

Aktuelle Kosten-Nutzen-Verhältnisse bei Investitionen in thermische Solaranlagen und Wärmeschutz

Energieeinsparung im Neubau

Verbesserter Wärmeschutz, thermische Solaranlagen, Wärmerückgewinnungsanlagen und Wärmepumpen – all diese Technologien konkurrieren um die knappen Investitions- und Fördermittel, die für energiesparende Maßnahmen bereitgestellt werden. Ihr Kosten-Nutzen-Verhältnis stellt ein sehr wichtiges – wenn auch nicht das einzige – Auswahlkriterium dar. Es gibt die Höhe der Einsparungen an Energie und an CO₂-Emissionen je eingesetzter DM an. In der Studie „Energieeinsparung im Wohnungsneubau – aktuelle Kosten-Nutzen-Verhältnisse bei Investitionen in zusätzlichen Wärmeschutz und in thermische Solaranlagen“ des Bremer Energie-Instituts wurden für zwei erhöhte Wärmeschutz-Standards (25 und 35 % unter der Wärmeschutzverordnung von 1995) sowie für verschiedene Typen thermischer Solaranlagen die zusätzlichen Investitionskosten und die Energieeinsparungen bzw. solaren Energieerträge eingehend untersucht /1/. Ebenso wurde ein Vergleich der daraus resultierenden Kosten-Nutzen-Relationen vorgenommen. Im folgenden werden die Resultate für thermische Solaranlagen ausführlich dargestellt und kurz mit den Ergebnissen des Bereichs Wärmeschutz verglichen.

Die Bremer Studie berücksichtigt vier Typen thermischer Solaranlagen:

- Kleine Solaranlagen zur Brauchwasserbereitung in Einfamilienhäusern (Kollektorfläche < 20 m²),
- mittelgroße Solaranlagen zur Brauchwasserbereitung in Mehrfamilienhäusern (Kollektorfläche zwischen 20 und 100 m²),
- große Solaranlagen zur Brauchwasserbereitung in sehr großen Mehrfamilienhäusern oder kleinen Nahwärmenetzen ohne Langzeitspeicher (Kollektorfläche > 100 m²),
- solare Nahwärmesysteme mit Langzeitspeicher für die Versorgung mit Heizwärme und Brauchwasser (Kollektorfläche > 1.000 m²).

Ziel der Studie war, für diese Kategorien thermischer Solaranlagen eine aktuelle Übersicht über die Investitionskosten und deren Spannweite sowie die spezifischen Wärmekosten zu geben.

Dazu wurden für sechs Beispielhäuser (zwei Reihenhäuser, zwei freistehende

Einfamilienhäuser, zwei Mehrfamilienhäuser mit 13 bzw. 36 Wohneinheiten) thermische Solaranlagen mit einem solaren Deckungsgrad von 50 % (Standort Hannover, Südorientierung der Kollektorflächen) ausgelegt, die jährlichen solaren Energieerträge¹ berechnet, die Investitionskosten der Anlagen abgeschätzt und damit die Gestehungskosten der solar erzeugten Wärme ermittelt.

Für die Mehrfamilienhäuser wurde neben der Auslegung auf 50 % solare Deckungsrate eine Variante mit 35 % solarem Deckungsgrad betrachtet.² Für alle Auslegungsvarianten erfolgte zusätzlich eine Untersuchung des Einflusses verschiedener Standorte und Ausrichtungen der Solaranlagen auf das Kosten-Nutzen-Verhältnis.

Die Investitions- und Wärmekosten großer Solaranlagen wurden anhand realisierter Anlagen abgeschätzt. Auch die in Deutschland errichteten und in Bau oder Planung befindlichen solaren Nahwärmesysteme wurden hinsichtlich

ihrer Kosten und solaren Erträge untersucht.

Eine Anlagendimensionierung für Modellhäuser bzw. für eine Modellsiedlung erfolgte für diese Systeme nicht.

