

---

## Energieeffizienz und regenerative Energien bei Bürogebäuden: Das Konzept der schlanken Gebäude

Dipl.-Ing. Sebastian Herkel, Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme ISE  
Oltmannsstr. 5, 79100 Freiburg, herkel@ise.fhg.de

### 1 Ausgangslage

Die Planung eines Bürogebäudes muss eine Vielzahl von Anforderungen berücksichtigen. Dabei geht es in erster Linie um die Schaffung einer guten Arbeitsplatzqualität, um eine möglichst hohe Produktivität der Mitarbeiter zu erreichen. Der visuelle und thermische Komfort wird dabei häufig über Maßnahmen wie z.B. Klimaanlage und großer installierter Lichtleistung mit hohen Investitions- und Betriebskosten gewährleistet. Eine aktuelle repräsentative Studie des Schweizer Bestandes an Bürobauten zeigt, dass der Primärenergieverbrauch dieser Gebäude bei 390 kWh/m<sup>2</sup> NGF liegt [Weber 1999]. Trotzdem kommt es zu Unzufriedenheit und höheren Krankenständen gerade bei Großraumbüros (*sick-building syndrome* [Redlich 1997]). Obwohl rund 1/3 des Primärenergiebedarfes im Gebäudesektor anfallen, sind die Kosten hierfür nur 3,9% des Bruttonationalproduktes [ESAP 1998]. Im Bereich der Bürogebäude ist das Verhältnis noch ausgeprägter: Weniger als 1% der Betriebskosten inkl. Gehälter entfallen auf die Energieversorgung. Infolgedessen spielen Energiekosten nur eine untergeordnete Rolle bei energierelevanten Investitionsentscheidungen, wenngleich Ihre Bedeutung eher überschätzt wird [Weber 1999]. Die Motivation zur Reduktion des Primärenergieverbrauches in Bürogebäuden ist nicht Folge eines Kostensenkungspotentials bei den Energiekosten, sondern der Notwendigkeit ressourcenschonenden Bauens.

Das Konzept des schlanken Gebäudes zielt darauf ab, Bürogebäude zu planen und zu errichten, die eine gute thermische und visuelle Arbeitsplatzqualität haben und trotzdem aufgrund einer schlanken Gebäudetechnik einen geringen Primärenergiebedarf haben. Anhand der Bürogebäude der Fa. Athmer in Arnsberg, der Fa. Lamparter in Weilheim/Teck und des Fraunhofer Instituts für Solare Energiesysteme in Freiburg wird die Zielrichtung eines Konzepts eines schlanken Gebäudes erläutert [Banz, Rieks und Ufheil 2000, Seeberger 2001 und Voss 1999].



Abb. 1:	Fraunhofer ISE (Süd-Ost)	Athmer (Süd-West)	Lamparter (Süd-Ost)
beheizte	13150,	739	1000
NGF [m <sup>2</sup> ]	davon Büro 2290 m <sup>2</sup> HNF		

Am Beispiel dieser drei Gebäude werden die Schwerpunkte einer energieeffizienten Gebäudeplanung aufgezeigt, die bei Nichtwohngebäuden neben dem

## 5. Passivhaus Tagung Böblingen 16. – 18. Februar 2001

Heizwärmebedarf besonderes Augenmerk notwendig haben: Tageslichtnutzung und passive Kühlung. Diese zwei Bereiche haben einen wesentlichen Einfluss auf den Primärenergiebedarf eines Gebäudes, rund 60 % davon können durch ein schlankes Gebäudekonzept reduziert werden, ohne dass die Kosten durch eine aufwendige und damit teure Gebäudetechnik steigen (Abb. 2). Der Ansatz eines Passivhauses als ein Gebäude, das durch einen hochwertigen baulichen Wärmeschutz und kontrollierte Be- und Entlüftung eine Reduktion der Heiztechnik ermöglicht, kann auf Bürogebäude dahingehend übertragen werden, Mehrkosten im Bereich der Baukonstruktion durch eine schlanke Gebäudetechnik auszugleichen bei gleichzeitiger Reduktion des Primärenergiebedarfes.

