

# Solarenergie- nutzung bei der Sanierung von Gebäuden

von Karsten Voss

## Überblick

Die statistische Analyse des Bestands an Wohngebäuden in Deutschland spricht eine deutliche Sprache: Rund 70% der Gebäude sind älter als 25 Jahre; die Neubaurate liegt um 1% pro Jahr. In den meisten europäischen Nachbarländern ist die Situation vergleichbar. Eine Hochrechnung auf das Jahr 2020 belegt, daß schon heute knapp 60% des dann vorliegenden Gebäudebestands existieren [1]. Fazit: Der Gebäudebestand von Heute bestimmt die Umweltbelastung von Heute und Morgen. Maßnahmen zur Energieeinsparung und für einen wirkungsvollen Klimaschutz müssen vordringlich am Gebäudebestand ansetzen. Unter dem Blickwinkel einer Verbreitung der Solartechnik ist offensichtlich, daß Solarkonzepten, die speziell an die Belange der Sanierung im Bestand angepaßt sind, eine große Bedeutung zukommt. Voraussetzungen für einen erfolgreichen Weg in diesen Markt sind technisch ausgereifte Produkte, architektonisch und wirtschaftlich attraktive Gesamtkonzepte sowie überzeugende Beispiele aus der Praxis.

The statistics of residential buildings in Germany is of extraordinary distinctness: About 70% of the houses are more than 25 years old and the construction rate is about 1% per annum. In most neighbouring European countries the situation is similar. Predictions show that almost 60% of the building stock of the year 2020 is already erected today. The conclusions: The present building stock is essential for the burden of the environment not only today but also tomorrow. Measures saving energy and protecting the climate must include the already existing houses. Solar concepts especially suited for the renovation of old housing should be more promoted. Technically mature products, architecturally and economically attractive and integrated concepts and convincing examples of practical applications are prerequisites for successful advances into this direction.

## 1. Einleitung

Eine Sanierung ist für Gebäude aller Art nach einiger Zeit der Nutzung notwendig. Die konkrete Motivation kann vielfältig sein, u. a.:

Verbessern des Komforts in der Wohn- oder Arbeitsumgebung, Erweitern der Nutzfläche, Aufwerten des Erscheinungsbilds, Senken der Kosten für Betrieb (u. a. Energiekosten) und Instandhaltung, Reparatur oder Ersatz von Teilen der Gebäudehülle oder Mo-

dernisieren des Heizungs-, Lüftungs- und Warmwassersystems.

Unabhängig vom Anlaß bietet sich mit der Sanierung ein Grund zu prüfen, ob und wie die Solarenergie in Zukunft mehr zur Gebäudeenergieversorgung beitragen kann. Dies gilt vor allem dann, wenn anteilig große von der Sonne beschienene Dach- oder Fassadenflächen vorhanden sind, die in die Sanierung einbezogen werden (Tabelle 1).

Im Rahmen des Solar Heating and Cooling Programme der Internationalen Energieagentur (IEA) ist es Aufgabe der speziell eingerichteten Arbeitsgruppe „Solar Energy in Building Renovation“ (Task 20), das Potential der Energieeinsparung durch Solarenergie-nutzung bei der Gebäudesanierung zu ermitteln, durchgeführte Beispiele vergleichbar zu dokumentieren und neue Demonstrationsprojekte zu initiieren [2-5]. Die Arbeiten wurden 1993 begonnen und werden bis Ende 1998 fortgeführt. Die beteiligten Nationen sind: Belgien, Dänemark, Deutschland, Niederlande, Schweden, Schweiz und die USA. Den deutschen Beitrag übernimmt das Fraunhofer ISE mit Förderung durch das Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie (BMBF).

## 2. Solarkonzepte für die Gebäudesanierung

Unter dem Schwerpunkt der thermischen Solaregienutzung für mehrgeschossige Wohnbauten haben sich von den untersuchten Solarkonzepten vor allem die folgenden drei als besonders vielversprechend herausgestellt:

- a. Verglaste Balkone zur energetischen, baulichen und gestalterischen Fassadensanierung,
- b. die transparente Wärmedämmung (TWD) zur baulichen Sanierung, Wärmedämmung und Solarenergie-nutzung an Außenwänden, und
- c. Kollektoranlagen als zusätzliche Wärmequelle, integriert in die Gebäudehülle.

Sinnvolle Anwendungen nutzen diese Konzepte in Kombination mit den gängigen Sanierungsmaßnahmen: Wärmedämmen der Gebäudehülle,

Dr.-Ing. Karsten Voss ist der Leiter der Gruppe Solares Bauen am Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (Fraunhofer ISE), Freiburg und koordiniert die deutsche Beteiligung an Task 20 „Solar Energy in Building Renovation“ im „Solar Heating and Cooling Programme“ der Internationalen Energieagentur (IEA).

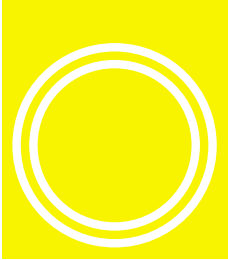


Tabelle 1: Anwendungspotentiale von Solarkonzepten bei der Sanierung von Gebäuden

Gebäudeeigenschaften	Warmwasserkollektoren	Balkonverglasungen	transparente Wärmedämmung	Luftkollektoren	gebäudeintegrierte Photovoltaik	Dachverglasungen	energieeffiziente Fenster	Doppelfassaden
Erscheinungsbild	•	•	•	•	•	•		•
Energiehaushalt	•	•	•	•	•	•	•	•
Raumbedarf		•				•		
Tageslichtbedarf			•			•		
Komfort			•	•	•		•	•
<b>Gebäudehülle</b>								
Fassade	•	•	•	•	•			•
Fenster		•	•				•	•
Dach	•				•	•	•	
<b>Energieversorgung</b>								
Heizung	•	•	•	•				•
Lüftung	•	•		•	(•)			•
Warmwasser	•							

Erneuern der Fenster, Verbessern der Luftdichtheit, Modernisieren der Heizungs- und Regelungstechnik, etc. Gesamtheitlich verändern die Maßnahmenpakete signifikant das Erscheinungsbild eines Gebäudes. Zum Vorteil gelingt es dann, wenn die Nutzung der Solarenergie von Beginn an mit eingeplant wird und nicht als additives Element auftritt.

