

Dipl. Ing. Robert Kremer

# Die neue VDI-Richtlinie 6002 bringt neue Erkenntnisse zur solaren Trinkwassererwärmung

## Teil 2

Die neue VDI-Richtlinie 6002 Blatt 1, „Solare Trinkwassererwärmung, allgemeine Grundlagen, Systemtechnik und Anwendung im Wohnungsbau“ geht bei der wirtschaftlichen Auslegung von Anlagen für Mehrfamilienhäuser von 20 % geringeren Bedarfszahlen aus. Die Personenzahl für Neubauten wird nicht nach DIN 4708 sondern nach VDI 2067 ermittelt. Für Neubauten mit großer Wohnungszahl schlägt die VDI-Richtlinie 6002 für die Zirkulationsverluste den Ansatz von 50 % des Tagesauslegungsbedarfs der Trinkwassererwärmung vor. Teil 1 dieses interessanten Beitrages wurde im Heizungsjournal, Heft 3, März 2007, Seite 82 ff. veröffentlicht

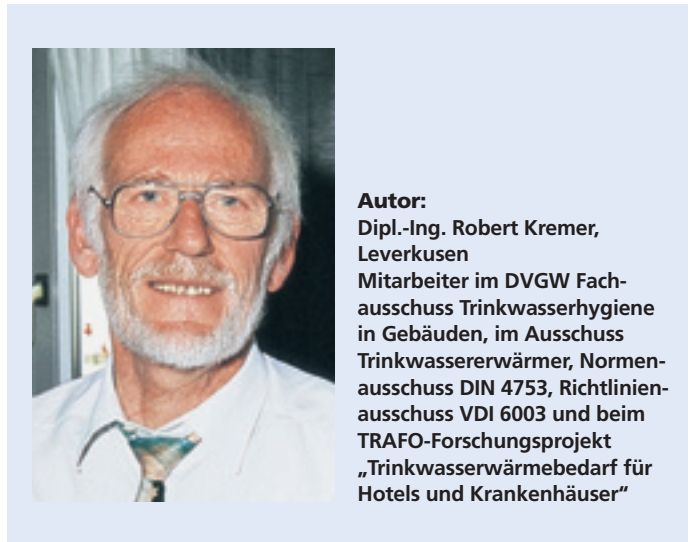
### Solarenergie zur Trinkwassererwärmung ohne Umwege nutzen

Abb. 10 und 11 zeigen eine bivalent beheizte Trinkwassererwärmungsanlage für Solarenergie mit Vorwärmerspeicher, Nachwärmerspeicher, einem Wärmeübertrager für Solarenergie an Trinkwasser, einem Trinkwassermischer mit zwei gegenläufig wirkenden Rückschlagklappen zwischen Zirkulationsanschluss und dem unteren Anschluss für vorgewärmtes Wasser. Der Platten-Wärmeübertrager ist zum Zweck der zweistufig temperaturgesteuerten Nutzung von Solarenergie mit einem Umschaltventil ausgerüstet, das bei

niedriger Solareinstrahlung gering erwärmtes Trinkwasser auf den unteren Anschluss des Mixers und ab 56°C Trinkwassertemperatur auf den oberen Anschluss für die Trinkwasserzirkulation leitet.

Neu ist an dieser Anlage, dass der Solar-Wärmeübertrager auch zur täglichen Zwangsaufheizung des Vorwärmers über den im Nachwärmerspeicher integrierten Primärenergie-Wärmeübertrager genutzt wird.

Dabei erfolgt die Vorwärmung des Trinkwassers, bei thermisch hohem Nutzen mit Solarenergie, und die restliche Nachwärmung auf mindestens 60°C über Primärenergie.



**Autor:**  
Dipl.-Ing. Robert Kremer,  
Leverkusen  
Mitarbeiter im DVGW Fach-  
ausschuss Trinkwasserhygiene  
in Gebäuden, im Ausschuss  
Trinkwassererwärmer, Normen-  
ausschuss DIN 4753, Richtlinien-  
ausschuss VDI 6003 und beim  
TRAFO-Forschungsprojekt  
„Trinkwasserwärmebedarf für  
Hotels und Krankenhäuser“

Unter diesen Voraussetzungen ist es möglich, die aus hygienischen Gründen erforderliche tägliche Aufheizung des Vorwärmers auf 60°C auch am Nachmittag vorzunehmen. Es ist auch möglich, die beschriebene Schaltung mit den gleichen energetischen Vorteilen zu einer teilweisen Aufladung des Vorwärmers zu nutzen, um die Min-

destlaufzeit von Wärmeerzeugern wie Holzkesseln, BHKW usw. für die Aufheizung des Trinkwassererwärmers über die Heizfläche im Nachwärmerspeicher zu beeinflussen.

Der für die Temperaturbeschränkung im Warmwasserverteilnetz TWW erforderliche Trinkwassermischer macht in Verbindung mit den beiden gegenläufig wirkenden Rück-

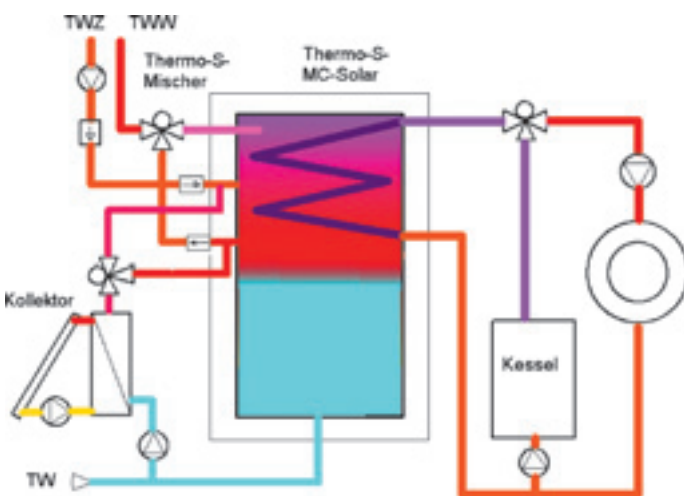


Abb. 10 · Thermo-S-MC-Solar von 400 bis 1200 Liter mit Aufladung des Vorwärmers (Legionellenschaltung) über Solarenergie und Primärenergie.

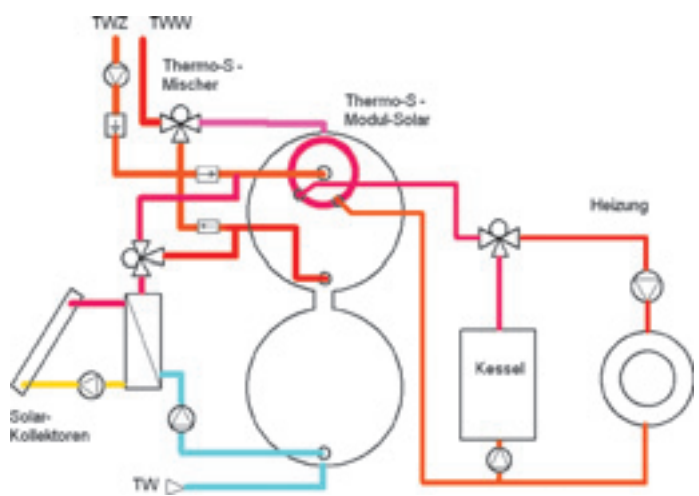


Abb. 11 · Thermo-S-Modul-Solar von 1500 bis 3000 Liter mit Aufladung des Vorwärmers (Legionellenschaltung) über Solarenergie und Primärenergie.

schlagklappen die bevorzugte Nutzung von Solarenergie aus dem Platten-Wärmeübertrager und dem Vorwärmespeicher möglich.

Außerdem erfolgt die Zufuhr von Wasser aus der Trinkwasserzirkulation so, dass immer eine Teilmenge des Zirkulationswassers zu einer permanenten thermischen Desinfektion durch den im oberen Teil auf zum Beispiel 65°C aufgeheizten Nachwärmespeicher geführt wird, bevor sie über den Trinkwasseremischer auf genau 60°C an dessen Austritt gemischt wird.

Die Thermo-S-Schaltung zur thermischen Desinfektion ist ein BTD-Patent. Die Einbindung der Trinkwasserzirkulation mit Legionellenschaltung nach Abb. 10 und 11 wurde von BTD zum Gebrauchsmuster angemeldet.

**Für die Auslegung der Nachwärmer in Solaranlagen gilt als allgemeine Anforderung: Der „Ideale Trinkwassererwärmer“ deckt den Bedarf genau und ist nicht größer als nötig!**

Für den Planer von zentralen Trinkwassererwärmungsanlagen ergibt sich nach der Bestimmung des Bedarfs (z.B. im Wohnungsbau die Bedarfskennzahl nach der DIN 4708) die Notwendigkeit, über den Anschlusswert des Trinkwassererwärmers und seinen Speichergehalt auszuwählen.

Die Kombination von Anschlusswert und Speichervolumen kann als „ideal“ bezeichnet werden, weil sich Bedarfs- und Leistungskurve während des Spitzenbedarfs genau decken und jegliche Überdimensionierung vermieden wird.

