

## Energieeffizienz und Solarenergie im Nichtwohnungsbau

Karsten Voss

Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme

Gruppe Solares Bauen

Oltmannsstraße 5

D - 79100 Freiburg

Tel. : 0761 / 4588 - 135

Fax : 0761 / 4588 - 132

email: karsten.voss@ise.fhg.de

Günter Löhnert

sol°id°ar, Architekten & Ingenieure, Berlin

Andreas Wagner

Universität Karlsruhe, Fakultät Architektur, Lehrbereich Technischer Ausbau

### Das Anliegen

Als ein wesentlicher Teil des Programms „Solar Optimierte Bauen“ (SolarBau) fördert das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie BMWI (vormals Förderprogramm des BMBF) Demonstrationsprojekte aus dem Bereich großer Nichtwohnungs-Neubauten. Durch eine sinnvolle Kombination aus Maßnahmen zur Energieeinsparung und Nutzung erneuerbarer Energien im Rahmen eines integralen Planungsprozesses ist als wesentliches Ziel gefordert, daß die Primärenergiekennzahl der geförderten Gebäude für Heizung, Lüftung, Klima (HLK) und Licht in Summe unter 100 kWh/m<sup>2</sup>a liegt. Eine investive Förderung ist nicht vorgesehen. Damit soll der Anreiz verstärkt werden, hohe energetische Anforderungen durch die jeweils wirtschaftlich günstigste Maßnahmenkombination zu erfüllen. Schlüssel zum Erfolg ist die anteilig geförderte integrale Planung. Ein zweijähriges Meßprogramm dient zur Optimierung und zum Nachweis der erreichten Ergebnisse.

SolarBau:MONITOR ist das dazugehörige Begleitprojekt. Es stellt Fakten und Analysen zu den Einzelprojekten auf einer gemeinsamen Informationsplattform via Internet und Printmedien zusammen und bietet ein Forum für die Planungsteams der Projekte. Die umfangreiche Information wird anschließend genutzt, um Ausbildungsmaterial für Hochschulen zu entwickeln. SolarBau:MONITOR ist ein Gemeinschaftsprojekt des Fraunhofer ISE (Gesamtleitung), des Architekturbüros sol°id°ar, Berlin und der Fakultät Architektur der Universität Karlsruhe.

Die Internetadresse <http://www.solarbau.de> informiert über die geförderten Demonstrationsprojekte und erläutert das Konzept des Begleitforschungsprojektes SolarBau:MONITOR /1/. Über Anregungen und Kritik freuen sich die Autoren.

### Die Projekte

Nach erfolgreicher Beantragung der Fördermittel beim Projektträger werden derzeit acht Projekte im Rahmen von SolarBau TK3 gefördert. Weitere Projektanträge werden geprüft. Maximal sind 25 Projekte zur Förderung im Zeitfenster 1995-2005 vorgesehen.

**Tabelle 1:** Die geförderten Projekte, Stand 3/99, Reihenfolge gemäß Zeitpunkt der Bewilligung.

#	Gebäudetyp	Standort	Bauherr	Architekt	Nettogeschoßfläche	Status
1	Bürogebäude	Bremen	EcoTec GmbH	Hahndorf & Wucherpfennig, Bremen	3.046 m <sup>2</sup>	bezogen 9/97
2	Schulungszentrum	Papenburg	W. Brüggemann & Sohn GmbH	Cheret & Bozic, Stuttgart	1.000 m <sup>2</sup>	in Planung
3	Bürogebäude	Cölbe (Marburg)	Wagner Solartechnik	Chr. Stamm, Schweinsberg	1.848 m <sup>2</sup>	bezogen 9/98
4	Produktionshalle	Kassel	Hübner GmbH	J. Eble, Tübingen	2.122 m <sup>2</sup>	bezogen 3/98
5	Institutsgebäude	Freiburg	Fraunhofer-Gesellschaft	Dissing + Weitling, Kopenhagen	13.150 m <sup>2</sup>	in Bau
6	Bürogebäude	Hamm (Westfalen)	Deutsche Bahn AG	Architrav, Karlsruhe	6.000 m <sup>2</sup>	in Bau
7	Fachhochschule	St. Augustin	Land NRW	HMP Bauplanung, Köln	25.000 m <sup>2</sup>	in Bau
8	Büro/Labor-Gebäude	Siegen	Gesellschaft für Innovation und Transfer, GIT	n.n	ca. 3.000 m <sup>2</sup>	in Planung

