

Solares Bauen – Neue Märkte und Konzepte

Prof. Joachim Luther
Fraunhofer ISE
luther@ise.fhg.de

Dr. Karsten Voss
Fraunhofer ISE
karsten.voss@ise.fhg.de

Kurzfassung

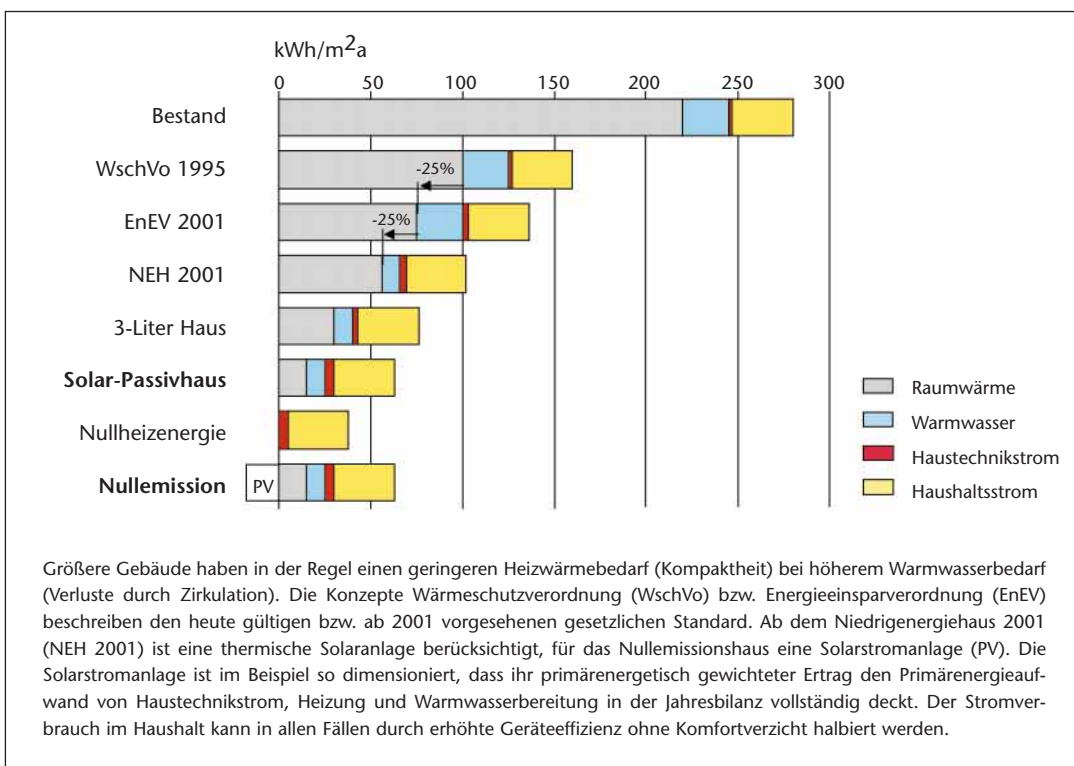
Zukunftsfähige Gebäude erfordern eine deutliche Minderung des Energieverbrauchs. Die Energieeinsparverordnung wird 2001 den Weg zu sinkendem Wärmebedarf von Neubauten fortschreiben. Darüber hinaus sind schon heute Gebäude bis hin zum Nullemissionshaus mit verfügbaren Strategien und Technologien und zu vertretbaren Kosten in der Praxis umsetzbar. Die erhöhte Energieeffizienz ist dabei die Basis für die große Bedeutung der Solarenergie für den Energiehaushalt der Gebäude.

Während der Energieverbrauch von Wohngebäuden vom Wärmebedarf für Heizung und Warmwasser dominiert wird, überwiegt in Bürogebäuden der Stromverbrauch. Geeignete Solarkonzepte basieren hier auf einem Ausbau der Tageslichtnutzung und der passiven Kühlung, um den Stromverbrauch der technischen Gebäudeausrüstung zu verringern.

1. Wohngebäude

Marktfähigen Konzepten ist gemeinsam, dass für eine energetische Zielsetzung bei Begrenzung der Investitionskosten eine sinnvolle Abwägung zwischen den einzelnen Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz – Wärmedämmung, Wärmerückgewinnung, Regelungstechnik, etc. und Maßnahmen zur Solarenergienutzung wie Solarkollektoren, Photovoltaik, etc. – gesucht wird. Dies beginnt beim individuellen Einfamilienhaus, gilt aber in besonderer Weise für Reihenhäuser, Mehrfamilienhäuser oder Siedlungsprojekte des Immobilienmarkts. Nachdem die Solarenergienutzung beim individuellen Einfamilienhaus den Markt schon seit einigen Jahren erreicht hat, zeigen die aktuellen Demonstrationsprojekte den Markt von Morgen.

Abbildung 1
Der externe Energiebedarf von Wohngebäuden (Endenergie) unterschiedlichen Standards im Vergleich. Die Zahlenangaben beziehen sich auf Einfamilienhäuser.



1.1 Solar-Passivhäuser

Passivhäuser sind eine Weiterentwicklung des Niedrigenergiehauses. Ein Passivhaus ist dadurch gekennzeichnet, dass die Wärmeverluste der Gebäudehülle und der Lüftung soweit reduziert werden, dass allein die Nutzung der Sonnenenergie über Fenster und Fassaden (z.B. mit transparenter Dämmung) genügt, um den Jahresheizwärmebedarf im hiesigen Klima auf ein Niveau von etwa 15 kWh pro m² zu senken. Ein sehr hoher baulicher Wärmeschutz bei hoher Ausführungsqualität und eine mechanische Wohnungslüftung mit Wärmerückgewinnung sind die dafür notwendigen Voraussetzungen. Ohne die kontrollierte Wohnungslüftung mit Wärmerückgewinnung sind Passivhäuser nicht möglich; erst durch den Einsatz vorgefertigter Bauelemente ist die hohe Qualität der Gebäudehülle wirtschaftlich erreichbar. Beide Aspekte verändern das Bauen. Solar-Passivhäuser nutzen die Solarenergie durch Kollektoren für Warmwasserbereitung und / oder durch Photovoltaik zur Stromerzeugung. Beides ist deshalb von großer Bedeutung¹, weil der Energiebedarf und die damit verbundenen Emissionen bei der Passivhausbauweise von der Warmwasserbereitung und vom Stromverbrauch im Haushalt dominiert werden *Abb. 1*.