Große Solaranlagen konkurrenzfähig

Die Ergebnisse für die Kleinanlagen und die mittelgroßen Anlagen der Beispielhäuser sind in Tab. 1 zusammengefaßt. Für die kleinen Solaranlagen der Reihen- und Einfamilienhäuser ergeben sich durchschnittliche Investitionskosten zwischen ca. 6.500 und 7.100 DM (inkl. Speichergutschrift). Daraus resultieren durchschnittliche Wärmegestehungskosten von 0,50 bis 0,53 DM/kWh.^{3,4}

Für ungünstige Ausgangsbedingungen – Standort mit niedriger Einstrahlung, Orientierung nach Westen und maximale Investitionskosten – liegen die Wärmekosten der kleinen Beispielanlagen bei ca. 1,00 bis 1,30 DM/kWh. Bei Standorten mit hoher Einstrahlung, Südorientierung und preiswerten Anlagen werden dagegen Wärmegestehungskosten von ca. 0,35 DM/kWh erreicht.

Die mittelgroßen Solaranlagen mit einem solaren Deckungsgrad von 50 % weisen mit 100.000 DM und mehr hohe Gesamtkosten und durchschnittliche Wärmegestehungskosten von 0,80 bzw. 0,64 DM/kWh auf. Diese hohen Wärme-

Beispielhaus	Brutto-Kollektorfläche [m ²]	solarer Ertrag [kWh/a]	Investitionskosten ¹ [DM]		Wärmegestehungskosten ² [DM/kWh]	
			Min. / Durchschn. / Max.	Min. ³ / Durchschn. ⁴ / Max. ⁵		
RH 1, ca. 120 m ²	3,4	1.180	5.410 / 6.410 / 10.660	0,33 / 0,50 / 0,98		
RH 2, ca. 120 m ²	3,4	1.180	5.850 / 6.850 / 11.100	0,35 / 0,53 / 1,02		
EFH 1, ca. 170 m ²	4,5	1.540	7.350 / 11.100 / 16.725	0,34 / 0,66 / 1,28		
EFH 2, ca. 130 m ²	3,7	1.250	5.350 / 7.100 / 11.725	0,31 / 0,52 / 1,08		
MFH 1, 13 WE						
50 %, 2 Speicher	64	11.520	72.000 / 101.000 / 129.000	0,43 / 0,80 / 1,24		
35 %, 2 Speicher	29	8.040	36.000 / 47.000 / 63.000	0,30 / 0,53 / 0,87		
35 %, 1 Speicher	27	8.350	33.000 / 43.000 / 52.000	0,27 / 0,47 / 0,68		
MFH 2, 36 WE						
50 %, 2 Speicher	81	17.980	88.000 / 125.000 / 161.000	0,34 / 0,64 / 1,13		
35 %, 2 Speicher	43	12.670	43.000 / 62.000 / 81.000	0,23 / 0,45 / 0,81		
35 %, 1 Speicher	37	13.080	43.000 / 57.000 / 63.000	0,22 / 0,40 / 0,60		

Tab. 1: Kenndaten der thermischen Solaranlagen der Beispielhäuser

¹ inkl. der baulichen Mehrkosten, der Kosten für entgangene Nutzfläche und der MWSt., abzüglich der Speichergutschrift

² Zins real 4,5 %/a, Lebensdauer 20 a, Betrieb und Instandhaltung 1,5 % der Investitionskosten

³ minimale Investitionskosten, Standort Freiburg, Orientierung Süd

⁴ durchschnittliche Investitionskosten, Standort Hannover, Orientierung Süd

⁵ maximale Investitionskosten, Standort Hannover, Orientierung West

¹ Im weiteren kurz solare Erträge genannt.

² Solaranlagen mit diesem relativ niedrigen Deckungsgrad dienen im wesentlichen der Vorwärmung des Brauchwassers und werden daher häufig auch als Vorwärmanlagen bezeichnet. Zwei Typen von Vorwärmanlagen wurden untersucht: ein Anlagentyp mit Pufferspeicher und Bereitschaftsspeicher und ein weiterer mit Pufferspeicher und Brauchwassererwärmung durch einen zentralen Wärmetauscher.

³ Einschließlich der Kosten für Betrieb und Wartung, ohne Kosten für Instandsetzung.