BTD-Behältertechnik hat auf Basis eines mehrfach beschriebenen Optimierungsverfahrens für „ideale Speicher“ [2] ein Computer-Auslegeprogramm für die hygienisch einwandfreie Trinkwassererwärmung in Mehrfamilienhäusern, Hotels, Krankenhäusern, Verwaltungsgebäuden und Schulen erstellt.

Mit Hilfe dieses Auslegeprogramms ist es möglich, das nötige Speichervolumen und den erforderlichen Anschlusswert zur Dimensionierung der Trink-

**Dimensionierung von Solaranlagen zur Trinkwassererwärmung mit Thermo-S-Solarsystemen**  
**Wirtschaftliche Auslegung nach VDI-Richtlinien VDI 2067 und VDI 6002 für Wohnhäuser**

Datum: 02.02.2007

Projekt: \_\_\_\_\_  
 Kunde: \_\_\_\_\_  
 Basis: \_\_\_\_\_  
 Name: \_\_\_\_\_

Projektdaten	Wert	Einheit	Vorschlag nach VDI 6002
Durchflusserhitzer (Leistung ca. kW)	201	kW	
Leistungskennzahl nach DIN 4708 (Anzahl Normalwohnungen)	32	NL (N-F)	
Ein- oder Zweifamilienhaus = 1 Mehrfamilienhaus = 2	2	Kennzahl	
30-40 Liter/SP 60°C 22-26 Liter/SP 60°C	26,39	L / Person	81,3 Personen (VDI 2067)

Gebäudedaten	Wert	Einheit	Vorschlag nach VDI 6002
Durchflusserhitzer (Leistung ca. kW)	201	kW	
Leistungskennzahl nach DIN 4708 (Anzahl Normalwohnungen)	32	NL (N-F)	
Ein- oder Zweifamilienhaus = 1 Mehrfamilienhaus = 2	2	Kennzahl	
30-40 Liter/SP 60°C 22-26 Liter/SP 60°C	26,39	L / Person	81,3 Personen (VDI 2067)

Anliagedaten	Wert	Einheit	Vorschlag nach VDI 6002
Heizsystem- Auslege- Vorlauftemperatur	65	°C	
Trinkwassererwärmung- Auslegtemperatur (DVGW551)	60,0	°C	50 bzw. 60°C
Zirkulationsdeckung mit Solarenergie Ja = 1 Nein = 2	1	Kennzahl	
Trinkwasserzirkulationsverluste in 16 Stunden	91,33	kWh	
Warmwasserbedarf in Ein- und Zweifamilienhäusern (Liter/Tag 60°C)	2146	ld 60°C	für Ein- und Zweifamilienhäuser
Warmwasserbedarf VDI 2067 Basis 1993 (Liter/Tag 60°C)	2146	ld 60°C	für Mehrfamilienhäuser
Heute: Personenzahl 1 für Zweizimmerwohnung 42 qm, 2 für Dreizimmerwohn	1717	ld 60°C	für Neubauten mit Spararmaturen
Warmwasserspitzenbedarf (L/60 min) überdimensioniert nach DIN 4708	1685	lh 60°C	1192 l/30 min

Kollektordaten	Wert	Einheit	Vorschlag nach VDI 6002
Absorberfläche für Trinkwassererwärmung von 13 auf 60 °C	30,7	qm	
Globalstrahlung	800	W/m²	800
Ausrichtung des Solardaches (Abweichung von Süden)	20	°	wenig Abweichung
Anstellwinkel der Solarkollektoren	30	Grad	45
Kollektoranlagen- Wirkungsgrad	73	%	68-75%
Leistung des Solar- Wärmetauschers an Thermo-S-Solarspeicher	27,26	kW	
Tageseinstrahlung pro m² im Sommer	7,5	kWh/m²	7-8 kWh/d
Systemwirkungsgrad mit und ohne Trinkwasserzirkulation	47,50 / 52,50	%	30-55% (wird errechnet)
Zirkulationsverluste in 10 Stunden parallel zur Tageseinstrahlung	57,08	kWh	
Nutzbare erwärmte Wassermenge an Sonnentagen bei Zirkulation	2209	ld (von 13 auf 60°C)	
Auslastung im Ein u. Zweifamilienhaus	43,00	ld/m²	ca. 40 anzustreben
Auslastung im Mehrfamilienhaus	70,00	ld/m²	50-70 oder bis 100
Absorberfläche zur Deckung der Zirkulationsverluste	16,02	m²	
Optimales Speichervolumen f. TW 40-50 l/m², f. Heizw. 50-60 l/m²	1416	Liter	
Absorberfläche für Trinkwassererwärmung und Zirkulation	45,58	m²	

Speicherdaten	Wert	Einheit	Vorschlag nach VDI 6002
Baugröße 2000 (gewähltes Volumen)			
Trinkwasservolumen			
Mindest- Gesamtvolumen bezogen auf 10 min und 60 min Spitze	1989	Liter	Geometrie
Zeitverzug bis Kesselleistung verfügbar (0-4 min)	2	min	
Oberes Mindestvolumen für 30 min Spitze von... kW beheizt	625	573	
Oberes Mindestvolumen für 60 min Spitze von... kW beheizt	578	474	70 kW gewählt
Oberes Mindestvolumen für 10 min Spitze von ...kW beheizt	392	378	63 KW Kesselleistung
Vorhandenes unteres Puffervolumen für Solarenergie	1377	1427	Geometrie
Das untere Trinkwasservolumen ist ausreichend bemessen	0,97	1,01	
Enthahmewirkungsgrad	19,62	18,91	%
Aufheiztemperatur für Trinkwassererwärmung	65,0	°C	
low-flow = 1 high-flow = 2 matched-flow = 3			
Solarvorlauf	66	°C	I-F=66, h-F=59 °C
Solarrücklauf	25	°C	I-F=35, h-F=45 °C
Heizwassertemperatur	30	°C	I-F=30, h-F=40 °C
Heizwasser- Vorlauftemperatur im Speicher	61	°C	I-F=61, h-F=54 °C

**Ergebnisse**  
 Optimale Auslegung nach VDI-Richtlinie VDI-6002: Auslastung für ein Mehrfamilienhaus ok

Abb. 12 · Berechnungsergebnis für ein Wohnhaus mit 32 Wohnungen in Anlehnung an die neue VDI-Richtlinie 6002 und die VDI-Richtlinie 2067.

wassererwärmungsanlage im direkten Kontakt mit dem Planer zu bestimmen und den erforderlichen Platzbedarf, den Anschlusswert des Trinkwassererwärmers und Auslegung der Wärmeerzeuger sowie den Gesamtpreis der jeweiligen Anlage zu ermitteln.

**Wirtschaftlichkeit von Solaranlagen ist ohne hohe Fördermittel noch nicht gegeben**

Die neue VDI-Richtlinie 6002 Blatt 1 befasst sich vornehmlich mit sehr großen Wohnungszahlen. Es sind jedoch auch Hinweise auf Ein- und Zweifa-

milienhäuser enthalten. Der Verfasser dieses Aufsatzes hat sich wegen der zunehmenden Bedeutung des Themas die Aufgabe gestellt, auch für den Bereich von 3 bis ca. 150 Wohnungen Kollektorflächen und Heizwasservolumen unter Einbeziehung der Zirkulationsverlustdeckung zu berechnen.

Das Ergebnis der Berechnung ist jeweils die Speicher-Kollektor-Kombination, bei der die niedrigsten „Kosten für die solare Nutzwärme“ entstehen.

Zu diesem Zweck wurde eine Berechnung in Excel „in Anlehnung an VDI 6002 auf Basis der Benutzerzahlen nach

VDI 2067“ erstellt und eine Wirtschaftlichkeitsberechnung nach der Annuitätsmethode auf Basis der VDI 6002 Blatt 1.

Abb. 12 zeigt das Berechnungsergebnis für ein Wohnhaus mit 32 Wohnungen und nur 82 Personen in Anlehnung an die neue VDI Richtlinie 6002 und die VDI-Richtlinie 2067. Die Berechnung ist für Anlagen mit Trinkwasserzirkulation durchgeführt und führt bei einem Belastungswert von 70 Liter/m² zu einer Kollektorfläche von ca. 47 m² (für Zapfungen ca. 31 m², für die Deckung der Zirkulationswärmeverluste ca.16 m²).



Das erforderliche Speichervolumen im Vorwärmer ist 1416 Liter. Der Warmwasserbedarf ist mit 26 Liter pro Person und Tag relativ hoch angesetzt.

### Die Kosten der solaren Nutzwärme liegen auf Höhe der Stromkosten

Die „Kosten der solaren Nutzwärme“ können in Anlehnung an die VDI Richtlinie 2067 nach einem Berechnungsschema der VDI 6002 bestimmt werden.

Ein wesentlicher Teil der neuen Richtlinie befasst sich auf den Seiten 60 bis 70 mit der Wirtschaftlichkeitsberechnung von Solaranlagen. Als Grundlage dienen die Erfahrungen aus dem Förderprojekt „Solarthermie 2000“.