## Energiekennzahlen

Mit Zielwerten für den Verbrauch an *nicht erneuerbarer Energie für sämtliche Energieverbrauchssektoren* berücksichtigt das Förderprogramm SolarBau in seinen Rahmenbedingungen /2/ die Tatsache, daß im Nichtwohnungsbau der Stellenwert der Raumheizung am gesamten Energieumsatz deutlich geringer ist als im Wohnungsbau. Dies gilt vor allem dann, wenn anstatt der Nutzenergie (kWh<sub>Strom</sub>/m<sup>2</sup>, kWh<sub>Wärme</sub>/m<sup>2</sup>) die Energiekosten (DM/m<sup>2</sup>) oder die Emissionen betrachtet werden (kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>). Derzeit gibt es in Deutschland neben der Wärmeschutzverordnung (WschVo) keine vergleichbaren Grenzwerte für die Lüftungs-, Klima- und Beleuchtungstechnik. Mit der Richtlinien SIA 380/1 ist die Schweiz seit 1988 beispielgebend für durchgängige Grenz- und Zielwerte /3/. Eingeschlossen ist die Definition einer sogenannten Energiebezugsfläche. Innerhalb des Förderprogramms SolarBau wird die Nettogeschoßfläche gemäß DIN 277 als Bezugsgröße festgelegt<sup>1</sup>. Fiktive, aus dem Umfassungsvolumen abgeleitete „Gebäudenutzflächen“ wie mit der WschVo eingeführt, eignen sich nicht. Obwohl das Förderprogramm keine Zielwerte für den nutzungsbedingten Stromverbrauch festlegt (EDV, Kommunikationstechnik, etc.), sollte im Sinne eines schlüssigen Konzeptes auf Energieeinsparung geachtet werden. Tabelle 2 macht deutlich, daß der Primärenergiezielwert des

<sup>1</sup> Da es sich meist um Gebäude normaler Geschoßhöhe handelt, ist ein Bezug auf das Volumen nicht erforderlich.

Förderprogramms bei Vermeidung investiver Mehrkosten folgendes Maßnahmenpaket nahelegt:

**Tabelle 2:** Energiekennzahlen von Verwaltungsgebäuden. Bezugsgröße ist näherungsweise die Nettogeschoßfläche. Die Tabelle zeigt beispielhafte Wertekombinationen für die Ziele des Förderprogramms Solarbau TK3, die Zielwerte der SIA-Richtlinie 380/1, die Grenzwerte der WschVo, eine Verbrauchsstatistik von 7 deutschen Demonstrationsgebäuden nach /2/ sowie Daten des Bestands an öffentlichen Gebäuden gemäß VDI 3807 /4/. Die Umrechnung elektrischer Energie in Primärenergie erfolgt mit dem Faktor 2,8; die Umrechnung von Heizwärme (Nutzenergie) in Heizenergie (Endenergie) mit dem Faktor 1,2. Der Index „p“ kennzeichnet Primärenergie.

Quelle	Heizung		Licht + HLK kWh/m <sup>2</sup> a	Nutzung		Summe kWh <sub>p</sub> /m <sup>2</sup> a
	kWh/m <sup>2</sup> a	kWh <sub>p</sub> /m <sup>2</sup> a		kWh/m <sup>2</sup> a	kWh <sub>p</sub> /m <sup>2</sup> a	
SolarBau TK3	40	48	19	k.A.	52 + k.A.	100 + k.A.
	30	36	23	k.A.	64 + k.A.	100 + k.A.
	20	24	27	k.A.	76 + k.A.	100 + k.A.
SIA 380/1	51	61	22	k.A.	62 + k.A.	123 + k.A.
WschVo 1995	50 - 70	60 - 84	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Ø Demo-Projekte	95	114	49		137	251
VDI 3807, Entwurf	k.A.	127	20		56	183