⁴ Für das Beispielhaus EFH1 liegen die Investitionskosten mit ca. 11.000 DM und die durchschnittlichen Wärmegestehungskosten mit 0,66 DM/kWh deutlich über denen der anderen Einfamilienhäuser. Dies ist dadurch bedingt, daß in diesem Beispielhaus der Speicher nur im Hauswirtschaftsraum aufgestellt werden kann und somit in den Gesamtkosten der Solaranlage 2.000 DM für den entgangenen Nutzraum am Speicherstandort angesetzt wurden.

spezifische Investitionskosten [DM/m ²] ¹	
Durchschnitt	1.200
Minimum	700
Maximum	2.200
spezifischer solarer Ertrag [kWh/(m ² a)]	
Durchschnitt	460
Minimum	370
Maximum	485
spezifische Jahreskosten ² [DM/(m ² a)]	
Durchschnitt	110,25
minimal	64,30
maximal	202,15
solare Wärmegestehungskosten [DM/kWh]	
Durchschnitt	0,24
minimal	0,13
maximal	0,55

Tab. 2: Spezifische Jahreskosten und solare Wärmegestehungskosten für große Solaranlagen (24 Anlagen)

¹ inkl. MWSt.

² Ansätze nach Tab. III-30: Zins real 4,5%/a, Lebensdauer 20 a, Betrieb und Instandhaltung 1,5% der Investitionskosten pro Jahr

gestehungskosten resultieren aus der Tatsache, daß die Auslegung auf einen solaren Deckungsgrad von 50 % bei Einhaltung der täglichen Aufheizung auf 60 °C vorgenommen wurde.

Mittelgroße Anlagen sollten daher vorzugsweise auf niedrigere solare Deckungsgrade ausgelegt werden: Die durchschnittlichen Wärmegestehungskosten der Anlagentypen mit 35 % solarem Deckungsgrad liegen mit 0,40 bis 0,50 DM/kWh unter denen der mittelgroßen Anlagen mit 50 % solarem Deckungsgrad.⁵ Bei Standorten mit hoher Einstrahlung und Südorientierung können preiswerte Vorwärmanlagen sogar Wärmegestehungskosten von 0,22 bis 0,30 DM/kWh erreichen.

Große Solaranlagen ohne saisonalen Speicher stellen derzeit die kostengünstigste Möglichkeit der Wärmeerzeugung durch thermische Solaranlagen dar. Ihre

durchschnittlichen Wärmegestehungskosten liegen mit ca. 0,25 DM/kWh deutlich unter denen der kleinen und mittelgroßen Solaranlagen. In günstigen Fällen betragen die Wärmekosten sogar nur 0,13 DM/kWh (Tab. 2).⁶

Solare Nahwärmesysteme werden in Deutschland bisher nur mit Fördermitteln im Rahmen des Förderprogramms des Bundes „Solarthermie 2000“ errichtet. Die spezifischen (projektierten) Kosten der Anlagen liegen im Durchschnitt bei ca. 1.200 DM/m², die Wärmegestehungskosten bei etwa 0,35 DM/kWh. Bei der Beurteilung der Wärmegestehungskosten der solaren Nahwärmesysteme ist jedoch zu beachten, daß sie aufgrund der mangelnden Erfahrung beim Bau und Betrieb solcher Anlagen mit großen Unsicherheiten behaftet sind.

Die Ergebnisse für die Wärmegestehungskosten der verschiedenen Typen von Solaranlagen zeigen zusammenfassend, daß

- die Warmwasserbereitung mit konventionellen Anlagen bei den heutigen Brennstoffkosten von etwa 0,05 DM/kWh für Öl oder Gas heute wirtschaftlicher ist als die durch Solaranlagen und
- bei zukünftigen Energiepreisen für Öl und Gas von etwa 0,12 bis 0,14 DM/kWh große Solaranlagen mit mehr als 100 m² Kollektorfläche bei günstigen Randbedingungen (z. B. hohe Solareinstrahlung, niedrige Investitionskosten) eine Alternative zur Warmwasserbereitung mit Öl und Gas darstellen können.

Letzteres ist umso wahrscheinlicher, da in Zukunft eine weitere Reduktion der Investitionskosten für Solaranlagen zu erwarten ist.

