

# Solares Bauen – Erneuerbare Energien erobern die Baubranche

## Die Zukunft erfordert Senkung des Energiebedarfs von Gebäuden

Prof. Dr. rer. nat. Eicke R. Weber, Leiter des Fraunhofer-Instituts für Solare Energiesysteme ISE



*Dachintegrierte Kollektoren auf einem Haus in Deutschland*

Die Entwicklung von nachhaltigen und zugleich wirtschaftlichen Szenarien für die Energieversorgung des Gebäudesektors ist eine komplexe Aufgabe, die unter anderem durch eine große Vielfalt sowohl im Bereich der Verbrauchsstruktur als auch im Bereich der korrespondierenden Versorgungsstrukturen gekennzeichnet ist. Wesentliche Elemente, die es bei der Entwicklung entsprechender Szenarien zu berücksichtigen gilt, sind unter anderem die Folgenden:

- ▶ **Nutzung:** Wohn- und Nicht-Wohngebäude weisen sowohl hinsichtlich der Laststruktur als auch hinsichtlich der Eigentümer- und Betreiberstruktur

wesentliche Unterschiede auf, die unterschiedliche technische Lösungen bedingen. Der Flächenbedarf nimmt zu und Komfortanforderungen werden höher.

- ▶ **Altbau - Neubau:** Bei Altbauten müssen sowohl energetische Sanierungsmaßnahmen als auch neue Versorgungstechniken in eine bestehende Struktur integriert werden.

Bei Neubauten kann von Beginn eines Bauprojekts an eine integrale Planung erfolgen, in der alle Elemente bezüglich Energiebedarf und -versorgung gemeinsam konzipiert und implementiert werden.

Gebäude tragen wesentlich zum Energieverbrauch in Deutschland bei. Ihr Unterhalt verschlingt mehr als 40 Prozent der Endenergie – der Großteil entfällt dabei auf die Wärmeversorgung. Um das Ziel einer nachhaltigen Energieversorgung und die angekündigten klimapolitischen Ziele zu erreichen, ist eine zunehmende Deckung des Energiebedarfs auf Basis erneuerbarer Energien notwendig. Fossile Energieträger werden knapp und der Klimawandel kann kaum noch aufgehalten werden. Die Baubranche steht vor neuen Herausforderungen. Energieeffizientes Design und entsprechende Bauausführungen können den Energiebedarf von Gebäuden beträchtlich senken. Es bleibt aber stets ein Restbedarf, der nachhaltig aus erneuerbaren Quellen bereitgestellt werden kann. Einsparungen von 70 bis 80 Prozent sind durch solares und energieeffizientes Bauen möglich.

- ▶ **Verdichtung:** Die Machbarkeit und auch Sinnhaftigkeit technischer Lösungen hängt stark vom Grad der Verdichtung ab. In innerstädtischen Räumen ergeben sich andere Randbedingungen für Versorgungslösungen als in wenig verdichteten Baugebieten oder gar einzelstehenden Gebäuden außerhalb von Siedlungsgebieten. Die Vermeidung von Verkehr ist dabei eine wesentliche städtebauliche Aufgabe.

- ▶ **Technologien:** Im Bereich der Energieversorgungstechniken für Gebäude gibt es eine immense Bandbreite an Techniken zur Wärmebereitstellung, zur Klimatisierung, zur Strombereitstellung

# Warum Vaillant?

Weil jeder einen treuen Partner braucht.



Wir versprechen nicht nur Partnerschaft - wir leben sie auch.

Seit 1874 stehen wir für zuverlässige Partnerschaft und innovative Lösungen in bester Qualität. Aber eine Vaillant Partnerschaft bedeutet mehr als nur perfekt aufeinander abgestimmte Systemlösungen und zufriedene Kunden. Wir bieten Ihnen außerdem eine umfangreiche Werbeunterstützung sowie regelmäßige Trainings- und Weiterbildungsmaßnahmen. Damit Ihre Mitarbeiter genauso auf dem neusten Stand sind wie unsere Systeme.

Wie auch Sie von Vaillant profitieren, erfahren Sie unter [www.vaillant.de](http://www.vaillant.de) oder Infoline **0180 5 824 552 68**

(14 Cent/Minute aus dem deutschen Festnetz, ggf. abweichende Mobilfunkgebühren)

■ Wärme   ■ Klima   ■ Neue Energien

Weil  **Vaillant** weiterdenkt.

sowie zur gekoppelten Erzeugung von Wärme und Strom. Die Techniken unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Effizienz ebenso, wie hinsichtlich der nutzbaren Energieträger und der Möglichkeit des Einsatzes erneuerbarer Energien. Darüber hinaus spielt der technische Entwicklungsstand eine entscheidende Rolle für den Zeithorizont des Einsatzes.

