduktion mit steigender Speichergröße, Einfluß der fixen Kosten oft stark abnehmend mit steigender Größe),
- Ausgleich im Lastprofil (z.B. viele Trinkwasser-Zapfstellen),
- permanenter Einsatz von professionellem Bedienungs- und Wartungspersonal bei größeren Betreibern (Reduktion von Ausfallzeiten).

Die Nachteile liegen

- bei der momentan schwierigen Akquisition von Forschungsprojekten am Bau,
- bei der Integration derartiger Systeme im baulichen Bestand (z.B. Heizsysteme mit zu hohen Rücklauftemperaturen),
- bei hohen Anforderungen an alle Beteiligte (integrale Planung und Organisation notwendig),
- unter Umständen bei technischen Details (z.B. hohe Netzverluste).

Abbildung 12 gibt einen Überblick zur Verteilung der Investitionskosten für solare Nahwärmesysteme mit saisonalem Speicher. In Abbildung 13 wird dann die Kosten- gruppe Anlagentechnik weiter nach typischen Funktionsgruppen aufgeteilt. Die Verteilung der Jahres-Gesamtkosten (Abbildung 14) wird typischerweise stark durch die hohen Investitionskosten beeinflusst. Die verbrauchs- und betriebsgebundenen Kosten sind erfahrungsgemäß relativ geringfügig. Das solare System muß also einen hohen Ertrag erbringen, um möglichst viel Kosten auf seiten der konventionellen Wärmeversorgung einzusparen. Deshalb besitzt die permanente Funktionsüberwachung bei großen Systemen trotz der hohen Effizienz im Betrieb eine wichtige Rolle. Auf weitere Kostenaspekte wird im letzten Abschnitt dieses Beitrages eingegangen.

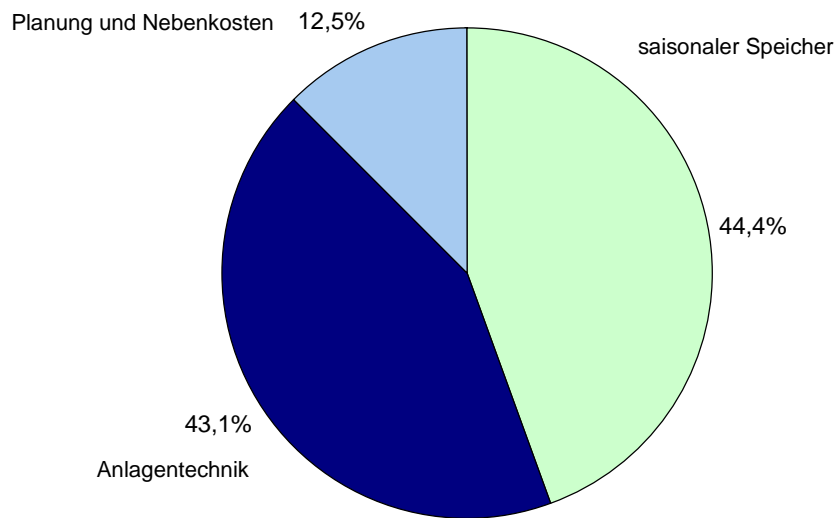


Abbildung 12: Verteilung der gesamten Investitionskosten für solare Nahwärmesysteme entsprechend des oben gezeigten Beispiels (Abbildung 10, Tabelle 1)

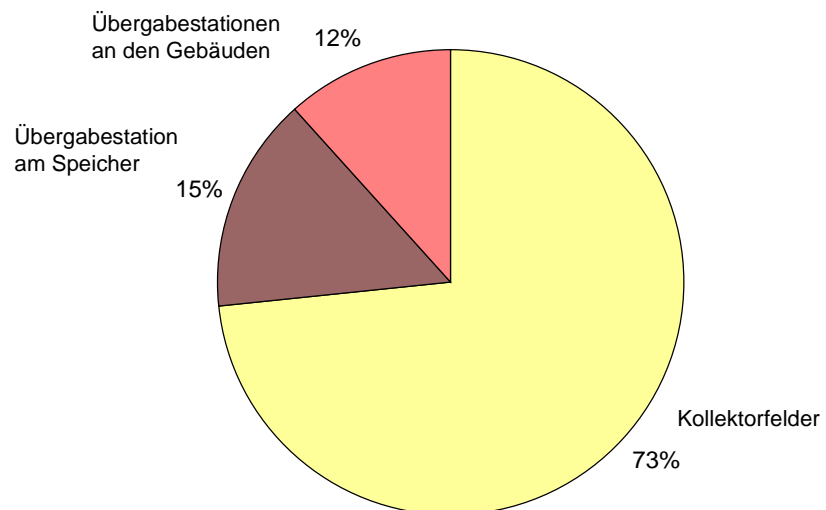


Abbildung 13: Verteilung der Kostengruppe Anlagentechnik aus Abbildung 12



Abbildung 14: Verteilung der Kostengruppen nach VDI 2067, für ein solares Nahwärmesystem mit saisonalem Speicher entsprechend des oben gezeigten Beispiels (Abbildung 10, Tabelle 1)