Kostenvergleich zwischen Solaranlagen und Wärmeschutz

In der Studie wurden für fünf Beispielhäuser (zwei Reihenhäuser, zwei Einfamilienhäuser, ein Mehrfamilienhaus mit

13 WE) die spezifischen Kosten pro eingesparter Kilowattstunde Nutzwärme durch verbesserten Wärmeschutz (Niveau „25 bis 30 % unter dem Standard der WSV0'95“) ermittelt.

Für die Verbesserung des Jahres-Heizwärmebedarfs ergaben sich spezifische Kosten der eingesparten Nutzwärme zwischen 0,05 und 0,24 DM/kWh. Die durchschnittlichen Kosten der eingesparten Wärme betragen etwa 0,14 DM/kWh.⁷

Für die untersuchten kleinen thermischen Solaranlagen belaufen sich die Wärmegestehungskosten im Durchschnitt bzw. im günstigsten Fall auf ca. 0,50 DM/kWh bzw. 0,31 bis 0,35 DM/kWh.

Damit liegen die Kosten der Solarwärme aus Kleinanlagen deutlich über den Kosten der durch erhöhten Wärmeschutz eingesparten Nutzwärme. Unter dem Aspekt der Kosten der eingesparten bzw. solar erzeugten Energie ist somit bei Einfamilienhäusern im allgemeinen der erhöhte Wärmeschutz der Installation einer thermischen Solaranlage zur Brauchwasserbereitung vorzuziehen.

Nur wenn sehr hohe Kosten für die Verbesserung des Wärmedämmstan-

⁵ Von den beiden Vorwärmanlagen ist der Anlagentyp mit Pufferspeicher und zentralem Wärmetauscher ca. 8 bis 10 % kostengünstiger als das System mit Pufferspeicher und Bereitschaftsspeicher.

⁶ Bei den Wärmegestehungskosten fällt die große Spanne von einem Faktor vier zwischen den preisgünstigsten und den teuersten Anlagen auf. Dies ist bedingt durch die Vielzahl der verschiedenen realisierten Anlagentypen, die unterschiedlichen Standorte und die erheblichen Unterschiede in der Anlagengröße: Neben Anlagen für große Einzelhäuser finden sich kleine Nahwärmesysteme ohne Langzeitspeicher ebenso wie Anlagen ohne Speicher, die in ein Fernwärmenetz einspeisen. Die Größe der Kollektorfelder variiert bei den betrachteten Anlagen um einen Faktor acht.

⁷ Angemerkt sei hierzu, daß die von uns – als Spanne – ermittelten Mehrkosten des verbesserten Wärmeschutzes zwar die derzeitigen Verhältnisse abbilden, aber nicht die Marktsituation, wie sie sich nach einer nochmaligen durchgreifenden Novellierung der WSV0 herausbilden wird. Das Dilemma besteht darin, daß die Baupraxis eine Ermittlung der zukünftigen repräsentativen Kosten nicht ermöglicht. So sind also die Kostangaben für die eingesparte Energie lediglich als hoch angesetzte Obergrenze für die in der Zukunft tatsächlich entstehenden Kosten zu werten.

Kapitel 1: Solartechnik von Wagner

„1124 warme Duschen.“

Solartechnik, die Sie verstehen.

Wagner & Co
SOLARTECHNIK
REGENWASSERNUTZUNG



Wir nennen Ihnen gerne die aktuellen Testergebnisse der Stiftung Warentest.

C o u p o n

Bitte schicken Sie mir kostenlose Informationen über

- Photovoltaik Solarthermie
 Regenwassernutzung

Name

Straße

Ort

Tel.

