

# Solarisierung von Altbauten

## 1. Einführung

Unter Solarisierung von Altbauten versteht man die optimierte energetische Sanierung bestehender Gebäude, die einen erheblichen Beitrag von Umweltwärme und -kälte sowie andere regenerative Energiequellen zur Energieversorgung einbezieht.

Im Vergleich zum Zeitpunkt des Erscheinens des FVS-Themenhefts 97/98 (Solare Gebäudetechniken [1]) ist die Entwicklung von passivhaus-tauglichen Bauelementen und von Komponenten zur technischen Gebäudeausrüstung (TGA) rasch vorangeschritten. In den vergangenen Jahren wurden einige Sanierungsprojekte durchgeführt, die den Einsatz dieser neuen Technologien bzw. Materialien bei der Gebäudesanierung erprobten.

Neben den passiven Maßnahmen spielt die Energiebereitstellung aus erneuerbaren Energien mit Hilfe der Nahwärme eine weitere wichtige Rolle bei der Solarisierung von Altbauten. Unter den derzeitigen wirtschaftlichen Bedingungen, gekennzeichnet durch das EEG, den KWK-Bonus, den Bonus für nachwachsende Rohstoffe und kräftig steigende Ölpreise, ist die Nahwärmeversorgung im Gebäudebestand auf der Basis von

Biomasse bei gleichzeitiger Stromproduktion eine bereits heute konkurrenzfähige Alternative gegenüber der konventionellen Ölheizung.

Der Betreiber von kurz- bis mittelfristig realisierten Nahwärmesystemen auf Biomassebasis muss die nachträgliche Wärmedämmung der angeschlossenen Gebäude in seine strategischen und planerischen Überlegungen (Wirtschaftlichkeitsrechnung) einbeziehen.

- **Energetisches Potenzial**

Das energetische Einsparpotenzial im Gebäudebestand ist gewaltig (Abb. 1). Die Sanierungsrate bewegt sich in der Größenordnung von 1 % pro Jahr, die Abrissrate liegt bei ca. 0,5 % pro Jahr [4]. Eine Halbierung der zur Beheizung von Gebäuden benötigten Energie wird selbst bei vollständiger Umsetzung der Energieeinsparverordnung (EnEV) erst für das Jahr 2050 prognostiziert. Eine Beschleunigung dieser Entwicklung könnte durch den Bevölkerungsrückgang, eine Fortsetzung der Ölpreiserhöhung oder durch intensivierete politische Maßnahmen bewirkt werden.

Um das häufig genannte Ziel von 2,5 bis 3 % energetisch wirksamer Sanierungsrate zu

Prof. Dr. Bernhard Hoffschmidt  
Solar-Institut Jülich - FH Aachen  
bernhard.hoffschmidt@sjj.fh-aachen.de

Helmut Böhnisch  
ZSW  
helmut.boehnisch@zsw-bw.de

Dr. Joachim Götsche  
Solar-Institut Jülich - FH Aachen  
goetsche@sjj.fh-aachen.de