Die ersten Solar-Passivhäuser entstanden Anfang der 90er Jahre mit den Reihenhäusern in Darmstadt-Kranichstein. Das 1991 fertiggestellte Energieautarke Solarhaus des Fraunhofer ISE war ein, auf die vollständige Energieautarkie erweitertes Solar-Passivhaus. Waren diese Pioniergebäude durch Einsatz von Komponenten und Bauteilen als Prototypen noch mit extrem hohen Kosten verbunden, konnte im Laufe der Zeit der finanzielle Aufwand in Folge von Erfahrungen und neuen Entwicklungen deutlich reduziert werden. Beispielhaft für aktuelle Projekte ist die Reihenanlage in Neuenburg (*Abb. 2*). Die sieben Gebäude wurden mit Mehrkosten für Baukonstruktion und Haustechnik von etwa 15% der Baukosten erstellt. Eine hochwärmegedämmte Gebäudehülle, energieeffiziente 3-fach-Verglasung, Lüftungswärmerückgewinnung, Luft-/ Erdre-



Die Gebäude werden mit finanzieller Förderung der Energiestiftung Baden-Württemberg und der EnBW über zwei Jahre vermessen. Basis der Wärmeversorgung sind jeweils dezentrale Lüftungs-Kompaktgeräte und Solaranlagen.

gister, Abluftwärmepumpe und Solaranlage sind die Bausteine des geringen Energiebedarfs bei gleichzeitig hohem Wohnkomfort. Die Solarenergienutzung durch Fenster und Solaranlage deckt bei solchen Gebäuden zwischen 30 und 50% des gesamten Wärmebedarfs (*Abb. 4*).

Abbildung 2
Reihenanlage,
Neuenburg
(Architektur: Hansen,
phasea baugestalt,
Freiburg).



Die Förderung durch die Bundesstiftung Umwelt ermöglichte eine intensive Energieplanung. Im Rahmen der Arbeit in der Internationalen Energieagentur IEA und mit finanzieller Förderung des BMWi wird das Gebäude im Betrieb vermessen.

Voraussetzung der kostengünstigen Bauweise ist die integrale, ingenieurmäßige Planung auf der Basis der Erfahrungen von Vorgängerprojekten und ein hohes Maß an Vorfertigung.

Abbildung 3
Mehrfamilienhaus
"Wohnen & Arbeiten"
Vauban, Freiburg
(Architekt: M. Gies,
Freiburg).

¹ Informationen zur Bundesförderung (KfW) für Passivhäuser im Internet: www.kfw.de

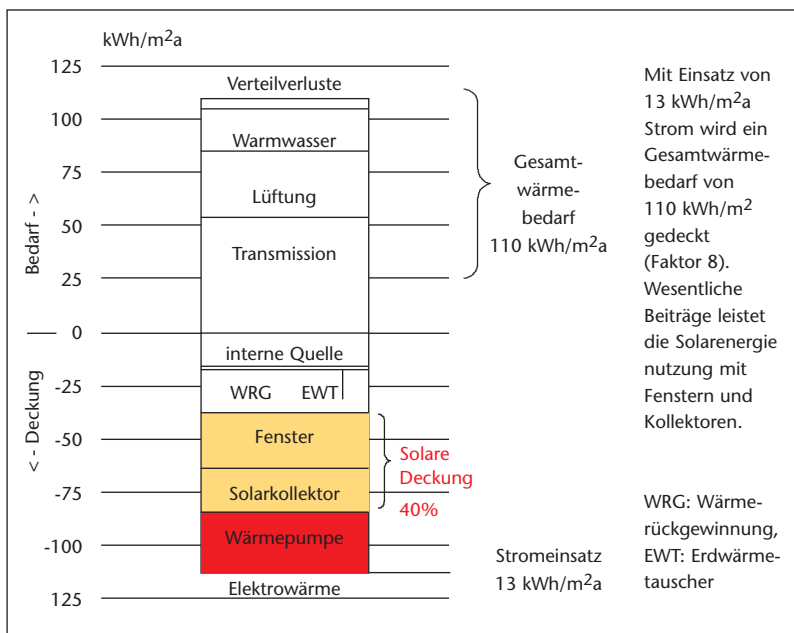


Abbildung 4
Jahreswärmebilanz
eines beispielhaften
Solar-Passivhauses
aus dem Förderpro-
gramm der EnBW
(Haus Steuernagel,
Büchenau). Die Bilanz
basiert auf der Aus-
wertung von Mess-
daten eines Jahres.