Dieses Coupon bitte ausfüllen und per Post oder per Fax an:

Wagner & Co Solartechnik GmbH

Ringstraße 14

D-35091 Cölbe

Tel.: 064 21 - 8007 0

Fax: 064 21 - 8007 22

<http://www.wagner-solartechnik.de>

service@wagner-solartechnik.de



dards und günstige Bedingungen für die Solaranlage zusammentreffen⁸, können die Wärmekosten für den Einbau einer Solaranlage gegenüber der Erhöhung des Wärmedämmstandards sprechen.⁹

Bei den mittelgroßen Solaranlagen liegen die durchschnittlichen Wärmegestehungskosten zwischen 0,64 und 0,80 DM/kWh (50 % solarer Deckungsgrad) bzw. zwischen 0,40 und 0,50 DM/kWh (35 % solarer Deckungsgrad). Auch für mittelgroße Solaranlagen gilt somit, daß sie hinsichtlich der Wärmekosten in der Regel ungünstiger abschneiden als der erhöhte Wärmeschutz.

Nur sehr kostengünstige Anlagen mit Wärmegestehungskosten von etwa 0,25 DM/kWh können an sonnenreichen Standorten bei günstiger Orientierung des Kollektorfeldes oder unter Einbeziehung von Fördergeldern unter wirtschaftlichen Aspekten konkurrenzfähig sein mit teureren Maßnahmenpaketen zum verbesserten Wärmeschutz.

Bisher ausgeführte und dokumentierte große thermische Solaranlagen mit Kollektorfeldern über 100 m² weisen Wärmegestehungskosten zwischen 0,13 und 0,52 DM/kWh auf. Im günstigen Fall erreicht dieser Anlagentyp auch ohne Förderung Wärmegestehungskosten, die vergleichbar sind mit den höchsten in der Studie ermittelten Kosten eines verstärkten Wärmeschutzes. Im Einzelfall sollte daher anhand der konkreten Voraussetzungen abgewogen werden, ob für größere Bauvorhaben eine große Solaranlage oder ein deutlich erhöhter Wärmeschutz vorgesehen wird.

Die Wärmegestehungskosten der in Deutschland realisierten bzw. im Bau und in der Planung befindlichen solaren Nahwärmesysteme liegen etwa zwischen 0,30 und 0,39 DM/kWh.¹⁰ Die Kosten der Wärme aus solaren Nahwärmesystemen bewegen sich damit deutlich oberhalb der Kosten der eingesparten Nutzwärme für Raumheizung. Auch für diesen Anlagentyp gilt, daß er erst zum Einsatz kommen sollte, wenn die Gebäude bereits mit erhöhten Wärmedämmstandard ausgestattet wurden.¹¹

Fazit

Für einzelne Einfamilien- und Mehrfamilienhäuser ist in der Regel aus Kosten-Nutzen-Gründen die Verbesserung des

⁸ Z. B. ein Standort mit hoher Globalstrahlung oder nennenswerte Förderbeträge für Solaranlagen.

⁹ Der Einfluß verschiedener Förderprogramme auf die Wärmegestehungskosten solarthermischer Anlagen wurde im Rahmen dieser Studie nicht untersucht.

¹⁰ Das vergleichsweise kleine solare Nahwärmesystem in Jülich weist Wärmegestehungskosten von 0,53 DM/kWh auf.

¹¹ In den bisher realisierten solaren Nahwärmesystemen wurden die Gebäude bereits mit einem deutlich verbesserten Wärmeschutz versehen.

Solare Wärmepreise zu hoch berechnet?

In der Diskussion über die Ergebnisse der Studie „Energieeinsparung im Wohnungsbau“ des *Bremer Energie-Instituts* wurde ich bereits mehrmals auf die Abweichungen von den Daten der „Marktübersicht Thermische Solaranlagen 1997“ des *Öko-Instituts Freiburg* angesprochen. Daher habe ich anhand einer Anlage der Marktübersicht, die die durchschnittlichen solaren Wärmekosten von 0,21 DM/kWh (ohne Montage) aufweist, den Einfluß der Montagekosten, der Mehrwertsteuer und eines geänderten Standortes (Hannover), sowie eine etwas andere Abschätzung der Kosten für Betrieb und Wartung (in Anlehnung an VDI 2067) auf die Wärmekosten dargestellt (siehe Tab. 3).

Die Gegenüberstellung der Rechnungs-Varianten zeigt deutlich, daß die Berücksichtigung der Montagekosten und der Mehrwert-

steuer, an der die meisten Bauherren und -frauen nicht vorbeikommen, deutlich zu Buche schlagen. Die Freiburger Marktübersicht verschweigt dies nicht, stellt aber primär die Kosten ohne Montageaufwand und Mehrwertsteuer dar.