Zum besseren Verständnis der Wirkung der untersuchten Solarsysteme auf den thermischen Energiebedarf eines Gebäudes sei zunächst das Beispiel einer konventionellen Sanierung erläutert. Die nachfolgend diskutierten Solarkonzepte setzen die Durchführung solcher Sanierungsmaßnahmen voraus. **Abbildung 2** zeigt in Verbindung mit **Abbildung 1** den abnehmenden Heizenergiebedarf infolge reduzierter Wärmeverluste. Typische Energieverbrauchswerte liegen vor der Sanierung in der Größenordnung von 200 kWh/(m²a): 160 kWh/(m²a) für die Raumheizung und 40 kWh/(m²a) für die Warmwasserbereitung inkl. der damit verbundenen Verluste (Zirkulationsleitungen, Speicher). Systematische Untersuchungen konventioneller Sanierungsansätze zeigen ein wirtschaftlich erschließbares Energiesparpotential für den Bereich der Raumwärme von 40 bis 50 %, wenn von moderaten Energiepreissteigerungen und

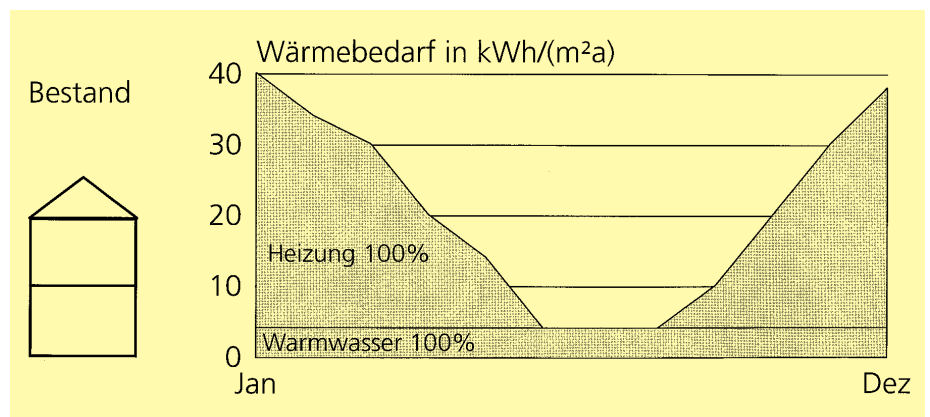
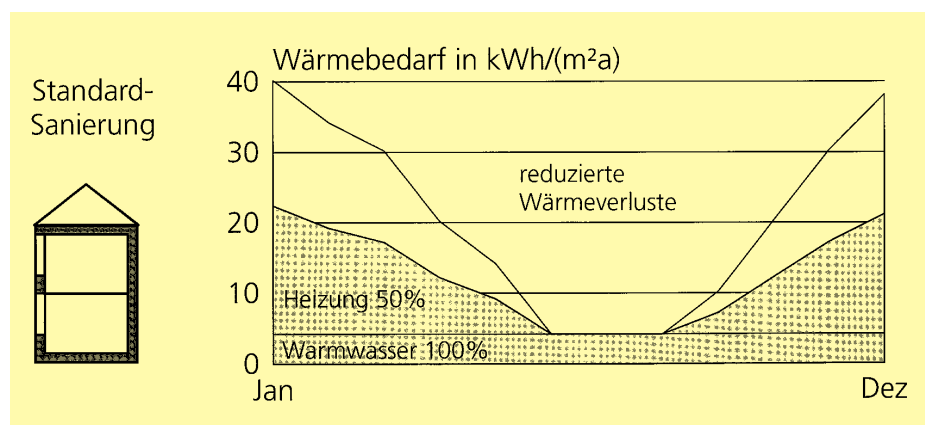
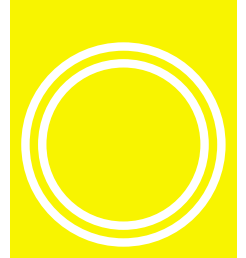


Abbildung 1: Der Wärmebedarf für Raumheizung und Warmwasserbereitung eines „typischen“ Wohngebäudes im Bestand

Abbildung 2: Wärmebedarf nach einer konventionellen energetischen Sanierung mit 50%iger Reduktion des Heizwärmebedarfs. Diese Variante dient als Referenzszenario für die nachfolgenden Solarkonzepte.





zunehmender Energiebesteuerung ausgegangen werden kann (mittlerer Brennstoffpreis für die kommenden 25 Jahre: 0,12 DM/kWh, [6]). Eine solche Kostenentwicklung entspricht dem „Sparszenario“ nach den Empfehlungen der Enquete-Kommission „Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre“ des Deutschen Bundestages.