Technische Herausforderung: solares Heizen

Abbildung 15, eine rein energetische Darstellung, zeigt den typischen Auseinanderfall zwischen dem solaren Energieangebot und dem Heizenergiebedarf. Weil die Temperaturen im Winterhalbjahr und bei optimierten Kollektorpositionen (solare Nahwärmesysteme mit saisonalen Speichern in der Regel auf maximale Erträge im Sommerhalbjahr ausgerichtet) die Einstrahlungswinkel niedriger sind, sinken die realen Kollektorerträge entsprechend.

Diese relative Darstellung ist zunächst repräsentativ, da bei einem konkreten System die Kollektorflächen im Planungsprozeß angepaßt werden können und die Verbräuche mit der installierten Heizleistung und der Qualität des baulichen Wärmeschutzes gut korrelieren.

Den starken Auseinanderfall von Energieangebot und -bedarf verdeutlicht weiterhin Tabelle 3. Nur durch einen thermischen Speicher kann das energetische Problem gelöst werden. Für reale Projekte werden aufwendige Optimierungsrechnungen durchgeführt, die eine sinnvolle bzw. kostenminimale Verteilung von Gewinnung, Speicherung und Anwendung ausweisen. Eine Strategie ist demzufolge die Minimie-

rung solarer Nutzwärmekosten für einen vorgegeben solaren Deckungsanteil. Extreme Auslegungen mit z.B. großen Kollektorflächen in Verbindung mit Kurzzeitspeichern sind vor allem bei Großanlagen in der Regel sehr ungünstig. Zur Zeit werden folgende, grundlegende Strategien verfolgt, die in Tabelle 4 aufgeführt sind.