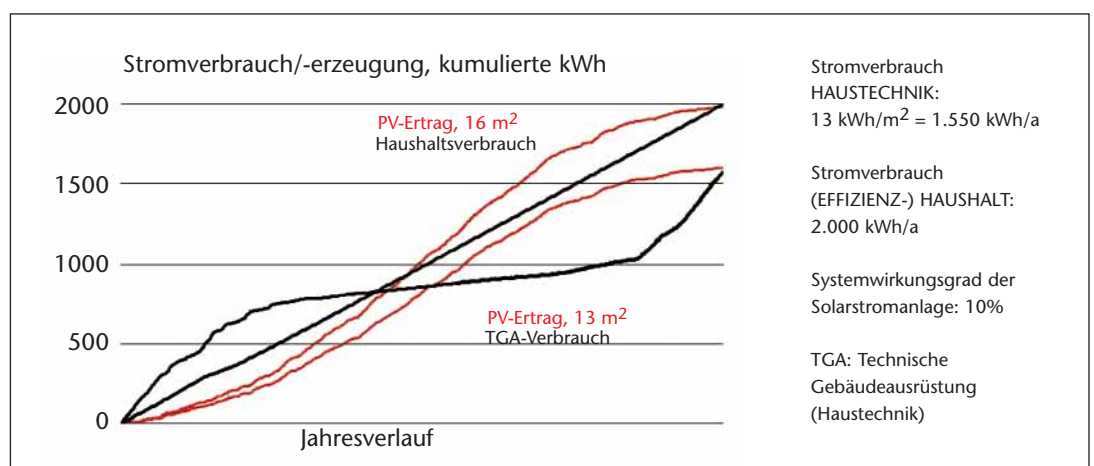
In Baden-Württemberg fördert aktuell der Energieversorger EnBW den Bau von 100 Solar-Passivhäusern mit thermischen Solaranlagen und Kleinwärmepumpen (siehe Kap. 1.2). Mit der Evaluierung des Programms steht in Zukunft ein breites Querschnittswissen über die erreichte Energieeinsparungen, die Wirtschaftlichkeit und die Betriebserfahrung zur Verfügung.

1999 entstand auf Initiative einer Bauherrengemeinschaft und mit finanzieller Förderung

durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt DBU der erste mehrgeschossige Wohnungsbau als Solar-Passivhaus (Abb. 3). Bei Mehrkosten in Höhe von 9% der Baukosten werden die CO₂-Emissionen gegenüber einer marktüblichen Bauweise um 80% reduziert. Weitere Kostenreduktionen können vor allem bei der Lüftung mit Wärmerückgewinnung ansetzen, die bereits 1/3 der gesamten Mehrkosten ausmacht, während die 45 m² große thermische Solaranlage für Mehrkosten eines besseren Bodenbelages realisiert wurde. Hieran zeigt sich die zunehmende wirtschaftliche Attraktivität von Solaranlagen mit der Anlagengröße, während Lüftungsanlagen im Geschosswohnungsbau gegenüber Anlagen in kleinen Wohngebäuden durch Brand- und Schallschutzmaßnahmen teurer werden.²

Bei derart geringem Wärmebedarf ist der Schritt zum sogenannten Nullemissionshaus nicht mehr weit. Die Idee: Der Jahressumme des Primärenergieverbrauchs wird das Energieäquivalent der Stromerzeugung mit einer netzgekoppelten Solarstromanlage gegenübergestellt. Das Stromnetz übernimmt mit seinen Energieerzeuger die Aufgabe des zeitlichen Ausgleichs von Angebot und Nachfrage. Am Jahresende entspricht die Energieerzeugung dem Energieverbrauch (Abb.5). Nach ersten Demonstrationsprojekten wird dieses Konzept derzeit in Freiburg mit der im Bau befindlichen Solarsiedlung im großen Maßstab umgesetzt³.

Abbildung 5
Szenario für Energie-
bedarf und Energieer-
zeugung im Jahresver-
lauf eines Nullemis-
sionshauses auf der
Basis der zeitlich auf-
gelösten Messdaten
nach Abb. 4



² Informationen zur Bundesförderung (BMWi, Bundesamt für Wirtschaft) für thermische Solaranlagen im Internet: www.bawi.de
³ Informationsangebot im Internet: www.solarsiedlung.de