Sebastian Herkel  
Fraunhofer ISE  
sebastian.herkel@ise.fraunhofer.de

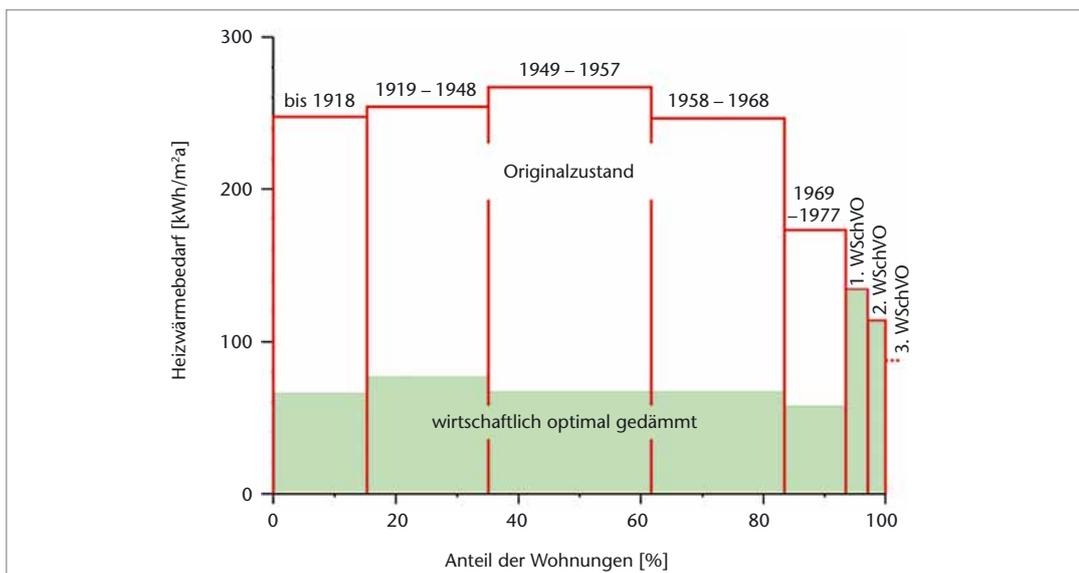


Abbildung 1  
Energieeinsparpotenziale im Gebäudebestand am Beispiel der Stadt Hannover: Heizwärmebedarf im Originalzustand (rot) und nach wirtschaftlich optimaler Dämmung (grün).

Quelle: Arenha, Bundesarchitektenkammer mit Förderung des BMU/UBA

erreichen, sind umfangreiche Erfahrungen und Kompetenzen im Bausektor nötig. Gut dokumentierte Standardlösungen müssen zur kostengünstigen Verbreitung bereitstehen.

- **Gründe für zögerliche Sanierungstätigkeit**  
Durch die Interessentrennung von Investor und Betreiber, bzw. aufgrund mangelnder Fachkompetenz bei den meisten der Einfamilien- und Reihenhauseigentümern werden in der Regel keine insgesamt kostenoptimierten Lösungen, geschweige denn energetisch optimierte Lösungen in die Tat umgesetzt. Gegenwärtiger Standard ist eine den gesetzlichen Regeln entsprechende nach Investitionskosten minimierte Ausführung. Es steht zu hoffen, dass ein qualitativ hoch angesetzter Energiepass Abhilfe schaffen kann.

Abbildung 2  
Solare Luftvorwärmung  
in der Balkonbrüstung,  
Freiburg Krozinger Str.  
Foto: Fraunhofer ISE/ K. Voss