► **Lebenszyklusanalyse:** Es reicht grundsätzlich nicht aus, ein energieoptimiertes Versorgungskonzept zu entwerfen ohne den kumulativen Energieaufwand zu berücksichtigen. Gerade technisch aufwändige Lösungen können zwar im Betrieb eine hohe Energieeffizienz aufweisen, verursachen aber in der Herstellung einen hohen Energieaufwand. Letztlich müssen deshalb zur Bewertung unterschiedlicher Versorgungskonzepte Gesamtbetrachtungen entwickelt werden, die den gesamten Lebenszyklus implizieren.

Neben diesen strukturellen Faktoren spielen im Einzelfall spezifische Faktoren wie Standort, klimatische Bedingungen und wirtschaftliche Randbedingungen eine Rolle, um eine jeweils angepasste, bestmögliche Lösung zu entwickeln.

## VERBRAUCH REDUZIEREN – ERNEUERBARE ENERGIEN VERWENDEN

Auch wenn die konsequente Nutzung der Sonnenenergie sowie eine energieeffiziente Bauausführung den Energiebedarf beträchtlich senken können, bleibt selbst bei einem Nullenergiehaus stets ein Rest-

energiebedarf. Es ist problemlos möglich, diesen durch erneuerbare Energien zu decken. So kann etwa Solarwärme wesentlich zur Bereitung von Warmwasser und anteilig zur Gebäudebeheizung beitragen. In Gebäuden mit einem Bedarf an aktiver Klimatisierung im Sommer können die gleichen solarthermischen Anlagen auch für die sommerliche Klimatisierung genutzt werden. Zusätzlich ist eine Bereitstellung von nachhaltigem Strom durch eine in die Gebäudehülle integrierte Photovoltaik-Anlage oder den Betrieb eines Blockheizkraftwerkes möglich, das durch Holzpellets oder Biogas aus organischen Reststoffen nachhaltig gespeist wird und Wärme sowie Strom liefert, Abb.1.

So kann aus einem Niedrigenergiegebäude ein Nullenergiegebäude oder auch ein Plusenergiegebäude werden, das Nettoenergie ins Netz einspeist. Auch bei Altbauten ist eine Versorgung mit erneuerbaren Energien machbar. Eine umfassendere Sanierung ermöglicht auch hier enorme Energieeinsparungen. Neue Technologien erhöhen die Energieeffizienz und senken damit nicht nur die Kosten, sondern auch die Belastungen für die Umwelt.

## NULLENERGIE-KONZEPT ALS VORLAGE

Die Energieversorgung von Gebäuden ist eine komplexe Aufgabe. Trotz der vielfältigen Randbedingungen und technischen Lösungsansätze lassen sich einige grundlegende Trends und Anforderungen für den Einsatz erneuerbarer Energien im Gebäude-

sektor benennen. Sinnvoll erscheint eine Orientierung an einem Nullenergie-Konzept, Abb.2, bei dem das Gebäude oder die Siedlung im Jahresmittel eine Netto-Nullenergiebilanz aufweisen. Bewertungsgröße sollte dabei der Verbrauch an „Primärenergie der zeitlich endlichen Energieträger“ sein, also derjenigen Energieträger, die eine zeitlich begrenzte Verfügbarkeit aufweisen. Derartige Nullenergie- oder Nullemissions-Konzepte für Gebäude sind derzeit Gegenstand der energiepolitischen Zielsetzungen vieler Länder und werden unter anderem im 5. Energieforschungsprogramm der Bundesregierung als Fernziel benannt.

## EFFIZIENTE GEBÄUDE ALS VORAUSSETZUNG

Grundsätzlich ist eine Reduktion des Energieverbrauchs für Heizung, Kühlung bzw. Klimatisierung und Lüftung sowie für Beleuchtung und Geräte, die in Gebäuden betrieben werden, auf das technisch Mögliche erforderlich und Voraussetzung, um das Ziel einer Null-Energie-Bilanz zu erreichen. Für neue Wohngebäude kann und wird ein Energiestandard entsprechend dem Passivhaus zur Regel werden. Auch für die energetische Sanierung ist, wie in etlichen Beispielprojekten gezeigt wurde, eine drastische Reduktion des Energieverbrauchs möglich und notwendig. Bei der Sanierung von Altbauten ist der KfW-40-Standard erreichbar, d.h., dass der Jahresprimärenergiebedarf gemäß Energieeinsparverordnung 40 Kilowattstunden pro Quadratmeter nicht überschreiten darf.