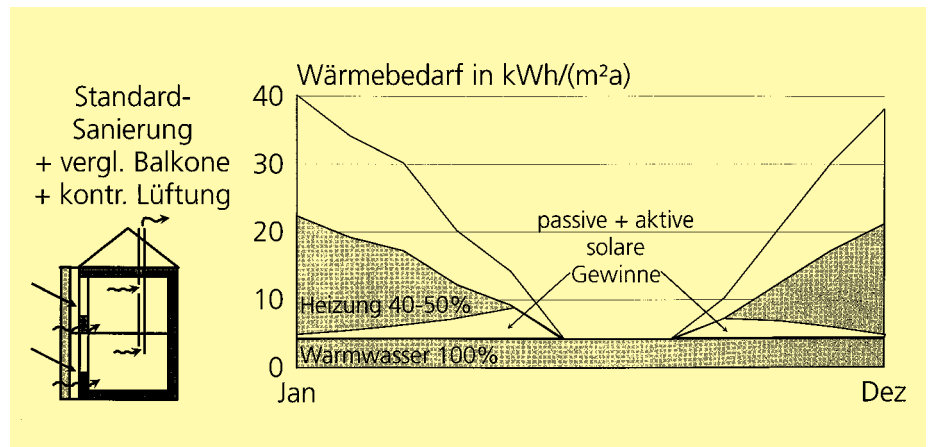
### 2.1 Verglaste Balkone

Was der Wintergarten für das Einfamilienhaus darstellt, ist der verglaste Balkon für den Geschößwohnungsbau, [Abbildung 3](#) [7]. Oft sind es die Bewohner, die sich im Sanierungsfall für diese Maßnahme aussprechen. Beispiele finden sich vor allem in den Niederlanden und den skandinavischen Ländern. Wird ein bestehender Balkon durch Verglasung „geschlossen“, entsteht ein unbeheizter, durch Sonnenenergie und Gebäudeabwärme temperierter Raum (Loggia).

Die positiven Auswirkungen einer Balkonverglasung sind vielfältig:

Dauerhaftes Beheben von baukonstruktiven Problemen im unmittelbaren Bereich des Balkons durch Schaffung einer „geschlossenen“ Fassade,

*Abbildung 3: Verglasung der Balkone bei einem 12-stöckigen Wohnhaus in Glattbrugg (Schweiz)*



*Abbildung 4: Die energetische Auswirkung einer Balkonverglasung mit integrierter Zuluftvorerwärmung im Falle des Referenzszenarios. Der Heizwärmebedarf sinkt bei richtigem Nutzerverhalten um weitere 10%.*

Verbessern des Komforts durch Beseitigen der thermischen Schwachstellen an der Gebäudehülle, – Balkonplatte, Rolladenkasten, Fenster – sowie der damit verbundenen Effekte wie Zugluft und Schimmelbildung, erhöhter Schallschutz gesteigerter Wohnwert durch Ergänzen des Wohnraums durch eine temporär nutzbare Fläche, Minderung des Wärmebedarfs und eine gestalterische Aufwertung des Gebäudes.

Günstige bauliche Voraussetzungen für die Balkonverglasung bieten besonders Gebäude mit in die Fassade eingeschnittenen Balkonen, bei denen die Qualität der vorhandenen Wohnraumfenster eine dauerhafte Weiternutzung zuläßt. Eine Verglasung erweitert die Nutzbarkeit des Balkons als Aufenthaltszone um etwa 100 Tage im Jahr. Einsparungen von bis zu 10% des Raumwärmebedarfs (bis zu 10 kWh/m<sup>2</sup>a, bezogen auf das Szenario nach [Abbildung 2](#)) werden dann erreicht, wenn der Verzicht auf eine indirekte Beheizung des Balkons über geöffnete Wohnraumfenster gewährleistet ist. Die Einsparung basiert einerseits auf der zusätzlichen Dämmwirkung in Verbindung mit der Minderung der balkontypischer Wärmebrücken („Kühlrippe“) und andererseits auf der passiven Solarenergienutzung.

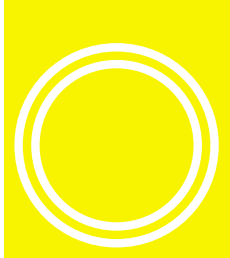
Eine wirkungsvolle und gegen „falsche“ Nutzung weniger anfällige Variante ist die bisher wenig praktizierte Kombination mit einer mechanischen Wohnungsentlüftung (Abluftanlage). Die Zuluft wird dabei auf dem Weg über den Pufferraum Balkon pas-

siv vorgewärmt, [Abbildung 4](#). Diese Variante verdoppelt die erreichbare Energieeinsparung und sorgt darüber hinaus für verbesserte Lüfthygiene. Gerade bei sanierten Gebäuden reichen die Fugenluftwechselraten oftmals nicht, um die in der Wohnung anfallende Feuchte sicher abzuführen. Durch die gezielte Luftführung kann auch beim Einsatz von Einfachglas für die Balkonverglasung Tauwasser weitestgehend vermieden werden.

In Bezug auf die erreichbare Energieeinsparung ist der Einsatz an Südfassaden vorteilhaft aber nicht notwendig. Je weiter davon abgewichen wird, desto größer wird die Gefahr von unangenehm hohen sommerlichen Temperaturen. Um dies zu vermeiden müssen die Verglasung großflächig geöffnet werden können. Hierzu eignen sich Systeme wie Faltwände oder Schiebetüren in Kombination mit feststehenden Teilen der Verglasungen. Ebenso wie bei konventionelle Balkonen benötigen auch verglaste Balkone zur sinnvollen sommerlichen Nutzung einen Sonnenschutz.

### 2.2 Transparente Wärmedämmung

Vermindern des Heizwärmeverbrauchs durch eine erhöhte Wärmedämmung ist typischer Bestandteil eines baulichen und energetischen Sanierungspaketes. Die transparente Wärmedämmung – TWD – bietet als Ergänzung dazu die Möglichkeit, gleichzeitig mit der Wärmedämmung auch eine erhöhte passive Solarenergienutzung einzuführen und damit Wärmebedarf solar zu decken ([Abbildung 5](#)). Das Po-



tential zur Energieeinsparung im Altbau liegt bei 50 – 100 kWh/a pro m<sup>2</sup> transparent gedämmter Fläche (Abbildung 6). Dies entspricht etwa 5 – 10 kWh/a pro m<sup>2</sup> Wohnfläche (10 m<sup>2</sup> TWD pro 100 m<sup>2</sup> Wohnfläche).