## 2. Solarisierung der Gebäudehülle

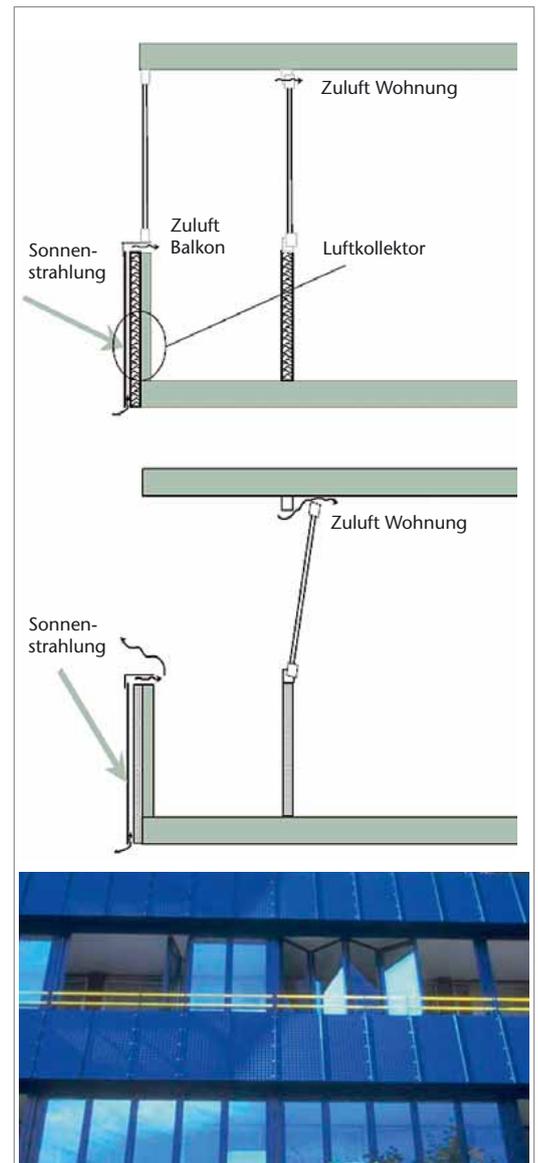
### 2.1 Vergrößerung der Solarapertur

- **Wärmebilanz durch Fensterflächen**  
Unter Solarapertur versteht man den Öffnungsgrad eines Gebäudes zur Nutzung des Sonnenlichts und der Wärmestrahlung. Moderne Fenster an südlich orientierten Fassaden weisen in der Heizperiode positive Energiebilanzen auf. Sie stellen also nicht wie früher Energiesenken, sondern Energiequellen dar, die noch zusätzlich für angenehm helle lichtdurchflutete Räume sorgen. Als interessanteste Maßnahmen kommen hierzu die Absenkung der Fensterbrüstung auf Fußbodenniveau oder der Einbau von Dachgauben in die Südseite in Betracht. Letztere vergrößern zwar zunächst die Wärmeverlustfläche, bieten aber durch die senkrechte Fensterfläche hohe winterliche Energiegewinne bei einer geringeren Überhitzungsproblematik im Sommer als sie Dachflächenfenster aufweisen.

- **Balkonverglasungen**  
Durch Balkonverglasungen lassen sich oft zwei Mängel gleichzeitig beheben: Kritische Wärmebrücken werden beseitigt und die Fensterfläche wird vergrößert, um mehr Sonne nutzen zu können [1].

### 2.2 Fassadenkollektor

Die Gebäudefassade spielt als Energiequelle zur dezentralen Versorgung eine zunehmende Rolle, denn gerade Südfassaden weisen im Jahresverlauf relativ gleichmäßige Erträge auf. Fassadenkollektoren können ideal im Brüstungsbereich (auch Balkonbrüstungen) eingesetzt werden, sie können aber auch ganze Fassaden überdecken. Umfangreiche Erfahrungen hierzu wurden insbesondere in Österreich erworben und auch in Deutschland bestehen erste Pilotvorhaben.



Am Beispiel eines Hochhauses in der Krozinger Straße in Freiburg wurde 1999 das Konzept der solaren Luftvorwärmung realisiert. Eine Ver- glasung des Balkons und eine Verkleidung der

Brüstung mit einem Metallabsorber führt zu einer solaren Vorwärmung von Luft: Die frische Luft wird durch den Luftspalt zwischen Absorber und Brüstung in den verglasten Balkon und dann in die Wohnräume geführt. Die Frischluftströmung in die Wohnungen wird durch die Absaugung der Abluftanlage gewährleistet. Durch diese Maßnahme wurde der Heizwärmeverbrauch von 93,3 kWh/m<sup>2</sup>a auf 48,1 kWh/m<sup>2</sup>a reduziert.



Die Entwicklung von farbigen selektiven Absorbern erweitert gerade beim Einsatz in der Sanierung die Anwendungsmöglichkeiten von fassadenintegrierten Warmwasserkollektoren [5]. Bei dieser Maßnahme ist allerdings unbedingt auf die Feuchtebilanz in der dann dampfdichten Hülle zu achten.

### 2.3 Gesamtkonzepte

Eine der wesentlichen Herausforderungen bei der solaren Sanierung besteht darin, ein schlüssiges Gesamtkonzept zu entwickeln. Hierbei stellt die Integration von Photovoltaikmodulen in die Gebäudehülle eine ökologisch sinnvolle Ergänzung dar, da sich hierbei eine Kostenreduktion durch Mehrfachnutzung der physikalischen Eigenschaften von PV-Elementen ergibt.

Die im Jahr 2001 von der Stadtbau Freiburg abgeschlossene Sanierung der Gebäude an der Wilmersdorfer Straße (Abb. 4) setzt auf vier wesentliche Komponenten:

- thermische Kollektoranlage zur Deckung des Warmwasserbedarfs
- verglaste Balkone
- fassadenintegrierte Photovoltaikanlage
- erhöhter baulicher Wärmeschutz.

Durch das Maßnahmenpaket wird insgesamt eine Reduktion des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes in Höhe von ca. 200 t/a bewirkt.