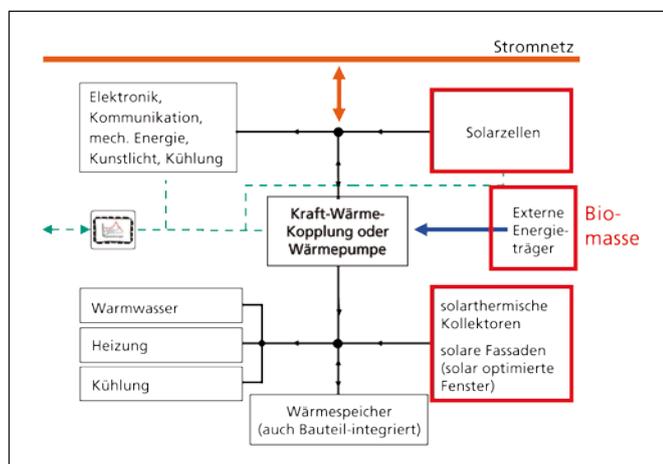


Abb.1: Durch den lokalen Einsatz erneuerbarer Energien wird der Energieverbrauch des Gebäudes anteilig oder vollständig gedeckt. Stromüberschüsse werden in das öffentliche Netz gespeist.

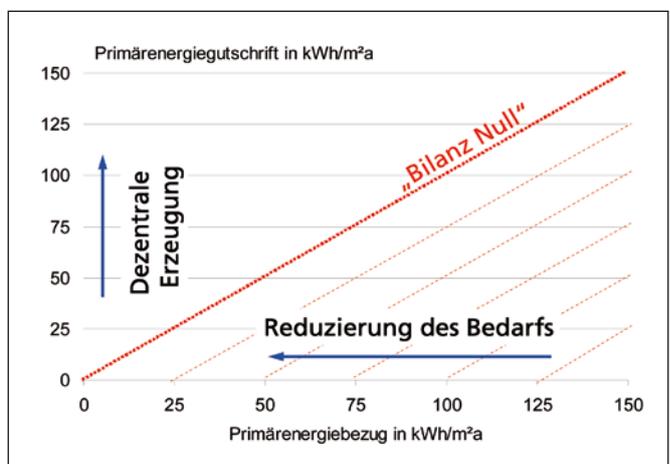


Abb.2: Nullenergie-Konzept: je geringer der Verbrauch desto realistischer ist eine Netto-Deckung durch lokal erzeugte und dem Versorgungsnetz zugeführte Energie

Für Nichtwohngebäude sind analog nutzungsspezifische Zielgrößen zu definieren. Erst derartige Verbrauchsstandards eröffnen die Perspektive einer weitgehenden, bilanziellen Deckung des verbleibenden Energiebedarfs auf Basis erneuerbarer Energien. Die Verbrauchsstruktur des Gebäudesektors verschiebt sich damit ins-

gesamt von Wärme- zu Strombedarf und bei Wohngebäuden wird aus der bisherigen Dominanz des Heizenergiebedarfs ein nahezu gleich großer Bedarf an Wärme für Warmwasserbereitung und Heizen. Der Bedarf an Klimatisierung wird steigen. Für die Wärmeversorgung und Kühlung derartiger Gebäude reichen oft niedrige Temperaturdifferenzen zwischen Raum und Verteilsystem, da die Heiz- bzw. Kühlleistungen gering sind. Dies eröffnet Spielräume für hocheffiziente Lösungen unter Aktivierung natürlicher Wärmequellen und -senken, wie Außenluft oder Erdreich.