Im Unterschied zur konventionellen, nicht lichtdurchlässigen Wärmedämmung erreicht die Solarstrahlung bei Wänden mit TWD die eigentliche Wandoberfläche hinter der Dämmung. Dort wird sie durch Absorption in Wärme umgewandelt. Wärmeleitung in der Wand sorgt dafür, daß die Wärme an den Raum hinter der Wand abgegeben wird. Die für die Wärmeleitung erforderliche Zeitspanne von typisch 4 bis 6 Stunden bewirkt, daß die Wärme dann zur Verfügung steht, wenn Solarenergienutzung via Fenster nicht mehr möglich ist. Die Oberflächentemperaturen der Wand liegen dann lang anhaltend einige Grad oberhalb der Raumlufttemperatur. Dies begründet die positive Wirkung der TWD auf den thermischen Komfort. Diese Eigenschaften wurden in zahlreichen Demonstrationsprojekten nachgewiesen und bewirken eine hohe Akzeptanz des Systems TWD bei den Bewohnern [5,8].

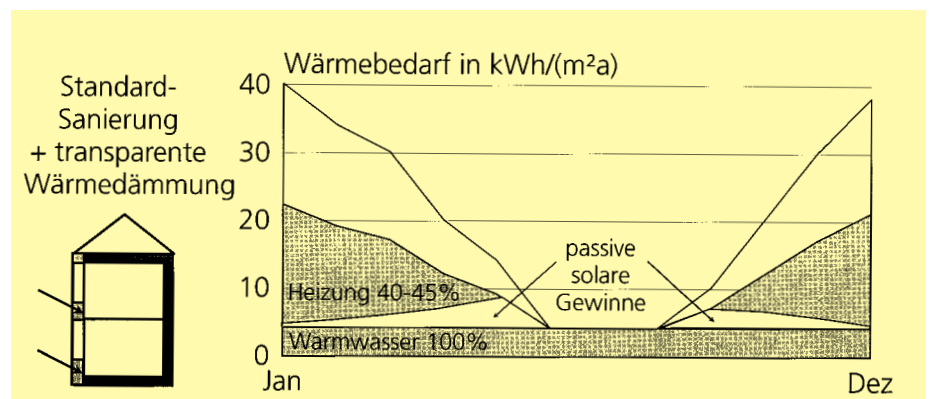
Transparente Wärmedämmung ist dann wirkungsvoll, wenn ungedämmte Wände aus schweren Baustoffen vorliegen (Beton, Kalksandstein, Vollziegel). In der Bauart einer vorgehängten Glasfassade entsteht praktisch eine „2. Haut“ als Warmfassade. Derartige TWD-Systeme benötigen eine Sonnenschutzvorrichtung, damit hohe sommerliche Innenraumtemperaturen vermieden werden. Das transparente Wärmedämm-Verbundsystem (Abbildung 5) verzichtet mit seiner rund 25% geringeren Transparenz als die Glasfassaden im Sinne eines Kompromisses zwischen Kosten und Energieeinsparung auf aktiven Sonnenschutz. Dabei ist es notwendig, daß die Belegung auf maximal 30% der Fassadenfläche beschränkt wird.

TWD verändert deutlich erkennbar das Erscheinungsbild eines Gebäudes. Dies ist oftmals gerade bei der Sanierung von Bauten aus der Zeit zwischen 1950 und 1970 die gewünschte Wirkung. Daher steht neben energetischen Aspekten frühzeitig die architektonische Wirkung im Vordergrund.



Abbildung 5: Transparentes Wärmedämm-Verbundsystem an einem Gebäude aus der Gründerzeit, die „Villa Tannheim“ in Freiburg

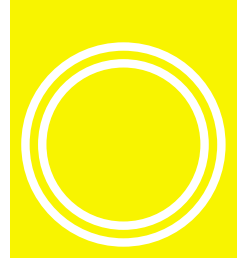
Abbildung 6: Der energetische Beitrag einer transparenten Außenwanddämmung zur Deckung des Heizwärmebedarfs. Der Heizwärmebedarf sinkt um weitere 5-10%.



### 2.3 Gebäudeintegrierte Solarkollektoren

Solarkollektoren erzeugen Wärme – warmes Wasser oder warme Luft – aus Sonnenenergie. Sind Erneuerungsmaßnahmen für das Dach und das Warmwassersystem eines Gebäudes vorgesehen, sind dachintegrierte Kollektoren das angepaßte Solarsystem. Dies gilt besonders im Falle einer Flachdachsanierung (Regendichtheit durch ein geneigtes Kollektordach)

oder bei der Aufstockung eines Gebäudes (Wohnraum unter dem Kollektordach). Die Kollektoren ersetzen je nach Anlagengröße teilweise oder vollständig die Dachhaut, so daß die Kosten der konventionellen Dacheindeckung entfallen (Abbildung 7). Solche Kollektordächer werden als Fertigteile heute in Größen von bis zu 18 m<sup>2</sup> komplett vorgefertigt und erlauben damit kurze Montagezeiten und geringe Kosten für die baulichen Anschlüsse. Systeme ohne Wärme-



dämmfunktion für das Gebäude sind besonders kostengünstig und wurden bereits in den 80er Jahren zur Flachdachsanierung im Geschößwohnungsbau in Schweden eingesetzt [2]. Wegen der zumeist vorherrschenden Nutzung des Dachgeschoßes als Wohnraum ist die Dachwärmedämmung bei den Systemen für den deutschen Markt oft bereits Bestandteil der Solardächer (*solar roof*®).