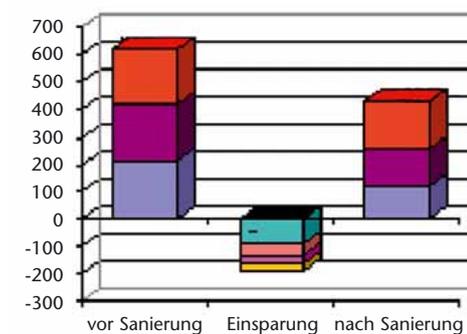
Abbildung 3 (links)  
Fassadenintegration farbiger Kollektoren

Foto: AEE INTEC

Abbildung 4 (rechts)  
Solare Sanierung in der Wilmersdorfer Str. in Freiburg mit 2 x 48 Wohneinheiten

Fotos: Fraunhofer ISE / S. Herkel

CO<sub>2</sub>-Emission vor/nach der Sanierung [t CO<sub>2</sub>/a]



- Strom
- Wärmewasser (Ges.)
- Heizung
- PV-Fassade
- Kesselanlage
- therm. Kollektoren
- Wärmedämmung

Abbildung 5  
CO<sub>2</sub>-Einsparung durch Sanierungsmaßnahme in der Wilmersdorfer Straße

Quelle: Stahl + Weiß

### 2.4 Sanierung von Plattenbauten

Plattenbauten stellen einen erheblichen Anteil des deutschen Wohngebäudebestandes dar. Ein vorbildliches Sanierungskonzept wurde in der Eiselstraße in Gera umgesetzt (Abb. 6). Neben einer deutlichen architektonischen Umstrukturierung und Akzentuierung wurden Solarkollektoren in die Wärmeversorgung integriert. Die im Warmwasserspeicher

(ein spezieller Schichtspeicher) gesammelte Solarwärme wird über Wärmetauscher dem kalten Trinkwasser zugeführt, sodass eine solare Deckung von 35 % bei einem Systemnutzungsgrad von 40 % erzielt wird. Solarkollektoren wurden in die geneigte Dachhaut sowie in die vertikale Südfassade integriert. Die solaren Nutzwärmekosten belaufen sich ohne Förderung auf 0,14 €/kWh.

Abbildung 6a  
Solare Sanierung von Plattenbauten in der Eiselstraße in Gera

Quelle: TU Ilmenau 2004

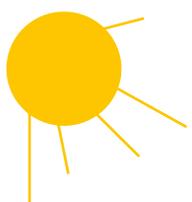
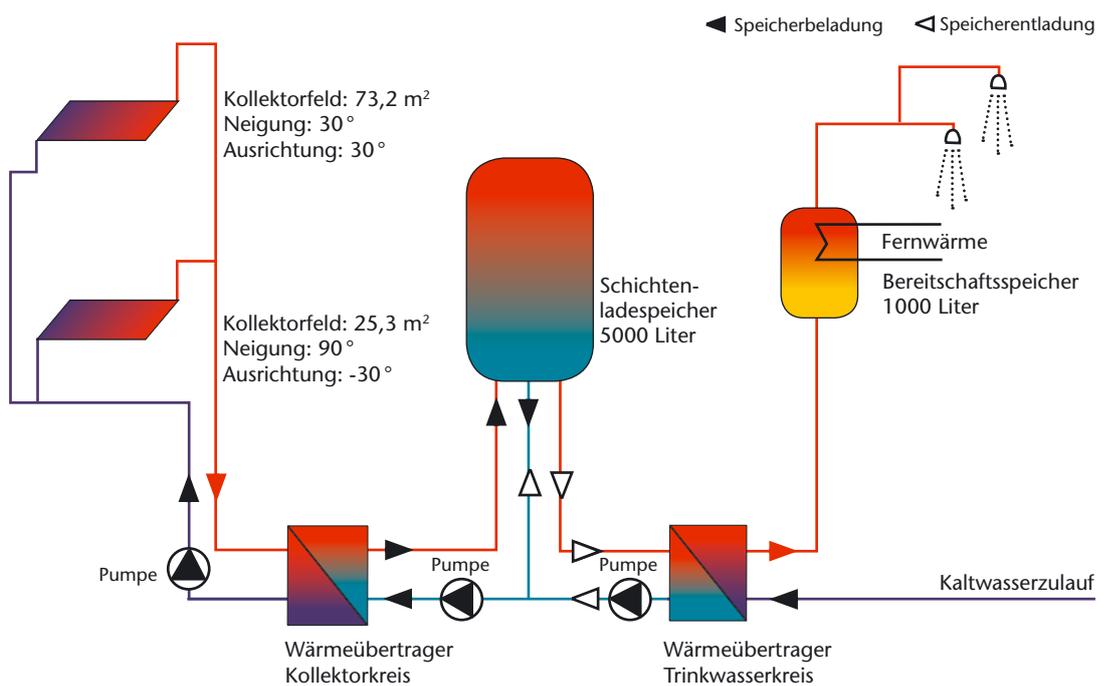