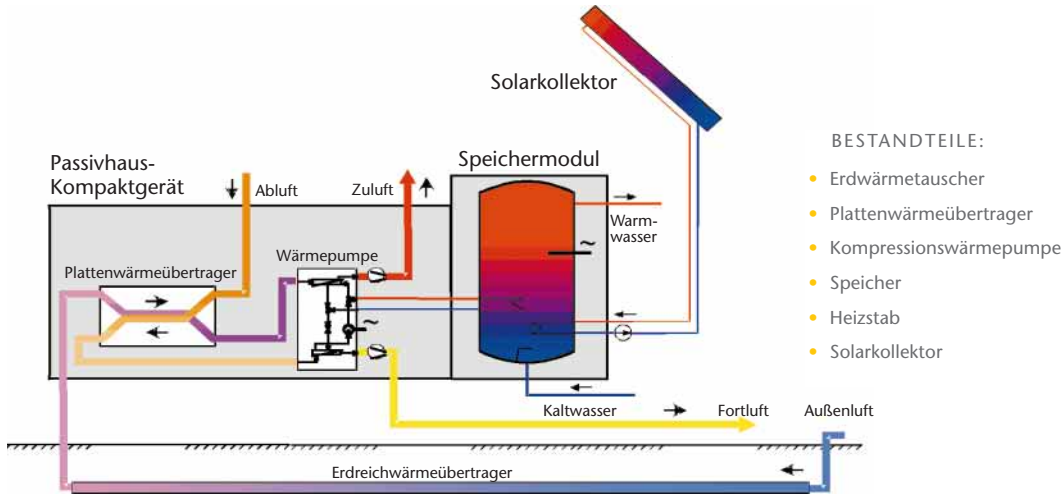


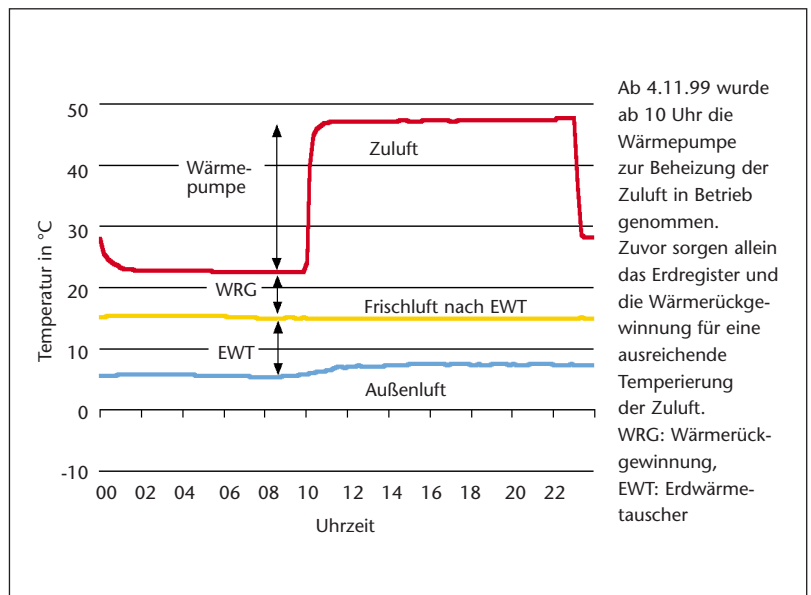
Abbildung 6 Lüftungs-Kompaktgerät als Energiezentrale für Solar-Passivhäuser.

1.2 Technologieentwicklung

Wegen des zunehmend geringeren Heizwärmebedarfs ist eines der Entwicklungsziele, eine kostengünstige aber effiziente Minimal-wärmequelle zu erschließen, wenn es bei einer dezentralen Hausversorgung bleiben soll. Dazu eignen sich entweder die nicht leitungsgebundenen fossilen Brennstoffe (Flüssiggas, Öl, Holzpellets) mit herunterskalierter Brennertechnologie oder z.B. der Einsatz elektrischer Energie. Bei Einsatz von Strom sind die Umwandlungs- und Verteilungsverluste entscheidend, so dass erst der Einsatz von Wärmepumpen mit einer Jahresarbeitszahl⁴ oberhalb 3 eine sinnvolle Variante ergibt. Erfolgversprechend ist vor allem eine solche Variante, bei der die Erschließungskosten einer Wärmequelle für die Wärmepumpe entfallen. Dies gelingt bei Einsatz einer Abluftwärmepumpe, die die Restenergie der Abluft nach der passiven Wärmerückgewinnung nutzt. Wird ein Erdreichwärmeübertrager im Winter zum Vorwärmen der Frischluft eingesetzt, so reicht beim Baustandard des Solar-Passivhauses die sensible und latente (Kondensationsenergie der Luftfeuchte) Wärme der Abluft aus, um zusammen mit der elektrischen Antriebsenergie der Wärmepumpe (400 W) den größten Teil des Restwärmebedarfs mit einer Heizleistung von 1,3 kW via Luftheizung zu decken. Solche Lüftungs-Kompaktgeräte sind u.a. die Energiezentralen der Gebäude in Neuenburg (Abb. 2 und Abb. 7).

Industrie und Forschung arbeiten seit einiger Zeit gemeinsam an der Entwicklung und Optimierung solcher Versorgungskonzepte. Aufbauend auf den bisherigen Erkenntnissen wurden Ansätze für die Verbesserung der Gerätekonzeption entwickelt.

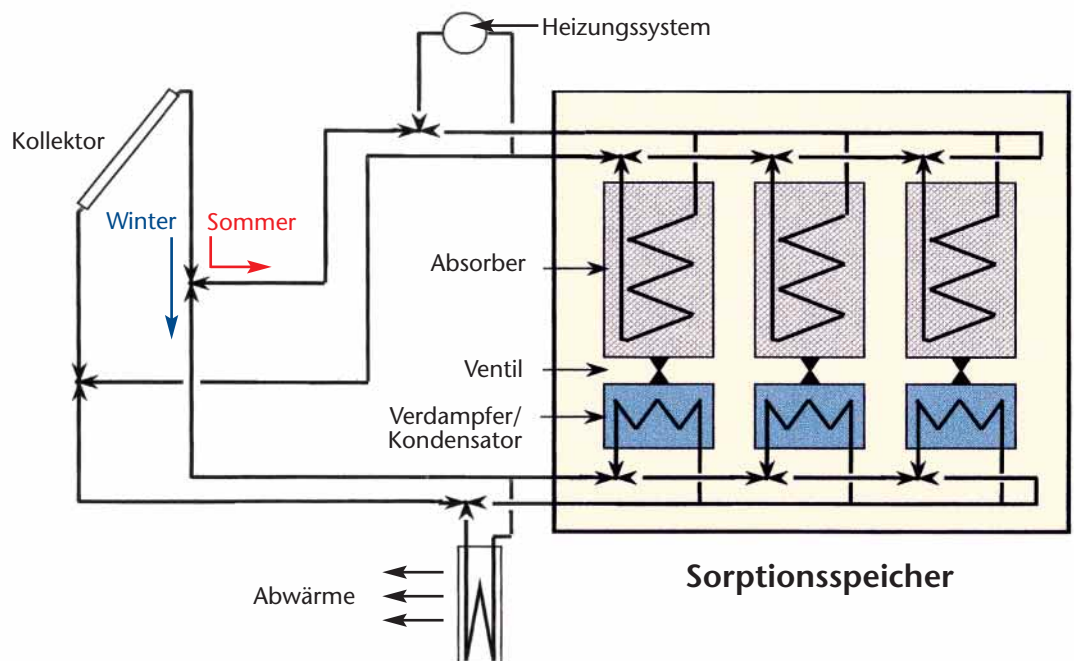
Abbildung 7 Beispiel für den Heizbetrieb mit einem Kompaktgerät in der Reihenhausanlage Neuenburg.