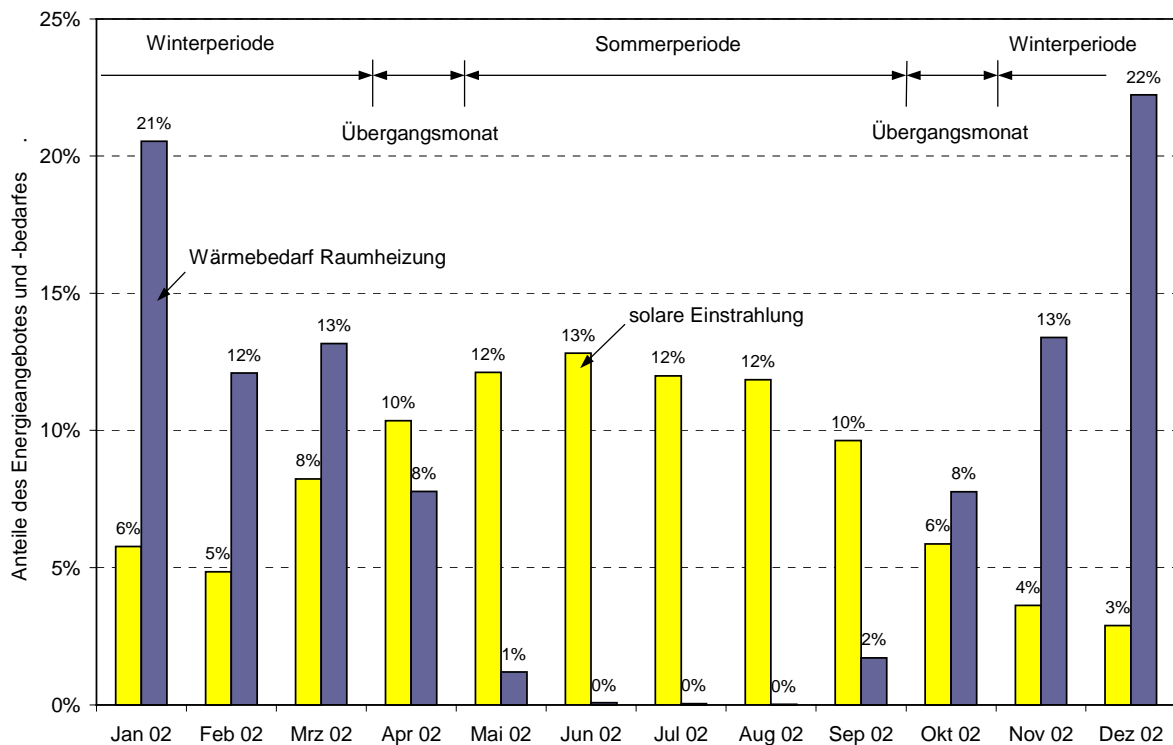


Abbildung 15: relative Darstellung des solaren Energieangebotes (Südausrichtung, 35° geneigt gegenüber der Horizontalebene, typische Kollektorposition) und -bedarfes (Bürogebäude, schwere Bauart, kein Wärmeschutz im Sinne der Verordnungen ab 1995) für den Standort Chemnitz im Jahr 2002 basierend auf Meßwerten

Tabelle 3: jährliche Verteilung des Energieangebotes und -bedarfes für die in Abbildung 15 eingeführten Zeitabschnitte

	solares Energieangebot	Energiebedarf Raumheizung
Sommerperiode	58 %	3 %
Übergangsmonate	16 %	16 %
Winterperiode	25 %	81 %

Tabelle 4: Strategien bei solaren Nahwärmesystemen (stark systemabhängig)

	Verhältnis von Kollektorfeldgröße zur installierten Verbraucherleistung	Speichertyp	typischer, solarer Deckungsanteil am Gesamtverbrauch
Solarsystem versorgt zu maximal 100 % von Mai bis August die Verbraucher	niedrig	Kurzzeit-Speicher (Mehrertages-Speicher)	bis ca. 15 %
Speicherung der Überschußwärme von Mai bis August	mittel	Monats-Speicher	ca. 25 bis 35 %
Versorgung der ersten Hälfte der Heizperiode mit solar gewonnener Wärme	hoch	saisonale Speicher (Langzeit-Speicher)	40 bis 50 %

Anhand von Berechnungsergebnissen (Anlagensimulation für das System nach Abbildung 10, Tabelle 1) sollen die speziellen Verhältnisse weiter verdeutlicht werden. Abbildung 16 zeigt den solaren Gewinn unter realen Bedingungen, der nun auch noch von der Temperatur der Abnehmersysteme insbesondere des saisonalen Speichers abhängt. Deswegen ist ein Sinken der Erträge in der zweiten Jahreshälfte typisch. D.h., die technische Nutzbarkeit der solaren Strahlung nimmt bei steigenden Temperaturen und den hier verwendeten Flachkollektoren ab. Bei Vakuum-Röhrenkollektoren ist diese Temperaturabhängigkeit auf Grund der sehr guten Isolation nicht so stark ausgeprägt [16].

Die solar gewonnene Wärme kann direkt zum solaren Heizen oder hauptsächlich zum Speicherbeladen verwendet werden (Abbildung 17), wobei die direkte Anwendung bei der Raumheizung (vergleiche gemessene Verbräuche Abbildung 15), wie bereits beschrieben, stark begrenzt ist.

Der saisonale Speicher wird nicht nur einmal - wie die Bezeichnung suggeriert - über das Sommerhalbjahr beladen und in der ersten Hälfte der Heizperiode entladen. Auch kürzere Speicherzyklen bzw. der Erhalt einer minimalen Speichertemperatur sind möglich.

Ist im System eine Trinkwasser-Erwärmung eingebunden, kann der Speicher auch über die erste Hälfte der Heizperiode hinaus auf Grund der niedrigeren Kaltwassertemperaturen entladen werden. Abbildung 18 zeigt die Nutzung des saisonalen Speichers, d.h., die Speicherentladung und die erforderliche Wärmemenge zur

Nachheizung. In der Regel wird die gespeicherte Solarenergie dem Verbrauchersystem, bei zentraler Einbindung des Speichers der Heizzentrale und bei dezentraler Einbindung den Übergabestationen (Abbildung 10), zugeführt. Bei nicht ausreichender Temperatur übernimmt die konventionelle Nachheizung die erforderliche Energiezufuhr. In Abbildung 18 wird zwischen der Raumheizung und der Trinkwasser-Erwärmung unterschieden. Liegt ein Versorgungssystem mit vielen Haushalten vor, nimmt die Trinkwasser-Erwärmung einen größeren Anteil ein (Abbildung 2).