Abb.3: Solarthermische Anlage auf einem Mehrfamilienhaus in Süddeutschland

zukünftig technische Lösungsansätze gefragt, die neben der baukonstruktiven und bauphysikalischen Funktion der Gebäudehülle eine energetische Nutzung erlauben. Ein breiter, flächendeckender Einsatz von Solaranlagen in Gebäuden erfordert sowohl hinsichtlich der baulichen und architektonischen Integration als auch der Einbindung in die Haustechnik einerseits flexible und andererseits standardisierte Lösungen, Abb.3 und 4. Die Hauptnutzung der Solarenergie in solarthermischen Anlagen liegt bei der Brauchwassererwärmung und der anteiligen Deckung des Heizbedarfs. Photovoltaik-Strom wird auf Grund der höheren wirtschaftlichen Attraktivität nahezu immer in das öffentliche Stromnetz eingespeist. Insofern ist die Photovoltaik-Anlage Teil der Gebäudehülle, aber nicht Teil eines integrierten Energieversorgungssystems des Gebäudes. Ändern wird sich das erst, wenn es für den Gebäudebetreiber lukra-

tiver ist, Strom im Gebäude zu nutzen als ins Netz einzuspeisen. Für diesen Fall sind neue systemtechnische Ansätze zu erwarten mit Priorität für den Eigenverbrauch und neue Anwendungen, beispielsweise die Kopplung von Photovoltaik mit Wärmepumpen zum Heizen und Kühlen. Neben der Solarenergie ist für eine Nutzung im Gebäude Biomasse als Energieträger möglich. Biomasse ist ein zeitlich unbegrenzter, aber mengenmäßig begrenzter Energieträger - die Nutzung innerhalb eines Gebäudes mindert die Verfügbarkeit für andere Anwendungen. Insofern ist eine hohe Effizienz in der Nutzung essentiell und bedingt beispielsweise, dass keine ausschließliche Nutzung zur Bereitstellung von Wärme, sondern immer eine gekoppelte Erzeugung erfolgen sollte. Hier sind demnach Wärme-Kraft-Kopplungsprozesse und entsprechende Geräte gefragt, die auf der Basis von Biomasse-Energieträgern betrieben werden können.

**ZENTRALE UND DEZENTRALE LÖSUNGEN**

Inwieweit zentrale Versorgungslösungen eingesetzt werden, hängt stark von der Verdichtung einerseits und vom Energiestandard der Gebäude andererseits ab. Errichtungen neuer Wärmenetze erfordern eine Mindestgröße des flächenbezogenen Wärmebedarfs (oder Kältebedarfs im Fall von Kältenetzen) und eine Mindestmenge an Abnehmern. In verdichteten Räumen eröffnet der Betrieb von Wärmenetzen die Möglichkeit, den Betrieb von gekoppelter Erzeugung von Strom und Wärme im mittleren Leistungsbereich mit hoher Effizienz auf der Basis von Biomasse zu betreiben. Derartige Wärmenetze ermöglichen außerdem den Einsatz von zentralen, solarthermischen Anlagen mit oder ohne saisonale Speicher. Die heute weltweit größte solarthermische Anlage mit saisonalem Wärmespeicher befindet sich auf der dänischen Insel Ærø. Die Anlage, die die Gemeinde Marstal mittels Wärmenetz mit Wärme versorgt, umfasst eine Solaranlage mit einer Nennwärmeleistung von knapp 20 MW (28.000 m<sup>2</sup> Kollektorfläche) und einem Heißwasserspeicher mit einem Volumen von 10.000 m<sup>3</sup>. Generell spielt bei Gebäuden, die temporär

## ZENTRALE UND DEZENTRALE LÖSUNGEN

Das Gebäude selbst kann mit seinen Hüllflächen – in erster Linie Dach und in zweiter Linie Fassaden – Solarenergie sammeln und in Nutzenergie umwandeln, wobei neben der Umwandlung von Solarstrahlung in Wärme oder Strom die direkte Versor-

### DIE SONNE: UNBEGRENZTE ENERGIEQUELLE

Das Gebäude selbst kann mit seinen Hüllflächen – in erster Linie Dach und in zweiter Linie Fassaden – Solarenergie sammeln und in Nutzenergie umwandeln, wobei neben der Umwandlung von Solarstrahlung in Wärme oder Strom die direkte Versor-

Stromlieferant werden, die Wechselwirkung mit dem elektrischen Versorgungsnetz eine Schlüsselrolle. Hier werden Betriebsstrategien und deren technische Umsetzung benötigt, die zugleich eine hohe Ausnutzung der technischen Anlagen, eine hohe Gesamteffizienz und eine Plan- und Regelbarkeit durch den übergeordneten Energieversorger ermöglichen.