- **energieorientiertes Entwerfen:** kompakter, aber auf die Belange der *Tageslichtnutzung* abgestimmter Baukörper, überlegter Umgang mit Verkehrsflächen, *abgestimmte Orientierung und Zonierung*
- **Senken des Heizwärmebedarfs** um mindestens 30% unter das Niveau der WschVo: Wärmedämmung, *passiv solare Optimierung*, Wärmerückgewinnung
- **Verzichten auf aktive Klimatisierung:** effektiver Sonnenschutz, reduzieren interner Lasten, Wärmepufferung im Baukörper, Nachtlüftung, Luft/Erdregister
- **effizienter Einsatz elektrischer Energie:** *Tageslichtnutzung*, Beleuchtungsregelung, effiziente Lüftungstechnik, nutzungsangepaßte Luftvolumenströme.

Die jeweils kursiv hervorgehobenen Aspekte kennzeichnen Bauen mit der Sonne im Sinne der passiven Solarenergienutzung. Geeignete Maßnahmenkombinationen führen im optimalen Fall zu Gebäuden mit sehr einfacher Gebäudetechnik („schlanke Gebäude“), erfordern aber ein hohes Maß an integraler Planung durch Aufwand für Kommunikation und Simulationsrechnungen. Sondernutzungsflächen wie Labors benötigen zusätzliche technische Ausstattung und führen zu Energiekennwerten jenseits der genannten Ziele (Projekte 5 und 7, Tab. 1).

Thermische Kollektoren eignen sich zur Einbindung in die zentrale Warmwasserversorgung (z.B. Kantine) oder in die aktive Klimatisierung. Glasdächer oder Glasfasaden bieten sich bei geeigneter Orientierung zur Integration von Photovoltaik (PV) an. Interessant ist dies vor allem dann, wenn der PV-Ertrag unmittelbar in Verbindung mit einer Zielvorgabe für den Stromverbrauch der Haustechnik und/oder der

Beleuchtung gebracht wird<sup>2</sup>. Damit wird zusätzliche Motivation zur Energieeinsparung geschaffen und verhindert, daß die Diskussion um PV an Gebäuden ausschließlich von gestalterischen Aspekten dominiert wird. Weitere Beiträge für erneuerbare Energien liegen im Einsatz von Holzfeuerungsanlagen oder in der Nutzung des Grundwassers zur direkten Klimatisierung.

### Die Schwerpunkte

Die folgenden beiden Tabellen geben eine Übersicht über die Themenschwerpunkte der Förderprojekte. Verbesserte Nutzung des Tageslichts in Verbindung mit effizientem Kunstlichteinsatz ist ein naheliegender solarer Aspekt aller Projekte. Auffällig oft sind Luft/Erdregister für Heizen und Kühlen vertreten. Die Register haben Rohrlängen zwischen 100 und 1.800 m bei Durchmessern zwischen 0,3 und 1,0 m. Zu beiden Themen wurden bzw. werden Planungswerkstätten unter Teilnahme der Planungsteams aller Einzelprojekte im Rahmen der Begleitforschung durchgeführt. Damit steht ein Forum für den Austausch von Erfahrungen zwischen den Projekten zur Verfügung. Weitere Veranstaltung sind zu den Themen „Architektonischer Entwurf“ und „Meßtechnik in Demonstrationsprojekten“ vorgesehen.

**Tabelle 3:** Die Schwerpunkte der Projekte im Hinblick auf Energieeinsparung. Angaben zum Projekt der GIT liegen noch nicht vor.

# Projekt	Gebäude		Technische Gebäudeausrüstung							
	energieorientiertes Entwerfen	erhöhte Dämmung	effiziente Beleuchtung	effiziente Lüftung	Abwärmenutzung	Langzeit-Energiespeicher	Kraft/Wärme-Kopplung	thermische Kälteerzeugung	Wärmepumpe	Gebäudeleittechnik
1 EcoTec			+	+	+				+	+
2 Brüggmann	+	+	+	+	+	+				+
3 Wagner	+	+	+	+	+	+	+			+
4 Hübner	+	+	+	+	+					
5 Fraunhofer	+	+	+	+	+		+	+		+
6 Deutsche Bahn	+	+	+	+	+					+
7 FH St. Augustin		+	+	+	+		(+)			
8 GIT										

**Tabelle 4:** Die Schwerpunkte der Projekte im Hinblick auf das Bauen mit der Sonne

<sup>2</sup> Beispiel: Bei optimierter Tageslichtnutzung liegt der Kunstlichtbedarf in der Größenordnung von 5 kWh/m<sup>2</sup>a. Bei einer Bürogröße von 25 m<sup>2</sup> genügt ein PV-Generator mit 0,3 bis 0,4 m<sup>2</sup> Fläche zum Ausgleich der Jahresenergiebilanz.