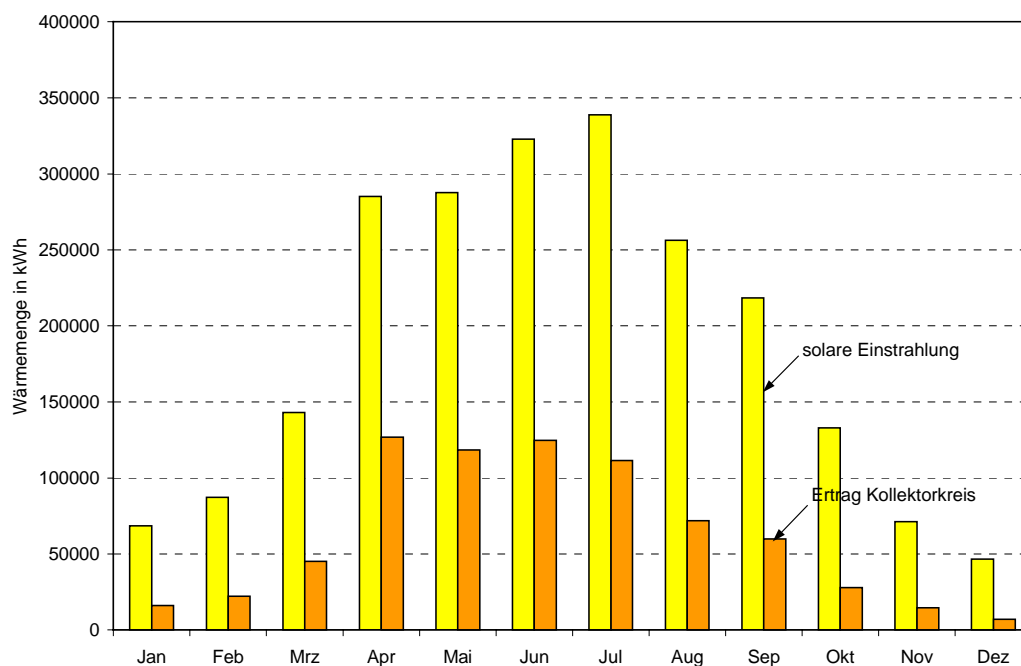


Abbildung 16: solare Einstrahlung in Absorberebene und Kollektorkreisenertrag in einem Nahwärmesystem nach Abbildung 10 und Tabelle 1, TRNSYS-Berechnungsergebnis [9]

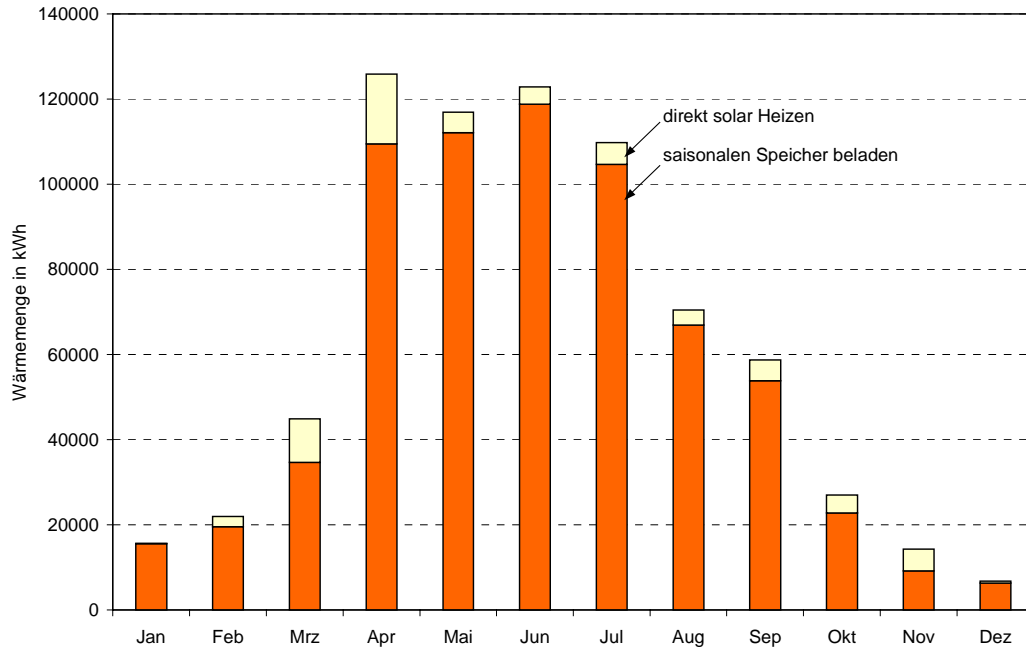


Abbildung 17: Anwendung der gewonnenen Wärme zum direkt solar Heizen (hier Raumheizung und Trinkwasser-Erwärmung) und zur Beladung des saisonalen Speichers in einem Nahwärmesystem nach Abbildung 10 und Tabelle 1, TRNSYS-Berechnungsergebnis [9]