Abbildung 6b  
Vereinfachtes Schaltbild der Solaranlage Wohngelände Eiselstr. 141-163 in Gera



### 3. Grüne Nahwärme im Gebäudebestand

Es ist zu erwarten, dass Nahwärmesysteme, die auf der Nutzung von Biomasse aufbauen, in den nächsten Jahren auf Grund günstiger Randbedingungen im Gebäudebestand zunehmend realisiert werden. Demzufolge werden sich Planer und Betreiber bei der Auslegung zunächst an dem Wärmebedarf orientieren, der sich zum Zeitpunkt der Errichtung aus dem mittleren Wärmedämmstandard der Gebäude im Versorgungsgebiet ergibt. Es ist jedoch davon auszugehen, dass ein Teil der Wärmekunden zu einem späteren Zeitpunkt Wärmedämmmaßnahmen an ihren Häusern durchführen, vor allem dann, wenn eine Erneuerung der Gebäudehülle ansteht. Die damit verknüpfte Reduktion des Wärmebedarfs der wärmetechnisch sanierten Gebäude beeinflusst die Höhe der verkauften Wärmemenge insgesamt. Ein weitsichtiger Nahwärmebetreiber muss dies von Anfang an in seinen strategischen Überlegungen bzw. bei seiner Wirtschaftlichkeitsrechnung berücksichtigen.

#### 3.1 Auslegungsaspekte bei Kraft-Wärme-Kopplung mit Biogas und Holz

Den prinzipiellen Aufbau eines Nahwärmesystems zeigt beispielhaft *Abb. 7*.

Die Holzverbrennung (Holzhackschnitzel) bietet eine Reihe von technischen Möglichkeiten, Nahwärmesysteme mit gleichzeitiger Stromproduktion aufzubauen. Je nach Leistungsbereich können die Energiewandler Stirlingmotor (35-150 kW<sub>el</sub>), Dampfmotor (140-1.000 kW<sub>el</sub>), ORC-Turbine (450-1.500 kW<sub>el</sub>) und Dampfturbine (1,5-20 MW<sub>el</sub>) für die Kraft-Wärme-Kopplung eingesetzt werden. Ein wesentliches Merkmal dieser Energiewandler ist jedoch ihr im Vergleich zum Biogas geringerer Stromwirkungsgrad.

Eine weitere Technik, die thermochemische Gaserzeugung aus Biomasse (Holz, Stroh), wird in den nächsten Jahren, auf Grund eines inzwischen guten Entwicklungsstandes und der vielfältigen Möglichkeiten, die sie bietet (KWK, Auskopplung regenerativer Kraftstoffe), zunehmend an Bedeutung gewinnen.

#### 3.2 Vergleich der jährlichen Wärmekosten

Die jährlichen Kosten einer komplett erneuerten Öl-Zentralheizung werden den Jahreskosten beim Anschluss an ein Nahwärmenetz gegenübergestellt. Der Vergleich erfolgt für ein durchschnittliches Ein- bzw. Zweifamilienhaus mit einem Ölbedarf von 3.300 Litern pro Jahr.