# Projekt	Gebäude						Technische Gebäudeausrüstung					
	verbesserte Tageslichtnutzung	Orientierung, Zonierung	Glashaus, Atrium	Solarwand	natürliche Lüftung		solares Warmwasser	solares Heizen	solarer Strom	Nachtlüftung	Erdwärmetauscher	Holzfeuerung
1 Ecotec	+						+	(+)	+	+		
2 Brüggmann	+	+					+	(+)		+	+	+
3 Wagner	+	+					+	+		+	+	
4 Hübner	+				+		+				+	
5 Fraunhofer	+	+	+	+					+	+	+	
6 Deutsche Bahn	+		+							+	+	
7 FH St. Augustin	+			+					+	+	+	
8 GIT												

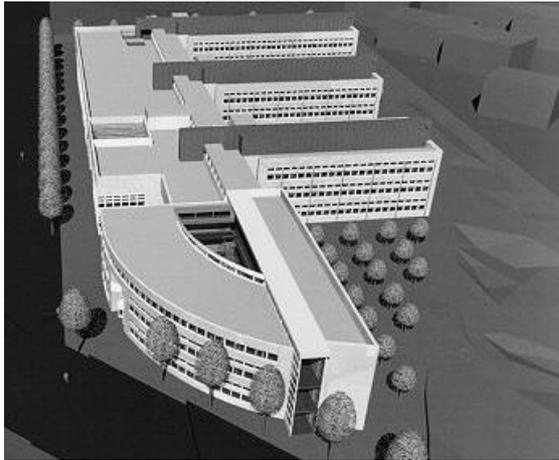
## Erste Erfahrungen

Bisher liegen erst in Einzelfällen Meßergebnisse vor. Eine vergleichende Betrachtung der Projekte ist daher Aufgabe zukünftiger Arbeit. Die Erfahrung mit der Projektarbeit erlaubt aber bereits jetzt einige grundlegende Feststellungen:

Berücksichtigt der architektonische Entwurf bereits erhöhte energetische Anforderungen, sind die Aufgaben für die nachfolgenden Simulationsrechnungen sehr konkret. Ergebnis sind Empfehlungen für Glasqualitäten, Sonnenschutz, Lüftungsstrategien, Anlagendimensionen, Regelungskonzepte, etc. Grundlegende Änderungen an einem Entwurf finden nach der Zustimmung durch den Bauherrn in der Regel nicht mehr statt. Es ist offensichtlich, daß kostenbewußtes Bauen mit erhöhten energetischen Standards im sehr frühen Planungsstadium beginnen muß!

Die Größe der Baumaßnahmen hat zur Folge, daß zwischen Entwurf und Realisierung lange Zeiträume liegen. Änderungen in der Gebäudenutzung, notwendige Einsparungen oder Anpassungen in der Ausführungsplanung haben bauliche Folgen, die aus Zeit- oder Geldmangel oft ohne Rückkopplung mit den Fachplanern umgesetzt werden. Zeichnet sich das energetische Konzept nicht durch „Robustheit“ und „funktionale Transparenz“ aus, besteht die Gefahr, daß die energetischen Ziele oder der geplante thermische Komfort nicht erreicht werden. Robustheit und funktionale Transparenz sind auch gefordert, um das Gebäude trotz schlanker technischer Ausstattung nutzungs- und nutzerflexibel zu halten.