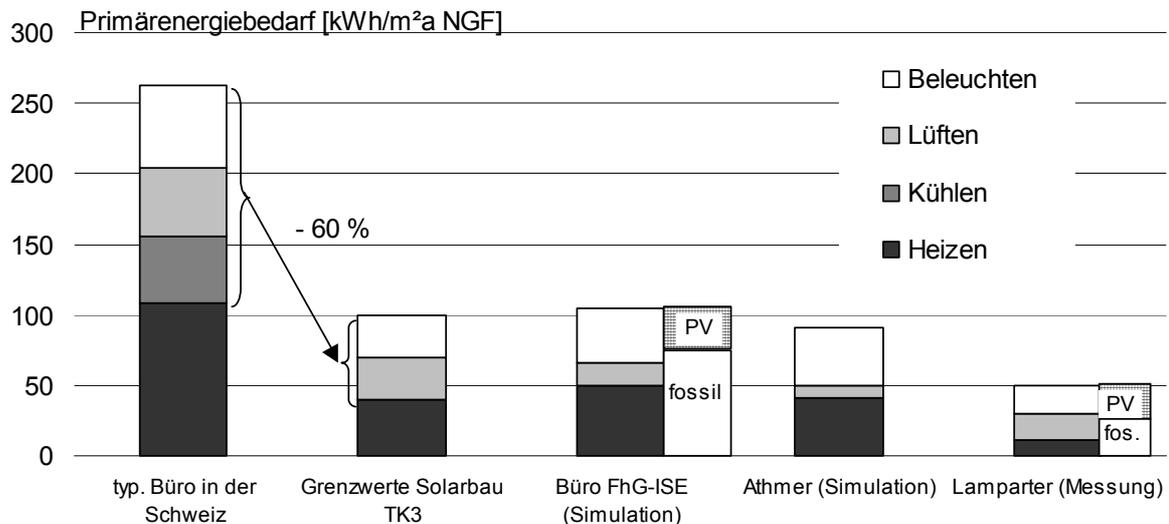


Abb. 2: Der Primärenbedarf<sup>1</sup> zeigt die wesentlichen Verbraucher an: Heizen, Beleuchtung, mech. Lüftung und partiell Kühlung. Der Beitrag der Photovoltaik an der Energieversorgung erreicht 35% beim Büro Lamparter.

## 2 Wärmeschutz

Die im Wohnungsbau erprobten hochwärmedämmten Baukonstruktionen lassen sich auch bei Bürogebäuden ohne erhebliche Mehrkosten einsetzen, so dass auch in Bürogebäuden eine Heizwärmebedarf von unter 15 kWh/m²a NGF erreicht werden kann (Passivhaus Lamparter, [Voss 2001, Seeberger

Tab. 1 Wärmeschutz beim Passivhaus Lamparter

Aussenwand	24 cm	0,15 W/m²K
Dach	35 cm	0,10 W/m²K
Fenster	g=60%	1,10 W/m²K

<sup>1</sup> In den Primärenergieverbrauch wird der Energiebedarf für den Betrieb des Gebäudes einbezogen. Es wird nur der Bedarf für Heizen, Kühlen, Lüftung und Beleuchtung betrachtet. Elektrische Energie wird mit dem Faktor 2,8 bewertet, thermische mit dem Faktor 1.

<sup>2</sup> Als typisches Büro sind Energiebedarfswerte gemäß einer repräsentativen Querschnittsuntersuchung in der Schweiz angegeben [Weber 1999]; Die Zielwerte des Fördervorhabens „Solaroptimiertes Bauen, Solarbau TK3“ sind in [BEO 1995] definiert.

2001]). Die Kosten in der Kostengruppe 300 gemäß DIN 276 liegen bei brutto 1.675,- DM/NGF.

Hochwertige Verglasungen ( $U_F$ -Wert  $< 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) vereinfachen die Heizungs-technik von Erschließungsflächen beim Fraunhofer ISE dahingehend, dass trotz großer Glasflächen keine zusätzlichen Heizflächen oder Profilheizungen eingesetzt werden müssen, falls eine größere Temperaturdynamik zugelassen wird ( $T_{\min} > 12^\circ\text{C}$ ).

Aufgrund der im Bebauungsplan häufig vorgeschriebenen Geschossflächenzahlen wird von Investoren eine möglichst optimale Flächennutzung angestrebt. Das Verhältnis Netto- zu Bruttogrundfläche muss deshalb hoch sein. Daraus ergibt sich ein erheblicher Entwicklungsbedarf für Bauteile mit sehr guten Wärmedämmeigenschaften bei gleichzeitig geringen Bauteildicken. Ein Ansatz hierzu sind Vakuumpaneele [Caps 2000].

### **3 Tageslicht und Beleuchtung**

Ein guter visueller Komfort ist die Voraussetzung für hohe Produktivität am Bildschirmarbeitsplatz. Von Seiten des visuellen Komforts kann Kunstlicht das Tageslicht nicht ersetzen. Obwohl eine blendfreie Beleuchtung von Bildschirmarbeitsplätzen mit Kunstlicht einfacher zu erreichen ist als mit Tageslicht, sind der Innen/Außenbezug, das Zeitgefühl sowie die dynamische Natur des Tageslichts wesentlich für das Wohlbefinden. Dabei wird die Akzeptanz für variierende Randbedingungen um so kleiner, je größer die Büroeinheiten sind [Baker 1999].