In einer langfristigen Entwicklung wird die Integration von Brennstoffzellen kleiner Leistung vorbereitet. Eine solche Brennstoffzelle kann als Modul anstelle der Wärmepumpe in das Lüftungskompaktgerät integriert werden.

⁴ Verhältnis von Wärmeertrag zu elektrischem Energieeinsatz

Abbildung 8
Langzeit-Wärmespeicherung durch ein Sorptions-Speichersystem mit hoher Energiedichte und geringsten Verlusten, Systemschema



Mit der Abwärme bei der Stromproduktion kann sowohl die Zuluft als auch das Brauchwasser erwärmt werden. Der Brennstoff für die Brennstoffzelle könnte z.B. über Reformation aus Erdgas bereitgestellt werden. Entsprechende Arbeiten sind unter anderem Bestandteil eines vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie geförderten Leitprojektes zum Thema „Neue Gesamtenergiekonzepte für Gebäude“.

Solares Heizen mit Kollektoranlagen bei hoher solarer Deckungsrate erfordert heute noch selbst bei geringstem Wärmebedarf sehr große Speichervolumina von 20 m³ und mehr. Neue Impulse liefert die seit einigen Jahren laufende Entwicklung von thermochemischen Wärmespeichern auf der Basis von Sorptionsprozessen (Abb. 8).

Ein derartiger Speicher besteht aus einem Behälter mit Silikagel als reversibler Adsorber für Wasserdampf. Mit solarer Wärme wird Wasser desorbiert und das Silikagel daher getrocknet (Sommer). Der freigesetzte Wasserdampf wird kondensiert und in einem zweiten Behälter aufbewahrt. Wird bei Wärmeanforderung die Verbindung zwischen beiden Behältern geöffnet, kann das Wasser wieder unter Wärmerfreisetzung adsorbiert werden (Winter). Ziel sind Speicherdichten in der Größenordnung von 200 kWh/m³ bei nahezu verlustfreier

Speicherung. Damit würde bei gleichzeitig weitgehend verlustfreier Speicherung die Energiedichte konventioneller Warmwasserspeicher um das Vierfache übertroffen. Je höher die Speicherdichte zukünftiger Systeme in der Praxis sein wird, um so höher kann die solare Deckungsrate ansteigen, ohne dass große Volumina in Gebäuden benötigt werden. Gleichwohl werden die marktfähigen Systeme auf hohe Deckungsraten und nicht auf eine Volldeckung ausgelegt werden. Dazu müssen Systemlösungen für den solaren und den nicht solaren Anteil entwickelt werden.

2. Bürogebäude

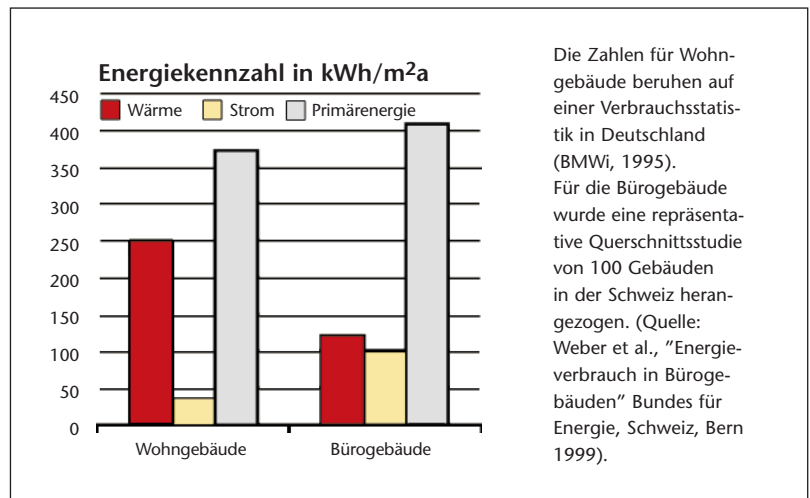
Bürogebäude benötigen bei meist geringerem Wärmebedarf mehr elektrische Energie als Wohngebäude (Abb. 9). Hauptursachen sind die höhere Dichte an Personen und technischen Geräten, sowie strengere Anforderungen an die Lichtverhältnisse und das Raumklima. Große Baukörper (günstiges Verhältnis von Oberfläche zu Volumen), ein hoher elektrischer Energieverbrauch (interne Wärmequellen) und die im Vergleich zu Wohngebäuden kürzere Nutzungszeit verringern die Bedeutung des Heizwärmebedarfs. Energiebedarf für die Wassererwärmung spielt nur eine untergeordnete Rolle und wird wegen der geringen Abnah-

medichte zumeist durch dezentrale elektrische Systeme gedeckt. Thermische Solaranlagen sind daher in der Regel kein wirkungsvoller Ansatz zur Energiebereitstellung für Heizung und Warmwasserbereitung. Anders als bei Wohnbauten ist der überwiegende Teil des Stromverbrauchs durch die technische Gebäudeausrüstung und nicht durch die Geräteausrüstung bestimmt (Abb. 10). Dies ändert sich erst bei sehr „schlanken“ Gebäudekonzepten, wie sie im nachfolgenden Kapitel vorgestellt werden.

Die unmittelbar mit dem Bezug von Energie verbundenen Kosten sind in der Mehrzahl der Fälle nur ein Bruchteil der gesamten anfallenden Kosten in einem Gebäude: In Bürogebäuden dominieren die Gehälter der Mitarbeiter, während die unmittelbaren Energiekosten nur etwa 1% ausmachen. Wegen der hohen Bedeutung der Personalausgaben stehen optimale Bedingungen am Arbeitsplatz im Mittelpunkt einer Gebäudeplanung, um die Produktivität des Personals zu fördern. Thermischer und visueller Komfort sind dabei entscheidende Aspekte und eng verbunden mit dem planerischen Konzept eines Gebäudes in den Bereichen Lüftung, Kühlung und Beleuchtung.