## ENERGIESPEICHER SIND WICHTIGER BESTANDTEIL

Energiespeichern kommt bei allen oben genannten Lösungen eine zentrale Rolle zu, da durch sie eine Entkopplung von Erzeugung und Bedarfsdeckung ermöglicht wird. Dies spielt für erneuerbare Energien ebenso eine Rolle wie für Anlagen der gekoppelten Erzeugung und nicht zuletzt fürs Management von Versorgungsnetzen.

Stromspeicher werden insbesondere zum Ausgleich von Schwankungen im Stundenbereich (z.B. Tag-Nacht) betrieben. Eine interessante Option beim Einsatz von

Stromspeichern liegt in der Kopplung von Gebäuden mit dem Verkehrssektor. Dabei ist der Stromspeicher im Kraftfahrzeug installiert und kann über das Hausnetz geladen und ggf. auch entladen werden. Derartige Versorgungslösungen werden in Zukunft zunehmend entwickelt und untersucht werden. Wärmespeicher im Stundenbereich spielen eine wichtige Rolle für das Management von Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen, um einen stromgeführten Betrieb bei zugleich hoher Nutzung der Abwärme zu erreichen. In Solarthermie-Anlagen sind auch größere Speicher sinnvoll, die einen zeitlichen Ausgleich im Bereich einiger Tage ermöglichen. Saisonale Speicherkonzepte sind heute allenfalls im Bereich von Großspeichern in solaren Nahwärmenetzen sichtbar. Technische Lösungsansätze für ausreichend kostengünstige Langzeitspeicher für Einzelgebäude sind aus heutiger Perspektive nicht erkennbar.

## VIELFÄLTIGE FORSCHUNGSBEREICHE

Aus den oben genannten Anforderungen ergeben sich unterschiedliche Forschungsfelder, die von der Materialentwicklung bis zur Qualitätssicherung im Betrieb von Gebäuden reichen. Elemente, die aus heutiger Sicht eine zentrale Rolle spielen:

### Baumaterialien, Baustoffe, Bausysteme

Zukünftige Baumaterialien und Bausysteme werden in Richtung Multifunktionalität gehen, also neben den grundsätzlichen Funktionen wie Wetterschutz und Wärmeschutz weitere Funktionen übernehmen.

- ▶ Adaptive Fassaden zur gezielten Steuerung der Energieflüsse (Tageslicht, Sonnenschutz)
- ▶ Gebäudeintegrierte Wärmespeicher auf Basis von Latentwärmespeichermaterialien oder anderen Systemen mit hoher Energiedichte
- ▶ Neue, hochaktive u. schaltbare Dämmsysteme, z.B. auf Basis von Vakuumdämmtechnik

## Energiesparen & Klimaschutz serienmäßig



Die Kompetenzmarke für Energiesparsysteme



Klimageräte Serie KG-Top



Wolf Großkessel GKS



Wolf Blockheizkraftwerk



Gasbrennwert-Solarzentrale CSZ



Photovoltaik-Kollektor



Holzvergaserheizkessel

Wolf bietet Ihnen nachhaltige Lösungen, die energieeffiziente Heiz- und Klimatechnik mit erneuerbaren Energien kombinieren. Von Solarthermie, Photovoltaik, Biomasse, Wärmepumpen, Blockheizkraftwerken bis hin zu solargestützten Klimasystemen hat Wolf die Antworten auf globale Herausforderungen der Gegenwart und der Zukunft.

Infos unter: [www.wolf-heiztechnik.de](http://www.wolf-heiztechnik.de) oder 0 87 51/74 11 47, Wolf GmbH, Postfach 1380, 84048 Mainburg

- ▶ Konzepte zur Sanierung ohne wesentlichen Eingriff in die Gebäudestruktur („minimal invasive Sanierung“)

### Haustechnik-Komponenten

Die nächste Generation haustechnischer Geräte löst heute gängige Verfahren der Wärme- und Kältebereitstellung ab und zeichnet sich durch eine insgesamt hohe Umwandlungseffizienz und/oder die wachsende Nutzung von Biomasse aus. Eine zentrale Rolle spielen Energiespeicher.