Für etwas unglücklich halte ich die Wahl des „sonnenverwöhnten“ Standortes Freiburg für die Auslegung der Anlagen. Der Vergleich mit dem weniger sonnigen Hannover zeigt, daß insbesondere Investoren in sonnenärmeren Gegenden von den Angaben in der Marktübersicht hinsichtlich der Wärmekosten irritiert werden können. Ein Standort, der bzgl. der Sonneneinstrahlung als durchschnittlich für Deutschland gelten kann, wäre meiner Meinung nach ein günstigerer Referenzort.

Karin Jahn, Bremer Energie-Institut

	Variante 1 gemäß Rechengang Öko-Institut Freiburg	Variante 2 Variante 1 zzgl. Montage	Variante 3 Variante 1 zzgl. Montage + MWST.	Variante 4 für Hannover (Ertrag ca. 30 % geringer)	Variante 5 Var. 4, aber: Betrieb, War- tung 1,5 % d. Inv.-Kosten
Investitionskosten [DM]	7.140,00	7.140,00	7.140,00	7.140,00	7.140,00
Montagekosten [DM]		2.400,00	2.400,00	2.400,00	2.400,00
Speichergutschrift [DM]	-1.500,00	-1.500,00	-1.500,00	-1.500,00	-1.500,00
Baukosten [DM]	0	0	0	0	0
Systemkosten [DM]	5.640,00	8.040,00	8.040,00	8.040,00	8.040,00
Mehrwertsteuer [DM]			1.206,00	1.206,00	1.206,00
Gesamtkosten [DM]	5.640,00	8.040,00	9.246,00	9.246,00	9.246,00
Annuität [DM/a]	415,00	591,60	680,34	680,34	680,34
Betrieb und Wartung [DM/a]	100,00	100,00	100,00	100,00	138,69
Jahreskosten [DM/a]	515,00	691,60	780,34	780,34	819,03
jährliche Erträge [kWh/a]	2.484	2.484	2.484	1.740	1.740
Wärmekosten [DM/kWh]	0,21	0,28	0,31	0,45	0,47

Tab. 3: Wirtschaftlichkeitsrechnung thermische Solaranlagen (Lebensdauer 20 Jahre, Zins 4 %)

Dämmstandards um 25 bis 35 % unter die Mindestanforderungen der geltenden Wärmeschutzverordnung günstiger als die Installation einer thermischen Solaranlage.

Bei einerseits besonders hohem Aufwand (z. B. auf Grund ausgefallener Architektur) für einen um 25 bis 35 % reduzierten Jahres-Heizwärmebedarf, andererseits aber geringen Aufwendungen für eine Solaranlage und/oder einem Standort mit hohen Einstrahlungen kann eine kleine bis mittelgroße Solaranlage (d. h. bis 100 m² Kollektorfläche) in Einzelfällen günstiger sein als Wärmeschutz über das durch die Wärmeschutzverordnung vorgeschriebene Maß hinaus.

Große Solaranlagen (über 100 m² Kollektorfläche, d. h. für mehr als ca. 70 Personen) können bei sehr günstigen Voraussetzungen noch am ehesten mit Maßnahmen eines verstärkten Wärme-

schutzes zur Reduzierung des Jahres-Heizwärmebedarfs um „25 bis 35 % unter dem Standard der WSV0'95“ konkurrieren.

Karin Jahn

Literatur

/1/ Klaus Traube, Klaus-Dieter Clausnitzer, Karin Jahn, „Energieeinsparung im Wohnungsbau – Aktuelle Kosten-Nutzen-Verhältnisse bei Investitionen in zusätzlichen Wärmeschutz und in thermische Solaranlagen“, im Auftrag der Rud.-Otto-Meyer-Stiftung, Bremen, Sept. 1997

Über die Autorin:

Dr. Karin Jahn ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am Bremer Energie-Institut, dem Institut für kommunale Energiewirtschaft und -politik an der Universität Bremen.