2.1 "Schlanke Bürogebäude"

Solkonzepte für Bürogebäude basieren heute in erster Linie auf einer verbesserten Nutzung des Tageslichts und dem Ersatz von aktiver Klimatisierung durch eine sogenannte "passive Kühlung". Solche Gebäude zeichnen sich durch niedrige Investitions- und Unterhaltskosten für die technische Gebäudeausrüstung bei gleichzeitig steigendem Budget für die Baukonstruktion aus (Kostenverschiebung) (siehe Abb 11 und 12). Ziel ist eine kostenneutrale oder kostengünstigere Bauweise bei hohem Komfort am Arbeitsplatz und geringem Energieverbrauch. Eine integrale Gebäudeplanung unter Einsatz moderner Simulationswerkzeuge ist heute in der Lage, die vielfältigen Einflüsse des Baukörpers auf die Lichtverhältnisse und das sommerliche Raumklima abzubilden, so dass frühzeitig Planungssicherheit erreicht werden kann. Die notwendige Weiterentwicklung von Programmen, Oberflächen und Programm-

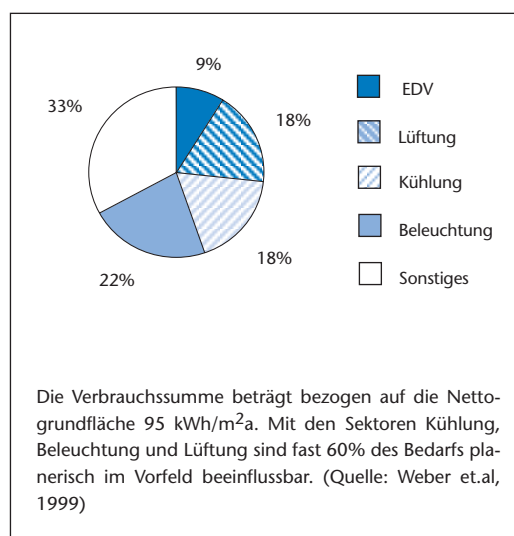


Die Zahlen für Wohngebäude beruhen auf einer Verbrauchsstatistik in Deutschland (BMW, 1995). Für die Bürogebäude wurde eine repräsentative Querschnittsstudie von 100 Gebäuden in der Schweiz herangezogen. (Quelle: Weber et al., "Energieverbrauch in Bürogebäuden" Bundes für Energie, Schweiz, Bern 1999).

schnittstellen wird dazu beitragen, die Handhabbarkeit im Planungsalltag der Zukunft weiter zu verbessern. Darüber hinaus müssen die Programme für die Behandlung neuartiger Systeme und Materialien erweitert und in Teilbereichen sogar grundlegend überarbeitet werden.

Beispiele für solche "schlanken Bürogebäude" werden derzeit u.a. mit finanzieller Unterstützung für den planerischen Mehraufwand und die meßtechnische Evaluierung im Betrieb im Rahmen des Förderprogramms "SolarBau" des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie, BMWi, erstellt. Eine umfangreiche Dokumentation der Bauprojekte steht im Internet unter "www.solarbau.de" zur Verfügung.

Abbildung 9
Der Energieverbrauch des Gebäudebestands im Vergleich.



Die Verbrauchssumme beträgt bezogen auf die Nettogrundfläche 95 kWh/m²a. Mit den Sektoren Kühlung, Beleuchtung und Lüftung sind fast 60% des Bedarfs planerisch im Vorfeld beeinflussbar. (Quelle: Weber et.al, 1999)

Abbildung 10
Elektrischer Energieverbrauch von Verwaltungsgebäuden, getrennt nach Verbrauchssektoren.

Abbildung 11
Bürogebäude der
Lamparter GbR,
Weilheim (Architektur:
Werkgemeinschaft
Maier-Weinbrenner-
Single, Nürtingen).



Das Gebäude besitzt Lichtschwerter und Jalousien mit Lichtlenkwirkung für besseres Tageslicht am Arbeitsplatz. Nachtlüftung und ein Luft-/Erdregister sind Teil des passiven Kühlkonzepts. Durch hochwertige Dämmung der Gebäudehülle und eine Lüftung mit Wärmerückgewinnung liegt der Heizwärmebedarf rechnerisch unter 15 kWh/m² a. (Foto: Architektenwerkgemeinschaft Maier-Weinbrenner-Single, Nürtingen)



Zentrales Merkmal des Verwaltungsgebäudes ist das Atrium als Teil der Stragie zur passiven Kühlung durch freie Auftriebslüftung. Beitrag zur verbesserten Nutzung des Tageslicht sind isolierglasintegrierte Folienrollos als kombinierter Sonnen- und Blendschutz. Die Rollos laufen von unten nach oben im Scheibenzwischenraum. (Foto: K. Ortmeier)

Abbildung 12
Verwaltungsgebäude
der Fa. Athmer,
Arnsberg (Architektur:
Banz & Rieks,
Bochum)

2.2 Planungswerkzeuge und Technologien

2.2.1 Tageslichtnutzung

Tageslicht ersetzt das Kunstlicht und trägt damit wesentlich zur Energieeinsparung bei: Ein Büro ohne Tageslicht hätte bei wochentäglich 8 Benutzungsstunden einen elektrischen Energieverbrauch von mindestens 20 kWh/m² a. In Deutschland existiert keine gesetzliche Anforderung an die Begrenzung des Energieverbrauchs der Beleuchtung. Wegen des hohen Primärenergieinhalts von Strom kommt einer

Senkung des Beleuchtungsenergieverbrauchs um 10 kWh/m² a eine Heizenergieeinsparung von 30 kWh/m² a gleich. Darüber hinaus wird das sommerliche Raumklima bei guter Lichtplanung durch weniger Wärmeentwicklung belastet, da Tageslicht mit 80 Lm/W (direktes Sonnenlicht) bis 110 Lm/W (bedeckter Himmel) eine höhere Lichtausbeute als die heute üblichen Kunstlichtsysteme hat.⁵

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 Außenbezug sowie die dynamische Natur des Tageslichtes wesentliche Aspekte des visuellen Komforts. Hoher visueller Komfort ist die Voraussetzung für Produktivität und geringe Fehlerhäufigkeit z.B. am Bildschirmarbeitsplatz.