Abb. 13 zeigt den Vergleich eines neuen Projektes (eigenes Projekt) mit 76 m<sup>2</sup> Kollektorfläche für 60 Wohnungen (nach

VDI Richtlinie 2067 nur 150 Personen) und einem 3000 Liter Thermo-S-Solarsystems mit den Durchschnittswerten aus den geförderten Projekten „Aus Solarthermie 2000“.

Dabei sind die damaligen Gesamtkosten von 670 €/m<sup>2</sup> Kollektorfläche entsprechend der allgemeinen Kostensteigerung auf heute 720 €/m<sup>2</sup> hochgerechnet worden.

Für das „Eigene Projekt“ wurden Flachkollektoren auf einem vorhandenen Schrägdach mit entsprechend geringeren Kosten berücksichtigt.

Als Belastungswert sind die in VDI 6002 empfohlenen 70 Liter/m<sup>2</sup> und Tag angesetzt. Der Trinkwarmwasserbedarf ist mit 24 Liter pro Person angenommen.

Die „Solaren Wärmegestehungskosten“ des geplanten Projektes liegen für dieses Bei-

spiel nach der Annuitätsmethode bei einem Zinssatz von 5 % und einer angenommenen Lebensdauer der Komponenten von 20 Jahren bei 0,156 €/kWh und damit erheblich unter den heutigen Stromkosten von ca. 0,19 €/kWh!

Die Brennstoff-Grenzkosten liegen für eine wirtschaftliche Nutzung der Solarenergie bei diesem Projekt für Heizöl bei 1,57 €/l. und für Erdgas bei ca. 1,38 €/m<sup>3</sup>.

Bei dynamischer Betrachtung von Betriebs- und Brennstoffkosten werden bei den zu erwartenden Energiepreissteigerungen die Grenzkosten der Öl- und Gasfeuerung in weniger als 10 Jahren unterboten. Die thermische Solarenergie wird dann auch für große Wohnungsprojekte wirtschaftlich im herkömmlichen Sinne.

### Zitat aus VDI 6002 Blatt 1, Seite 68:

Berücksichtigung der Preisentwicklung (dynamische Rechnung)

Die beschriebene statische Berechnung berücksichtigt nicht die künftigen Preise bei konventionellen Energieträgern sowie bei Löhnen und Investitionsgütern

Solaranlagen zeichnen sich gegenüber konventionellen Systemen dadurch aus, dass der Hauptanteil der Kosten (die kapitalgebundenen Kosten machen 80 % der Kosten aus) über die gesamte Lebensdauer der Anlage konstant bleibt. Lediglich 15 bis 20 % der Kosten (Wartung, Instandhaltung) können sich mit den allgemeinen, Preissteigerungsraten verändern.

Nur ein sehr geringer Teil der Kosten (ca. 2 bis 5%; je nach Anlagengröße- und Effizienz) fällt für konventionelle Energieträger an. Diese Kosten steigen mit der Entwicklung der Energiepreise an.

Bei dynamischer Betrachtung der Kosten für die solare Nutzwärme im Vergleich mit den Kosten bei einem konventionellen System würden für die Solaranlage erheblich bessere Ergebnisse zur Konkurrenzfähigkeit erzielt als bei einer statischen Momentbetrachtung zum Investitionszeitpunkt.

Im Einzelfall muss der Planer entscheiden, welches dynamische Berechnungsverfahren er benutzen will.

In VDI 2067 und VDI 6025 sind Verfahren beschrieben.

### Heizwasserspeicher mit Durchflusserhitzern und Aufladesystem für die solare Trinkwassererwärmung.

Alle bekannten Trinkwassererwärmungssysteme für die Nutzung alternativer Energie haben einen gemeinsamen Nachteil, der besonders im Bereich der Mehrfamilienhäuser mit Trinkwasserzirkulation auftritt.

Die Zirkulationsverluste werden wegen des hohen Temperaturniveaus fast ausschließlich von Primärenergie gedeckt. Ein weiteres Problem liegt in den zu hohen Rücklauftemperaturen bei der Deckung der Zirkulationsverluste.

Kosten der solaren Nutzwärme (VDI 6002 Blatt 1 Seite 87)						
Kostenart	Zeich	Berechnung	Aus Solarthermie 2000	Eigenes Projekt	Größen:	
Kosten für Kollektoren	Ks	52,9 % der Kosten	27.720,00 €	22.120,97 €	76 m <sup>2</sup> Flach	
Einbaukosten	Kse	Enthalten			NL60	
Kosten für Solarspeicher	Khs	14 % der Kosten	7.336,11 €	11.520,00 €	3000 Liter	
Einbaukosten Solarkomponenten	Khe	14 % der Kosten	7.336,11 €	7.336,00 €		
Kosten für Regelung/Verdrahtung	Kr	4,5 % der Kosten	2.358,04 €	2.358,04 €		
Kosten f. Planung	Kp	14 % der Kosten	7.336,11 €	7.336,00 €		
Eingesparte Kosten für Dach oder TWE kon.	Ek			0,00 €		
Fördergelder	F			3.800,00 €		
<b>Investitionskosten</b>	<b>KI</b>	<b>Summe K- Ek-F</b>	<b>52.400,80 €</b>	<b>46.871,01 €</b>		
Lebensdauer der Anlage	N		20 a	20 a		
Kapitalzinssatz gewichtet	P	Eingabe 5%=0,05	0,050	0,050		
Annuitätsfaktor	Fa	$\frac{(1+p)^n * p}{((1+p)^n - 1)}$	0,080243	0,080243	1/a	1/a
<b>Kapitalgebundene Kosten</b>	<b>Kk</b>	<b>KI*Fa</b>	<b>4.204,78 €/a</b>	<b>3.761,05 €/a</b>		
Betriebsgebundene Kosten Eingabe (0,02 bis 0,01)			0,015	0,015		
<b>Betriebsgebundene Kosten</b>	<b>Kb</b>	<b>0,02 bis 0,01*KI</b>	<b>786,01 €/a</b>	<b>793,07 €/a</b>		
Arbeitszahl der Solaranlage		Gewinn/Verbrauch	30 kWh/k	30 kWh/kWh		
Strombezugspreis	Kstrom		0,2 €/kWh	0,2 €/kWh		
<b>Verbrauchsgebundene Kosten</b>	<b>Kv</b>		<b>0,0067 €/kWh</b>	<b>0,0067 €/kWh</b>		
Jährlicher solarer Energieertrag	Qsol	Simulationsberg.	28224 kWh/a	29917 kWh/a		
Jährlicher solarer Energieertrag	Qsol	Simulationsberg.		29917 kWh/a		
<b>Solare Wärmegestehungskosten</b>	<b>Ksol</b>		<b>0,183 €/kWh</b>	<b>0,156 €/kWh</b>		
Jahresnutzungsgrad des Kessel	Nkon	Eingabe (80-85)	0,82	0,82		
<b>Eingesparte Primärenergie</b>	<b>Qsav</b>		<b>34419 kWh/a</b>	<b>36484 kWh/a</b>		
Bezugspreis für Heizöl	Kbk		0,5 €/l	0,5 €/l		
Heizwert Heizöl	Hu		10,08 kWh/l	10,08 kWh/l		
Energiekosten für Heizöl	Kkon		0,0605 €/kWh	0,0605 €/kWh		
<b>Grenzkosten für Heizöl</b>	<b>Kbköl</b>	<b>Ksol * Hu öl</b>	<b>1,8496 €/l</b>	<b>1,5713 €/l</b>		
Bezugspreis für Erdgas	Kbk		0,62 €/m <sup>3</sup>	0,62 €/m <sup>3</sup>		
Heizwert Erdgas	Hu		8,858 kWh/m <sup>3</sup>	8,858 kWh/m <sup>3</sup>		
Energiekosten für Erdgas	Kkon	€	0,0700 €/kWh	0,0700 €/kWh		
<b>Grenzkosten für Erdgas</b>	<b>Kbgas</b>	<b>Ksol * Hu gas</b>	<b>1,6254 €/m<sup>3</sup></b>	<b>1,3808 €/m<sup>3</sup></b>		
<b>Mehrkosten (+) oder Minderkosten (rot) je kWh</b>	<b>ΔK</b>	<b>Ksol - Köl</b>	<b>+0,123 €/kWh</b>	<b>+0,095 €/kWh</b>		
<b>Jährliche Mehrkosten (+) oder Minderkosten</b>	<b>ΔK</b>	<b>Qsav*Kdiff</b>	<b>+4.233,71 €/a</b>	<b>+3.480,27 €/a</b>		
<b>Mehrkosten (+) oder Minderkosten (rot) je kWh</b>	<b>ΔK</b>	<b>Ksol - Kgas</b>	<b>+0,114 €/kWh</b>	<b>+0,086 €/kWh</b>		
<b>Jährliche Mehrkosten (+) oder Minderkosten</b>	<b>ΔK</b>	<b>Qsav*Kdiff</b>	<b>+3.906,67 €/a</b>	<b>+3.133,61 €/a</b>		
Vermiedene CO <sub>2</sub> Emission Öl			10685 kg/a	10690 kg/a		
Vermiedene CO <sub>2</sub> Emission Gas			7882 kg/a	8355 kg/a		

Abb. 13 · Kosten der solaren Nutzwärme für ein Mehrfamilienhaus mit 60 Wohnungen und einer Auslastung von 70 Liter/m<sup>2</sup> Kollektorfläche in Anlehnung an VDI 6002 Blatt 1 (Mehrwertsteuer 19%).