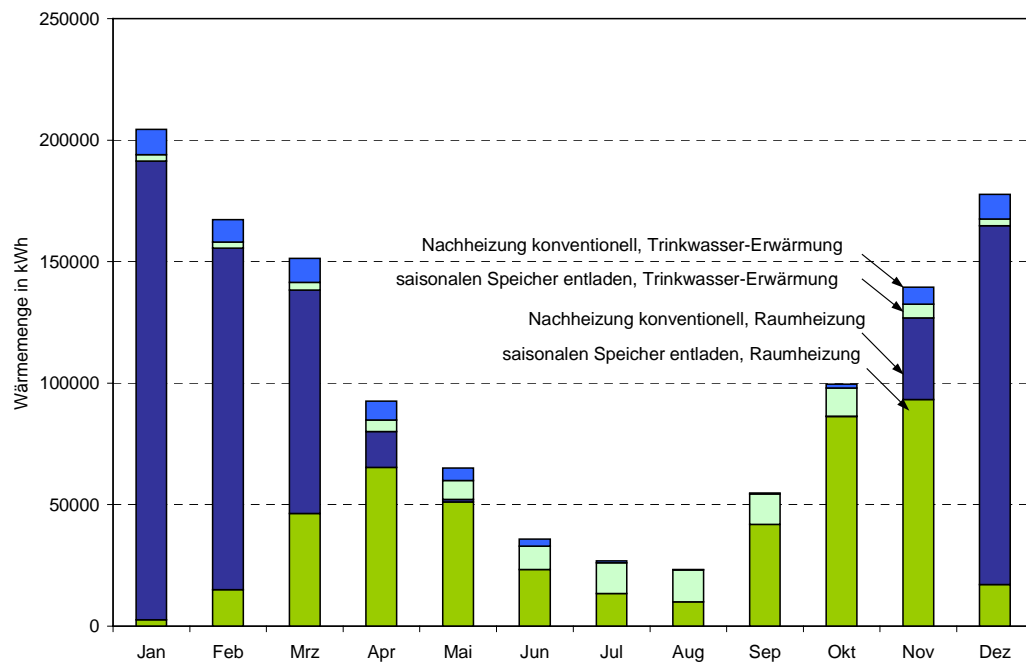


Abbildung 18: verbraucherseitige Verteilung der Entladung des saisonalen Speichers und der Nachheizung über das konventionelle System in einem Nahwärmesystem nach Abbildung 10 und Tabelle 1, TRNSYS-Berechnungsergebnis [9]

Bei der Thematik „solares Heizen“ spielt unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten ein integraler Planungsansatz von aktiver und passiver Solarenergienutzung im Gebäude eine entscheidende Rolle. So sollte der bauliche Wärmeschutz und damit möglichst niedrige Heizenergieverbräuche nach EnEV als erstes erfüllt werden und die „aktive“ Solaranlage als zusätzlicher Effekt den Heizenergiebedarf noch weiter senken.

Aspekte der Förderung und Ausblick

Das Forschungs- und Demonstrationsprogramm Solarthermie 2000 [8] war 1993 vom damaligen Bundesforschungsministerium (BMBF) mit der Zielstellung begonnen worden, die Technik großer solarthermischer Anlagen zu entwickeln und zu erproben.

Ziel war dabei die Verbesserung der Wirtschaftlichkeit der Solarthermie durch Senkung der solaren Nutzwärmekosten und Steigerung der Effizienz (Systemnutzungsgrad) von Solarsystemen.

Die Evaluierung der Ergebnisse aus den Pilot- und Demonstrationsanlagen bestätigt, daß bei großen Solaranlagen die spezifischen Investitionskosten um den Faktor 2 niedriger sind, als bei kleinen Solaranlagen wie z.B. in Ein- und Zweifamilienhäusern. Damit ist auch die Erzeugung von solarer Niedertemperaturwärme mit Großanlagen deutlich kostengünstiger (Abbildung 14). Bereits jetzt deckt die Solarwärme mit über 600.000 installierten Solaranlagen und mit 5.200.000 m² Kollektorfläche etwa 0,5% des Niedertemperaturwärmebedarfs in Deutschland und führt damit zu einer CO₂-Minderung von ca. 560.000 t/a.