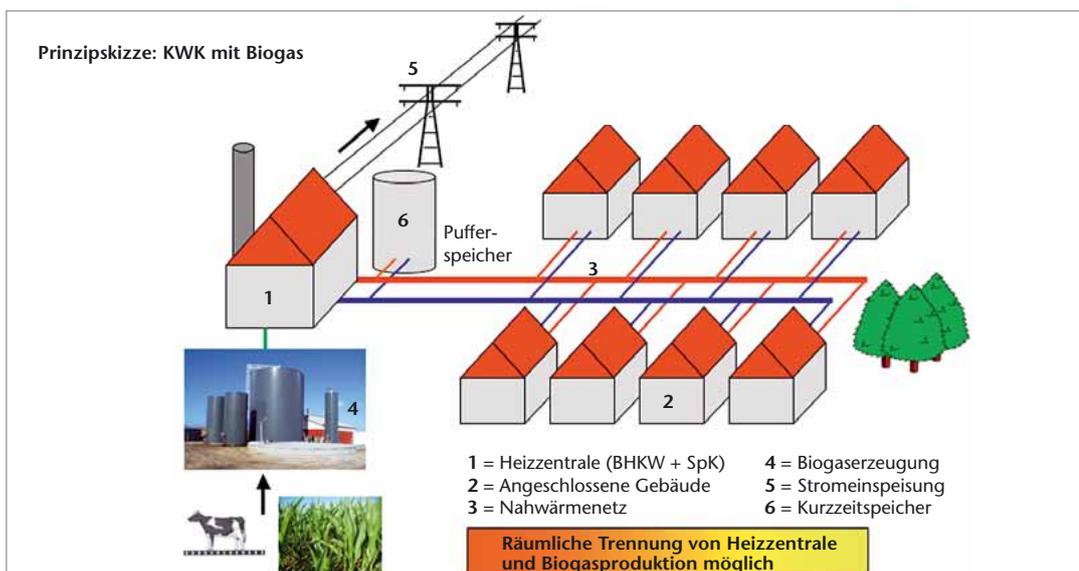


Abbildung 7  
 Prinzipische Skizze eines Nahwärmesystems mit Biogasnutzung und Kraft-Wärme-Kopplung  
 Quelle: ZSW

Die Nahwärmeversorgung entwickelt sich von einem anfänglichen Anschlussgrad von 25 %, auf 60 % sechs Jahre später. Nach 20 Jahren sind 75 % aller Gebäude angeschlossen. Bezogen auf den Anfangswert nimmt der Wärmebedarf durch verbesserte Wärmedämmung gleichverteilt über den gesamten Ort um 1 % pro Jahr ab.

Die Anschaffungskosten für die erneuerte Ölheizung betragen 7.400 € (Ölkessel, MSR-Technik, Öltank, Schornstein), die Hausanschlusskosten an die Nahwärme belaufen sich auf einmalig 7.500 €. Die Kostenrechnung erfolgt mit Hilfe der Kapitalwertmethode, der Kalkulationszinssatz beträgt 6 % und die Projektdauer 20 Jahre. (Abb. 8).

Die jährlichen Vollkosten variieren bei der Öl-Zentralheizung im vorgegebenen Ölpreisintervall von 40 bis 60 Ct/l zwischen 2.400 und 3.100 €/a. Zum Vergleich: Der Ölpreis für eine Einkaufsmenge von 3.000 Litern liegt Mitte September 2005 bei 0,52 € /l (netto). Obwohl die Nahwärmeversorgung auf der Basis von Holz im betrachteten Leistungsbereich teurer ist als bei Biogas, kann die Wärme derzeit günstiger bereitgestellt werden, als bei einer konventionellen Ölheizung. Die Jahreskosten belaufen sich auf rund 2.680 €/a.

Noch günstiger ist die Nahwärmeversorgung mit Biogas, trotz der deutlich höheren Investitionskosten gegenüber Holz. Mit Jahreskosten von knapp 2.300 € weist sie den günstigsten Wert auf. Hier macht sich die hohe Stromproduktion auf Grund des hohen Stromwirkungsgrades und damit höhere Stromerlöse positiv bemerkbar.