Das wirkt sich nicht nur bei der Nutzung von Solarenergie aus sondern auch beim Einsatz der Systeme für die Wärmepumpe und in Verbindung mit Brennwertkesseln.

Abb. 14 stammt aus einem Vortrag von Professor F.P. Schmickler von der Fachhochschule in Münster bei der REHVA Tagung CLIMA 2005, in Lausanne [1]:

„First there are systems for single family dwellings or two family houses. They have typically so called bivalent warm water storage.

The other both systems are made for bigger buildings and characteristically have a collector area from more than 100 square meters. The schemes of these both systems are shown and described (figure 1 shows one example scheme).

All these three systems guarantee that the VDI guideline is neutral and future developments are possible.“

Professor Schmickler stellte bei seinem Vortrag für die Zukunft noch folgende Anforderungen an neue Solaranlagen zur Trinkwassererwärmung:

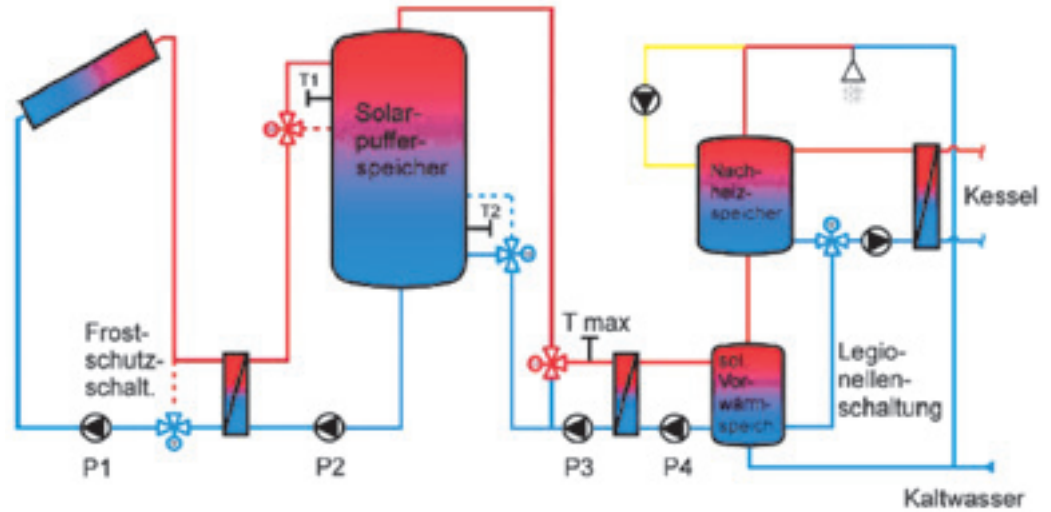


Abb. 14 · Beispiel einer großen Solaranlage für mehr als 100 m<sup>2</sup> Kollektorfläche mit Vorwärm-speicher und Legionellenschaltung.

#### FUTURE DEMANDS

- Solar heating systems must become cheaper.
- Solar heating systems must become tolerant of mistakes.
- The design of solar heating systems must be harmonious installable.
- The regulation technology must become simple, but efficient.

- Solar heating systems must become compatible.
- People must have a simple chance to check the promised efficiency

#### Direkte Einbindung der Zirkulation in das Solarsystem

Das Schaltschema nach Abb. 14 ist auch als „Abb. 8“ in der VDI 6002 abgebildet.

Die Nachheizung der Zirkulationsverluste erfolgt offensichtlich ausschließlich über Primärenergie. In der Beschreibung zum Schema heißt es, dass die „Einbindung der Zirkulation in das Solarsystem nicht dargestellt ist“. Zum Thema einer möglichen Integration der Zirkulation in das Solarsystem wird auf eine im Anhang genannte Veröffentlichung [12] verwiesen.

Unter der Überschrift „direkte Einbindung der Zirkulation in das Solarsystem“ wird in der VDI Richtlinie 6002 weiter ausgeführt, dass eine Einbindung „bei etwas großzügigerer Dimensionierung prinzipiell erwogen werden kann“. Vor den Nachteilen einer ungünstigen Einbindung der Zirkulation wird mit Hinweis auf das Absinken der Effizienz der Solaranlage gewarnt.

Die beste Lösung für die richtige Einbindung der Zirkulation ist für Trinkwasserspeichersysteme mit Vorwärmern in Abb. 10 und 11 dargestellt. Außerdem wird bei diesen beiden Systemen die vorteilhafteste „Legionellschaltung“ vorgenommen.

Folgerichtig wird die Auslegung der Kollektorflächen für diese Systeme unter Berücksichtigung der Zirkulationsverluste vorgenommen (Tabellenwerte in Abb. 4 u. Abb. 8) Das befürchtete Absinken der Effizienz der Solaranlage ist wirksam verhindert.

**Ein neues Baukastensystem für die Trinkwassererwärmung in Hotels, Krankenhäusern und Mehrfamilienhäusern mit 20 bis 1000 Wohnungen**

Moderne Heiz- und Trinkwassererwärmungssysteme werden wegen besonderer Anforderungen an die Versorgungssicherheit und aus Kostengründen zunehmend mit Heizwasserschichtenspeichern ausgerüstet.

Neben der notwendigen Speicherung von thermischer Solarenergie ist auch für den wirtschaftlichen und energiesparenden Betrieb moderner Wärmeerzeugungssysteme eine Speicherung erforderlich.

Zum Beispiel:

- Brennwertkessel für Öl- und Gasfeuerung; zur Verbesserung der Kondensationsbedingungen und zur Verlängerung der Laufzeiten,
- Holzheizkessel; zur Verminderung der Anzahl von Ein- und Ausschaltungen und zur Einhaltung von Förderrichtlinien,
- Fernwärmesysteme zur Verringerung des Anschlusswertes und zur verbesserten Rücklaufauskühlung,

- Brennstoffzellen und BHKW; zur Verlängerung der Laufzeiten und zur Erhöhung der Spitzenkapazität.
- Wärmepumpen; zur Verlängerung der Laufzeiten und zur Erhöhung der Spitzenkapazität,
- Trinkwassererwärmung mit thermischer Solarenergie zum Ausgleich zwischen Warmwasserbedarf und Solarangebot.

Die BTD Behältertechnik besitzt in Dettenhausen eine der modernsten Fertigungen in Europa für Pufferspeicher.

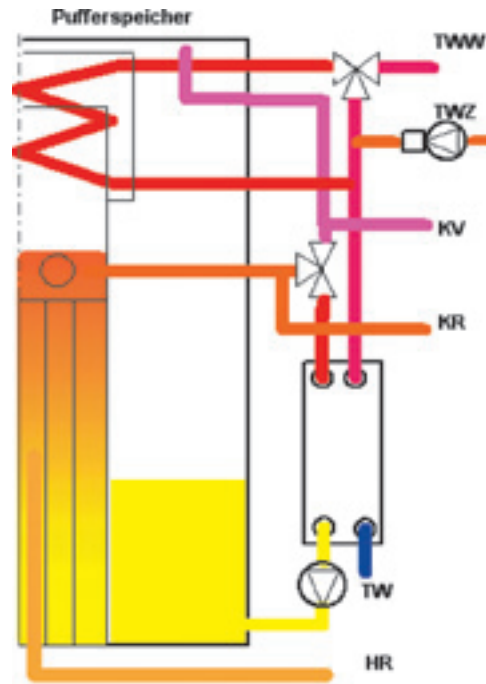
Die besondere Kompetenz des Unternehmens auf dem Gebiet hygienischer Trinkwassererwärmungsanlagen und die Patente und Schutzrechte auf diesem Gebiet machen das Unternehmen zu einem der interessantesten Anbieter für alle modernen Heiz- und Trinkwassersysteme.

BTD entwickelte auf Basis der Schutzrechte für die hygienische TWE und unter Verwendung der serienmäßig gefertigten Pufferspeicher ein neues Baukastensystem für die hygienische Trinkwassererwärmung in Hotels, Krankenhäusern und Mehrfamilienhäusern mit 20 bis 1000 Wohnungen.

Alle PUS-Heizwasserpufferspeicher mit integriertem Trinkwassererwärmer werden auch mit einer neuartigen Schichtungsspirale ausgerüstet, die eine thermisch geschichtete Einleitung von Heizungsrücklaufwasser ermöglicht. Als Trinkwassererwärmer über 60°C werden verkalkungssichere Membran-ovalrohre aus Edelstahl als Durchflusserhitzer eingesetzt, unter 60°C Trinkwassertemperatur und für den Solarkreis werden Plattenwärmeaustauscher aus Edelstahl verwendet.