Die bisher installierten Solaranlagen sind größtenteils Kleinanlagen (ca. 95%) von 4 bis zu 20 m² Kollektorfläche, während Großanlagen mit einer Kollektorfläche größer 100 m² eher die Ausnahme bilden. Das große Potential der Solarthermie in Deutschland von etwa 580 TWh/a, das aber mit 2 TWh/a bisher kaum genutzt wird, erfordert den Einstieg in die Großanlagentechnik.

Folgende Ziele werden auf Grund von Langzeitprognosen (z.B. [17]) energiepolitisch deshalb verfolgt:

- kurzfristig bis 2010 und mittelfristig bis 2030,
 - Energieeinsparungen (z.B. energetische Sanierung des baulichen Bestandes),
 - Stärkung der Kraft-Wärme-Kopplung, der Nah- und Fernwärme,
 - Ausbau der erneuerbaren Energien (Solarthermie, Biomasse, Geothermie),
- langfristig bis 2050,
 - 19 % Solarthermie am Primärenergieeinsatz,
 - CO₂-neutrale Energieversorgung.

Die seinerzeit im Forschungs- und Demonstrationsprogramm Solarthermie 2000 [8] formulierten technischen und wirtschaftlichen Ziele des Förderkonzeptes wurden weitgehend erreicht:

- Durch Langzeituntersuchungen an einer repräsentativen Anzahl von Solaranlagen, die zwischen 1979 und 1982 im Rahmen des damaligen Zukunftsinvestitionsprogramms installiert wurden, konnte eine mittlere Lebensdauer der solarthermischen Systeme von über 20 Jahren nachgewiesen werden. Diese gegenüber früheren Annahmen erhöhte Lebenserwartung verbessert die Wirtschaftlichkeit der Solartechnik.
- Mit der wissenschaftlich begleiteten Planung, Errichtung und Evaluierung von etwa 60 großen Solaranlagen zur Trinkwasser-Erwärmung in unterschiedlichen Anwendungsbereichen insbesondere Krankenhäuser, Wohngebäude, Altenheime, Studentenwohnheime konnten die Funktionssicherheit und die hohe Leistungsfähigkeit von richtig dimensionierten Anlagen nachgewiesen werden. Die derzeitigen Systemkosten von ca. 500 €/m² ohne Planung und MWSt. bzw. von 580 €/m² mit Planungskosten konnten in den letzten 10 Jahren nahezu halbiert werden. Die Planungswerte der Solarenergieerträge von 450 bis 600 kWh/(m²a) wurden erzielt und die solaren Nutzwärmekosten im Verlauf des Förderprogramms auf durchschnittlich 0,13 €/kWh (mit Planung und MWSt., ohne Förderung) gesenkt. Bei solchen, streng nach Wirtschaft-

lichkeitskriterien optimierten Vorwärmanlagen sind die solaren Deckungsanteile auslegungsbedingt jedoch gering.

- In den bisher acht errichteten Pilot- und Demonstrationsanlagen zur solar unterstützten Nahwärmeversorgung (Tabelle 2) von vorwiegend Neubausiedlungen mit hohen solaren Deckungsanteilen von 30 bis 50% am Gesamtwärmebedarf (Trinkwasser-Erwärmung und Raumheizung) wurden unterschiedliche Techniken der saisonalen Speicherung erprobt und die Funktionstüchtigkeit derartiger Konzepte nachgewiesen. Die wesentlich von Anlagengröße und Deckungsanteil abhängigen solaren Nutzwärmekosten liegen zwischen 0,17 und 0,45 €/kWh (jeweils mit Planung und MWSt., ohne Förderung).

Durch die begleitenden Meßprogramme innerhalb von Solarthermie 2000 konnten Systemmängel erkannt und Möglichkeiten zur technischen und wirtschaftlichen Optimierung aufgezeigt werden. Die Bau- und Betriebserfahrungen werden von Komponenten- und Systemherstellern, Anlagenplanern, Installationsfirmen und Betreibern genutzt, um die Solartechnik und deren Einbindung in die konventionelle Heizungstechnik weiter zu verbessern.