Eine an der Tageslichtnutzung orientierte Gebäudeplanung beginnt beim architektonischen Entwurf und setzt sich bis zur Auswahl des geeigneten, komplementären Kunstlichtsystems fort. Durch Simulation der Lichtverteilung in einem Gebäude können auf einfache Weise Stärken und Schwächen eines Entwurfs aufgezeigt und Verbesserungen erarbeitet werden (Abb. 13). Solche Simulationen nutzen 3-dimensionale CAD-Modelle aus der Planungsarbeit der Architekten als Geometrieinformation über das Gebäude. In einer weiteren Stufe kann über die Bestimmung der sogenannten Tageslichtautonomie festgestellt werden, wie

⁵ Lm steht für Lumen als Einheit des Lichtstroms pro W Strahlungsleistung. Etwa die Hälfte des solaren Energieangebotes liegt im Wellenlängenbereich des sichtbaren Lichts

hoch das Energieeinsparpotential für eine automatische Regelung der künstlichen Ergänzungsbeleuchtung ist (Abb. 14). Die dazu erforderlichen dynamischen Lichtsimulationen wurden durch aktuelle Fortschritte in der Programmentwicklung mit sinnvollen Rechenzeiten bei hoher Präzision möglich. Geregelter Kunstlichtsysteme rechnen sich vor allen dann, wenn die Tageslichtautonomie am Arbeitsplatz in einem mittleren Bereich liegt. Bei hoher Tageslichtautonomie kann der Eigenstromverbrauch einer Beleuchtungssteuerung die Energieeinsparung der Leistungsregelung übertreffen; bei zu geringer Autonomie wird quasi ständig Kunstlicht erforderlich sein, was eine Regelung überflüssig macht.

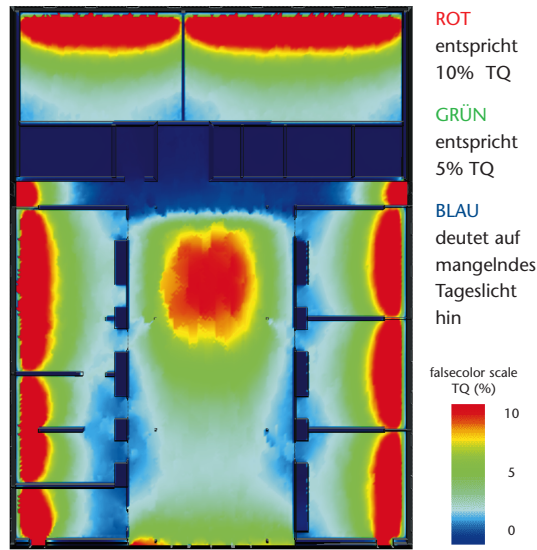
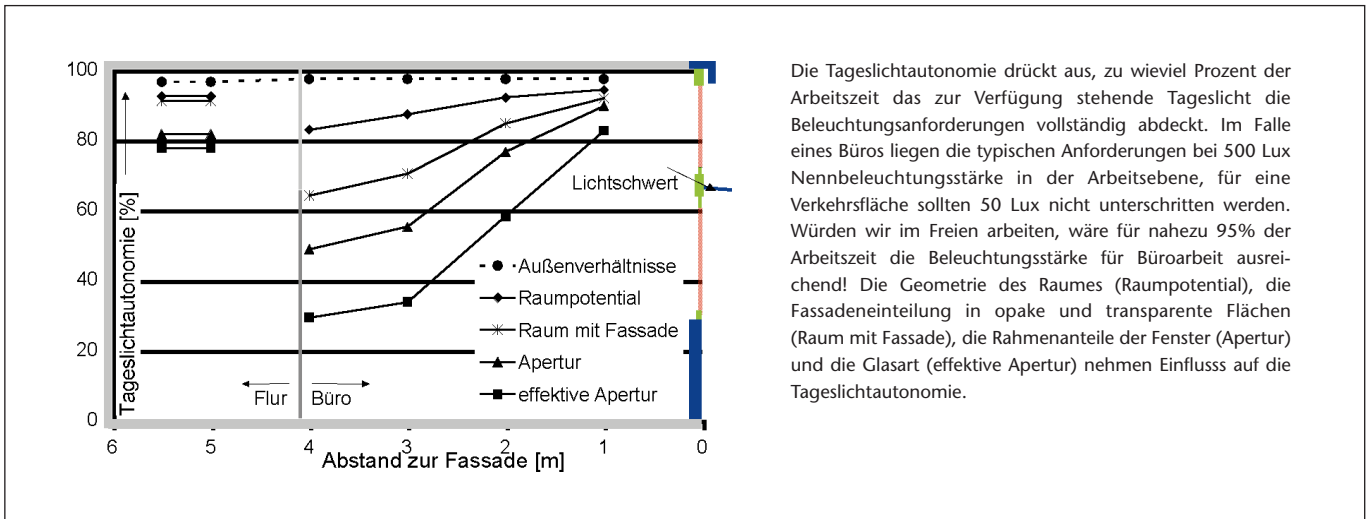