Flüssigkeitskollektoren sorgen bei einer Auslegung mit rund 1 m<sup>2</sup> Kollektorfläche pro Person für eine 40 bis 50%ige Deckung des Warmwasserbedarfs. Dies entspricht einer Energieeinsparung von etwa 20 kWh/a pro m<sup>2</sup> Wohnfläche (Abbildung 8). Die Kollektoren können zusätzlich in den Heizkreis eingebunden werden. Voraussetzung für den Einsatz der Kollektordächer ist eine zentrale Warmwasserbereitung und Raum für zusätzliche Warmwasserspeicher (ca. 50 Liter pro Person). Da dies in vielen Fällen des Gebäudebestands nicht gegeben ist, werden auch für die wohnungsweise, dezentrale Warmwasserbereitung Solarvarianten untersucht (Fassadenkollektoren, Speicherkollektoren). Deren Energieerträge fallen allerdings bedingt durch die geringere sommerliche Einstrahlung auf Fassaden rund 30% geringer aus.

Luftkollektoren sind dann von Interesse, wenn im Rahmen der Sanierung von einer reinen Fensterlüftung zur kontrollierten, mechanischen Lüftung übergegangen wird (Abluftanlage, vergl. verglaste Balkone). Als Bauarten kommen Kollektoren mit Glasabdeckung aber auch unabgedeckte, luftdurchströmte Metallabsorber in Frage (*solar wall*®). In beiden Fällen konkurrieren sie mit Maßnahmen zur Lüftung mit Wärmerückgewinnung hinsichtlich Kosten und Energieeinsparung. Vorteil eines Systems aus Fassadenkollektoren und einer einfachen Abluftanlage ist der Verzicht auf ein Luftkanalnetz in den Räumen. Nachteilhaft ist, daß die maximale Wärmelieferung (Sonne) nicht mit dem maximalen Wärmebedarf zusammenfällt (keine Sonne) und Wärmespeicherung im Baukörper nur eingeschränkt möglich ist.

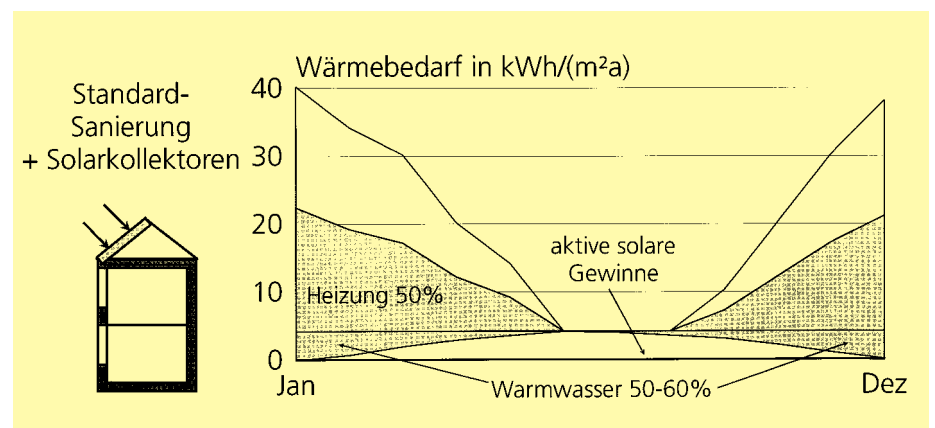
#### 2.4 Weitere Konzepte

Neben der thermischen Solarenergie-nutzung gibt es Konzepte für eine ver-



Abbildung 7: Solarkollektoren der Wohnanlage in Oederan

Abbildung 8: Energieeinsparung mit Solarkollektoren zur Warmwasserbereitung mit einer Deckungsrate von typisch 40-50%



besserte Tageslichtnutzung zur Reduktion des Energiebedarfs der künstlichen Beleuchtung sowie für die Einbindung solarer Stromerzeugung (Photovoltaik) bei Sanierungsmaßnahmen.

Lichtlenkung, Lichtstreuung und Dämmwirkung der TWD-Materialien eröffnen Anwendungspotentiale in Verbindung mit Glaswänden in Industrie- und Verwaltungsbauten. Kostengünstige Lösungen basieren auf statisch selbsttragenden Profilglasfassaden deren Dämmeigenschaften sich durch Verwendung der TWD auf

k-Werte von unter 1 W/m<sup>2</sup>K (mit thermischer Trennung des Randverbunds) bis 2 W/m<sup>2</sup>K (ohne thermische Trennung) verbessern. Die Lichttransmission liegt auch bei bedecktem Himmel über 50%, (Abbildung 9).

Die Photovoltaik erfordert bei Netzkopplung keine unmittelbare Einbindung in die Energieversorgung eines Gebäudes und läßt sich daher in allen marktverfügbaren Varianten an Fassade und Dach im Altbau einsetzen. Wegen der deutlichen Reduktion des elektrischen Energieertrags sollten



Abbildung 9: 7000 m<sup>2</sup> TWD-Glaswand (rechts im Bild) bei der Sanierung der Fertigungshallen der Linke-Hofmann-Busch GmbH in Salzgitter

Flächen ausgewählt werden, die keine lang anhaltenden Teilverschattungen aufweisen.

### 3. Beispiele

Die vorgestellten Bilder geben einen Eindruck von gestalterischen Lösungen für Solarenergienutzung im Gebäudebestand. Die Vielzahl der Gebäudetypen verlangt allerdings individuelle Lösungen mit Rücksicht auf die Architektur sowie die technischen und baulichen Voraussetzungen.