Die für große solarthermische Anlagen zur Trinkwasser-Erwärmung (Vorwärmanlagen) entwickelte und in ca. 60 Pilot- und Demonstrationsanlagen erprobte Systemtechnik ist mit Solarthermie 2000 für Anlagen von über 100 m² Kollektorfläche zur Marktreife geführt worden. Systemschaltungen mit Kurzzeit-Speicher und Entladung über externe Wärmetauscher und Vorwärm Speicher haben sich dabei besonders bewährt (Abbildung 9). Die Ergebnisse haben zudem gezeigt, daß bei einer effizienten Systemauslegung (1 m² Kollektorfläche pro 60 bis 70 Liter Warmwasserverbrauch pro Tag) günstige solare Erträge und niedrige solare Nutzwärmekosten nahe an der Wirtschaftlichkeit erreichbar sind. Dies führte zu einem erheblichen Abbau der Hemmnisse bei der Nutzung der Solartechnik.

Die wissenschaftliche Begleitung der Demonstrationsanlagen hat gezeigt, daß eine Funktions- und Ertragskontrolle bei größeren Anlagen unbedingt erforderlich ist.

Die Ergebnisse des Forschungsprogramms flossen zudem in die neue VDI-Richtlinie 6002 (Blatt 1, Entwurf Juni 2003) „Solare Trinkwassererwärmung - Allgemeine

Grundlagen zur Planung, Systemtechnik und Anwendung im Wohnungsbau“ ein, die Grundlage zur künftigen Planung, Auslegung und Installation derartiger Systeme sein wird.

Das neue Förderkonzept Solarthermie2000plus [18] des BMU soll zukünftig mit neuen Schwerpunkten wie solar unterstützte Heizung, solar unterstützte Klimatisierung und solare Prozeßwärme darauf ausgerichtet sein, daß künftige solarthermische Großanlagen einen wesentlich höheren solaren Deckungsanteil als im bisherigen Forschungsprogramm erreichen.

Ausgangspunkt dieses neuen Konzeptes war, daß Solaranlagen zur reinen Trinkwasser-Erwärmung mit ca. 3 bis 7 % Deckungsanteil am Gesamtheizenergiebedarf auslegungsbedingt nur einen spezifisch geringen Beitrag leisten.

Die solar unterstützte Raumheizung und Trinkwasser-Erwärmung soll mit Großanlagen vor allem den Bereich der solaren Deckungsanteile von 10 bis 30 % des jährlichen Wärmebedarfs erschließen. Dies ist bereits mit einer kurz- und mittelfristigen Speicherung solarer Wärme (Mehrtaages- bzw. Wochenspeicher, siehe Tabelle 4) möglich, die sich als kostengünstiger als die saisonale Speicherung erweist.

Gleichzeitig soll bei den solar unterstützten Nahwärmesystemen mit 35 bis 60% solarem Deckungsanteil nach neuen, kosteneffizienten Speicherkonzepten gesucht werden. Das Erreichen der oberen Grenze ist ein wesentliches Forschungsziel.

Weiterhin soll die solar unterstützte Klimatisierung durch die gute zeitliche Übereinstimmung von Solarstrahlungsangebot und Kühlbedarf künftig verstärkt entwickelt und erprobt werden. Eine Kombination von solarer Trinkwasser-Erwärmung, mit solar unterstützter Kühlung im Sommer und mit Heizungsunterstützung in der „kühlungsfreien“ Zeit ist dabei ein wesentlicher Ansatz für eine hohe Systemeffizienz.

Als weiterer Schwerpunkt soll die Erzeugung und Nutzung von solarer Prozeßwärme im Niedertemperaturbereich bis 100 °C für vielfältige gewerbliche Zwecke erschlossen werden, ein Anwendungsbereich, für den in Deutschland bisher kaum Erfahrungen vorliegen. Mit diesen neuen Einsatzgebieten sollen gleichzeitig auch neue Marktpotentiale im Inland und für den Export erschlossen werden.

Neben der Forschung und Entwicklung werden auch Investitionen derartiger Wärmeversorgungssysteme gefördert [18], [19]. Damit besteht eine Möglichkeit am Entwicklungsprozeß relativ kostenneutral teilzunehmen.