In der DIN 5035, Teil 2 wird eine große Spannbreite von Nennbeleuchtungsstärken in Büros vorgegeben, 300 lux für tageslichtorientierte Büros, 1000 lux für Großraumbüros. Daraus resultieren installierte Leistungen von  $10 \text{ W}_{\text{el.}}/\text{m}^2\text{NGF}$  bzw.  $21 \text{ W}_{\text{el.}}/\text{m}^2 \text{NGF}$ . Bei 1000 h (Gruppenbüro) und 2750 h (Großraumbüro) Vollaststunden ergibt sich ein Reduktionspotential von  $133 \text{ kWh/m}^2$  Primärenergie pro Jahr [SIA 380-4 1995]. Wesentlich sind demnach zwei Aspekte, die eine Senkung des Primärenergiebedarfes für Beleuchtung ermöglichen: Eine gute Versorgung mit Tageslicht, um eine Reduktion der installierten Leistung zu ermöglichen und eine Regelung/Steuerung der Beleuchtung, die eine individuelle Einstellmöglichkeit durch den Nutzer zu ermöglicht. Die Nachfolge der DIN 5035-2 [prEN 12464] ermöglicht hier Konzepte auch für Großraumbüros, bei denen über eine individuelle Arbeitsplatzbeleuchtung in Kombination mit einer Grundbeleuchtung die installierte Leistung deutlich reduziert werden kann.

Den Weg vom Tageslichtpotential durch die Geometrie des Raumes, über die Fassadenproportionen bis hin zur Materialwahl innerhalb der Fassade zeigt sich am Beispiel Fraunhofer ISE anhand des Kriteriums *Tageslichtautonomie*. Die Tageslichtautonomie drückt aus, zu wieviel Prozent der Arbeitszeit (wochentäglich,  $8^\circ\text{--}18^\circ$  Uhr) das zur Verfügung stehende Tageslicht die gestellten Beleuchtungsanforderungen seitens der Lichtmenge vollständig abdeckt. Die Tageslichtautonomie ist eine summarische Größe für ein Jahr und das Ergebnis dynamischer Lichtsimulationen in Zeitschritten von Stunden oder weniger. Dabei ist eine detaillierte Beschreibung des Nutzerverhaltens hinsichtlich der Bedienung des Blend- und

## 5. Passivhaus Tagung Böblingen 16. – 18. Februar 2001

Sonnenschutzes notwendig, am Fraunhofer ISE werden deshalb dahingehende Untersuchungen durchgeführt und Modelle hierfür entwickelt [Reinhart und Herkel 2000; Reinhart 2001]. Durch eine große Raumhöhe, geringe Raumtiefe und durch eine gute horizontale Transparenz im Gebäudeinneren durch verglaste Oberlichter wird die hohe Tageslichtautonomie auch im Flur erreicht. Die konstruktiv bedingte

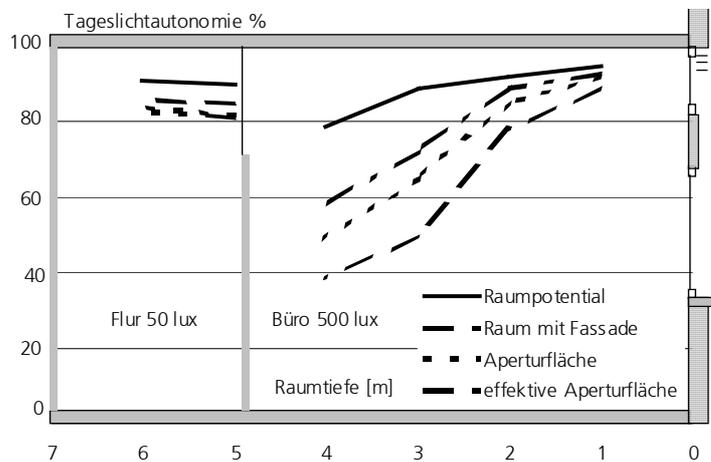


Abb. 3: Tageslichtautonomie eines südorientierten Büros des Fraunhofer ISE. Das Raumpotential gibt die Tageslichtautonomie ohne Fassade an. Die Aperturfläche berücksichtigt die Rahmenanteile des Fensters, die effektive Aperturfläche die Glaseigenschaften.

tiefe bei Vorhangfassaden führt aufgrund der Schachtwirkung im Büro zu einer deutlichen Reduktion der Tageslichtautonomie. Auf zu kleinteilige Fensterformate sollte deswegen verzichtet werden (Abb. 3). Blendfreies Tageslicht mit Durchsicht nach außen zu verbinden ist insbesondere bei direktem Sonnenlicht auf der Fassade kaum zu leisten. Unter Berücksichtigung des sommerlichen Wärmeschutzes bieten Außenjalousien mit zweigeteilter Bedienbarkeit das beste Kosten/Nutzenverhältnis. Erste Messungen im Bürohaus Lamparter zeigen, dass in der Kombination von einer guten Tageslichtversorgung mit einer Regelung zur Dimmung des Kunstlichtes der Energiebedarf für Beleuchtung auf  $7 \text{ kWh}_{\text{el}}/\text{m}^2\text{a}$  NGF reduziert werden kann, bei gleichzeitig hoher Zufriedenheit der Nutzer [Seeburger 2001, Reinhart 2001].