Wohnhaus Glattbrug, CH (Abbildung 3): Typisches Hochhaus aus den 70er Jahren mit ausgedehnten Maßnahmen zur baulichen und energetischen Sanierung, durchgeführt 1988. Die verglasten Balkone in Form von Faltwänden schützen die dahinterliegenden Balkonflächen vor baulichen Schäden, vermindern Wärmebrücken, sorgen für erhöhten Schallschutz, etc. und tragen zur Energieeinsparung bei.

Villa Tannheim, Freiburg, D (Abbildung 5): Wohnhaus, gebaut um 1900. Nach der Sanierung seit 1995 schwer-

punktmäßig als Bürogebäude genutzt. Die Gesamtanierung beinhaltet u. a. 53 m<sup>2</sup> transparente Wärmedämmung als Verbundsystem an einer Westfassade, Fenster mit 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung und eine 7,5 m<sup>2</sup> Flachkollektoranlage zur Warmwasserbereitung. Der Heizwärmebedarf sank von vormals 250 kWh/(m<sup>2</sup>a) auf knapp 70 kWh/(m<sup>2</sup>a). Bei diesem Objekt wurde das transparente Wärmedämm-Verbundsystem erstmalig in Form von werksseitig vorgefertigten Paneelen verarbeitet.

Wohnanlage Oederan, D (Abbildung 7): Wohnanlage mit 23 vierstöckigen Wohnhäusern, gebaut 1983. Auf sieben der Gebäude wurde im Rahmen einer Gesamtanierung 1993/94 je eine 100 m<sup>2</sup> große Kollektoranlage mit 4,5 m<sup>3</sup> Solarspeicher zur Warmwasserbereitung installiert. Die Anlagen decken jährlich knapp 40% des Energiebedarfs für die Warmwasserbereitung [9]. Aufgrund der Anlagengröße konnten die Investitionskosten auf rund 900,- DM pro m<sup>2</sup> Kollektorfläche gesenkt werden. Dies sind rund 50% weniger als bei kleinen Warmwasseranlagen üblich.

Industriehalle Salzgitter, D (Abbildung 9): 7.500 m<sup>2</sup> transparente Wärmedämmung als Glaswand sind die wesentliche Sanierungsmaßnahme dieser Industriehalle aus dem Jahr 1940. Durch Kostenoptimierung konnte die selbsttragende Fassade aus Profilglas mit einer 40 mm dicken TWD Einlage für weniger als 300,- DM/m<sup>2</sup> komplett erstellt werden. Erfolg sind deutliche Verbesserungen des thermischen und visuellen Komforts. Damit einher wird auch ein Sinken der Arbeitskraftausfälle durch Krankheit der Mitarbeiter erwartet.

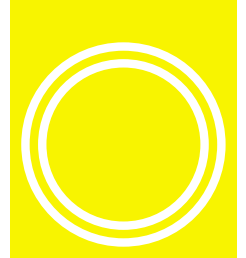
### 4. Ergebnisse und Erfahrungen

Ein Schwerpunkt der derzeitigen Aktivitäten innerhalb der IEA Arbeitsgruppe Solar Energy in Building Renovation ist die Evaluierung der initiierten Projekte und damit verbunden die Dokumentation der Ergebnisse. Diese wird bis Ende 1998 abgeschlossen. Neben den bei den Beispielen aufgeführten Fakten sind bereits folgenden Erfahrungen offensichtlich:

Mit Ausnahme der Kollektoren für die Warmwasserbereitung oder der Photovoltaik ist es kaum möglich, den Beitrag der Solarsysteme zur Energieeinsparung exakt meßtechnisch zu quantifizieren. Dies liegt in der Tatsache begründet, daß bei nahezu allen Projekten eine Gesamtanierung durchgeführt wurde. Bei den Maßnahmen zur passiven Solarenergienutzung sind meßtechnische Nachweise aufwendig. Dies behindert ebenso wie die oft unklare Zuordnung der Baukosten zum solaren oder konventionellen Teil einer Sanierung die nachträgliche Kosten/Nutzen-Rechnung.

Trotzdem ist die Einbindung in ganzheitliche Sanierungskonzepte der richtige Weg. Werden Solarmaßnahmen bei einer Sanierung ins Auge gefaßt, sind eine Energieanalyse und ein Energiekonzept für die Sanierung der Startpunkt: Erst die (einfach durchführbare) Analyse des Warmwasserverbrauchs in einem Gebäude ergibt die richtige Auslegungsgröße für eine Kollektoranlage. Kostengünstigste Konzepte vermeiden damit sommerliche Energieüberschüsse überdimensionierter Anlagen.

Energieeinsparung setzt bei einigen Solarkonzepten richtiges Nutzerverhalten voraus.



ten voraus. Während sich die Einsparungen bei den Kollektoren und der TWD quasi unweigerlich einstellen, kann es bei der Balkonverglasung auch zu einem Mehrverbrauch kommen, wenn der Pufferraum zum Dauerwohnraum wird. Die Information der Bewohner wird damit zum verbindlichen Bestandteil der Sanierungsmaßnahme. In Kombination mit der kontrollierten Wohnungslüftung ist zu erwarten, daß diese Empfindlichkeit abnimmt.

Unzureichende spezifische Erfahrung der am Sanierungsprozeß Beteiligten – vom Architekten über die Genehmigungsbehörde bis zum Handwerk – bewirkt in vielen Fällen, daß es zu zeitlichen Verzögerungen bei Baumaßnahmen mit Solarsystemen kommt. Dies verursacht Kosten und ein Negativimage bei den Investoren. Solchen Nachteilen kann nur durch eine verstärkte Information und mehr Projektpraxis entgegengewirkt werden.