### 3.3 Nachträgliche Wärmedämmung

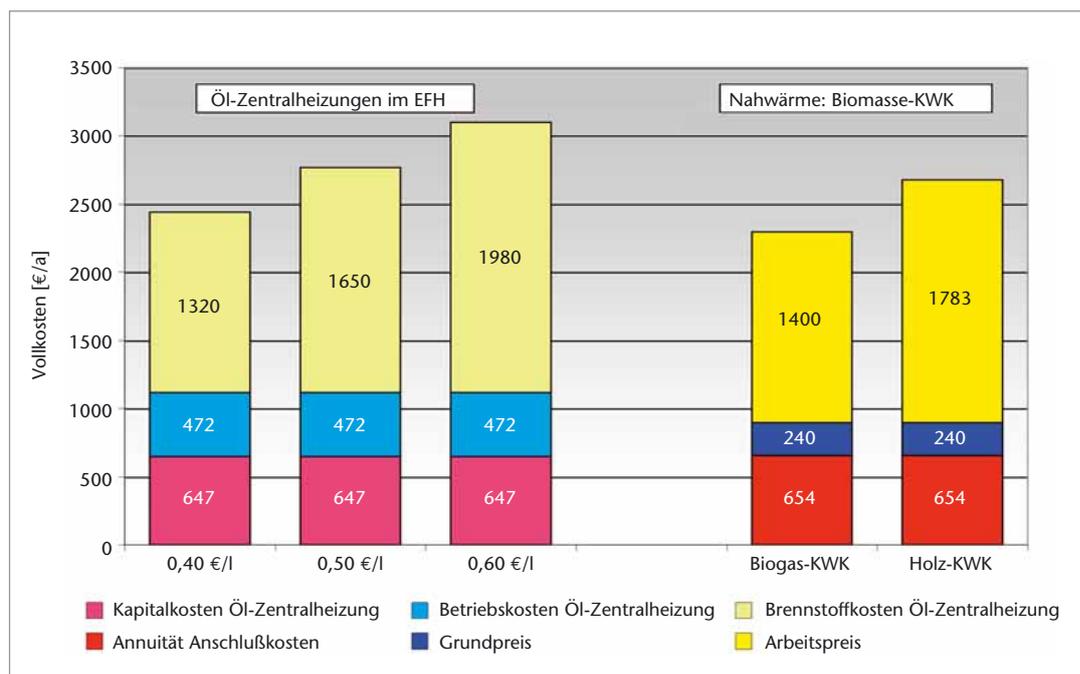
Die Auswirkungen nachträglicher Wärmedämmung auf die Rentabilität von Nahwärmesystemen mit Biomassenutzung wurden im Rahmen einer Konzeptstudie für die Nahwärmeversorgung einer Kleinstadt mit 5.000 Einwohnern untersucht. Die Nahwärmeversorgung baut auf Holzverbrennung mit nachgeschalteter ORC-Turbine (1 MW<sub>el</sub>) zur Stromerzeugung auf. Es wurden drei verschiedene Ausbauszenarien definiert. In jedem Szenario wird der Fall „keine Wärmedämmung“ dem Fall „gleichmäßig verteilte Wärmedämmung“ gegenübergestellt.

Die Eckdaten (Anschlussgrade) der Szenarien sind:

1. Grundvariante: 25 % zu Beginn – 60 % nach 6 Jahren – 75 % nach 20 Jahren
2. Langsame Entwicklung: 25 % zu Beginn – 50 % nach 20 Jahren
3. Nahwärmebegeisterung: 50 % zu Beginn – 75 % nach 6 Jahren – 90 % nach 20 Jahren

Abbildung 8  
Kostenvergleich  
zwischen konventioneller Öl-Zentralheizung und Wärmeversorgung mittels Nahwärme durch Nutzung von Biomasse. Jahresnettokosten ohne MWSt. EFH = Einfamilienhaus

Quelle: ZSW



Beim Fall „gleichmäßig verteilte Wärmedämmung“ ist der Wärmebedarf des gesamten Ortes nach 20 Jahren um 25 % geringer, als zum Zeitpunkt der Inbetriebnahme der Nahwärme. Dies gilt in jedem Szenario. Den Einfluss der Wärmedämmung auf die Rentabilität der Nahwärmeversorgung (ausgedrückt im Kapitalwert) zeigt *Abb. 9*.