### 4 Passive Kühlung

Als *passive Kühlung* werden diejenigen Konzepte bezeichnet, die - mit oder ohne mechanische Lüftung - auf den Einsatz von Kältemaschinen verzichten. Alternativ werden natürliche Kältequellen wie das Erdreich, das Grundwasser oder die kühle Nachtluft herangezogen [Zimmermann 1999, Pfafferot 1998]. Harte Anforderungen an Temperatur- und Feuchtekonstanz können aufgrund fehlender aktiver Komponenten nicht gewährleistet werden, dies gilt ebenso für eine individuelle Einstellbarkeit der Raumtemperatur. Eine aussagekräftige Bewertung passiver Kühlkonzepte kann über die Summenhäufigkeiten der Raumluftzustände erfolgen (in der Regel durch dynamische Gebäudesimulation ermittelt), eine normative Regelung steht hier aber noch aus. Eine Zieldefinition für die passive Kühlung ist, an maximal 10% der Aufenthaltszeiten eine Raumtemperatur von  $25^\circ\text{C}$  (Küstenklima),  $26^\circ\text{C}$  (gemäßigtes Klima) oder  $27^\circ\text{C}$  (Oberrhein) zu überschreiten, das sind in der Regel 275 h/a bei Büronutzungszeiten von 2750 h/a [Deutscher 2000]. Diese Grenzen erscheinen im Hinblick auf den thermischen Komfort immer noch recht hoch, es ist

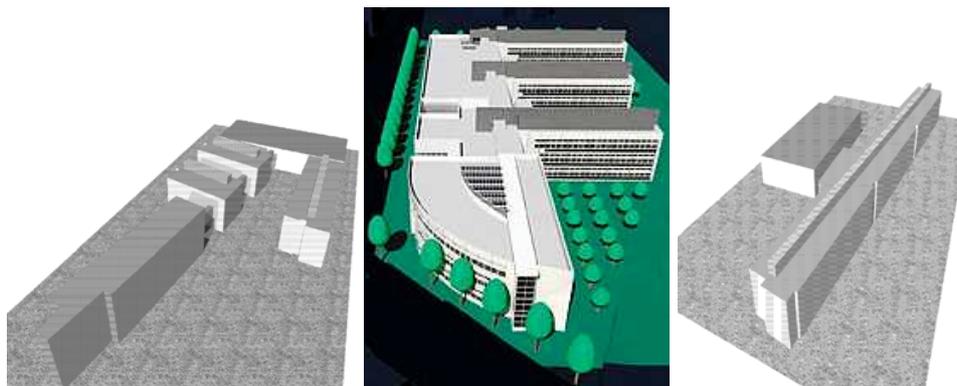
## 5. Passivhaus Tagung Böblingen 16. – 18. Februar 2001

zu diskutieren ob ein Grenzwert von 200 h/a bei gleichen Temperaturgrenzen in den jeweiligen Klimazonen als Zielwert angestrebt werden sollte.

Die wirksamsten Maßnahmen zur passiven Kühlung sind: nutzungsangepasstes Orientieren und Zonieren eines Gebäudes, angepasste Glasflächenanteile und Glasarten in der Gebäudehülle, wirksamer Sonnenschutz, Verringern der internen Wärmequellen und die Nutzung der Gebäudespeichermasse.

### 4.1 Orientierung der Gebäude, Verglasungen und Sonnenschutz

Orientierung und Zonierung der Gebäude können mit Rücksicht auf Grundstücksverlauf, Erschließung und städtebauliche Aspekte oft nur in engen Grenzen optimiert werden. Drei Entwurfsstudien des Fraunhofer ISE zeigen, welche Grundformen auf dem Nord-Süd orientierten Grundstück möglich waren. Der ausgewählte und weiterentwickelte Entwurf nimmt die für derartige Nutzungen bewährte Flügelstruktur auf (Abb. 4). Die drei Gebäudeflügel sind jeweils ost/west-orientiert, die Abstände mit Rücksicht auf die Tageslichtnutzung groß. Auf der Sonnenseite liegen die Büros mit passiver Kühlung, auf der Schattenseite die Labors (klimatisiert). Eine zentrale Erschließungsachse verläuft über 120 m in Nord/Südrichtung und schützt Innenhöfe wie Fassaden der Flügel vor der nachmittäglichen Sommer Sonne. Die Orientierung und Zonierung schafft so gute Voraussetzungen für ein gutes sommerliches Temperaturverhalten.



Kriterien	Campus	Flügel	Kompakt
Tageslicht	○	+	-
Wärmeschutz	-	○	+
Passive Kühlung	○	+	-

Abb. 4. Drei Vorentwürfe für das Fraunhofer ISE. Die Entwürfe wurden im Vorentwurf hinsichtlich Tageslichtpotential, Wärmeschutz und passiver Kühlung bewertet.

Quasi zwangsläufig sind die Glasflächenanteile der Fassaden geringer als bei Gebäuden mit unterstützender Klimaanlage. Erst durch außenliegenden Sonnenschutz sinkt die äußere Kühllast auf ein Niveau, das mit passiver Kühlung bewältigt werden kann.