Durch den internationalen Erfahrungsaustausch innerhalb der IEA Arbeitsgruppe ergibt sich in vielen Fällen die Motivation zur Adaption der im Ausland bekannten Solarkonzepte an den jeweiligen nationalen Markt. Für Deutschland gilt dies im Falle der Kollektordächer (Schweden) und der Balkonverglasungen (Niederlande).

### 5. Wirtschaftlichkeit

Alle vorgeschlagenen Maßnahmen zeichnen sich durch lange Nutzungszeiten von 25 Jahren und mehr aus. Im Unterschied zu den Investitionen von Eigenheimbesitzern in Solartechnik ist bei größeren Gebäuden davon auszugehen, daß das Kapital zu marktüblichen Zinsen als Fremdkapital aufgenommen wird und kurze Amortisationszeiten erwartet werden. Dem wirtschaftlichen Vorteil größerer Systemeinheiten der Solarsysteme im Geschosßwohnungsbau steht somit der Nachteil der Zinsen des Fremdkapitals teilweise kompensierend gegenüber [10].

Abbildung 10 faßt die Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnung in Form von äquivalenten Energiekosten zusammen. Dies entspricht den Kosten pro eingesparter Energie und kann dem zu erwartenden mittleren Ener-

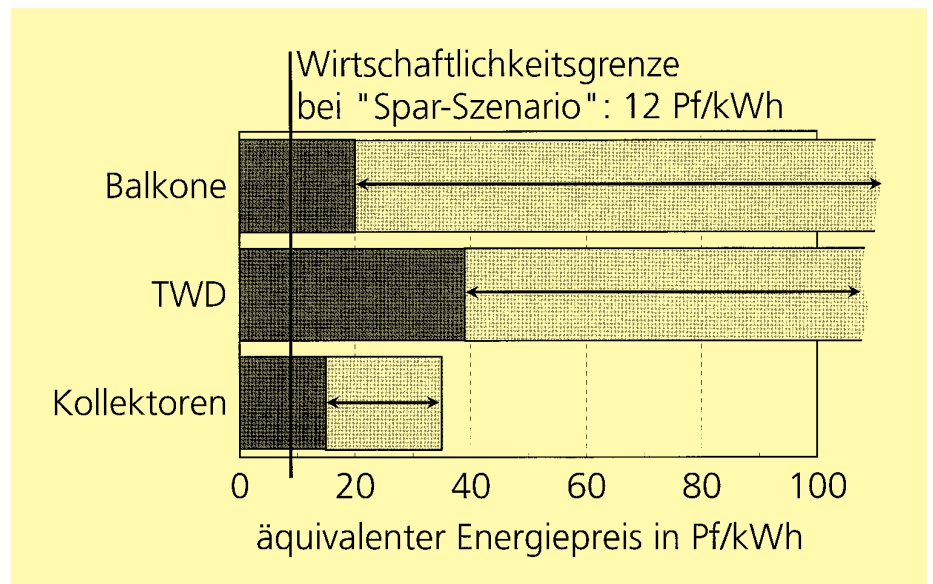


Abbildung 10: Äquivalente Energiekosten für die untersuchten Solarkonzepte. Während die dunkle Fläche die unteren Grenzkosten markiert, weist der hellgraue Bereich auf die Spanne der äquivalenten Energiekosten hin. (Realzins 4%, Wartung und Instandhaltung 2%). Bei der Berechnung wurden nur die Mehrkosten gegenüber einer konventionellen Sanierungsmaßnahme berücksichtigt.

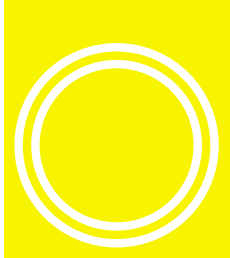
giepreis während der Lebensdauer der Maßnahme gegenübergestellt werden (z. B. 0,12 DM/kWh). Es liegt in der Natur der Sache, daß Solarsysteme, die vor allem das sommerliche Solarstrahlungspotential nutzen (Kollektoren) zu günstigeren äquivalenten Energiekosten führen, als solche, die das geringere winterliche Angebote nutzen (TWD, Balkonverglasungen).

Gebäudeintegrierte Solarkollektoren zur Unterstützung der Warmwasserbereitung sind bei optimaler Planung und großen Einheiten von 100 m<sup>2</sup> und mehr mit äquivalenten Energiekosten bis hinunter zu 0,15 DM/kWh an der Grenze zur Wirtschaftlichkeit, wenn von steigenden Energiekosten ausgegangen wird. Dies ist der Erfolg von Systemvereinfachungen und großflächigen Kollektormodulen. Durch Fördermittel von Bund, Land oder Kommune ergeben sich schon heute je nach Standort (langfristig) wirtschaftlich attraktive Einsatzmöglichkeiten. Weiter sinkende Systemkosten sind zu erwarten, vor allem bedingt durch günstigere Montagesysteme.

Bei der transparenten Wand-Wärmedämmung ist es vor allem das Wärmedämmverbundsystem, das durch niedrige Investitionskosten bei optimalen Voraussetzungen zu vertretbaren Energiekosten führt (0,40 DM/kWh). In

der Regel ist davon auszugehen, daß erst die Vorteile der warmen Wände und der „Mehrwert“ (siehe unten) die Anwendung begründen. Weitere Kostensenkungen sind notwendig und im Rahmen der Verbreitung zu erwarten. Bei der Auswahl der Anwendungen sollte angesichts der noch hohen Investitionsmehrkosten auf besonders geeignete Wandflächen geachtet werden. Geeignet heißt in diesem Zusammenhang: Südorientierung, schwerer Wandbaustoff, hohe Komfortanforderungen!