Tageslichtnutzung ist deshalb so beliebt, weil transparente Gebäudehüllen im Trend der Architektur liegen und die physiologische Vorteile mit dem Potential zur Energieeinsparung einhergehen. Durch simulationsunterstützte (Tages-) Lichtplanung kann ermittelt werden, wie und wo durch automatische Kunstlichtanpassung an das verfügbare Tageslicht sinnvoll Beleuchtungsenergie eingespart werden kann: Ein Büro mit angemessener Verglasungsfläche und geringer Raumtiefe (5 m) kann in der fassadenseitigen Raumhälfte eine Tageslichtautonomie von annähernd 100% erreichen. Dimmen der Beleuchtung bringt in einer solchen Situation wenig. Demgegenüber gibt es bauliche Situationen, in denen Tageslicht ständig nur einen Teil der Lichtenforderungen deckt. Ohne Installation einer Dimmung wird dann trotz Tageslichtanteil keine Energie gespart.



**Bild 1:** Der Neubau des Fraunhofer ISE



**Bild 2:** Die Produktionshalle der Hübner GmbH

Die nächtliche Lüftung eines Gebäudes ist eine wirksame Maßnahme, um dem kontinuierlichen Anstieg der Raumtemperatur in sommerlichen Hitzeperioden entgegenzuwirken. Geschieht dies nicht, kann sich die schwere Bauweise zum Nachteil entwickeln, da es nicht gelingt, die am Tage aufgenommene Wärme aus dem Baukörper zu entfernen. Die Projekte setzen auf unterschiedliche Prinzipien: freie Lüftung via Auftriebsströmung über Zu- und Abluftklappen in Fassaden und Dach oder die kontrollierte Lüftung via Abluftventilator und Zuluftklappen (elektr. Energiebedarf!). Bauliche Lösungen für die freie Luftströmung im Gebäude wurden mit Rücksicht auf Schall- und Brandschutz projektspezifisch entwickelt. Standardlösungen existieren offenbar nicht. Die Vor- und Nachteile der Konzepte werden sich im Betrieb herausstellen und helfen, zukunftsweisende Varianten zu entwickeln.

Luft/Erdregister steigern durch ihre Kühlwirkung den sommerlichen Temperaturkomfort weiter. Die ersten Ergebnisse sind positiv, wenngleich Kostenaspekte (teure Zu- und Abluftsammelbauwerke) und bauliche Schäden (Wassereinträge) den Bedarf an Verbesserung unterstreichen. Eine hygienische Überprüfung im Betrieb ist in einigen Projekten vorgesehen. Die hygienische Bedenken sind allerdings gering.

Für Anlagen der Gebäudeleittechnik (GLT) gilt ähnlich wie in der Planung, daß allein das Mehr an Information keine Vorteile bringt. Einerseits bietet die Vernetzung von Information die Möglichkeit zur gezielten Optimierung der Betriebsführung und Anlagenabstimmung (z. B. gleichzeitiges Heizen und Kühlen vermeiden). Andererseits bewirkt die Vielfalt der Information verbunden mit mangelnder Transparenz, daß die Betreiber der GLT nur einen Bruchteil der Möglichkeiten nutzen. Die erreichbare Energieeinsparung durch optimierte Anlagenregelung steht oft in keinem sinnvollen Verhältnis zu den Kosten des Fachpersonals zur Konfigurierung der GLT.

## **Ausblick**

Wenn die Zeichen von Beginn an erkannt und ernst genommen werden, dann können die hohen Ansprüche des Förderprogramms erfüllt oder nach einer Optimie-

rungsphase erreicht werden. Die für Ende '99 vorgesehene Dokumentation wird erste vergleichende Analysen zu den Betriebsdaten der Projekte vorlegen.

### **Dank**

Den einzelnen Planungsteams als „Macher“ der Demonstrationsprojekte gilt unser Dank für die Bereitstellung der Information über ihre Projekte und die aktive Mitarbeit im Begleitprojekt.

### **Literatur**

/1/ SolarBau:MONITOR - Ein Forum für Erfahrungen und Ergebnisse über Energieeffizienz und Solarenergienutzung im Nichtwohnungsbau, 5. Europäische Konferenz Solarenergie in Architektur und Stadtplanung, Bonn, 1998

/2/ Rahmenbedingungen zum Förderprogramm SolarBau TK3, Dokumentation zum Fachkolloquium, Inst. f Industrialisierung des Bauens, Universität Hannover, 1996, Bezug: <http://www.solarbau.de>

/3/ Energie im Hochbau, SIA 380/1, Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, 1988

/4/ Energieverbrauchswerte für Gebäude, VDI 3807, Entwurf, Verein Deutscher Ingenieure, 1997