Für die neuen Heizwasserschichtenspeicher mit Durchflusserhitzer wurde die Zirkulationseinbindung besonders auch mit Rücksicht auf Wärmepumpen, Brennwertkessel und den Anschluss an die Fernheizung optimiert.

Das Ergebnis ist der neue PUS-Schichtenspeicher mit Trinkwassererwärmer nach Abb. 15 mit oben eingebauter Zirkulationsheizfläche aus Membran-Ovalrohr und einem außenlie-

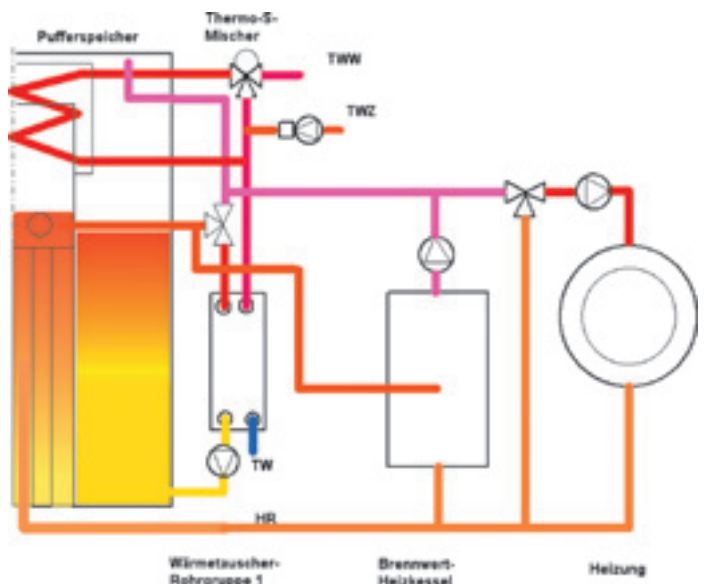


**Abb. 15 · Pufferspeicher PUS mit Schichtungsspirale, Wärmetauscher-Rohrgruppe und Thermo-S-Trinkwassermischer.**

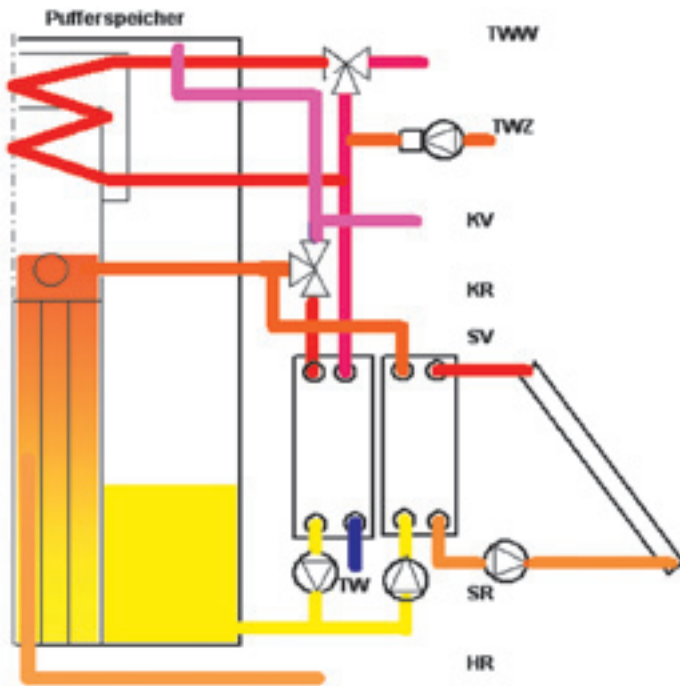
genden Plattenwärmeaustauscher für die Trinkwassererwärmung bei Zapfungen.

Mit diesen Komponenten ist es in Verbindung mit dem patentierten Thermo-S Mischer zur permanenten thermischen Desinfektion möglich, einerseits die Zirkulationsverluste ohne Ladepumpenbetrieb aus dem oberen Speicher zu decken und andererseits mit Hilfe des Plattenwärmeaustauschers bei größeren Zapfungen das Heizwasser bis unter die Raumtemperatur auszukühlen.

**Brennwertkessel mit einem Wirkungsgrad über 106 %**  
Die Vorteile der Schichtenspeicherung mit extremer Auskühlung des Heizwassers können in Anlagen mit Brennwertnutzung zur Effizienzsteigerung genutzt werden. Brennwertkessel erreichen bei normalen Betriebstemperaturen einen Wirkungsgrad von 98 bis 100 %. Bei einer Rücklauftemperatur von 20°C sind jedoch Werte zwischen 105 und 107 % zu erwarten. Die Pufferspeicher nach Abb. 15 sind im Bezug auf das



**Abb. 16 · Pufferspeicher PUS mit Trinkwassererwärmung und Brennwertkessel.**



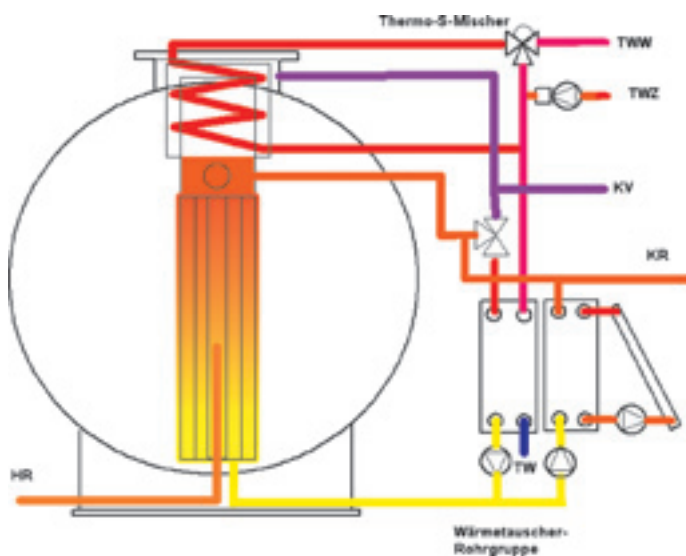
**Abb. 17 · Pufferspeicher PUS mit Schichtungsspirale Wärmetauscher-Rohrgruppe, Thermo-S-Trinkwassermischer und Wärmetauscher-Rohrgruppe für Solarenergie.**

untere Volumen für den Tagesbedarf der Trinkwassererwärmung ausgelegt. Das obere Volumen ist ausreichend zur Deckung des Zirkulationswärmebedarfs und für die Spitzenleistung bei Zapfungen. Bei dieser Auslegung ist es möglich, im Sommer und im Winter allein durch die Wirkungsgradverbesserung im Kondensationsbetrieb des Kessels eine Energieeinsparung von 6 % zu erreichen.

Abb. 16 zeigt das neue PUS-System in Verbindung mit einem Brennwertkessel. Der

Kessel hat zwei Rücklaufstutzen und wird so an den Speicher angeschlossen, dass der wärmere Rücklauf auf die Kesselmitte geführt wird und der kältere Rücklauf zur Verbesserung der Kondensationsbedingungen an den NT-Stutzen des Kessels.

Die Brennstoffeinsparung für ein Projekt mit 100 Wohnungen, einem 6000 Liter Pufferspeicher und einem Brennwertkessel von 250kW würde beispielsweise 3000 Liter Heizöl oder 3400 m<sup>3</sup> Erdgas entsprechen.



**Abb. 18 · Die Verwendung von liegenden Pufferspeichern Typ PUS-L ermöglicht den Bau und die Nachrüstung von sehr großen Anlagen mit Heizwasservolumen bis 40.000 Liter bei normaler Kellerhöhe.**



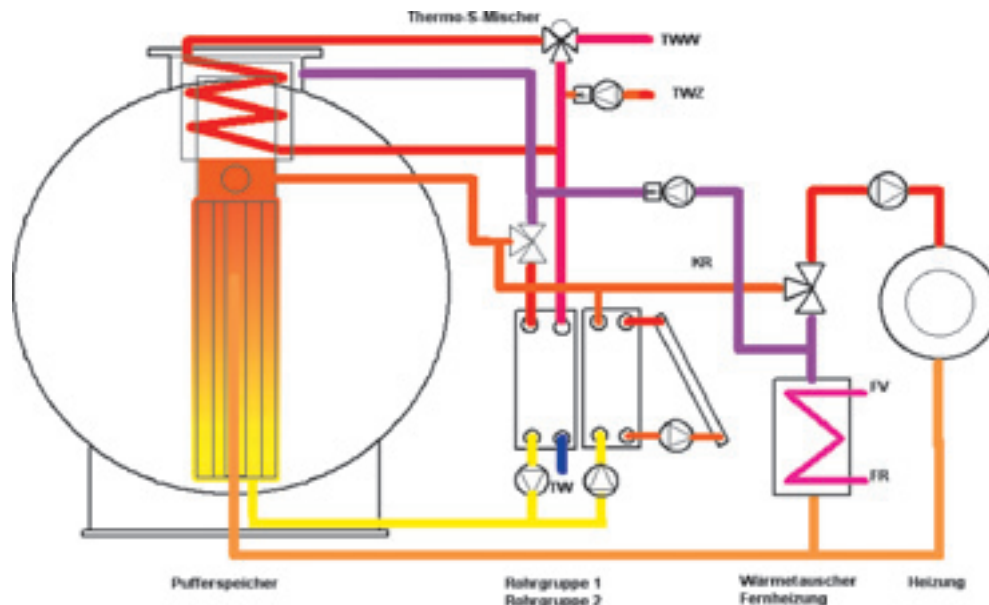


Abb. 19 - Solarenergie für Heizung und Trinkwassererwärmung mit indirektem Anschluss an die Fernheizung über Wärmeaustauscher.