Tab. 2 . Glasflächenanteile an der Fassade

Projekt	Fensterflächenanteil / Fassade
FhG-ISE	28 % (nur Büro)
Athmer	26%
Lamparter	31 %

schutz sinkt die äußere Kühllast auf ein Niveau, das mit passiver Kühlung bewältigt werden kann. Für die drei Projekte liegt der Anteil der Fensterflächen an den Fassadenflächen zwischen 26 und 31%.

## 5. Passivhaus Tagung Böblingen 16. – 18. Februar 2001

Die Beschattungswirksamkeit und Kosten eines außenliegenden Sonnenschutzes sind noch deutlich günstiger, als bei den neuen, isolierglasintegrierten oder innenliegenden Systemen. Der Energiedurchlassgrad der verglasten Flächen kann speziell mit Lamellenjalousien bedarfsgerecht auf 10% und weniger reduziert werden, was bei Verzicht auf eine aktive Kühlung unverzichtbar ist. Dabei ist jedoch bei der Auslegung darauf zu achten, dass die Systeme zwar bei optimalem Einsatz einen g-Wert  $< 10\%$  erreichen können, bei der Planung und in Simulationsrechnungen das Nutzerverhalten dahingehend berücksichtigt werden muss, dass Jalousien häufig nur partiell geschlossen werden um einen guten Außenbezug zu gewährleisten. Beim Gebäude Athmer kommt eine isolierglasintegriertes Sonnenschutzrollo zum Einsatz. Vorteil ist hier die Durchsicht und damit der vorhandene Außenbezug bei geschlossenem Sonnenschutz. Bei der Auswahl von Geweben für Markisen, sind für effektiven Sonnenschutz nur Gewebe sehr geringer Transmission geeignet ( $< 10\%$ ), die darüber hinaus hinsichtlich ihrer Eignung als Blendschutz für Bildschirmarbeitsplätze kritisch geprüft werden müssen, falls kein separates System vorhanden ist. Wichtig sind hier insbesondere auch die Streueigenschaften der Gewebe. Die Weiterentwicklung von Bewertungskriterien und -verfahren für Sonnen- und Blendschutzsysteme sind hier Gegenstand der aktuellen Forschung [Wienold, Kuhn 2001].

### 4.2 Interne Wärmequellen

Die internen Wärmequellen fallen je nach Art der Nutzung und der Belegungsdichte unterschiedlich hoch aus. Abwärme von Beleuchtungsanlagen wurden für Fragen des sommerlichen Wärmeschutzes nicht angesetzt, da die Nutzung des Tageslichts bei richtiger Planung ausreicht. Der damit verbundene solare Energieeintrag ist separat als äußere Wärmelast zu berücksichtigen. Kritisch hinsichtlich der Internen Wärmelasten durch EDV ist vor allem auch die Betriebszeit der Rechner, ist hier betriebsbedingt eine Laufzeit von 24h/24h notwendig, erhöhen sich hier die Vollaststunden von 2500 auf 8000 im Jahr. Aufgrund der zunehmenden Taktfrequenzen nicht nur für die CPU sondern auch der Peripherie eines Rechners wird deren Stromverbrauch steigen, da hier eine lokale Wärmeabfuhr mit Kühlern notwendig wird. Im Bereich der Monitore wird es jedoch durch die TFT-Technik zu

Tab. 3: Werktäglich interne Wärmequellen durch Personen (80 W pro Person, sens.) und Geräte für Büronutzung bei Anwesenheit von 8 Stunden und Tageslicht. Mittlere Werte sind [Pauli et al. 1994] entnommen.

Projekt	Geräte	Personen	Summe
	Wh/m <sup>2</sup> d	Wh/m <sup>2</sup> d	Wh/m <sup>2</sup> d
FhG-ISE (Büro)	64	80	144
Athmer	50	24	74
Lamparter	91	36	127
Mittlere Werte	128	35	163

einer Reduktion kommen. Eine Schwierigkeit in nahezu allen Gebäuden mit ausschließlich passiver Kühlung ist die sichere Abfuhr von lokal auftretenden, hohen Wärmelasten. Je nach Gebäudenutzung sind dies vor allem die zentralen EDV-Anlagen (FhG-ISE, Athmer). Allein

die Abluftansaugung über den Server-Raum genügt zur sommerlichen Tempera

turbegrenzung in einer EDV-Zentrale meist nicht, da die Luft mit sommerlichen 26°C selbst bei einer zulässigen Maximaltemperatur von 32°C nur knapp 2 kW pro 1.000 m<sup>3</sup>/h abführen kann. Zudem können Verschmutzungs- und Lärmprobleme auftreten. Hier ist der Einsatz lokaler Umluftkühler sinnvoll.