Abkürzungen und Begriffe

- Primärenergieträger: in der Natur vorhandene Energiequellen
- Endenergie: dem Verbraucher zur Verfügung gestellte Energie
- solare Nutzwärme: Wärme die vom solaren System an ein zu meist konventionelles Verteilsystem abgegeben wird
- solare Nutzwärmekosten: Quotient aus der jährlichen, solaren Nutzwärme und den jährlichen Gesamtkosten des solaren Systems, z.B. Kostenrechnung nach VDI 2067
- solarer Deckungsanteil: Quotient aus solarer Nutzwärme und Gesamtwärmebedarf, meist auf ein Jahr bezogen
- Speichernutzungsgrad: Quotient der Wärmemengen aus Speicherentladung zur Speicherbeladung, meist auf ein Jahr bezogen
- Systemnutzungsgrad: Quotient der solaren Nutzwärme zur Einstrahlung auf die gesamte Kollektorfläche, meist auf ein Jahr bezogen

BA	Bauabschnitt
DDC	Digital Direct Control
EnEV	Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung)
FK	Flachkollektoren
GFK	Glasfaserverstärkter Kunststoff
MFH	Mehrfamilienhäuser
MSR	Meß-, Steuer- und Regeltechnik
RH	Raumheizung
TWE	Trinkwasser-Erwärmung
VKR	Vakuum-Röhren Kollektoren
WE	Wohneinheiten

Quellen

- [1] Krause, K.; Milles, U.: Energie im Wandel basisEnergie 7, BINE Informationsdienst, Fachinformationszentrum Karlsruhe, Gesellschaft für wissenschaftlich-technische Informationen mbH, 76344 Eggenstein-Leopoldshafen (Hrsg.), 2000. - ISSN 1438-3802
- [2] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU): Erneuerbare Energien in Zahlen. BMU (Hrsg.), Referat Öffentlichkeitsarbeit, 11055 Berlin, 2003
- [3] Streicher, W.: Teilsolare Raumheizung, Auslegung und hydraulische Integration. Habilitationsschrift, Technische Universität Graz, 1996. – ISBN 3-90-1425-06-3
- [4] Stiftung Warentest (Hrsg.): Kombi-Solaranlagen. test, Berlin, April 2003
- [5] <http://www.iea-shc.org/task26/>
- [6] Viessmann Werke GmbH & Co KG, Viessmannstraße 1, 35107 Allendorf (Eder), 2004
- [7] Produktunterlagen: Solvis Energiesysteme GmbH & Co KG: Solvis Pictures 2001. Braunschweig, 2001
- [8] <http://www.solarthermie2000.de>
- [9] Klein, S. A. et. al.: TRNSYS - A transient system simulation program. Solar Energy Laboratory, University of Wisconsin--Madison, Madison, WI 53706 USA, 1994
- [10] Produktunterlagen: Wagner & Co Solartechnik GmbH, Zimmermannstr. 12, D-35091 Cölbe, 1996
- [11] Mangold, D.; Benner, M.; Schmidt, T.: Langzeit-Wärmespeicher und solare Nahwärme. Profiinfo I/01, BINE Informationsdienst, Fachinformationszentrum Karlsruhe, Gesellschaft für wissenschaftlich-technische Informationen mbH (Hrsg.), 76344 Eggenstein-Leopoldshafen. - ISSN 1436-2066
- [12] <http://www.muc.zae-bayern.de/zae/a4/deutsch/projekte/kollekt/attenkirchen-/attenkirchen.html>
- [13] Schirmer, U.; Urbaneck, T.; Göring, J. u.a.: Tragkonstruktionen für Solaranlagen. Solarpraxis-Fachverlag, Berlin, 2001. - ISBN 3-934595-11-1

- [14] <http://www.maschinenbau.tu-ilmenau.de/mb/wwwtd/forschung/regenergie-/speicher/speicher1.htm>
- [15] Jürgen Bühl, Technische Universität Ilmenau, Arbeitsgruppe regenerative Energien und Umweltmeßtechnik Helmholtzring 1, E-Mail: juergen.buehl@mb.tu-ilmenau.de, 2004
- [16] Urbaneck, T.; Schirmer, U.: Großanlage mit Vakuumröhrenkollektoren – Eine Leistungsbestimmung. 12. Symposium „Thermische Solarenergie“, 2002, Stafelstein, Ostbayerisches Technologie Transfer Institut e.V. (OTTI), Regensburg (Hrsg.), Tagungsband, S. 183-189. - ISBN 3-934681-20-4
- [17] Fishedick, M.; Nitsch, J.; u.a.: Langfristszenarien für eine nachhaltige Energienutzung in Deutschland. Forschungsvorhaben für das Umweltbundesamt, UFOPLAN FKZ 200 97 104, Kurzfassung, Wuppertal, Stuttgart, Mai 2002
- [18] <http://www.solarthermie2000plus.de>
- [19] <http://www.solarfoerderung.de>

Dank

Die diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurden mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie, des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit sowie des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit unter dem Förderkennzeichen 0329606 G/F/O/P gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren. Besonderer Dank gilt auch dem Projektträger PTJ für die Unterstützung der Vorhaben.