Die Installation einer solchen Anlage ist schon ohne Solarenergie wirtschaftlich und wäre bei Neuanlagen oder bei Sanierungen ein erster Schritt auf dem Weg zur thermischen Solaranlage für Trinkwassererwärmung und Heizung. Wie Abb. 17 im Vergleich zu Abb. 15 zeigt, ist PUS-Thermo-S-Solar ein Baukastensystem und kann später noch für Solarkollektoren mit einer Solar-Wärmetauscher-Rohrgruppe nachgerüstet werden.

### Anlagen beliebiger Größe im Baukastensystem

Ein Baukastensystem mit Pufferspeichern von 2.000 bis 20.000 Liter Inhalt und vier Wärmetauscherrohrgruppen mit Leistungen von 150kW bis 1250kW ermöglicht dem Anlagenplaner den Bau beliebig großer Heizungs- und Trinkwassererwärmungsanlagen für Fernheizung, Wärmepumpen, BHKW, Holzfeuerung, Brennwertkessel und Solarenergie.

Die Baugrößen nach Abb. 21 sind stehende und liegende Heizwasserspeicher, bestehend aus PUS Pufferspeichern mit thermischer Schichtungsoptimierung und oben eingebautem Durchflusserhitzer. Die Schichtenspeicher werden nach Bedarf mit Wärmetauscherrohrgruppen für die hygienische Trinkwassererwärmung Thermo-S- und mit Wärmetauscherrohrgruppen für die Beheizung mit Solarenergie oder anderen Wärmequellen ausgerüstet.

Die Verwendung von liegenden Pufferspeichern Typ PUS-L mit ca. zwei Meter Durchmesser (Abb. 18 und 19) ermöglicht den Bau und die Nachrüstung von sehr großen Anlagen mit Heizwasservolumen bis 40.000 Liter bei normaler Kellerhöhe. Dafür werden bis zu vier Speicher in Reihe geschaltet.

### Fernwärme und Solartechnik ist im Prinzip möglich

Auch bei Fernheizbetreibern kommt es vor, dass der Kunde die Frage nach der Nutzung thermischer Solarenergie stellt.

Wenn das für das Fernheizunternehmen wegen der ausbleibenden Wärmelieferung im Sommer auch relativ uninteressant ist, so wird doch häufig aus prinzi-

Dimensionierung von Solaranlagen zur Trinkwassererwärmung mit BTD-Pufferspeichern			
Auslegung in Anlehnung an die VDI- Richtlinien VDI 2067 und VDI 6002 für Wohnhäuser			
<b>Projektdatei</b>		Datum:	21.12.2006
Projekt:	BTD Thermo-S-Solar		
Kunde:	Ing. Büro Kremer		
Basis:	VDI-Richtlinien 6002 und 2067		
Name:	Robert Kremer 51381 Leverkusen (roberk@t-online.de)		
<b>Gebäudedaten</b>		Wert	Einheit
Durchflusserhitzer (Leistung ca. kW)		308	kW
Leistungskennzahl nach DIN 4708 (Anzahl Normalwohnungen)		66	NL (NH)
Ein- oder Zweifamilienhaus = 1 Mehrfamilienhaus = 2		2	Kennzahl
30-40 Liter/dP 60°C	22-26 Liter/dP 60°C	24,19	L / Person
		167,7	Personen nach VDI 2067
<b>Anlagendaten</b>		Zirkulation	
Heizsystem- Auslega- Vorlauftemperatur		65	°C
Trinkwassererwärmung- Auslegtemperatur (DVGW 551)		60,0	°C
Zirkulationsdeckung mit Solarenergie Ja = 1 Nein = 2		1	Kennzahl
Trinkwasserzirkulationsverluste in 16 Stunden		146,21	kWh
Warmwasserbedarf in Ein- und Zweifamilienhäusern (Liter/Tag 60°C)		0	l/d 60°C
Warmwasserbedarf VDI 2067 Basis 1993 (Liter/Tag 60°C)		4058	l/d 60°C
Heute: Personenzahl 1 für Zweizimmerwohnung 42 qm, 2 für Dreizimmerwohnung, 76 qm		3246	l/d 60°C
Warmwasserspitzenbedarf (1,60 min) überdimensioniert nach DIN 4708		2615	l/h 60°C
		1842	V30 min
<b>Kollektordaten</b>			
Absorberfläche für Trinkwassererwärmung von 13 auf 60 °C		58,0	qm
Globalstrahlung		800	W/m²
Bauart der Kollektoren : Flachkollektor 1 Röhrenkollektor 2		2	
Ausrichtung des Solardaches (Abweichung von Süden)		10	%
Anstellwinkel der Solarkollektoren		40	Grad
Kollektoranlagen- Wirkungsgrad		73,5	%
Leistung des Solar- Wärmetauschers an Thermo-S-Solarspeicher		49,17	kW
Tageseinstrahlung pro m² im Sommer		7,5	kWh/m²
Systemwirkungsgrad mit und ohne Trinkwasserzirkulation		47,50	52,50
Zirkulationsverluste in 10 Stunden parallel zur Tageseinstrahlung		91,38	kWh
Nützlich erwärmte Wassermenge an Sonntagen bei Zirkulation		4176	l/d (von 13 auf 60°C)
Auslastung im Ein u. Zweifamilienhaus			l/m²/d ca. 40 anzustreben
Auslastung im Mehrfamilienhaus		70,00	l/m²/d 50-70 oder bis 100
Absorberfläche zur Deckung der Zirkulationsverluste		25,65	m²
Optimales Speichervolumen f. TW 40-50 l/m², f. Heizw. 50-60 l/m²		3347	Liter
Absorberfläche für Trinkwassererwärmung und Zirkulation		83,62	m²
<b>Speicherdaten</b>			
Baugröße	4000 (gewähltes Volumen)	Heizwasservol.	4006
Mindest- Gesamtvolumen bezogen auf 10 min und 60 min Spitze			Liter

Abb. 20 - Berechnungsergebnisse für ein Wohnhaus mit 66 Wohnungen in Anlehnung an die neue VDI-Richtlinie 6002 und die VDI-Richtlinie 2067.

piellen Gründen dem Anschluss der Solarkollektoren zugestimmt.

Abb. 19 zeigt den indirekten Anschluss der Fernheizung über einen Wärmeübertrager für Heizung und Trinkwassererwärmer so, dass die Solarenergie in der Übergangszeit auch für die Heizung genutzt werden kann.

Zu diesem Zweck wird für den Anschluss der Heizung die Thermo-S-Schaltung von Heizwasserspeicher und Wärmetauscher für die Fernheizung über ein gemeinsames Dreiwegeventil vorgeschlagen.

Dabei wird der Heizwasserspeicher nicht als Vorwärmer geschaltet, was die Bedingungen für die Fernheizung verschlechtern würde, sondern parallel zum Speicher mit kaltem Rücklaufwasser beaufschlagt.

Auf diese Weise wird Solarenergie ohne Nachteile für die Fernheizung optimal genutzt.

### **Berechnungsergebnisse für Mehrfamilienhäuser mit Zirkulationssystem in Anlehnung an die VDI Richtlinie 6002 Blatt 1**

Die VDI-Richtlinie 6002 Blatt 1 befasst sich vornehmlich mit

Leistungskennzahl NL*	Oberes Volumen für Beheizung m. Primärenergie Liter      KW		Kollektor Fläche (m <sup>2</sup> )	Auslastung VDI 6002 Liter/m <sup>2</sup>	Heizwasser-Speicher Volumen (Liter)	Gesamt-Volumen (Liter)	**Anzahl Personen VDI 2067
18-27	465	45-62	39-40	50-70	1535	2000	46-76
28-46	600	56-100	55-62	50-71	2400	3000	71-117
41-66	645	85-150	75-84	50-70	3355	4000	104-168
68-110	665	250	114-127	50-70	5235?	6000	173-280
122-200	1125	216-370	184-207	50-70	8875	10000	310-508
190-300	2200	290-455	264-288	50-70	12800	15000	483-763
270-430	3000	380-600	354-388	50-70	17000	20000	686-1092

\* Anzahl Normalwohnung nach DIN 4708. \*\*Anzahl Personen nach VDI Richtlinie 2067

**Abb. 21 · Bemessung von Kollektoren und Heizwasserspeichern Thermo-S-Solar für die Trinkwassererwärmung mit Zirkulation in Anlehnung an die VDI 6002.**

sehr großen Wohnungszahlen und Solaranlagen mit ca. 100m<sup>2</sup> Kollektoren. Der Verfasser dieses Aufsatzes hat sich wegen der zunehmenden Bedeutung des Themas die Aufgabe gestellt, auch für den Bereich von 3 bis ca. 150 Wohnungen unter Einbeziehung der Zirkulationsverluste wirtschaftliche Kollektorflächen und Heizwasservolumen in Anlehnung an die VDI 6002 zu bestimmen.