- ▶ Neue Wärmepumpensysteme unter Einbeziehung unterschiedlicher Niedertemperaturquellen, insbesondere Abluft, Solarenergie und Erdwärme
- ▶ Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen auf Basis von Biomasse in unterschiedlichen Leistungsgrößen
- ▶ Thermisch angetriebene Wärmepumpen und Kälteverfahren
- ▶ Angepasste Lüftungstechnik für die energetische Sanierung
- ▶ Wärmespeichertechniken
- ▶ Stromspeichertechniken
- ▶ Angepasste und optimierte Hydraulik als Voraussetzung für Low-Ex-Systeme

damit im Bereich nicht- bzw. gering investiver Maßnahmen – liegt bei bis zu 30 Prozent bezogen auf den heutigen Verbrauch. Die Implementierung adäquater Betriebsführungskonzepte muss bereits in der Planung berücksichtigt werden und erfor-



Abb.4: Photovoltaik in der Balkonzeile im Freiburger Stadtteil Vauban

### Solartechnik

Generell wird es eine Diversifizierung im Bereich der Solartechnik geben mit sowohl hinsichtlich der baulichen Integration als auch den Nutzungsanforderungen (Wärmequelle für Wärmepumpe, Heizen, Brauchwasser, Kühlung, Prozesswärme usw.) angepassten Lösungen.

- ▶ Baulich und architektonisch integrierte Lösungen für Solarkomponenten (sowohl Solarthermie als auch Photovoltaik – als Stichworte seien hier Solardächer und Solarfassaden genannt)
- ▶ Schlüssige Kombinationslösungen von Solarthermie mit Wärmepumpen
- ▶ Systeme zur solaren Bereitstellung von Strom und Wärme in einem System (sog. PV-T-Kollektoren), Abb.4

### PLANUNG UND GEBÄUDEBETRIEB

Das Energie-Einsparpotenzial im Bereich der Betriebsführung von Gebäuden – und

dert hier ein Zusammenspiel von Technik, Nutzung und Gebäudeleittechnik.

- ▶ Standardisierte und automatisierte Systeme zur Analyse des Betriebes und zur Identifikation von Fehlern
- ▶ Kostengünstige Messwerterfassungssysteme

### Urbane Infrastruktur

Da Gebäude in aller Regel nicht autark betrieben werden, sondern zumindest über das Stromnetz immer in eine übergeordnete Netzstruktur eingebunden sind, spielen Infrastruktur und Kommunikationstechnik eine zentrale Rolle. Strategien und Konzepte für die Systemsteuerung in dezentral organisierten Netzen, zum Beispiel die Anbindung der Gebäudeautomation an Netzsteuerungsmechanismen wie dem Emissionshandel bieten in Zukunft mehr Freiheitsgrade für die Energieerzeugung.

Mit neuen IuK-Technologien, wie z.B. dem Smart Metering, wird Demand Side Management bis auf die Ebene des Gebäudes möglich. Technologisch spielt hier vor allem die Nutzung des Gebäudes als

sensible Energiespeicher eine wichtige Rolle. Daneben sind auch technische Entwicklungen auf der Seite der Netze wichtig. Bei den Gasnetzen ist eine zunehmende Einspeisung von Biogas erforderlich, im Bereich der Wärme- und Kältenetze können neuartige Wärmeträger, die Phasenwechselmaterialien enthalten, die Kapazität der Netze und die Möglichkeit der Speicherung entscheidend verbessern.

### CHANCE FÜR DEN EXPORT-MARKT

So wie das Energiesystem insgesamt vor einer massiven technischen Transformation steht, wird sich auch der Gebäudesektor fundamental verändern. Dabei steht neben einer drastischen Reduktion des Energieverbrauchs, insbesondere im Gebäudebestand, von Beginn an die Erzielung eines möglichst hohen Anteils vor Ort nutzbarer erneuerbarer Energien zur Deckung des verbleibenden Energiebedarfs im

Fokus. Nur so kann der Bedarf an zeitlich begrenzt zur Verfügung stehenden Energieträgern zum Betrieb von Gebäuden ausreichend reduziert werden.

Für Deutschland führt dies neben den positiven Effekten für die Umwelt zu einer signifikanten Reduktion der Abhängigkeit von internationalen Energiemärkten und bietet erhebliche Chancen zur Erschließung von Exportmärkten für die neu entwickelten Techniken und Konzepte.

Autor

Prof. Dr. Eicke R. Weber,  
Leiter des Fraunhofer-Instituts für Solare  
Energiesysteme ISE

Fotos / Grafiken: Fraunhofer ISE,

Abb. 1 und 2: H.-M. Henning

[www.ise.fraunhofer.de](http://www.ise.fraunhofer.de)