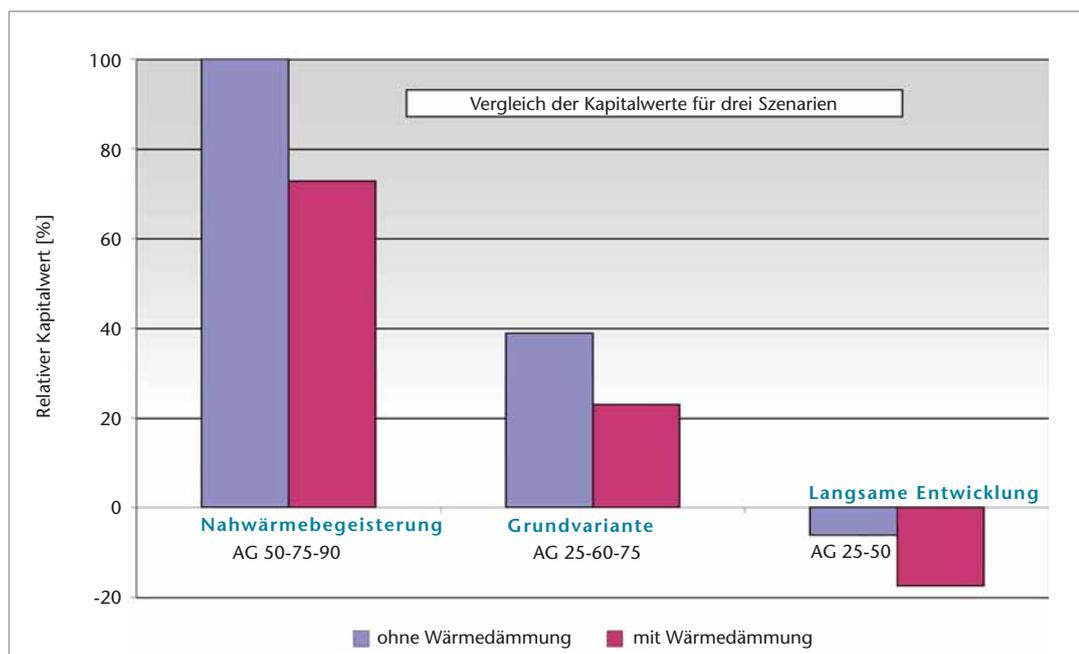
Die Variante „Langsame Entwicklung“ weist im Gegensatz zu den beiden anderen einen negativen Kapitalwert auf. Sie liegt somit aus Sicht des Betreibers unterhalb der Gewinnschwelle. Zunehmende Wärmedämmung der Häuser und damit zurückgehender Wärmeabsatz hat einen deutlichen Einfluss auf das wirtschaftliche Ergebnis. Dieser Einfluss ist jedoch am geringsten, wenn sich der Anschlussgrad auf hohem Niveau befindet (Variante „Nahwärmebegeisterung“).

Auch beim mittleren Szenario führt zunehmende Wärmedämmung nicht zur Unwirtschaftlichkeit des Projekts. Stabilisierend wirken in jedem Fall die sich vergleichsweise geringfügig ändernden Stromerlöse bei Kraft-Wärme-Kopplung.

Die genannten Solaranlagen Wilmersdorfer Straße in Freiburg und Eiselstraße in Gera wurden mit Förderung des Bundes (BMU) im Programm Solarthermie2000 realisiert.

## Literatur

- [1] Voss K., Solarenergienutzung bei der Sanierung von Gebäuden, Forschungs-Verbund Sonnenenergie „Themen 97/98“, S. 87-94
- [2] Böhnisch H., Erbas K., Nast M., Schreitmüller K., Nahwärme im Gebäudebestand – Anlagenaspekte und Umsetzung, Forschungsverbund Sonnenenergie „Themen 2001“, S. 82-91
- [3] Böhnisch H., Klingebiel M., Nast M., Nahwärmefibel Baden-Württemberg, Nahwärmekonzepte Kraft-Wärme-Kopplung und Erneuerbare Energien, Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg, 2004
- [4] Kleemann M., Heckler R., Kolb G., Hille M., Die Entwicklung des Energiebedarfs zur Wärmebereitstellung in Gebäuden – Szenarioanalysen mit dem IKARUS-Raumwärmemodell, Bericht im Auftrag des Bremer Energie-Instituts, April 2000
- [5] Müller T., Wagner W., Hausner R., Köhl M., Herkel S., Höfler K., Colourface – Farbige Fassadenkollektoren, Tagungsband Solartage Gleisdorf, 2004



*Abbildung 9*  
Die Auswirkung nachträglicher Wärmedämmung auf die Rentabilität eines Nahwärmesystems für eine Kleinstadt mit 5.000 Einwohnern, AG = Anschlussgrade entsprechend der drei Szenarien

Quelle: ZSW