### 4.3 Nachtlüftung

Wichtige Aufgabe der Baukonstruktion für die passive Klimatisierung ist die Pufferung der täglichen Wärmeaufnahme und die Senkung der Empfindungstemperatur. Dazu eignen sich bevorzugt die Geschoßdecken, da Wände durch die Möblierung meist keinen intensiven Wärmeaustausch mit der Raumluft haben und bedingt durch die Forderung nach Flexibilität bei Innenwänden der Leichtbau vorherrscht. Die Gebäude Athmer, Fraunhofer ISE und Lamparter verzichten deswegen ganz auf abgehängte Decken. Aufgrund der betrieblichen Organisation in Büros mit 2-3 Personen ist die damit verbundene Verschlechterung der Raumakustik akzeptabel. Das Lamparter-Gebäude verwendet zur Verbesserung Möbel mit schallabsorbierenden Oberflächen, beim Bau des Fraunhofer ISE befinden sich Akustikpaneele an der Fassade.

Zur Entwärmung der Baukörper wird in den drei Gebäuden die Nachtlüftung eingesetzt (Tab. 4). Dynamische Simulationsrechnungen zeigen am Beispiel des Fraunhofer ISE, das sich die

Tab. 4: Einrichtungen zur Nachtlüftung

Projekt	Luftwechsel 1/h	Zuluft	Luftförderung
Fraunhofer-ISE	4	Manuelle Klappen	Mechanisch
Athmer	1,5	Wanddurchlass	Mechanisch
Lamparter	5	Automatische Klappen	Frei

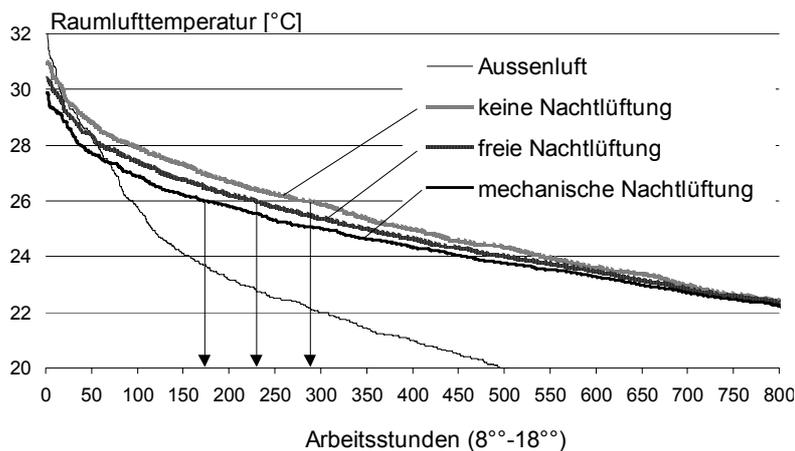


Abb. 5: Simulationsergebnis zur Nachtlüftung (frei mit zwei Fensterklappen je Raum oder aktive Querlüftung mit Abluftventilator) von Büroräumen beim Neubau der FhG, kumulierte Häufigkeitsverteilung der Lufttemperaturen

das sich die Stunden mit  $T_{\text{Raum}} > 26^\circ\text{C}$  um 40% durch die Nachtlüftung reduzieren lassen. Wegen der stark ansteigenden Druckverluste mit der Luftwechselzahl sind der mechanischen Nachtlüftung aus Energiespargründen Grenzen gesetzt ( $n_L < 5 \text{ h}^{-1}$ ). Vergleicht man typische Werte der nächtlichen Abkühlung mit dem dazu erforderlichen elektrischen Energieaufwand ergeben sich Leistungszahlen von etwa  $6 W_{\text{th}}$  pro  $W_{\text{el}}$ . Mechanische Nachtlüftungssysteme sind nur dann effizient, wenn die Druckverluste

## 5. Passivhaus Tagung Böblingen 16. – 18. Februar 2001

gering gehalten werden und unnötige Lüftung vermieden wird. Da beim Gebäude Athmer aus Gründen der Zutrittskontrolle Wanddurchlässe für die Zuluft gewählt wurden, ist hier  $n_L$  auf 1,5 1/h begrenzt.

Im Falle der freien Lüftung werden die Grenzen der Durchlüftung durch die Druckwiderstände der Lufteintrittsöffnungen definiert: Einbruchsicherung, Sicherung gegen Einklemmen von Personen, Gitter zur Schmutzabweisung, Grenzwinkel der Öffnungsklappen, etc. schränken die erzielbaren Volumenströme ein bzw. steigern die Anzahl und damit die Kosten der Klappen. Ob Klappen manuell oder automatisch öffnen ist einerseits eine Frage des Komforts, vor allem aber der Kosten. Die Mehrkosten einer Automatikklappe mit der zugehörigen Ankopplung an die Gebäudeleittechnik gegenüber einem manuell zu öffnenden Oberlicht liegen bei rund 400 DM, womit sich Mehrkosten von 50 DM pro  $m^2$  für ein beispielsweise 15  $m^2$  großes Büro mit zwei Oberlichtern ergeben. Bei der Nachtlüftung mit freier Durchströmung mehrerer Geschosse ist es besonders wichtig, die Fragen des Brandschutzes frühzeitig in die Planungen einzubeziehen. Die Erfahrungen aus dem Projekt Lamparter haben gezeigt, dass anderenfalls Nachrüstungsmaßnahmen zu hohen Kosten führen (Sprinkleranlage, Brandschutzvorhang im Treppenhaus).