Zu diesem Zweck wurde außer dem bereits vorgestellten Excel-Berechnungsprogramm für

Trinkwasserspeichersysteme ein Auslegungsprogramm für Heizwasserspeichersysteme, in Anlehnung an VDI 6002 auf Basis der Benutzerzahlen nach VDI 2067 erstellt.

Abb. 20 zeigt die Excel-Tabelle mit den Ergebnissen zu einem Beispiel mit 66 Wohnungen. Für die nach VDI 6002 wirtschaftlichste Auslastung von ca. 70 Liter/m<sup>2</sup> Kollektorfläche ergibt sich für die Trinkwassererwärmung alleine nur eine Kollektorfläche von ca. 58m<sup>2</sup>! Berücksichtigt man zusätzlich

die Zirkulationsverluste der Anlage, so vergrößert sich die erforderliche Kollektorfläche auf ca. 84m<sup>2</sup> und damit auf eine auch bisher übliche Größenordnung. Das erforderliche Speichervolumen ist 4000 Liter, wobei 3350 Liter für Solarenergie vorgesehen sind und 650 Liter für Primärenergie.

Als Service für die Planung hygienischer Trinkwassererwärmungssysteme werden z. B. von den Vertretern der Firma BTd alle vorkommenden Objekte vom Wohnungsbau bis zum



Krankenhaus, vom Hotel bis zur Sportstätte technisch ausgelegt und angeboten.

Das Ergebnis der Berechnungen ist für Auslastung zwischen 50 und 70 Liter Warmwasser pro Quadratmeter Kollektorfläche (in Anlehnung an die VDI 6002) im Bereich von 18 bis 430 Wohnungen in der Tabelle nach Abb.21 zusammengefasst.

Die Auslegungsvariante mit der Auslastung 70 Liter/m<sup>2</sup> erzielt nach VDI 6002 bei Anlagen um 100m<sup>2</sup> Kollektorfläche einen Deckungsbeitrag von ca. 32 % und hat bei der Wirtschaftlichkeitsberechnung die niedrigsten solaren Wärme-gestehungskosten.

Die Auslegungsvariante mit der Auslastung 50 Liter/m<sup>2</sup> er-

zielt nach VDI 6002 einen Deckungsbeitrag von ca. 40 % für die Trinkwassererwärmung. Bei der Wirtschaftlichkeitsberechnung ergeben sich aber wegen der Überdimensionierung für die Trinkwassererwärmung allein etwas höhere solare Wärme-gestehungskosten.

Verbindet man Wärme-erzeuger und Speicher so wie in den Abbildungen 16 und 19 gezeigt, dann ist für diese Anlagen neben der Trinkwasser-erwärmung in den Übergangszeiten auch die Nutzung von Solarenergie für die Heizung möglich. Die solaren Wärme-gestehungskosten sind für diese Anlagen auch bei einer Auslastung unter 70Liter/m<sup>2</sup> so niedrig wie möglich.

Die BTD-Behältertechnik ist mit ihrer neuen Software zur Auslegung wirtschaftlicher Pufferspeichersysteme für die solare Trinkwassererwärmung mit Holzfeuerung, Wärmepumpe, BHKW, Brennkessel usw. in der Lage, jede Projektplanung zu begleiten und die Auslegung in Anlehnung an VDI 6002 vorzunehmen.

Die Software enthält auch die Berechnung der solaren Nutzwärme nach Abb. 22 (Wirtschaftlichkeitsberechnung nach VDI 6002 in Anlehnung an die VDI 2067) mit deren Hilfe es möglich ist, die Kosten eines geplanten Projektes mit den Durchschnittskosten bestehender Anlagen zu vergleichen und neben den Grenzkosten für die

Primärenergie auch die vermeidbare CO<sub>2</sub> Emission zu bestimmen.

Die Software berücksichtigt neben dem Wohnungsbau auch Hotels, Krankenhäuser und Freizeiteinrichtungen.

### Neue Bedarfswerte für Hotels als Basis für das Blatt 2 der VDI Richtlinie 6002

Wie die Erfahrungen aus dem Förderprojekt Solar-Thermie 2000 zeigen, werden auch die Trinkwassererwärmungssysteme für Hotels und Krankenhäuser überdimensioniert.

Diese Erfahrungen wurden in einem Trafo-Projekt [13] durch neue Messungen bestätigt.

Zuletzt berichteten der Projektleiter: Prof. Dr. Ing. Detlef Orth und sein wissenschaftlicher Mitarbeiter: Dipl.-Ing. M. Martenka von der Fachhochschule Köln, Institut für Technische Gebäudeausrüstung Fachgebiet Sanitärtechnik, zu Erkenntnissen aus dem Trafo-Projekt unter dem Titel:

Tagesgänge des Trinkwarmwasserbedarfs. Messergebnisse für Hotels, Krankenhäuser und Wohnheime aus einem Forschungsvorhaben:

### „Vergleich der Messergebnisse mit Literaturangaben

Allgemein findet man zurzeit nur wenig Normen oder Richtlinien zum Trinkwarmwasserbedarf wohnungsähnlicher Verbraucher wie Hotels, Krankenhäuser oder Wohnheime. Relativ detaillierte Angaben und Hinweise zu diesem Bereich beinhaltet die Norm 385/5 des Schweizer Ingenieur- und Architektenvereins (Sia) [3], sowie Handbuch 5 des Verbands Schweizer Sanitär- und Heizungsfachleute (VSSH) [4]. Die Angaben hieraus sollen im Folgenden für einen Vergleich mit Messergebnissen genutzt werden.

Zusammen mit Summenlinien und prozentualen Stundenwerten für die beiden Hoteltypen wurden die Messdaten des Hotels entsprechend umgerechnet eingetragen.

Beim Vergleich der Profile zeigen sich deutliche Unterschiede in der Bedarfsverteilung