Abbildung 13
Lichtsimulation zur Bestimmung des Tageslichtangebots in einem Gebäude am Beispiel des Bürohaus Athmer (vergl. Abb. 12). Der Farbverlauf gibt den Tageslichtquotienten TQ als das Verhältnis der Beleuchtungsstärke im Raum zur Außenhelligkeit wieder:



Auf dem Gebiet der Materialentwicklung ergeben sich vielfältige Ansätze zur Verbesserung der Tageslichtnutzung. Einerseits geht es darum, die Tageslichtverteilung im Raum so zu beeinflussen, dass die Helligkeit im fensternen Bereich zugunsten einer Aufhellung in der Raumtiefe abnimmt. Ansatz dafür sind Verglasungen mit der zusätzlichen Eigenschaft der Lichtumlenkung. Neue Entwicklungen konzentrieren sich darauf, derartige Eigenschaften auch durch nano- und mikrostrukturierte Oberflächen zu erreichen. All diese Entwicklungen müssen die Tatsache berücksichtigen, dass in unserem Klima nur 50% der Arbeitszeit direktes Licht zur Verfügung steht, während in der übrigen Zeit das Diffuslicht überwiegt. Viele

der heute verfügbaren Systeme besitzen zum Nachteil der Tageslichtnutzung bei diffusem Licht eine geringere Lichtdurchlässigkeit als herkömmliche Verglasungen. Darüber hinaus ist die Anforderung der Durchsicht nach Außen ein zentraler Aspekt für den visuellen Komfort, der in der Regel nicht der Lichtlenkung geopfert werden kann. Solche Aspekte sind Grund dafür, in enger Zusammenarbeit zwischen Forschung und Herstellerfirmen von Sonderverglasung und Sonnen-/Blendschutzsystemen neue Bewertungsverfahren zu entwickeln, die eine für die Planungspraxis taugliche Charakterisierung sowohl von den bekannten als auch von den neuen lichttechnischen Elementen ermöglichen.

Abbildung 14
Die Tageslichtautonomie als Funktion der Raumtiefe eines Büros mit anschließendem Flur am Beispiel des Lamparter-Gebäudes (vergl. Abb. 11).



Abbildung 15
Schaltbare Verglasung auf der Basis einer katalytischen Gasreaktion im Scheibenzwischenraum einer Doppelverglasung. Scheibe oben links: geschalteter Zustand mit geringster Transmission; Scheibe rechts: ungeschalteter Zustand; Scheibe unten links: Schaltprozess in einer Folge.

Sonnen- und Blendschutz durch schaltbare Verglasungen sind seit kurzem in einer ersten Variante mit elektrochromen Verglasungen am Markt verfügbar. Neu ist die Entwicklung von Gläsern, deren Transparenz durch eine katalytische Gasreaktion geschaltet wird, sogenannte „gaschrome Verglasungen“. In Kooperation zwischen Industrie und Forschung und mit finanzieller Förderung durch das BMWi wurde ein System bis zu ersten Prototypfassaden entwickelt (Abb. 15). Als Doppelverglasung mit Wärmefunktionsschicht erlaubt das System eine Transmissionschaltung von 70% auf 10%.

2.2.2 Passive Kühlung

Ein angenehmes sommerliches Raumklima zu schaffen, ist selbstverständliches Ziel jeder Bürogebäudeplanung. Die Verbindung dieser Forderung mit moderner Glasarchitektur gelingt nicht immer mit einem überzeugenden Ergebnis für die Nutzer, vor allem dann nicht, wenn auf aktive Klimatechnik verzichtet wird. Mögliche Gründe für einen solchen Verzicht können sowohl wirtschaftliche Aspekte (Investitions-, Unterhalts- und Energiekosten) wie auch Diskussionen über das sogenannte „Sick Building Syndrome“ (Gebäude- und Technik induziertes Nichtwohlbefinden) sein. Immer öfter werden daher Architekten und Fachingenieure vor die Aufgabe gestellt, ein Gebäude zu errichten, das ohne Klimaanlage ein angenehmes sommerliches Raumklima sicherstellt. Als passive Kühlung werden in diesem Zusammenhang diejenigen Konzepte bezeichnet, die - mit oder ohne Ventilatoren - auf den Einsatz von Kältemaschinen verzichten. Alternativ werden natürliche Kältequellen wie das Erdreich,

das Grundwasser oder die kühle Nachtluft herangezogen.

Passive Kühlung erfordert wie die tageslichtgerechte Gebäudeplanung in besonderem Masse die integrale Planung und die Anwendung von Simulationsprogrammen. Die dazu erforderlichen Werkzeuge werden in Kooperation zwischen Planern und Wissenschaft ständig weiterentwickelt. Aktuelle Beispiele sind die freie Gebäudelüftung durch Wind- und Auftriebskräfte sowie die Simulation von Luft-/Erdregister (Abb. 16).

Die Wärmekapazität eines Gebäudes ist wesentlicher Faktor für die Wirksamkeit einer passiven Kühlung. Neben der Bestrebung zur Verwendung schwerer Baustoffe und gutem thermischem Kontakt der Bauteile zur Raumluft (freie Decken) ergeben sich erweiterte Möglichkeiten durch neuste Erkenntnisse aus der Materialforschung zu den bauteilintegrierten Latentwärmespeichermaterialien.

Abbildung 16
Bau des Luft-/Erdregister beim Neubau des Fraunhofer ISE Institutsgebäude in Freiburg .



Ein Register aus 7 je 100 m langen Polyäthylen-Rohren mit je 250 mm Nennweite kühlt (Sommer) und wärmt (Winter) den Zuluftvolumenstrom von 3.000 bis 6.000 m³/h zu einem Vortragsraum und einem Atrium. Das Bild zeigt 4 der 7 Rohre während der Verlegearbeiten.