### 5 Solare Energieversorgung

Der drastisch reduzierte Energieverbrauch eines schlanken Gebäudes ermöglicht den energetisch relevanten Einsatz der Photovoltaik: 1  $m^2$  Photovoltaik deckt den



Abb. 6: Sheddach im Atrium des Fraunhofer ISE mit integrierter Photovoltaik.

elektrischen Energiebedarf der Beleuchtung von 10  $m^2$  Bürofläche. Die notwendigen Flächen für eine solare Energieversorgung können so leichter in der Gebäudehülle integriert werden. Die Solarstromanlage des Fraunhofer ISE mit ca. 20  $kW_p$  installierter Leistung deckt 40% der Primärenergiebedarfs für Beleuchtung und Lüftung im Bereich der Büros. Im Passivhaus Lamparter werden mit der Photovoltaikanlage (8  $kW_p$ ) 6800  $kWh_{el.}/a$  erzeugt, das sind 35 % des gesamten Primärenergiebedarfs des Gebäudes

für Heizen, Lüften und Beleuchtung.

Ökonomisch interessant ist die Förderung durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG). Mit dem EEG wird richtigerweise nicht die Installation von Solarstromanlagen gefördert, sondern deren Stromerzeugung. Dies verschiebt das Augenmerk von gestalterisch dominierten Anwendungen zu solchen mit hohen Erträgen.

### 6 Fazit

Ausgehend von der Kostenstruktur der Betriebsausgaben ist die zentrale Anforderung an eine Planung in Bürogebäuden die Schaffung einer guten Arbeitsplatzqua

## 5. Passivhaus Tagung Böblingen 16. – 18. Februar 2001

---

lität. Die drei vorgestellten Gebäude zeigen, dass bei einer bedarfsgerechten, an der Nutzung des Gebäudes orientierten Planung eine gute Arbeitsplatzqualität erreicht werden kann, ohne dass eine aufwendige und damit teure Gebäudetechnik oder kostenintensive baukonstruktive Maßnahmen wie z.B. Doppelfassaden zum Einsatz kommen. Dass diese gute Qualität auch im Hinblick auf den Primärenergiebedarf zu erreichen ist zeigt das Konzept der *schlanken Gebäude*. Der Primärenergiebedarf wird soweit reduziert, dass die Solarenergie einen signifikanten Beitrag zur Energieversorgung bilden kann. Voraussetzung ist die ständige Einbindung des Energieplaners in das Planungsteam und der gezielte Einsatz von Simulationsrechnungen, welche die Randbedingungen detailliert beschreiben können. Gute Ergebnisse lassen sich insbesondere mit motivierten Bauherren zu erreichen, am ehesten wenn das Gebäude vom Bauherr selbst genutzt wird.

Eine gute Versorgung mit Tageslicht und damit verbunden eine Reduktion der Energie für Beleuchtung ist in Räumen mit geringen Raumtiefen erreichbar. Bei Bürogebäuden sind daher die Ziele Kompaktheit und Transparenz des Gebäudes im Hinblick auf den gesamten Primärenergieaufwand abzuwägen. Eine große Bedeutung kommt der Nutzerakzeptanz des Tageslichtkonzeptes zu, eine wichtige Rolle spielt hierbei die individuelle Einstellmöglichkeit der Beleuchtungsstärke und des Blendschutzes. Die Reduzierung der Grundbeleuchtung zugunsten einer gezielten Beleuchtung des Arbeitsplatzes ermöglicht insgesamt eine Reduktion der installierten Leistung. Neue Produkte im Bereich des Sonnen- und Blendschutzes, die auch den Außenbezug bei geschlossenem Sonnenschutz ermöglichen sind in Entwicklung.

Die Leistungsfähigkeit der passiven Kühlung wird durch die Speicherfähigkeit der Raumumschließungsflächen, die abzuführenden Lasten und den Energieaufwand für die Luftförderung begrenzt. Geringe internen Lasten und ein guter sommerlicher Wärmeschutz mit moderaten Glasflächenanteilen ist Voraussetzung eines guten thermischen Komforts auch im Sommer. In Zusammenarbeit mit den Firmen Sto, Maxit, BASF und Capatec entwickelt das Fraunhofer ISE bauteilintegrierte Latentspeicher mit höherer Wärmekapazität, die damit das Einsatzfeld der passiven Kühlung deutlich erweitern können [Schossig 2001]. Als Alternative zur Nachtlüftung ist die nächtliche Bauteilkühlung durch wassergestützte Systeme hinsichtlich Wirksamkeit und Kosten zu sehen. Vorteilhaft ist der Wegfall von Lüftungsclappen und die einfachere Automatisierung durch Ansteuerung der Umwälzpumpen. Zudem besteht die Möglichkeit zur nachträglichen Einbindung zusätzlicher Kältemaschinen für kritische Betriebszustände und/oder Gebäudebereiche. Passive Kühlung ist hinsichtlich der Investition heute oft noch nicht kostengünstiger als die klassische Klimatechnik, hier besteht Entwicklungsbedarf. Allerdings kommt es zu einer Kostenverschiebung von der technischen Gebäudeausrüstung hin zum Bauwerk. Die Bewertungsmethoden und -maßstäbe für den thermischen Komfort bedürfen aufgrund fehlender „harter“ Anforderungen einer Vereinheitlichung und Normierung.