Balkonverglasungen dienen nicht primär der Energieeinsparung. Je nach Nutzerverhalten kann auch sämtliche Energieeinsparung entfallen. Im günstigsten Fall werden äquivalente Energiekosten von 0,20 DM/kWh erreicht. Dies ist dann der Fall, wenn durch die Balkonverglasung aufwendige Maßnahmen zur Wärmedämmung an Wärmebrücken vermieden werden. Vor allem die unmittelbaren Vorteile für die Bewohner und die Reduktion der baulichen Instandhaltungskosten sind die entscheidenden Argumente für die Balkonverglasung. Die Investitionskosten werden schwerpunktmäßig durch die Rahmen der Verglasungen und die baulichen Anschlüsse bestimmt, weniger durch die Glasflächen. Daher ergibt sich die mit [Abbildung 10](#) dargestellt große Bandbreite der Kosten. Die Kombinati-



on mit der ohnehin oft erforderlichen kontrollierten Wohnungslüftung verbessert durch höhere Energieeinsparungen die Wirtschaftlichkeit und Attraktivität.

Nahezu immer sind die solaren Maßnahmen Bestandteil einer Gesamtanierung. Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß die Energieeinsparung allein – auf der Basis heutiger Energie- und Systemkosten – mehr oder weniger nicht ausreichendes Argument für die Solarkonzepte ist. Es gilt daher, objektspezifisch weitere Vorteile herauszuzeichnen. Einige davon sind:

Ein Teil der Solarkonzepte bewirkt einen erhöhten Wohnwert (Balkonverglasung, TWD). Bauliche Instandhaltungskosten können sinken (Balkonverglasungen, Kollektordach auf Flachdach). Solarsysteme können Teil einer gestalterischen Sanierung sein. Gestalterische Maßnahmen werden nicht nach äquivalenten Energiekosten beurteilt.

Solarenergienutzung an Gebäuden macht Energiesparen sichtbar. Dies ist ein oft entscheidendes Vorteil gegenüber konventionellen Konzepten, wenn der „Imagegewinn“ monetarisiert werden kann (Immobilie mit Zukunft!). Die Sichtbarkeit kann die Motivation zu energiesparendem Verhalten der Bewohner fördern.

## 6. Fazit

Sanierungen haben in erster Linie die Aufgabe, im Laufe der Nutzung erkannte oder aufgetretene Mängel eines Gebäudes zu beseitigen. Dieser Anforderung müssen auch die Solar-

konzepte gerecht werden. Ein an heutigen Maßstäben gemessen zu hoher Energieverbrauch ist nur einer dieser Mängel in einer Reihe von vielen anderen. Die Erfahrungen zeigen, daß Solarkonzepte geeignet sind, neben dem Beitrag zur Senkung des Energieverbrauchs auch bauliche und gestalterische Mängel zu beseitigen. Die gebauten Beispiele motivieren damit zur weiteren Verbreitung.

## 7. Dank

Die folgenden Kolleginnen und Kollegen aus dem Expertenteam der IEA SHCP Task 20 und am Fraunhofer-ISE sind an den Forschungsarbeiten aktiv beteiligt: P. Braun, Ch. Boonstra, J.O. Dahlenbäck, A. Elmroth, M. Goller, A. Haller, S. Hayters, O.B. Jörgenson, E. Kjellsson, R.T. Lorand, A. Nihoul, A. Raicu und Ch. Russ. Die Forschungsarbeiten werden auf nationaler Ebene durch das Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie (BMBF), vertreten durch den Projektträger Biologie, Energie, Ökologie im Forschungszentrum Jülich unterstützt. Das Projekt in Oederan wurde durch Mittel des Sächsischen Staatsministeriums unterstützt. Fördermittel der Industrie ermöglichten die meßtechnische Begleitung durch die TU Dresden (A. Gassel).

## Literatur

[1] „Konzept Nachhaltigkeit – Fundamente für die Gesellschaft von Morgen“, Zwischenbericht der Enquete-Kommission „Schutz der Menschen und der Umwelt“ des 13. Deutschen Bundestages, ISBN 3-930341-32-8, Bonn (1997)

- [2] J.O. Dahlenbäck  
„Solar Energy in Building Renovation“, Energy and Buildings 24 (1996) 39-50
- [3] „Solar Energy in Building Renovation, Solar Collectors in Building Renovation, Glazed Balconies in Building Renovation, Transparent Insulation in Building Renovation“, IEA-Broschüre zum Solar Heating and Cooling Programme, James & James, London (1997)
- [4] K. Voss  
„Solarenergienutzung bei der Sanierung von Gebäuden“, James & James, London (1997)
- [5] A. Haller  
„Gebäudesanierung mit transparenter Wärmedämmung“, James & James, London (1997)
- [6] W. Ebel et al.  
„Einsparung beim Heizwärmebedarf – Ein Schlüssel zum Klimaproblem“, Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt (1995)
- [7] A. Gütermann, P. Case  
„Sanierungsmaßnahme verglaste Balkone“, Bundesamt für Energiewirtschaft und Forschungsstelle für Solararchitektur der ETH Höggerberg, Zürich (1996)
- [8] K. Voss, P.O. Braun, Ch. Russ  
„Transparent Insulation in Building Renovation“, Proc. of EUROSUN '96, Freiburg (1996)
- [9] A. Gassel  
„Meßtechnische Überwachung großer solarer Warmwasserbereitungsanlagen“, Institut für Technische Thermodynamik und technische Gebäudeausrüstung der TU Dresden (1995)
- [10] A. Goetzberger  
„Sonnenenergie – die Energie des Bürgers“, Sonnenenergie 4 (1997) 10-12