Kosten der solaren Nutzwärme (VDI 6002 Blatt 1 Seite 87)						
Kostenart	Formel	Berechnung	Durchschnitt Solarthermie		Eigenes Projekt	Größen
Kosten für Kollektoren	Ks	52,9 % der Kosten	30.607,27 €		24.400,61€	84 m <sup>2</sup> Flach
Einbaukosten	Kse	enthalten				NL66
Kosten für Heizwasserspeicher	Khs	14 % der Kosten	8.100,22 €		12.527,- €	PUS- 4000
Einbaukosten Solarkomponenten	Khe	14 % der Kosten	8.100,22 €		10.051,- €	
Kosten für Regelung/Verdrahtung	Kr	4,5 % der Kosten	2.603,64 €		2.603,- €	
Kosten f. Planung	Kp	14 % der Kosten	8.100,22 €		10.051,- €	
Eingesparte Kosten für TWE konservativ	Ek	Rohrgruppe TWE			2.476,- €	400 kW
Fördergelder	F				0,00 €	
<b>Investitionskosten</b>	<b>Ki</b>	<b>Summe K- Ek - F</b>	<b>57.858,74 €</b>		<b>57.157,- €</b>	
Lebensdauer der Anlage	n		20	a	20	a
Kapitalzinssatz gewichtet	p	Eingabe (5%=0,05)	0,050		0,050	
Annuitätsfaktor	Fa	$(1+p)^n * p / ((1+p)^n - 1)$	0,080243	1/a	0,080243	1/a
<b>Kapitalgebundene Kosten</b>	<b>Kk</b>	<b>Ki*Fa</b>	<b>4.642,74 €/a</b>		<b>4.586,45 €/a</b>	
Richtwert Betriebsgebundene Kosten Eingabe			0,01		0,01	
<b>Betriebsgebundene Kosten</b>	<b>Kb</b>	<b>0,02 bis 0,01*Ki</b>	<b>578,59 €/a</b>		<b>571,57 €/a</b>	
Arbeitszahl der Solaranlage		Gewinn/Verbrauch	50	kWh/kWh	50	kWh/kWh
Strombezugspreis	Kstrom		0,2	€/kWh	0,2	€/kWh
<b>Verbrauchsgebundene Kosten</b>	<b>Kv</b>		<b>0,0040 €/kWh</b>		<b>0,0040 €/kWh</b>	
Jährlicher solarer Energieertrag	Qsol	Zapfertrag b 70l/m <sup>2</sup>			27554	kWh/a
Jährlicher solarer Energieertrag	Qsol	Zirkulationsertrag			8764	kWh/a
<b>Jährlicher solarer Energieertrag</b>	<b>Qsol</b>		<b>31195 kWha</b>		<b>36317 kWh/a</b>	
<b>Solare Wärme-gestehungskosten</b>	<b>Ksol</b>		<b>0,171 €/kWh</b>		<b>0,146 €/kWh</b>	
Jahresnutzungsgrad des Kessel	Nkon	Eingabe (80-85)	0,82		0,82	
<b>Eingesparte Primärenergie</b>	<b>Qsav</b>		<b>38942 kWh/a</b>		<b>44289 kWh/a</b>	
Bezugspreis für Heizöl	Kbk		0,5	€/l	0,5	€/l
Heizwert Heizöl	Hu		10,08	kWh/l	10,08	kWh/l
Energiekosten für Heizöl	kkon		0,0605	€/kWh	0,0605	€/kWh
<b>Grenzkosten für Heizöl</b>	<b>Kbköl</b>	<b>Ksol * Hu öl</b>	<b>1,7275 €/l</b>		<b>1,4719 €/l</b>	
Bezugspreis für Erdgas	Kbk		0,62	€/m <sup>3</sup>	0,62	€/m <sup>3</sup>
Heizwert Erdgas	Hu		8,858	kWh/m <sup>3</sup>	8,858	kWh/m <sup>3</sup>
Energiekosten für Erdgas	kkon		0,0700	€/kWh	0,0700	€/kWh
<b>Grenzkosten für Erdgas</b>	<b>Kbkgas</b>	<b>Ksol * Hu gas</b>	<b>1,5181 €/m<sup>3</sup></b>		<b>1,2935 €/m<sup>3</sup></b>	
<b>Jährliche Mehrkosten (+) oder Minderkosten (rot) je kWh</b>	<b>DK</b>	<b>Ksol - Köl</b>	<b>+0,111 €/kWh</b>		<b>+0,086 €/kWh</b>	
<b>Jährliche Mehrkosten (+) oder Minderkosten (rot)</b>	<b>DK</b>	<b>Qsav*Kdiff</b>	<b>+4.218,39 €/a</b>		<b>+3.788,28 €/a</b>	
<b>Jährliche Mehrkosten (+) oder Minderkosten (rot) je kWh</b>	<b>DK</b>	<b>Ksol - Kgas</b>	<b>+0,101 €/kWh</b>		<b>+0,076 €/kWh</b>	
<b>Jährliche Mehrkosten (+) oder Minderkosten (rot)</b>	<b>DK</b>	<b>Qsav*Kdiff</b>	<b>+3.856,93 €/a</b>		<b>+3.367,47 €/a</b>	
Vermiedene CO <sub>2</sub> Emission Öl			11146	kg/a	12977	kg/a
Vermiedene CO <sub>2</sub> Emission Gas			8712	kg/a	10142	kg/a
Alle Kosten einschließlich 19 % MwSt.						

Abb. 22 · Kosten der solaren Nutzwärme für ein Mehrfamilienhaus mit 66 Wohnungen und einer Auslastung von 70 Liter / m<sup>2</sup> Kollektorfläche in Anlehnung an VDI 6002 Blatt 1.

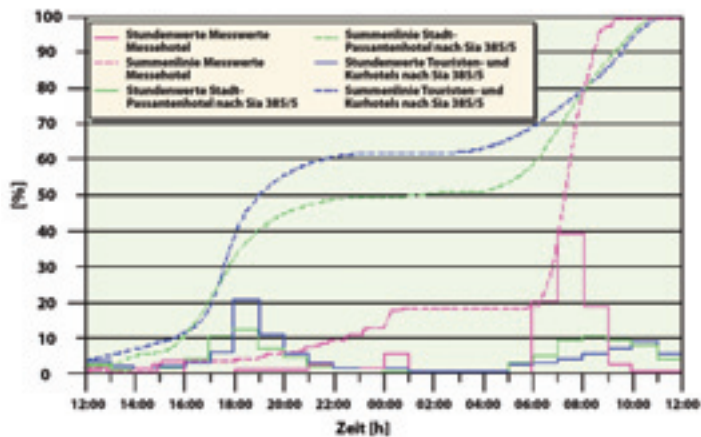


Abb. 23 · Tages-Bedarfsprofil für Hotel.

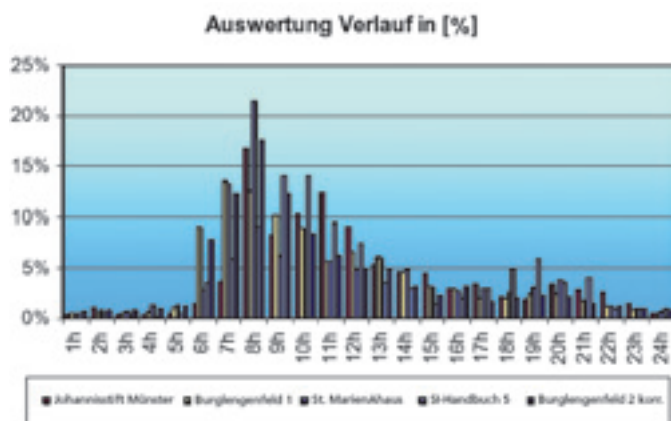


Abb. 24 · Die tägliche Verteilung des Warmwasserbedarfs in 5 verschiedenen Krankenhäusern.

lung. Während die Messdaten überwiegend Perioden hoher Leistungsanforderungen in den Morgenstunden (Dauer ca. 3 bis 4h) ergaben, sind im Gegensatz dazu die Auslegungssummenlinien aus Handbuch 5, VSSH, gekennzeichnet durch abendlich auftretende Spitzenbedarfsperioden, mit breiterer zeitlicher Verteilung“.

Von den neuen Bedarfskurven für den Tagesverlauf in

Hotels und Krankenhäusern werden nach Auskunft von Professor Schmickler von der Fachhochschule aus Münster zunächst die Werte für Hotels, als Basis für das Blatt 2 der neuen VDI Richtlinie 6002, eingeführt.

Von Professor Schmickler stammt auch die Auswertung über 5 gemessene Krankenhäuser nach Abb. 24 mit ganz erstaunlicher Übereinstimmung der Tagesverläufe.

## Quellenverzeichnis :

- [1] DIN 4708 Zentrale Wassererwärmungsanlagen Teil 1 bis Teil 3 (Wohnungsbau)
- [2] Diplomarbeit an der FH Köln, Professor Orth, zum „Vergleich von Hersteller- Auslegungsprogrammen zum Trinkwasserwärmebedarf“ (Stefan Franzheim)
- [3] DIN 1988 Teil 3, Auslegung von Armaturen und Rohrleitungen
- [4] Die neue VDI-Richtlinie 6003, Planung, Bewertung und Einsatz von Trinkwassererwärmungsanlagen. Robert Kremer, Werkstatt + Montagepraxis, Februar 2005
- [5] VDI-Richtlinie 6002 Blatt 1 Solare Trinkwassererwärmung, allgemeine Grundlagen, Systemtechnik und Anwendung im Wohnungsbau vom September
- [6] DVGW Arbeitsblatt W 551, April 2004, Trinkwassererwärmungs- und Trinkwasserleitungsanlagen; technische Maßnahmen zur Vermeidung des Legionellenwachstums; Planung, Errichtung, Betrieb und Sanierung von Trinkwasser-Installationen
- [7] Schmickler, F.-P.  
Vortrag „SOLAR HEATING FOR DOMESTIC WATER – General principles, system technology and use in residential building – THE NEW VDI GUIDELINE 6002“, 9.-12.10.2005, REHVA Tagung CLIMA 2005, Lausanne
- [8] VDI-Richtlinie 6023, hygienebewusste Planung, Ausführung, Betrieb und Instandhaltung von Trinkwasseranlagen.
- [9] Geringere Fördermittel durch bessere Planung kompensieren! Heizungsjournal Juli 2003
- [10] Energiesparkonzept am Beispiel eines Mehrfamilienhauses. Dipl. Ing. Erik Reichert. Wärmetechnik 3/99, Gentner Verlag
- [11] Die neue VDI-Richtlinie 6003, Planung, Bewertung und Einsatz von Trinkwassererwärmungsanlagen. Robert Kremer, Heizungsjournal, Februar 2005
- [12] BINE Themen-Info III/02 „große Solaranlagen zur Trinkwassererwärmung“; Peuser, F.A. F. Meyer; Fachinformationszentrum Eggenstein-Leopoldshafen; 2003
- [13] TRAF0-Forschungsprojekt „Trinkwasserwärmebedarf für Hotels und Krankenhäuser“
- [14] Tagesgänge des Trinkwarmwasserbedarfs Messergebnisse für Hotels, Krankenhäuser und Wohnheime aus einem Forschungsvorhaben Fachaufsatz von Prof. Dr. Ing. Detlef Orth und Dipl.-Ing. M. Martenka