## 5. Passivhaus Tagung Böblingen 16. – 18. Februar 2001

---

### 7 Referenzen

- Weber et al. 1999, *Energieverbrauch in Bürogebäuden*, Bundesamt für Energiewirtschaft, Schweiz
- C.A. Redlich, J. S. Sparer, M. R. Cullen, 1997, *Sick-building syndrom*, THE LANCET, Vol. 349, pp. 1013-16
- ESAP sa, 1998, *Energy in Europe: 1998- Annual Energy Review*, report for the European Communities, ISBN 92-828-4880-9
- Projektträger BEO, Förderrichtlinien, 1995, *SolarBau - Teilkonzept 3 Solar optimierte Gebäude mit minimalem Energiebedarf* [http://www.solarbau.de/monitor/foerder/index\\_1.htm](http://www.solarbau.de/monitor/foerder/index_1.htm)
- Voss et al. 2001, *SolarBau:Monitor Journal: Energieeffizienz und Solarenergienutzung Bürogebäude*, Fachinformationszentrum Bonn
- Voss et al. 1999, *Ein Institutsgebäude für ein sonniges Jahrtausend*, Bundesbaublatt 11/1999
- P. Seeberger und J. Müller, 2001, *Passiv-Bürohaus Lamparter Weilheim/Teck: Konzept, Erfahrungen und Messergebnisse der ersten Heizperiode*, Tagungsband 11. Symposium Thermische Solarenergie, OTTI Technologie-Kolleg.
- E. Banz, D. Rieks und M. Ufheil, 2000, *Verwaltungsgebäude Athmer*, in Sonderheft Intelligente Architektur AIT
- R. Caps, J. Fricke, 2000, *Konzepte für den Einsatz von evakuierten Dämmungen in Passivhäusern*, 4. Passivhaustagung Kassel 2000
- N. Baker, 1999, *Environmental Comfort- Optimization or Opportunity*, Conf. Proceed. of Low Energy Building Conference '99, September 17<sup>th</sup> to 18<sup>th</sup> in Hamburg, Germany
- DIN EN 12464 1998, *Beleuchtung von Arbeitsstätten*, Beuth-Verlag Berlin
- SIA 380-4, 1995 *Elektrische Energie im Hochbau*, Richtlinie des Schweizer Ingenieurs- und Architektenverein Zürich
- C.F.Reinhart, S.Herkel, 2000, *The Simulation of Annual Daylight Illuminance Distributions- A state of the art comparison of six RADIANCE based methods*, Energy and Buildings, Elsevier Verlag
- C.F.Reinhart, 2001, *Die Untersuchung des manuellen Schaltverhaltens von 20 Nutzern für das Kunstlicht und eine außenliegende Jalousie – Messaufbau und erste Ergebnisse*, 7. Symposium Innovative Lichttechnik, OTTI Technologie-Kolleg.
- J. Wienold, T. Kuhn, 2001, *Tageslichtnutzung versus Energie – Gesamtheitliche Bewertung von Tageslicht- und Sonnenschutzsystemen*, 7. Symposium Innovative Lichttechnik, OTTI Technologie-Kolleg.
- M. Zimmermann (Hrsgb.), 1999, *Handbuch der passiven Kühlung*, EMPA ZEN, Dübendorf, CH, email: zen@empa.ch
- J. Pfafferot et al., 1998, *Erdreichwärmetauscher zur Luftkonditionierung- Anwendungsgebiete, Simulation, Auslegung*, Gesundheitsingenieur 4/1998
- Deutscher, R., Elsberger, M., Rouvel L., 2000, *Sommerlicher Wärmeschutz – eine einheitliche Methodik für die Anforderungen an den sommerlichen und winterlichen Wärmeschutz*, Bauphysik Jg. 22, Hefte 2 und 3, 2000
- BINE 2000, *profiinfo II/00 Energieeffiziente Bürogebäude*, Fachinformationszentrum Bonn
- Eicher + Pauli Ingenieure, 1994, *Interne Lasten für Solarplaner*, Bundesamt für Energiewirtschaft, Schweiz
- P. Schossig, 2001, *Mikroverkapselte Phasenwechselmaterialien in Wandverbundsystemen*, Tagungsband 11. Symposium Thermische Solarenergie, OTTI Technologie-Kolleg.